

SEMI - CONDUCTEURS

COURS DE BASE
ELECTRONIQUE

Avec cette nouvelle leçon, nous allons voir QUELS SONT LES EFFETS DE LA TEMPERATURE SUR LES CARACTERISTIQUES DES TRANSISTORS. Nous verrons ensuite comment obtenir la STABILISATION EN COURANT CONTINU DE L'AMPLIFICATEUR A EMETTEUR COMMUN.

1 - EFFET DE LA TEMPERATURE SUR LES CARACTERISTIQUES DES TRANSISTORS

Nous savons que lorsque seule la jonction collecteur base d'un transistor est polarisée, il circule dans le collecteur un courant inverse I_{CBO} , constitué de porteurs minoritaires dus aux couples électrons-trous.

Etant donné que le nombre de ces couples dépend de la température et qu'il augmente lorsque cette dernière croît, on en déduit QUE LE COURANT INVERSE D'UN TRANSISTOR AUGMENTE AVEC LA TEMPERATURE.

L'augmentation du courant inverse influence plus ou moins sensiblement le courant collecteur du transistor, lorsque celui-ci A SES DEUX JONCTIONS POLARISEES.

Il en résulte un déplacement du point de travail de l'amplificateur et l'apparition de distorsions plus ou moins graves du signal de sortie.

Un autre inconvénient apparaît dans les étages de puissance à émetteur commun, où se manifeste une sorte de REACTION THERMIQUE, capable de détériorer irrémédiablement la structure interne du

transistor.

L'augmentation du courant inverse circulant dans la jonction collecteur base s'effectue d'abord lentement puis de plus en plus rapidement, à mesure que la température croît.

En règle générale, on peut dire que le courant inverse **DOUBLE SA VALEUR POUR CHAQUE AUGMENTATION DE 10°C DE LA TEMPERATURE.**

Prenons un exemple :

Supposons que la jonction collecteur base d'un transistor soit traversée par un courant inverse de $5\text{ }\mu\text{A}$, à une température de 25°C .

Après un certain temps, cette température croît et atteint 35°C . Le courant inverse traversant la jonction est alors de $10\text{ }\mu\text{A}$ environ. Si la température de la jonction augmente encore de 10°C atteignant ainsi 45°C , le courant double de nouveau, arrivant à $20\text{ }\mu\text{A}$ environ et ainsi de suite.

L'AUGMENTATION DU COURANT INVERSE DONNE LIEU A UNE AUGMENTATION ULTERIEURE DE LA TEMPERATURE, PRODUISANT UNE AUGMENTATION DU COURANT COLLECTEUR.

Ces deux phénomènes s'entretiennent mutuellement, **TANT QUE LA TENSION COLLECTEUR** (diminuant avec l'augmentation du courant collecteur) **N'A PAS ATTEINT UNE VALEUR EGALE A LA MOITIE DE LA TENSION D'ALIMENTATION.**

Lorsque cette limite est atteinte, il n'y a plus d'augmentation du courant collecteur et la température cesse de croître.

Rappelons que tout ce qui a été dit jusqu'ici est **ESSENTIELLEMENT VALABLE POUR LES TRANSISTORS AU GERMANIUM ET**

SEULEMENT DANS LE CAS D'UN BRANCHEMENT A EMETTEUR COMMUN.

En effet, dans le cas d'un branchement A BASE COMMUNE, le comportement de la jonction se définit comme suit :

A UNE AUGMENTATION DU COURANT INVERSE, CORRESPOND UNE AUGMENTATION EGALE DU COURANT COLLECTEUR.

Si l'on tient compte que dans un montage à base commune le courant inverse est très petit par rapport au courant collecteur on en déduit qu'AVEC UN BRANCHEMENT A BASE COMMUNE, LE COURANT COLLECTEUR EST PEU INFLUENCE PAR LES AUGMENTATIONS DE TEMPERATURE.

Pour un TRANSISTOR au SILICIUM, l'effet de la température est très réduite, pour ne pas dire NEGLIGEABLE. En effet, dans un transistor de ce type, LE COURANT INVERSE est beaucoup plus faible que dans un transistor au germanium.

Il en résulte que la réaction thermique est pratiquement nulle.

Pour remédier aux inconvénients causés par la température dans le cas des transistors au germanium, il est indispensable de STABILISER LA VALEUR DU COURANT COLLECTEUR, afin de garantir le fonctionnement régulier du circuit.

II - STABILISATION EN COURANT CONTINU DE L'AMPLIFICATEUR A EMETTEUR COMMUN

Nous savons que lorsqu'il y a croissance de la température, la réaction thermique qui en résulte se bloque lorsque la tension collecteur

atteint une valeur égale à la moitié de la tension d'alimentation.

En effet, si au début du fonctionnement la tension normale de collecteur - V_C est égale à la moitié de la tension de la batterie (condition indiquée figure 1-a) nous avons :

$$- V_C = 1/2 (- V_b)$$

Dans ce cas, IL N'Y A PAS DE REACTION THERMIQUE ; on constate seulement des **DEPLACEMENTS DU POINT DE TRAVAIL**, dus aux variations de la température ambiante.

Ces déplacements peuvent également se produire lors du remplacement du transistor par un autre.

Pour pallier à tous ces inconvénients et obtenir **DES COURANTS CONTINUS ET STABLES**, on a recours à des circuits de conception spéciale, que nous allons précisément examiner.

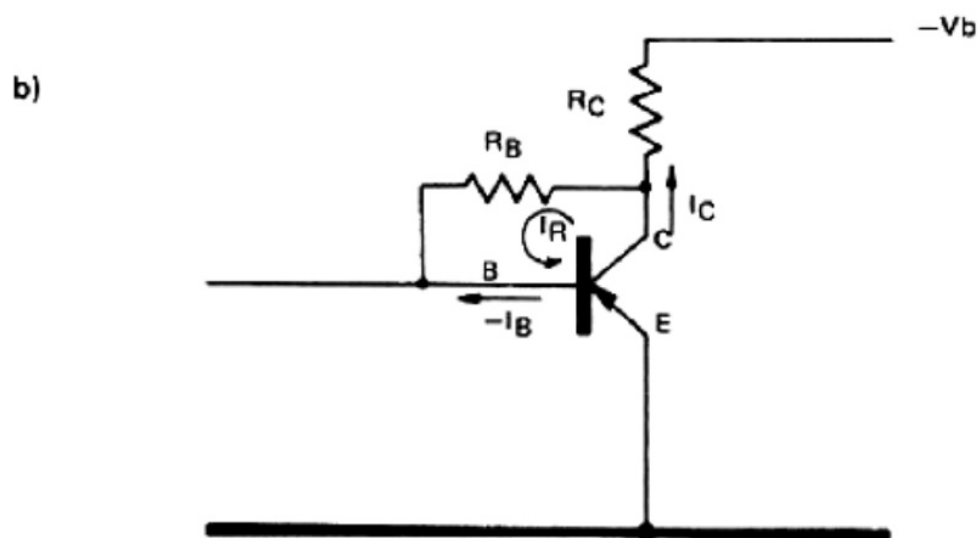
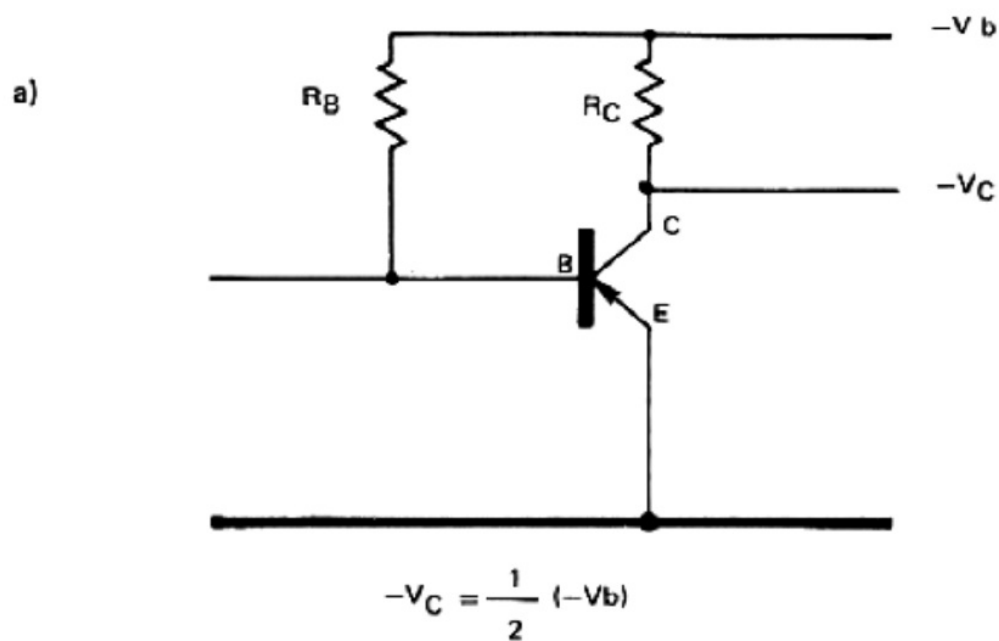
Une première méthode, consiste à **COUPLER** les circuits de collecteur et de base. Cette liaison est obtenue en reliant la résistance de polarisation R_B au collecteur du transistor (figure 1-b).

Le courant collecteur - I_C , se divise en deux parties :

La première traverse la résistance R_C et la seconde (I_R) traverse la résistance de polarisation et entre dans le circuit de base, en s'opposant au sens du courant - I_B .

Théoriquement, le fait d'augmenter le courant collecteur devrait provoquer une croissance du courant I_R (représentant une partie du courant collecteur).

Toutefois si I_R augmente, le courant - I_B qui s'oppose au courant I_R dans le circuit de base, diminue. Suite à cette diminution du



STABILISATION THERMIQUE SUR LE CIRCUIT DE COLLECTEUR

Figure 1

courant $- I_B$, nous obtenons une diminution du courant collecteur, qui compense l'augmentation précédente de I_C .

Ainsi en pratique, on n'obtient pas d'augmentations appréciables du courant collecteur, ni de diminutions valables du courant de base.

Les courants continus contribuent à assurer une stabilité suffisante pour garantir le fonctionnement normal de l'amplificateur en régime moyen.

Toutefois, il est possible d'assurer des conditions de stabilité encore meilleures, en réalisant le circuit de la figure 2. Son fonctionnement se définit comme suit :

A UNE AUGMENTATION INITIALE DU COURANT COLLECTEUR, CORRESPOND UNE AUGMENTATION DU COURANT D'EMETTEUR ET PAR CONSEQUENT, UNE AUGMENTATION DE LA TENSION D'EMETTEUR PAR RAPPORT A LA MASSE.

D'autre part, la tension de base reste constante par rapport à la masse, grâce au répartiteur de tension constitué des résistances R_1 et R_2 (figure 2).

Le principe théorique d'un tel circuit tend à prouver qu'à l'augmentation initiale du courant collecteur, correspond une diminution de la tension entre base et émetteur ainsi qu'une diminution du courant de base.

Cette dernière entraîne à son tour une réduction du courant collecteur, capable de compenser l'augmentation initiale.

La figure 3 donne le schéma d'un autre système permettant de stabiliser le point de travail d'un transistor, au moyen d'une résistance spéciale appelée THERMISTANCE.

Les thermistances sont des résistances spéciales DONT LA RESIS-

TANCE OHMIQUE VARIE DANS DE LARGES PROPORTIONS EN FONCTION DES VARIATIONS DE TEMPERATURE.

Il existe deux principaux types de thermistances. Le premier, dont la résistance **AUGMENTE AVEC LA TEMPERATURE** est dit **A COEFFICIENT DE TEMPERATURE POSITIF** ou plus simplement **C.T.P.**, tandis que le second type agissant en sens inverse est dit **A COEFFICIENT DE TEMPERATURE NEGATIF (C.T.N.)**.

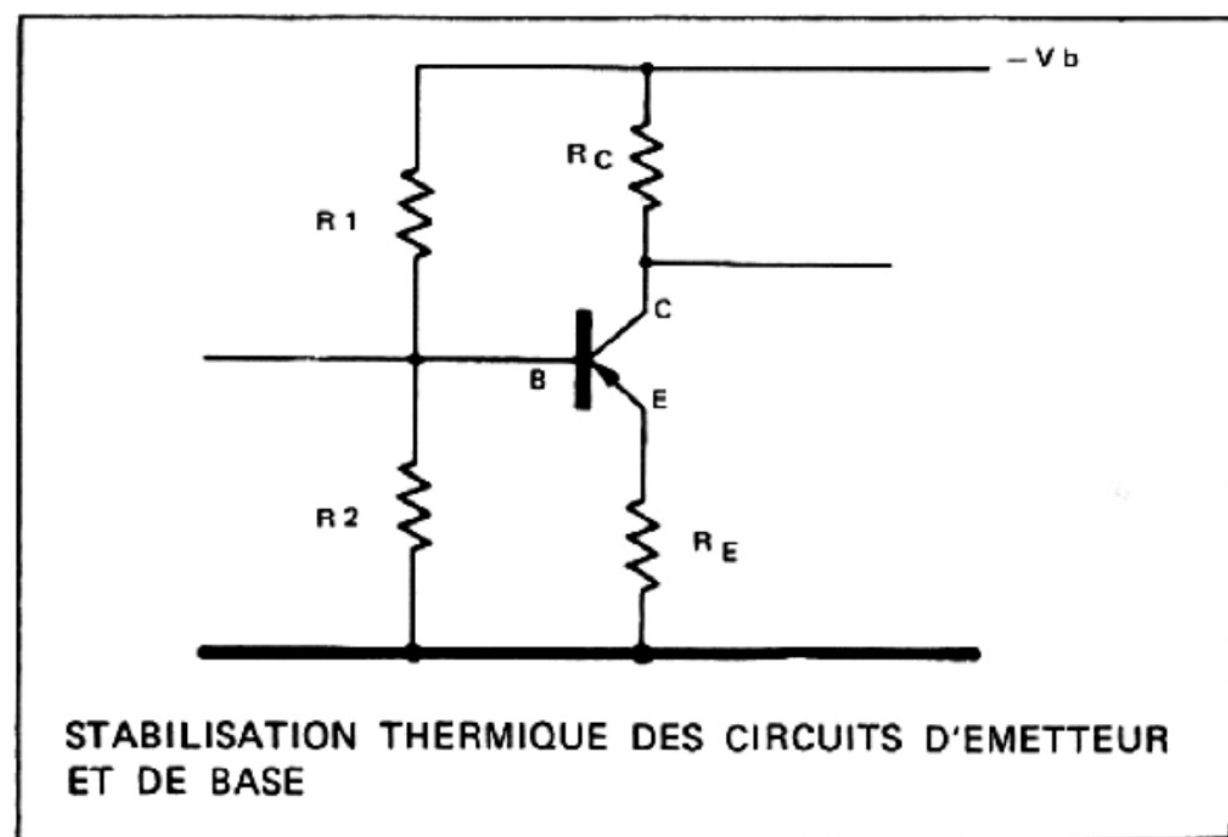


Figure 2

Les thermistances du second type sont les plus répandues.

Le circuit de la figure 3 n'est autre que celui de la figure 1-a, mais cette fois-ci, modifié.

On remarque en effet la présence d'une thermistance C.T.N. de valeur appropriée, reliée entre la base et l'émetteur du transistor (figure 3).

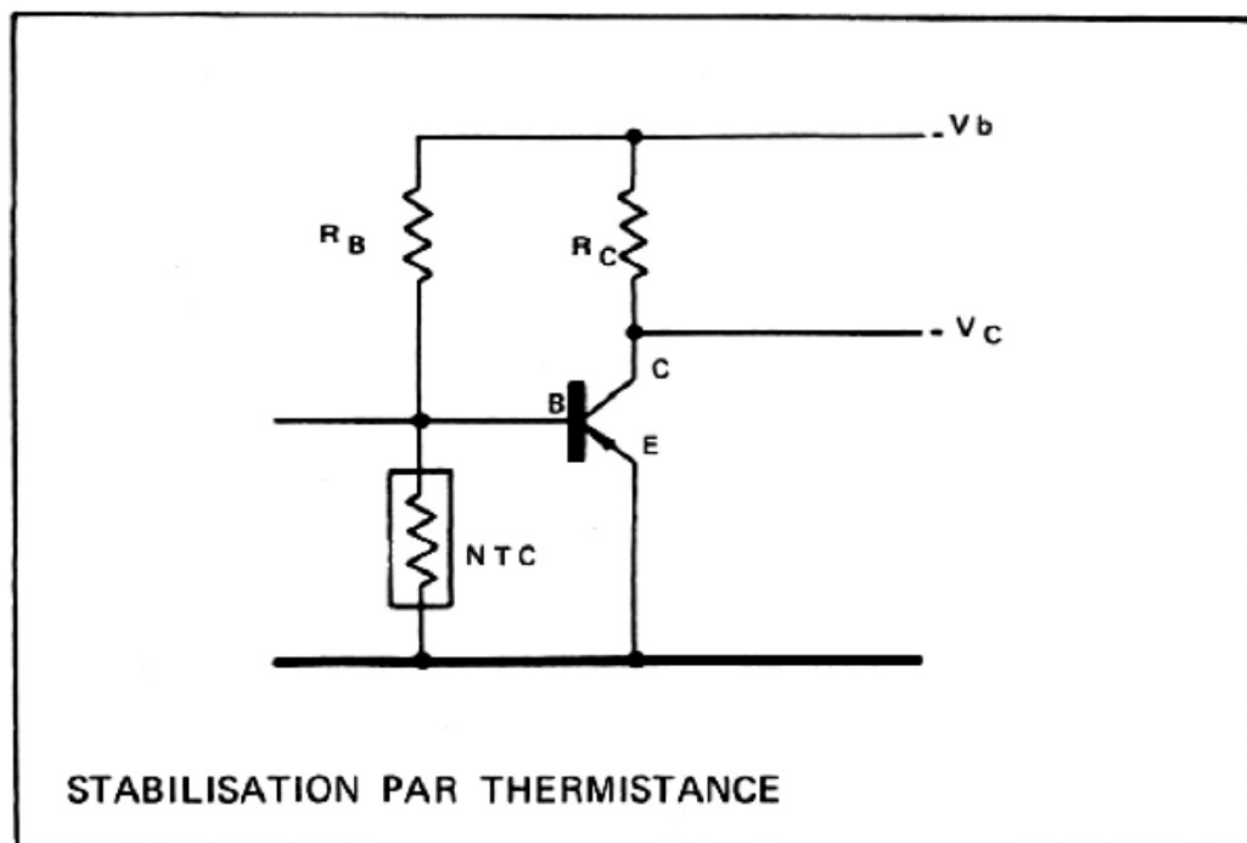


Figure 3

Lorsque la température croît, la valeur de la thermistance diminue, provoquant une réduction de la tension base émetteur. Ainsi, le courant de base décroît compensant l'augmentation du courant collecteur due à l'augmentation de la température ambiante.

Ainsi, en choisissant des composants de valeur appropriée, on obtient une compensation complète des écarts provoqués par les variations de la température ambiante.

Les circuits de ce genre sont principalement utilisés dans les étages de puissance basse fréquence, utilisant généralement des transistors de puissance élevée.

Pour qu'un tel circuit soit efficace, il est indispensable que la thermistance soit montée à proximité du transistor afin qu'elle puisse suivre ses variations de température.

Le problème de la réaction thermique des transistors est étroitement lié à celui de la DISSIPATION DE LA CHALEUR PRODUITE.

Contrairement aux tubes électroniques, les transistors sont des COMPOSANTS FROIDS. Il est donc nécessaire d'éliminer aux maximum la chaleur qui se développe par dissipation de la puissance électrique, là où elle est la plus intense, c'est-à-dire dans les étages de puissance.

Cette dissipation thermique est obtenue grâce à l'utilisation de RADIATEURS, sur lesquels sont directement fixés les transistors.

Un radiateur est formé d'une masse métallique, pourvue d'ailettes de refroidissement. Un tel dispositif encore appelé SHUNT THERMIQUE, améliore considérablement la dissipation thermique.

Il ne faut toutefois pas oublier que le radiateur n'est efficace qu'après une période assez longue, en comparaison de celle qu'il faut à la jonction pour chauffer.

Ainsi, dans le cas d'un court-circuit par exemple (même très bref) ou d'une réaction thermique importante, on risque de trouver une jonction complètement fondue avec un radiateur parfaitement froid.

Dans un tel cas, le ou les transistors sont irrémédiablement détériorés et doivent être remplacés.

III - PARAMETRES DU TRANSISTOR

Les courbes caractéristiques d'un transistor fournissent les données générales sur son comportement et permettent plus particulièrement de

fixer le point de travail le plus favorable, ainsi que le circuit de polarisation à utiliser.

Les propriétés d'un transistor relatives à un point de travail particulier peuvent être déterminées de plusieurs façons, en utilisant un certain nombre de valeurs appelées **PARAMETRES**.

Le **COEFFICIENT D'AMPLIFICATION** (α ou β , selon le type de montage utilisé) est un exemple type de paramètre.

Celui-ci toutefois ne se suffit pas à lui seul pour fournir une indication complète des propriétés d'un transistor.

Sachez en effet que deux transistors de puissance tout à fait différente, peuvent avoir le même coefficient d'amplification avec des caractéristiques totalement différentes.

Ainsi, pour déterminer les propriétés d'un transistor, il est nécessaire de disposer d'au moins **QUATRE PARAMETRES** en basse fréquence et d'au moins **SIX PARAMETRES** pour les transistors prévus pour des fréquences plus élevées.

Il existe plusieurs systèmes de paramètres, tous équivalents entre eux. Toutefois et ceci, dans un but de simplification, nous nous limiterons au système le plus utilisé lorsqu'il s'agit de transistors basses fréquences.

Il s'agit en effet des **PARAMETRES HYBRIDES**, appelés ainsi en raison de leurs dimensions inégales.

Afin de mieux comprendre la signification des paramètres hybrides, il faut tout d'abord expliquer ce qu'est la **RESISTANCE D'ENTREE** et de **SORTIE** d'un transistor.

III - 1 - RESISTANCE D'ENTREE ET RESISTANCE DE SORTIE EN COURANT CONTINU

Examinons le circuit de polarisation illustré figure 4.

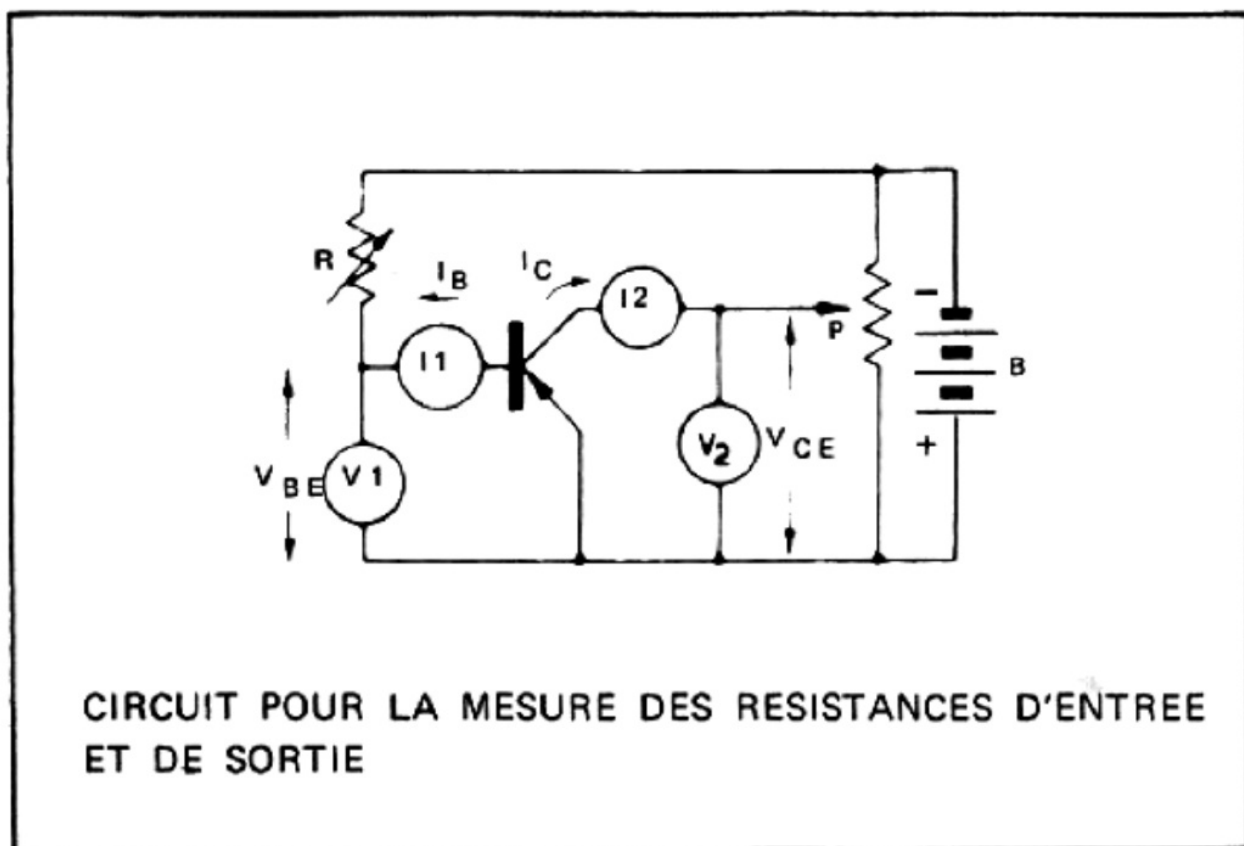


Figure 4

Imaginons que l'on applique une tension déterminée (V_{CE}) sur le collecteur du transistor et un courant (I_B) sur sa base, fixant ainsi un point de travail déterminé.

Dans ces conditions, le circuit collecteur est parcouru par un courant I_C (indiqué sur la figure par I_2) et il s'établit entre la base et l'émetteur, une tension V_{BE} , mesurée par V_1 .

En faisant le rapport entre la tension et le courant d'entrée, on

obtient une valeur de résistance (symbolisée par R_e) qui n'est autre que LA RESISTANCE D'ENTREE, d'où la formule :

$$R_e = \frac{V_{BE}}{I_B}$$

En mesurant la tension V_{BE} (en millivolts) et le courant I_B (en μA), on trouve une valeur de R_e en kilohms ($k\Omega$).

Pour prendre un exemple, imaginons que pour un courant de base de $50 \mu A$, on dispose d'une tension $V_{BE} = 150 mV$.

La valeur de la résistance d'entrée est :

$$R_e = \frac{150}{50} = 3 k\Omega$$

De la même façon on définit le RAPPORT entre la tension et le courant collecteur comme étant la RESISTANCE DE SORTIE, au moyen de la formule suivante :

$$R_s = \frac{V_{CE}}{I_C}$$

Etant donné que la tension collecteur est exprimée en volts et le courant en milliampères, la résistance de sortie R_s est encore exprimée en kilohms.

Par exemple, pour une tension collecteur $V_{CE} = 5 V$ et un courant collecteur I_C de $2,5 mA$, la valeur de R_s est de :

$$R_s = \frac{5}{2,5} = 2 k\Omega$$

Les résistances d'entrée et de sortie ainsi définies sont effectivement les valeurs de résistances présentées par le transistor. En effet, R_e représente la résistance offerte par le circuit de base au passage du courant I_B , alors que R_s représente la résistance offerte par le circuit collecteur au passage du courant I_C , ceci lorsque le transistor travaille en un point déterminé de ses caractéristiques.

Ces résistances sont appelées **RESISTANCES STATIQUES** (d'entrée ou de sortie) ou encore **RESISTANCES EN COURANT CONTINU**. En effet, celles-ci influencent le comportement du transistor lorsque seules les tensions de polarisation sont appliquées à ses bornes et en l'absence de signal à amplifier.

Jusqu'ici, nous avons étudié le circuit à émetteur commun. Il est bien évident que ces résistances peuvent être calculées pour un montage à **BASE COMMUNE**.

Dans un circuit de ce type, les grandeurs d'entrée sont représentées par la tension émetteur base V_{EB} et le courant d'émetteur I_E , tandis que les grandeurs de sortie sont indiquées par la tension collecteur base V_{CB} et le courant collecteur I_C , ce qui donne les formules suivantes :

$$R_e = \frac{V_{EB}}{I_E} \qquad R_s = \frac{V_{CB}}{I_C}$$

III - 2 - RESISTANCE D'ENTREE ET RESISTANCE DE SORTIE EN COURANT ALTERNATIF

Revenons au circuit de la figure 4 et imaginons que l'on ait réglé R et P de manière à ce que le transistor travaille en un point précis de ses caractéristiques. Les valeurs de courant et de tension V'_{BE} , I'_B , V'_{CE} et I'_C correspondent aux indications des appareils.

Supposons que l'on agisse sur R , de manière à augmenter le cou-

rant de base I'_B jusqu'à une valeur I''_B . La tension base émetteur va elle aussi subir une augmentation. En effet, V_1 indiquera non plus V'_{BE} mais une valeur plus grande V''_{BE} .

En agissant sur R , le courant de base SUBIT UNE AUGMENTATION dont la valeur est égale à $I''_B - I'_B$ et la croissance de la tension base émetteur est de $V''_{BE} - V'_{BE}$.

Avec ces données, il est facile de déterminer la valeur de la RESISTANCE DYNAMIQUE D'ENTREE ou RESISTANCE D'ENTREE EN COURANT ALTERNATIF (symbolisée par r_e) en utilisant la formule suivante :

$$r_e = \frac{\text{Augmentation de } V_{BE}}{\text{Augmentation de } I_B}$$

Avec un montage comme celui de la figure 4, il faut savoir que l'augmentation de I_C (due à l'augmentation de I_B) PROVOQUE UNE DIMINUTION DE LA TENSION V_{CE} .

Il ne faut donc pas oublier, avant de lire les valeurs de I''_B et V''_{BE} sur les appareils, de remettre V_{CE} à sa place initiale en agissant sur P .

Cela signifie que les augmentations du courant et de la tension de base doivent être effectuées pour une valeur de TENSION COLLECTEUR CONSTANTE. Ceci est capital étant donné que la tension collecteur a toujours un effet direct sur la valeur du courant et de la tension de base.

Agissons maintenant sur P , de manière à augmenter la tension collecteur V'_{CE} jusqu'à une valeur V''_{CE} . Il en résulte une augmentation du courant collecteur ainsi qu'une croissance du courant de base.

Afin que l'augmentation du courant collecteur ne soit en partie liée à la croissance du courant de base, on agit sur R pour redonner au

courant de base sa valeur initiale soit I'_B .

L'appareil 12 indique la nouvelle valeur I''_C , permettant de calculer l'augmentation de I_C égale à $I''_C - I'_C$.

Avec ces données, il est facile de trouver la valeur de la RESISTANCE DYNAMIQUE ou RESISTANCE EN COURANT ALTERNATIF DE SORTIE (symbolisée par v_s) avec la formule suivante :

$$v_s = \frac{\text{augmentation de } V_{CE}}{\text{augmentation de } I_C}$$

Le nom de RESISTANCE EN COURANT ALTERNATIF ou RESISTANCE DYNAMIQUE, vient du fait qu'il s'agit des valeurs présentées par le transistor au passage du courant alternatif (superposé au courant continu de polarisation), constituant le signal à amplifier, appliqué à l'entrée du transistor ou le signal amplifié, prélevé à la sortie.

De la même manière, il est possible de définir les résistances d'entrée et de sortie d'un montage à base commune.

Toutefois, nous n'anticiperons pas sur ce type de branchement. Tous les détails seront donnés dans une prochaine leçon traitant des AMPLIFICATEURS.

Il suffit pour l'instant de savoir que le transistor se comporte différemment en présence du courant continu de polarisation et du courant alternatif, constituant le signal. Pour cette raison, les valeurs des résistances en courant continu et en alternatif sont très différentes.

III - 3 - LES PARAMETRES HYBRIDES

Les paramètres HYBRIDES (symbolisés par la lettre "h") sont au nombre de quatre pour les transistors utilisés en basse fréquence.

Pour distinguer ces paramètres, on se sert D'INDICES formés de deux chiffres. Les quatre paramètres sont alors repérés de la façon suivante :

$h_{11}, h_{12}, h_{21}, h_{22},$

Ceux-ci se lisent "h un un, h un deux etc...".

Les paramètres hybrides se rapportent au type de branchement utilisé. Ainsi, il en existe une série pour le montage à émetteur commun et une autre pour le branchement à base commune.

Il est donc nécessaire de pouvoir les différencier pour savoir avec précision à quel type de branchement ils se réfèrent.

Pour cette raison, l'indice est complété par la lettre "b", lorsqu'il s'agit des paramètres se rapportant au montage à base commune et par la lettre "e", lorsqu'il s'agit de montages à émetteur commun.

Dans le premier cas nous avons :

$h_{11b}, h_{12b}, h_{21b}$ et h_{22b} , tandis que pour le second type de branchement nous obtenons :

$h_{11e}, h_{12e}, h_{21e}$ et $h_{22e},$

La définition de chaque paramètre et la façon d'en déduire les valeurs, restent identiques pour les deux types de branchement.

Pour simplifier, nous travaillerons seulement avec le montage à

émetteur commun que nous connaissons déjà.

Revenons au schéma de la figure 4, et supposons que le circuit soit alimenté. R et P sont réglés de façon appropriée au point désiré des caractéristiques, pour lequel on cherche la valeur des paramètres hybrides.

Faisons subir une petite augmentation au courant I_B , en s'assurant que la valeur de la tension collecteur reste constante (en retouchant P, si besoin est). Appelons cette petite augmentation i_1 .

De la même façon, indiquons par V1 l'accroissement correspondant de la tension de base et par i_2 l'augmentation du courant collecteur.

Pour plus de clarté, ces indications sont portées dans le circuit simplifié de la figure 5.

Les paramètres h_{11e} et h_{21e} sont définis par les formules suivantes :

$$h_{11e} = \frac{V_1}{i_1} \qquad h_{21e} = \frac{i_2}{i_1}$$

On remarque immédiatement ce qu'indiquent ces paramètres ou plus précisément, quelle est leur signification physique.

Le paramètre h_{11e} n'est autre que LA RESISTANCE D'ENTREE en courant alternatif. En effet, sa valeur est donnée par le rapport entre l'accroissement de V_{BE} et l'augmentation de I_B , défini de la même façon que l'était la résistance d'entrée dans le paragraphe précédent.

La valeur de h_{11e} est donnée en Ω (ou en $k\Omega$), puisqu'il s'agit d'une résistance.

Le paramètre h_{21e} par contre, exprime le rapport entre l'accroissement du courant collecteur et l'augmentation du courant de base. Ce

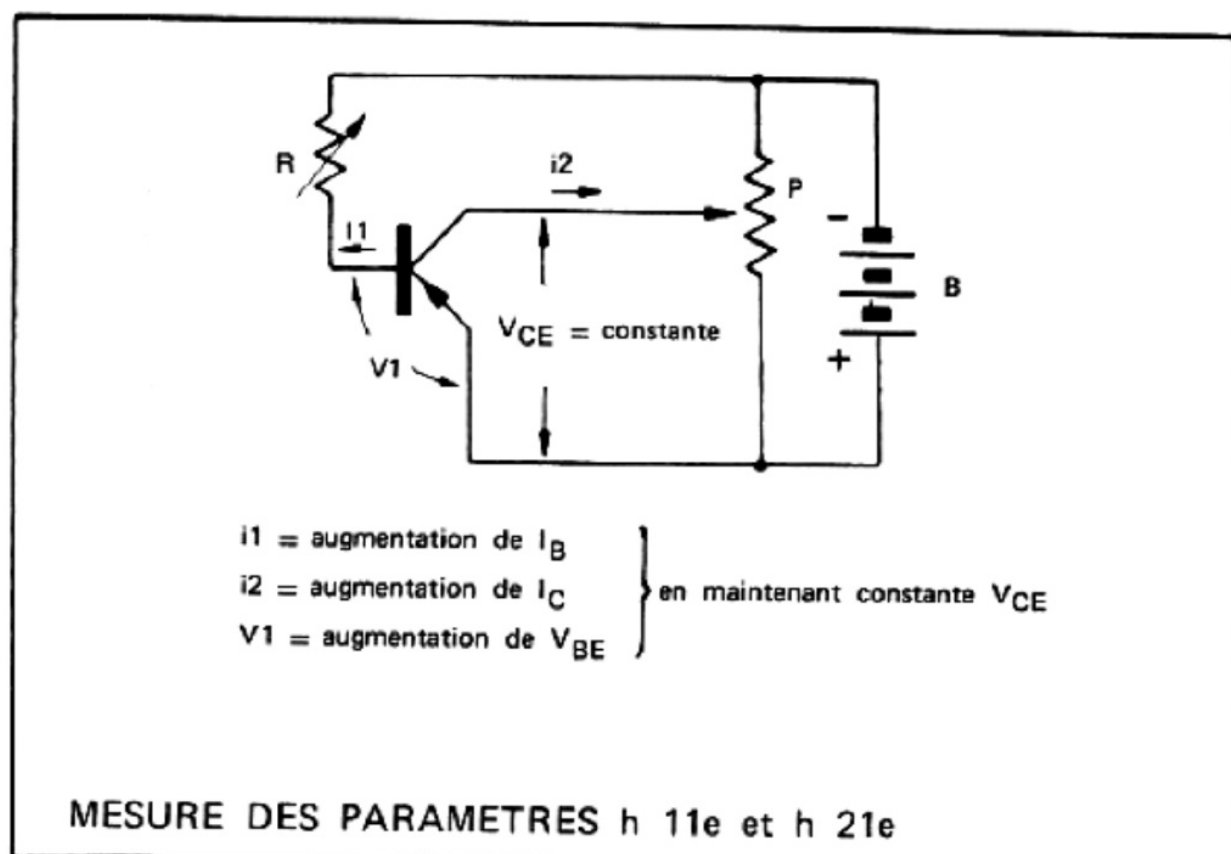


Figure 5

paramètre montre de combien de fois l'accroissement de I_C est supérieur à l'augmentation correspondante de I_B qui l'a provoqué.

Mais si nous nous rappelons la définition DU COEFFICIENT D'AMPLIFICATION DE COURANT, on se rend compte immédiatement que h_{21e} n'est autre que le coefficient β .

Voyons maintenant les deux paramètres hybrides restants, en revenant une fois de plus au schéma de la figure 4. Provoquons un accroissement de la tension collecteur en agissant sur P , sans oublier de retoucher R pour remettre I_B à la valeur de départ.

On désigne respectivement par $V1$, $V2$ et $i2$, l'augmentation de la tension de base, de la tension collecteur et du courant collecteur, comme

indiqué figure 6.

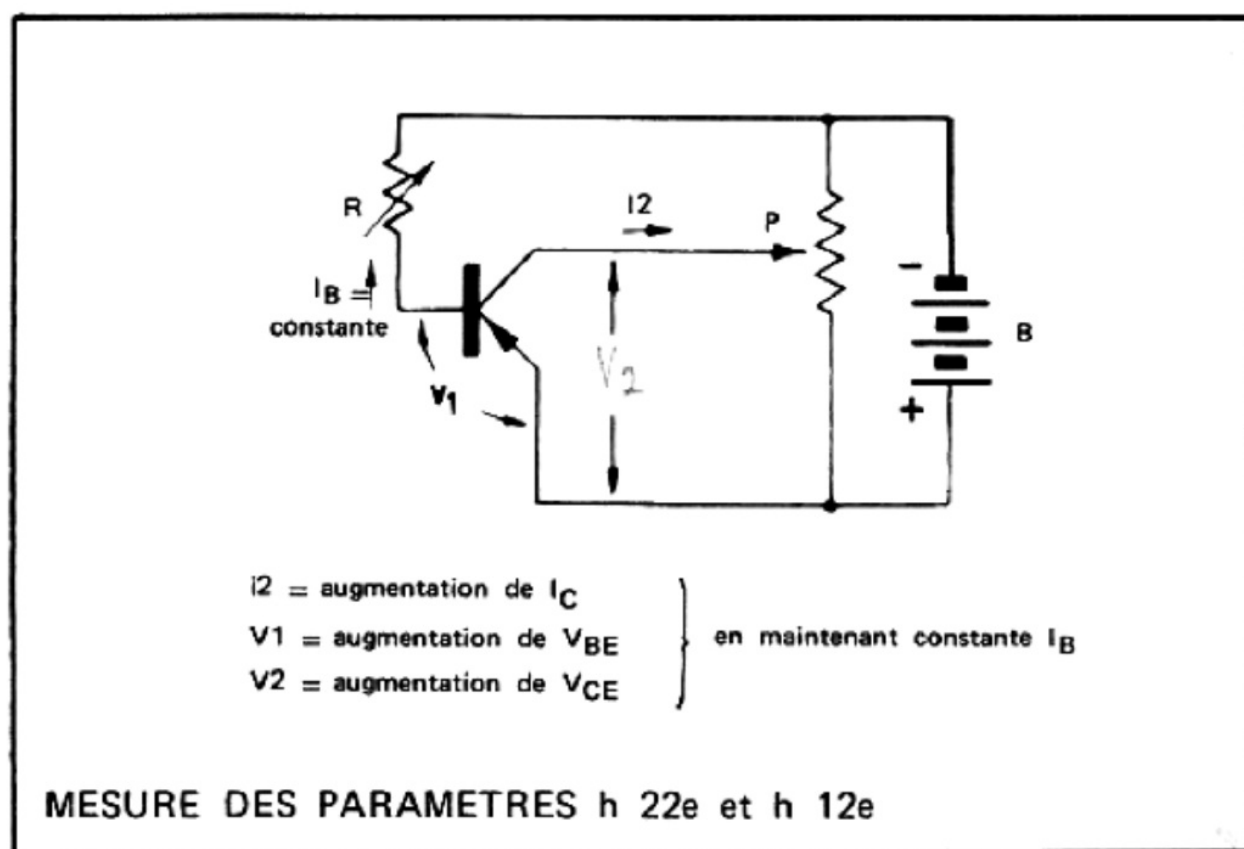


Figure 6

Les valeurs de h_{22e} et de h_{12e} sont données par les formules suivantes :

$$h_{22e} = \frac{i_2}{V_2} \qquad h_{12e} = \frac{V_1}{V_2}$$

On remarque immédiatement que le paramètre h_{22e} est donné par le rapport entre l'augmentation du courant collecteur et l'augmentation de la tension collecteur, c'est-à-dire à l'inverse de la façon dont est définie la résistance de sortie en courant alternatif.

L'inverse de la résistance étant défini par la conductance, le para-

mètre h_{22e} exprime donc LA CONDUCTANCE DE SORTIE du transistor, en courant alternatif.

Sa valeur est exprimée en unité de conductance, c'est-à-dire en SIEMENS (S) ou en MILLISIEMENS (mS) ou encore en MICROSIEMENS (μ S), mais on la donne le plus souvent en mA/V (milliampère par volt), unité équivalente au millisiemens ou en μ A/V (équivalente au μ S).

Enfin le paramètre h_{12e} est donné par le rapport entre l'augmentation de la tension de base et celle de la tension collecteur qui l'a provoquée. Ce paramètre indique donc de combien de fois l'augmentation de V_{BE} est supérieure à celle de V_{CE} .

Ce paramètre est appelé COEFFICIENT DE REACTION DE TENSION, puisqu'il exprime l'influence de la tension de sortie sur la tension d'entrée.

Généralement, la tension d'entrée est peu influencée par la tension de sortie. En effet, l'augmentation de V_{BE} est toujours inférieure à celle de V_{CE} . Cela signifie que h_{12e} est toujours très petit, de l'ordre de quelques millièmes ou moins.

En reprenant ce même raisonnement, mais cette fois-ci pour un circuit à base commune, on définit les paramètres hybrides h_{11b} , h_{21b} , h_{12b} , h_{22b} . Ici toutefois, h_{21b} équivaut au coefficient α .

En conclusion, voyons la définition qu'il est possible de donner aux différents paramètres :

- h_{11} = Résistance d'entrée
- h_{21} = Coefficient d'amplification de courant
- h_{12} = Coefficient de réaction de tension
- h_{22} = Conductance de sortie

Il est important de rappeler que les deux premiers paramètres

doivent être mesurés avec une tension de sortie constante, tandis que les deux autres doivent être mesurés avec un courant d'entrée constant.

En observant les formules qui définissent les divers paramètres hybrides, on remarque que le chiffre 1 se rapporte à l'entrée et le 2, à la sortie.

Ainsi, h_{11} indique le paramètre obtenu comme étant le rapport entre deux grandeurs d'entrée.

De la même façon h_{21} , h_{12} , h_{22} indiquent respectivement les paramètres obtenus comme étant le rapport entre une grandeur de sortie et une grandeur d'entrée, entre une grandeur d'entrée et une de sortie et enfin entre deux grandeurs de sortie.

Il existe également d'autres termes pour définir les indices des paramètres. En effet, h_{11} est parfois indiqué par h_i , en ce sens qu'il représente la résistance d'entrée (i étant la première lettre de "INPUT", terme anglais signifiant "entrée").

h_{21} est indiqué par h_f en ce sens qu'il représente l'amplification effectuée dans le sens direct c'est-à-dire l'amplification que subit un courant passant de l'entrée à la sortie (" f " étant la première lettre de "FORWARD" signifiant direct).

h_{12} peut être remplacé par h_r , car il exprime une réaction dans le sens "inverse", c'est-à-dire qui se manifeste entre les tensions de sortie et d'entrée (" r " étant la première lettre de "REVERSE" signifiant "inverse").

Enfin h_{22} peut être remplacé par h_o en ce sens qu'il se rapporte à la conductance de "sortie" (" o " étant la première lettre de "OUTPUT" signifiant sortie").

III - 4 - PARAMETRES DE TRANSISTORS POUR FREQUENCES ELEVÉES.

Ces quatre paramètres dont nous venons d'étudier le rôle, ne sont pas suffisants pour déterminer de façon précise les propriétés d'un transistor destiné à fonctionner à des fréquences élevées.

En effet pour de tels types de transistors, il ne faut pas négliger la capacité des jonctions qui, bien qu'ayant une valeur relativement petite, présente une réactance assez basse au passage des fréquences élevées.

Cette réactance est capable d'influencer de manière non négligeable les résistances d'entrée et de sortie du transistor.

Dans un tel cas, il devient nécessaire de tenir compte de la capacité des jonctions, ou des capacités équivalentes d'entrée et de sortie, ce qui porte à 6 le nombre total des paramètres.

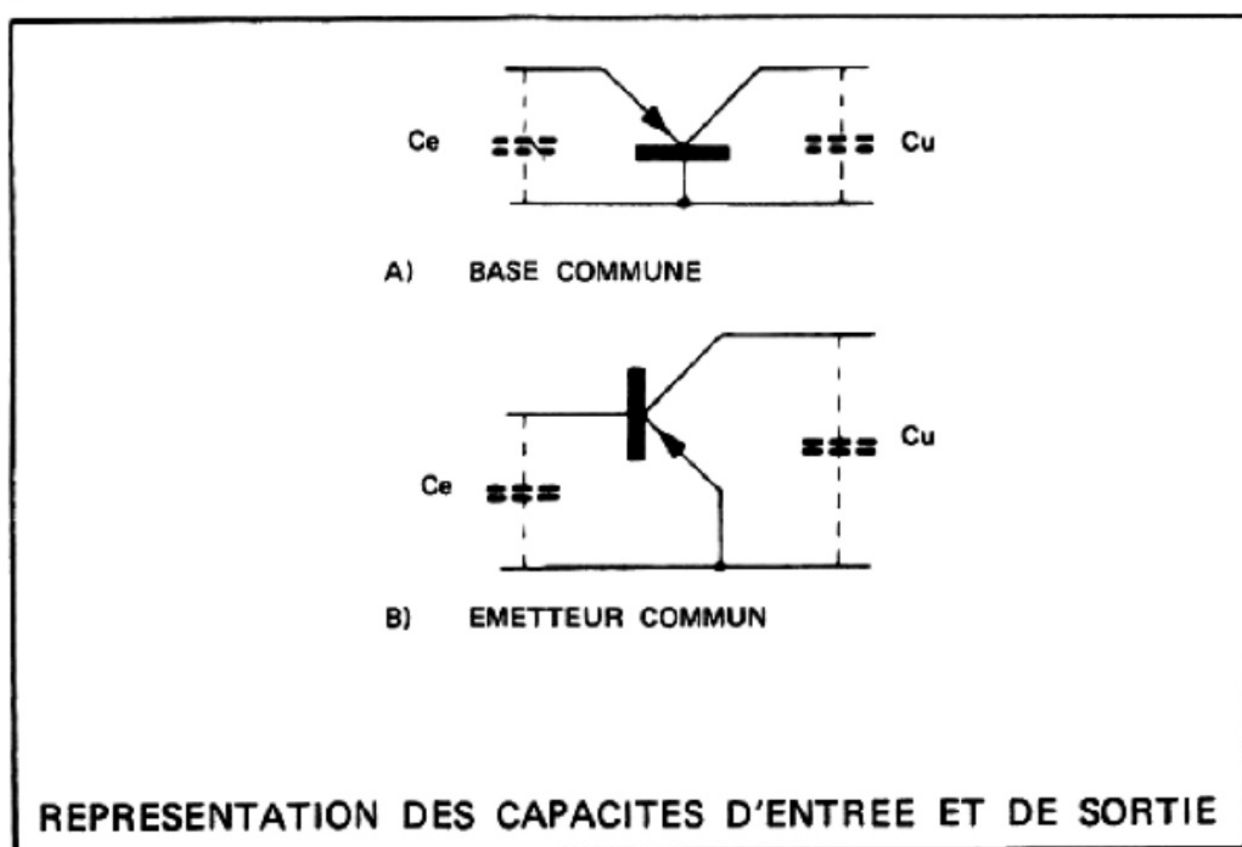


Figure 7

La figure 7-a montre un transistor branché en base commune où l'on peut voir que la capacité d'entrée coïncide avec la capacité de la jonction émetteur base et celle de sortie, avec la capacité de la jonction collecteur base.

Dans le branchement à émetteur commun (figure 7-b), la capacité d'entrée coïncide encore avec celle de la jonction émetteur base, alors que la capacité de sortie est beaucoup plus critique, du fait qu'elle est commune aux deux jonctions.

Les systèmes de paramètres relatifs aux transistors destinés aux fréquences élevées sont parfois très complexe. En effet, ces systèmes sont souvent constitués de plus de six paramètres qui ne correspondent pas toujours directement aux paramètres hybrides.

Etant donné la complexité du problème et la non homogénéité des paramètres entre les différents fabricants de transistors, nous n'entreprendrons leur étude que dans le cours de SPECIALISATION RADIO, lors de l'examen des circuits travaillant en H.F.

Avec la prochaine leçon, nous aborderons la TECHNOLOGIE DES TRANSISTORS. Nous étudierons également les particularités des transistors FET - UJT et MOS.

NOTIONS A RETENIR

- En règle générale, on peut dire que le **COURANT INVERSE** circulant dans la jonction **COLLECTEUR-BASE** d'un transistor, **DOUBLE SA VALEUR POUR CHAQUE AUGMENTATION** de 10°C de la **TEMPERATURE**.
- L'augmentation du **COURANT INVERSE**, circulant dans la jonction **COLLECTEUR-BASE** d'un transistor, **DONNE LIEU A UNE AUGMENTATION ULTERIEURE DE LA TEMPERATURE**, et il en résulte une **AUGMENTATION DU COURANT COLLECTEUR**.
- **TOUS LES CIRCUITS** utilisés pour la **STABILISATION THERMIQUE**, font appel à la **CONTRE-REACTION**. De tels circuits tendent à maintenir constant le courant de collecteur, donc sont en mesure d'annuler l'effet de la température.
- **LA STABILISATION THERMIQUE** se fait le plus souvent par :
 - a) **CONTRE-REACTION DE COLLECTEUR**
 - b) **CONTRE-REACTION D'EMETTEUR**
 - c) **PAR THERMISTANCE**
- Il existe deux principaux types de **THERMISTANCES** :
 - a) Les **THERMISTANCES à COEFFICIENT DE TEMPERATURE POSITIF (C.T.P)**, dont la résistance **AUGMENTE** avec la température.
 - b) Les **THERMISTANCES à COEFFICIENT DE TEMPERATURE NEGATIF (C.T.N)** dont la résistance **DIMINUE** avec la température.

- Les propriétés d'un TRANSISTOR relatives à un point de travail particulier, sont déterminées à l'aide d'un certain nombre de valeurs propres au transistor, appelés PARAMETRES.
- Les PARAMETRES HYBRIDES (symbolisés par la lettre "h") sont au nombre de quatre pour les transistors B.F.
Pour distinguer ces paramètres les uns des autres, on se sert d'INDICES composés de deux chiffres (1 et 2).
Nous avons ainsi : h 11, h 12, h 21, h 22.
- Les PARAMETRES HYBRIDES se rapportent toujours à un montage fondamental. Pour désigner celui-ci, on fait suivre l'indice de la lettre se rapportant au montage.
Ainsi h 11 e, désigne un paramètre relatif au montage EMETTEUR COMMUN, h 11 b au montage BASE COMMUNE et h 11 c au montage COLLECTEUR COMMUN.
La définition donnée à chaque paramètre est la suivante :
 - h 11 = Résistance d'entrée
 - h 21 = Coefficient d'amplification de courant
 - h 12 = Coefficient de réaction de tension
 - h 22 = Conductance de sortie.



EXERCICE DE REVISION SUR LA LECON SEMI-CONDUCTEURS 6

- 1) Pourquoi le courant résiduel I_{CBO} est-il influencé par la température du transistor ?
- 2) A quelle loi obéit l'augmentation approximative du courant I_{CBO} en fonction de la température ?
- 3) Pourquoi doit-on stabiliser en courant continu l'amplificateur EMETTEUR COMMUN ?
- 4) Quelle est la signification physique des paramètres hybrides ?
- 5) En quelle unité de mesure les paramètres hybrides sont-ils exprimés ?



**REPONSES A L'EXERCICE DE REVISION SUR LA
LECON SEMI-CONDUCTEURS 5**

- 1) Les caractéristiques de sortie du transistor sont exprimées par des courbes qui représentent l'allure du courant et de la tension de sortie pour une valeur déterminée du courant d'entrée.
Dans l'amplificateur à émetteur commun, on appelle **CARACTERISTIQUES DE SORTIE**, les courbes qui représentent l'allure du courant collecteur ($-I_C$) et la tension collecteur ($-V_{CE}$) pour des valeurs déterminées du courant de base.
- 2) On appelle **RESISTANCE DE CHARGE**, la résistance insérée dans la liaison collecteur du transistor, c'est-à-dire dans le circuit de sortie du montage.
- 3) L'inclinaison de la droite de charge dépend de la valeur de la résistance de charge ; plus cette valeur est faible, plus l'inclinaison est élevée, arrivant même à être verticale lorsque la résistance de charge est nulle.
- 4) On calcule la puissance dissipée sur le collecteur en multipliant la tension présente entre le collecteur et l'émetteur (ou la base) par le courant de collecteur.
- 5) La puissance maximum de dissipation du collecteur diminue rapidement avec l'augmentation de la température ambiante.

