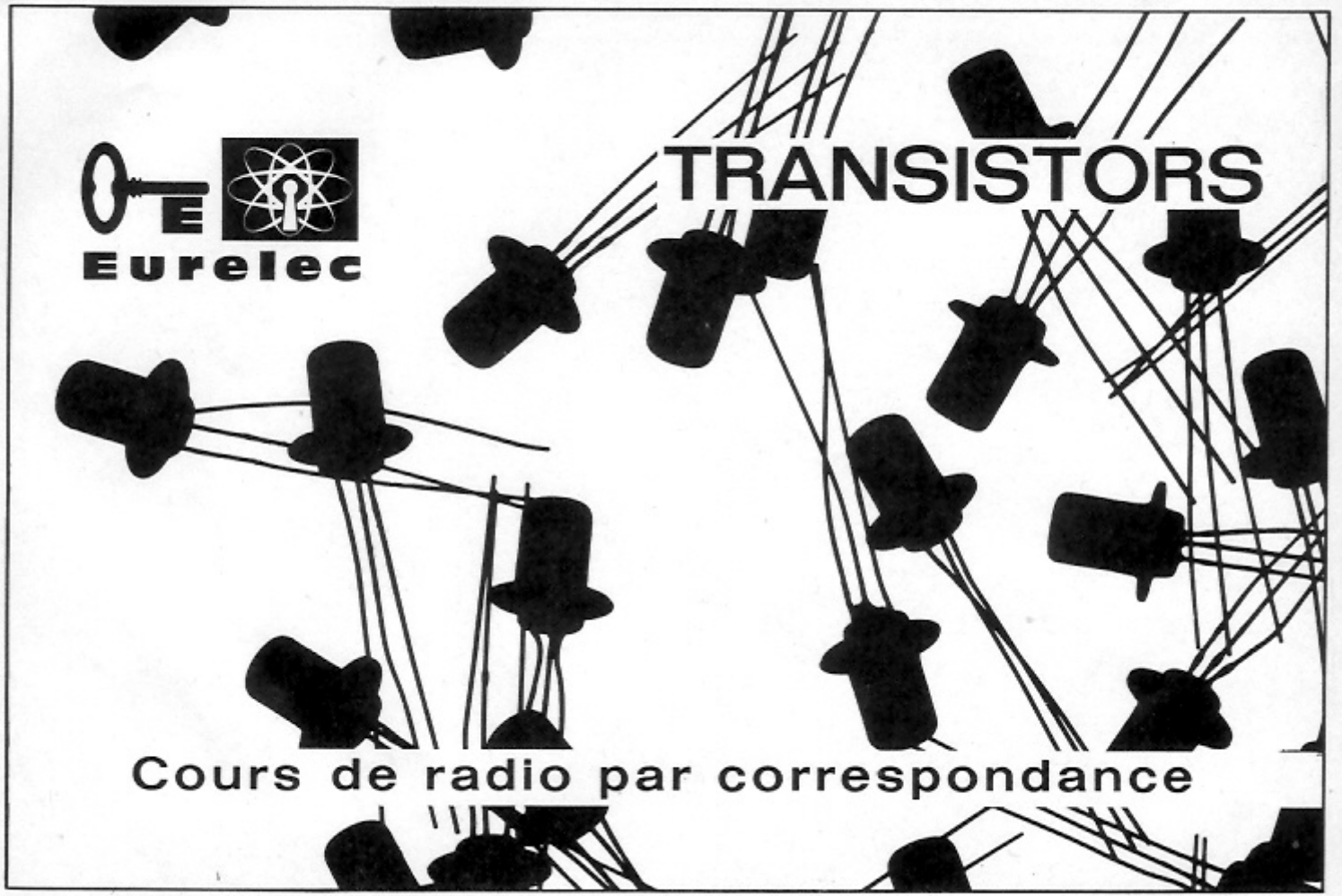

Eurelec
TRANSISTORS
Cours de radio par correspondance

Dans cette leçon, je vous montrerai quelques circuits à transistors fonctionnant en OSCILLATEUR, c'est-à-dire comme générateur de signaux B.F. et H.F.

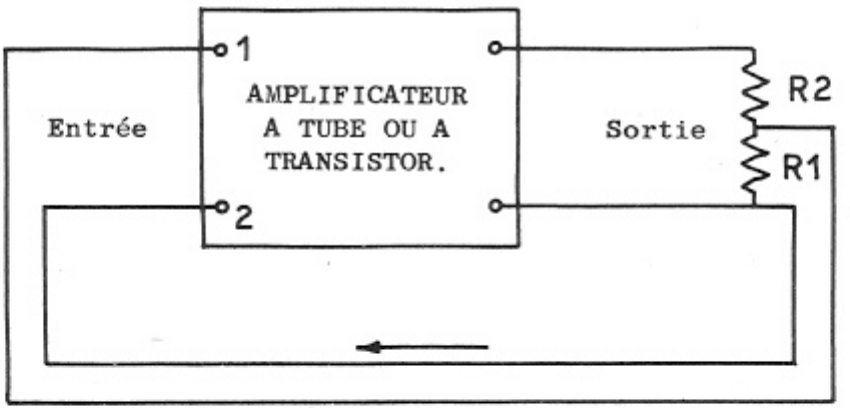
Le transistor fonctionne facilement en oscillateur. En réalité, un oscillateur n'est pas autre chose qu'un amplificateur, dans lequel on réinjecte un peu d'énergie amplifiée à l'entrée même de l'amplificateur.

Les oscillations qui se produisent ainsi durent indéfiniment (voir Fig. 1).

Aux bornes de $R_1 + R_2$ se manifeste la tension de sortie de l'amplificateur. R_1 est petit vis-à-vis de R_2 ; aux bornes de R_1, on prélève une tension minime par rapport à la tension totale de sortie.

Cette petite tension de réaction est ramenée aux prises d'entrée 1 - 2. On pourra avoir une réaction positive ou négative (contre-réaction) simplement

SCHEMA SYNOPTIQUE DE LA REACTION.



- Fig. 1 -

en changeant entre eux les deux fils de raccordement de la réaction.

Dans le seul cas de réaction positive, on a accrochage d'oscillations.

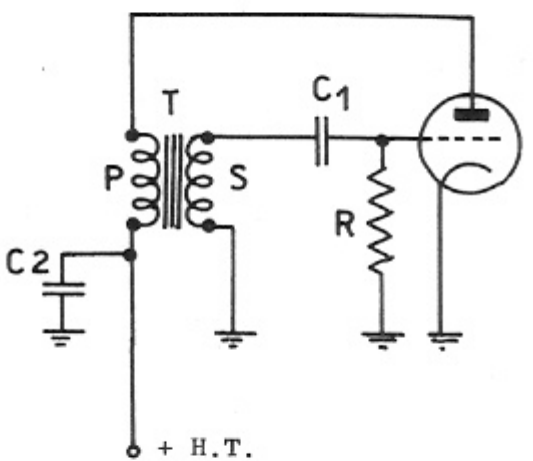
Dans un oscillateur comme celui indiqué à la Fig. 1-, les oscillations se stabilisent à une fréquence qui est déterminée par un certain nombre de grandeurs variables, telles les capacités de couplage de l'amplificateur, les résistances de couplage, etc....

On n'aura pas une grande stabilité de fréquence, et l'on ne pourra pas facilement déterminer la valeur de la fréquence à laquelle l'ensemble oscillera.

L'oscillateur de la Fig. 1- représente donc un modèle exclusivement démonstratif ; en effet, tous, ou presque tous les oscillateurs d'utilisation pratique fonctionnent de la même manière.

OSCILLATEURS BASSE FREQUENCE.

La Fig. 2- montre un oscillateur simple à fréquence audible avec tube électronique. Le transfert d'énergie entre plaque et grille (c'est-à-dire entre sortie et entrée du modèle général des oscillateurs) est réalisé à travers



- Fig. 2 -

le transformateur de couplage "T".

Les enroulements primaire et secondaire sont raccordés de manière que le champ magnétique du secondaire induise une tension au primaire, qui tend à maintenir les oscillations dans le circuit.

Si l'on inverse alors l'un des deux enroulements, les oscillations cessent.

La cathode du tube est à la masse, et la grille est polarisée par le courant de grille qui circule dans la résistance "R", y engendrant une tension ; le condensateur "C_1" empêche la tension qui se forme sur la grille, de se décharger à la masse à travers le secondaire du transformateur "T".

Le condensateur "C_2" sert à

dévier vers la masse, les courants alternatifs qui prennent naissance sur la côté du primaire qui va à la haute tension + HT.

Ce système de polarisation de grille agit de manière que le courant de plaque circule seulement par IMPULSIONS de brève durée, vis-à-vis de la période du signal.

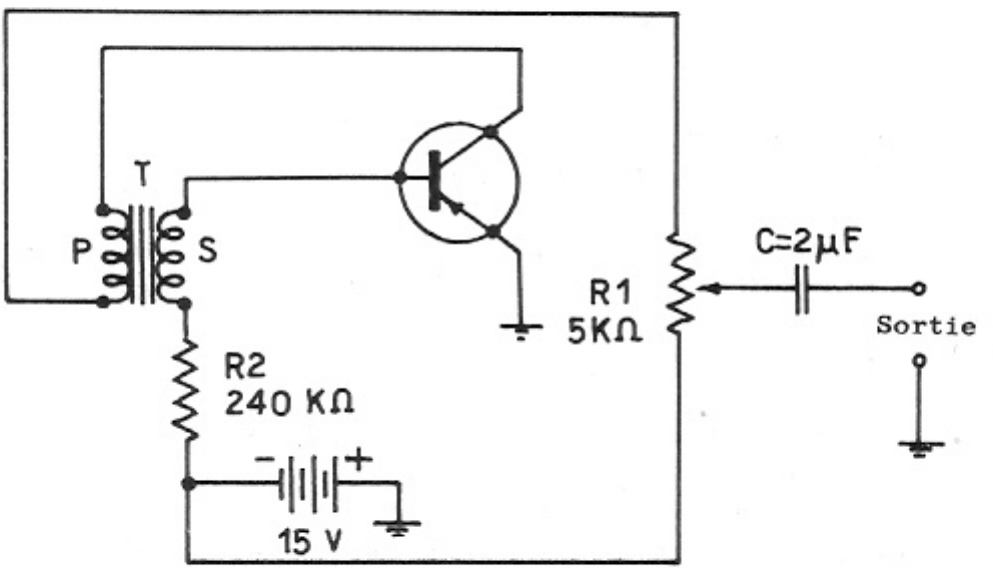
Ce système se nomme "CLASSE C" ; il permet le rendement le plus élevé de fonctionnement d'un tube électronique.

Rappelons que le rendement N'EST PAS la puissance de sortie, mais LE RAPPORT ENTRE CE QU'ON FOURNIT ET CE QU'ON OBTIENT, c'est-à-dire dans le cas qui nous intéresse, le rapport entre la puissance qu'on fournit à l'oscillateur au moyen de la batterie et la puissance à fréquence audible que l'on recueille.

Un circuit à transistor équivalent à celui que l'on vient d'examiner, est représenté Fig.3-.

On a ajouté un potentiomètre "R_1", avec un condensateur de couplage "C", dans le but de prélever le signal du circuit. Avec une seule batterie, on polarise collecteur et base du transistor.

"R_2" est inséré dans la liaison de la base et sert à limiter la



- Fig. 3 -

tension entre la base et l'émetteur à la valeur appropriée.

Le transformateur "T" doit être construit en vue d'adapter la haute impédance du circuit de collecteur à la basse impédance du circuit base-émetteur ; il doit donc avoir un rapport de transformation abaisseur.

La fréquence d'oscillation dépendra de l'inductance des enroulements et de leur capacité répartie.

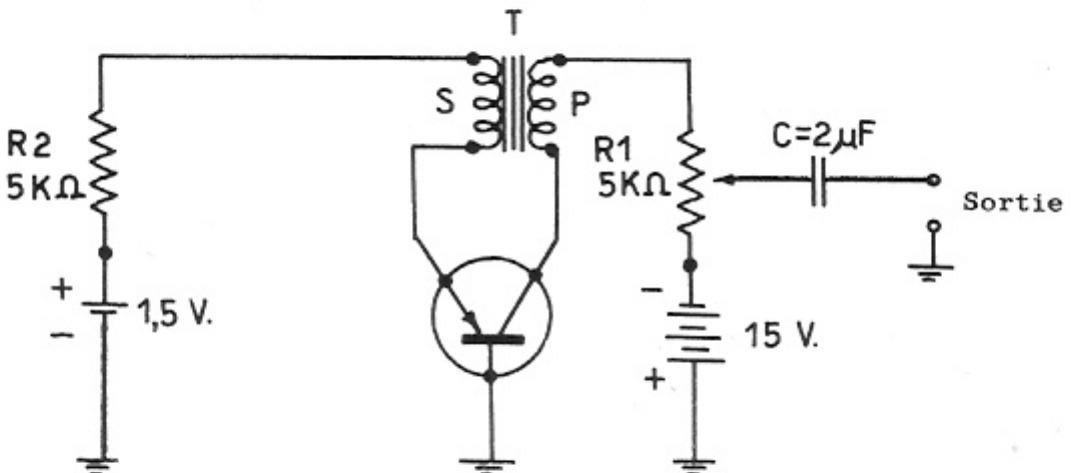
La fréquence de résonance peut être abaissée par l'insertion d'un condensateur en parallèle sur le primaire du transformateur "T".

Le même oscillateur, utilisé dans un circuit avec base à la masse, est illustré Fig. 4-.

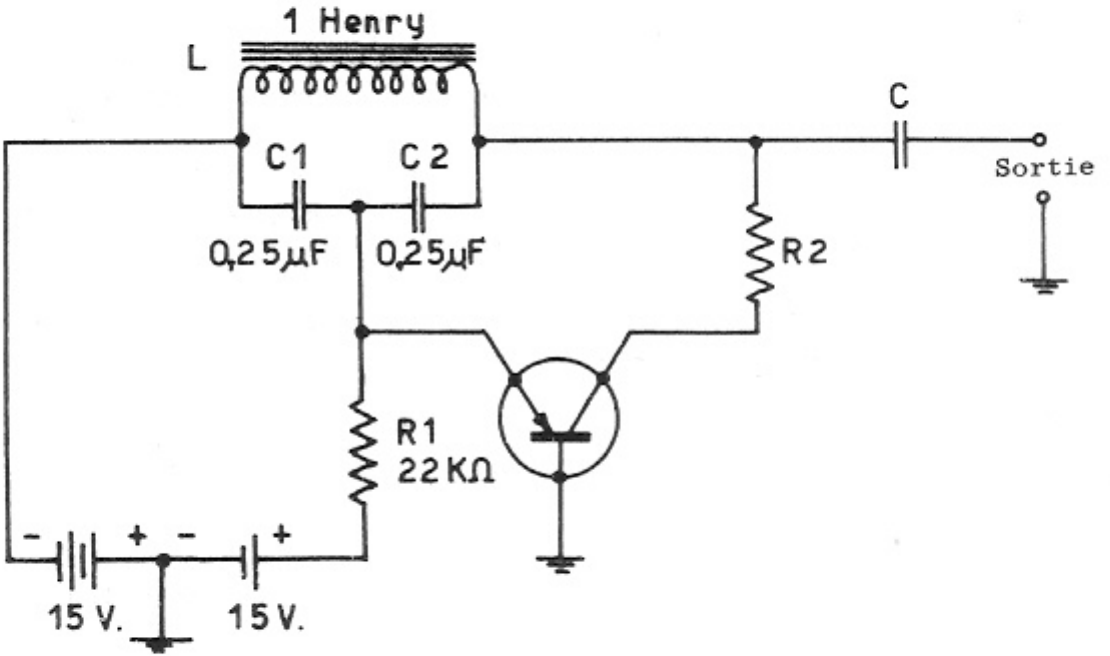
Il faut deux batteries pour polariser les deux circuits émetteur et collecteur avec les polarités appropriées.

Un autre oscillateur basse fréquence à transistor est celui qui est représenté Fig. 5-.

Il est caractérisé par le fait qu'on emploie une seule inductance "L", et que la REACTION est obtenue à travers le diviseur formé par les deux



- Fig. 4 -



- Fig. 5 -

condensateurs"C_1" et "C_2".

Le système de réaction à diviseur capacitif est également utilisé avec les tubes électroniques et se nomme en général "circuit COOLPITTS".

La résistance "R_1" détermine la POLARISATION BASE - EMETTEUR et sa valeur est entre 5 et 200 KΩ. La résistance "R_2" a une grande influence sur la forme de l'onde constituant le signal.

En augmentant la valeur de "R_2" la forme s'améliore, se rapprochant de plus en plus de la sinusoïde parfaite.

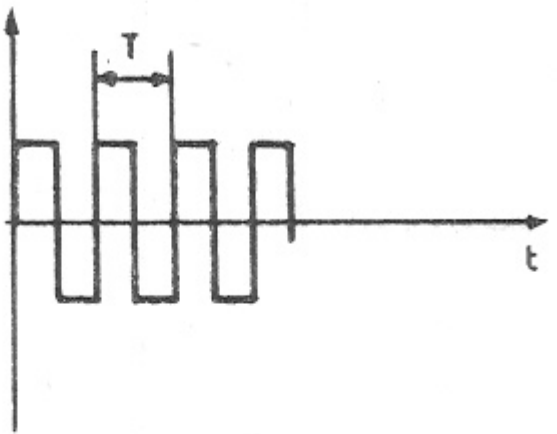
Quand la valeur de "R_2" est voisine de 40 KΩ, les oscillations cessent. Avec les valeurs indiquées dans le schéma pour "C_1", "C_2", "L", on obtient un signal à environ 1.000 Hz.

La consommation de courant des batteries est inférieure à 50 µA.

MULTIVIBRATEURS.

Les transistors fonctionnent montés en circuits oscillateurs nommés MULTIVIBRATEURS ; ceux-ci ont la caractéristique d'engendrer des formes d'ondes

SIGNAUX RECTANGULAIRES.



- Fig. 6 -

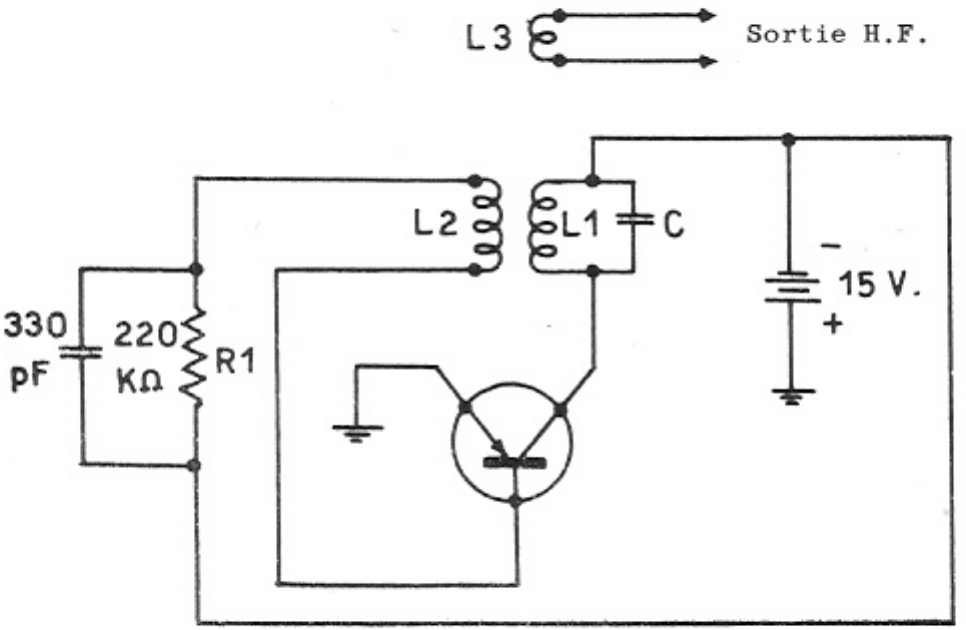
rectangulaires (Fig. 6-).

La période "T" stabilise la fréquence fondamentale d'oscillations. Les multivibrateurs sont caractérisés par le fait que la fréquence fondamentale d'oscillation est déterminée non par inductances et capacités, comme dans les autres oscillateurs, mais par couplage "R.C" résistance - capacité.

OSCILLATEURS A HAUTE FREQUENCE.

L'usage des transistors dans les oscillateurs à haute fréquence est soumis à des limites qui dépendent des caractéristiques du transistor.

Grâce au progrès dans la fabrication des transistors qui est encore en plein développement, il existe sur la marché des types de transistors à fréquences de coupure très élevées, qui permettent de réaliser des oscillateurs (et aussi



- Fig. 7 -

des amplificateurs pour des fréquences de quelques MHz.

Dans la Fig. 7-est illustré un oscillateur fonctionnant à des fréquences de quelques MHz.

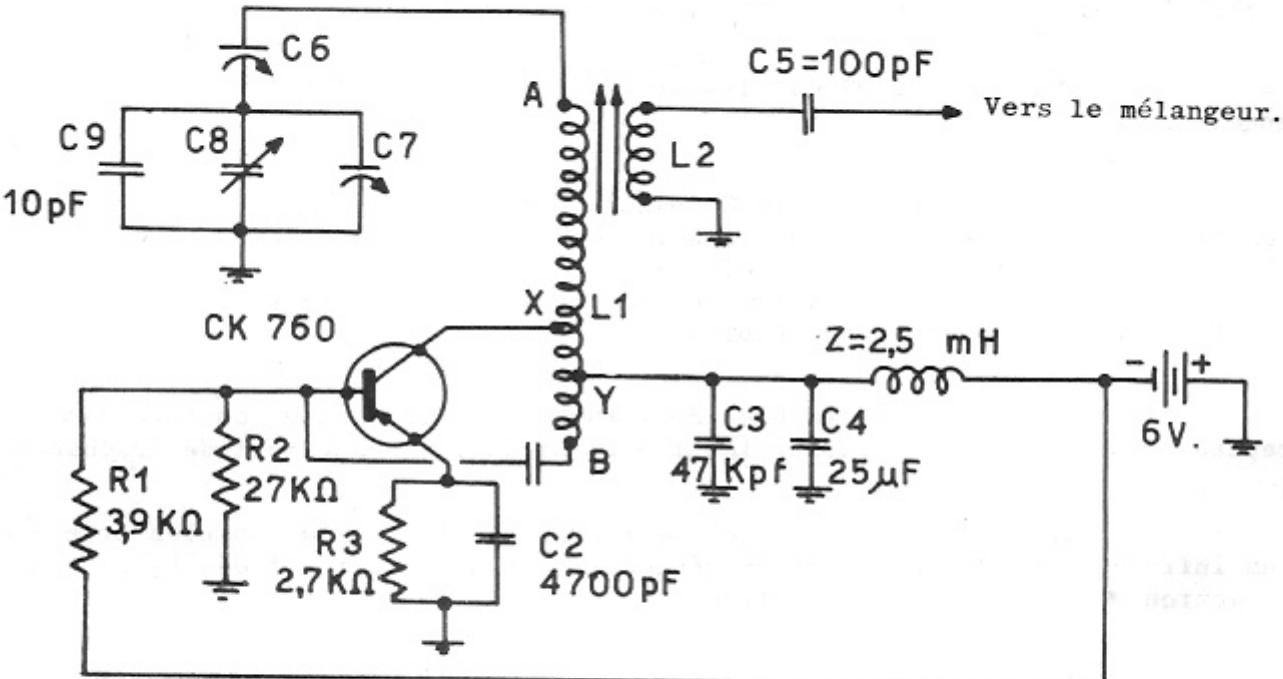
Le "SFT 108" de la Compagnie Générale de T.S.F est un transistor à jonction avec fréquence de coupure à 10 MHz. "L_1" et "L_2" sont à couplage serré et "L_3" est l'enroulement qui prélève la H.F. sur le circuit oscillant "L_1 - C", pour l'utilisation. "R_1" sert à limiter le courant de l'émetteur à une valeur de sécurité pour la durée du transistor.

Le circuit de la Fig. 8- illustre un oscillateur employé dans un récepteur radio comme oscillateur local d'un circuit à changement de fréquence.

Le circuit "R_3 - C_2" sert à rendre l'oscillation plus stable et moins influençable par la variation charge appliquée au circuit de "L_2". La prise de réaction est repérée par la lettre "Y".

Le schéma est reporté Fig. 9- avec le schéma de l'oscillateur correspondant à tube électronique. Ce type d'oscillateur "HARTLEY" est caractérisé par le fait que la prise de réaction est effectuée sur la bobine d'inductance.

L'analogie entre les deux circuits, celui avec tube électronique et celui avec transistor, est évidente.



C6 = PADDING 600 à 1250 pF

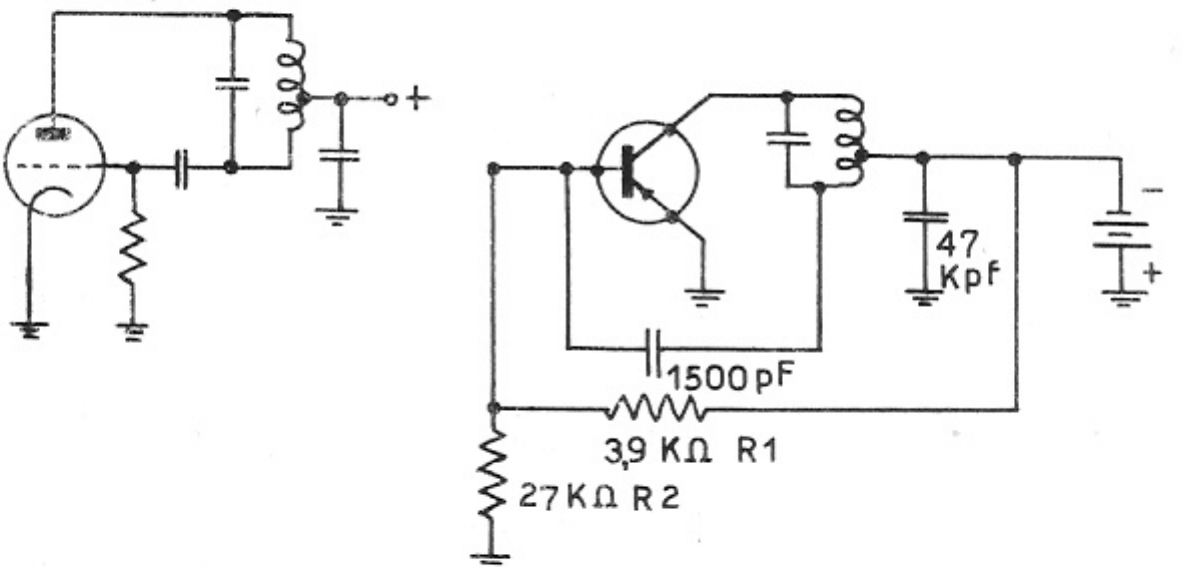
C7 = TRIMMER 50 pF MAX

C8 = CONDENSATEUR VARIABLE

- Fig. 8 -

R1-R2 RESITANCE DE POLARISATION

DE LA BASE.



- Fig. 9 -

Dans le cas pratique de la Fig. 8-, en plus du circuit "R_3 - C_2" de stabilisation, l'on remarque la self de choc "Z", qui a pour but d'éviter les accrochages en filtrant, grâce au condensateur "C_3" de 47 KpF, le circuit d'alimentation au point "Y" de la bobine "L_1", par rapport au circuit du diviseur "R_1 - R_2" qui polarise la base.

Les condensateurs "C_3" et "C_4" font partie tous deux du filtre; le condensateur "C_3" (47 KpF) sert de court-circuit à la "H.F", et le condensateur "C_4" (25 μF) évite d'éventuels accrochages dus à la résistance interne de la batterie ; mais il a peu d'effet en "H.F." car c'est nécessairement un électrolytique.

Le collecteur est raccordé à la prise indiquée par la lettre "X" dans le schéma et non à l'extrémité de la bobine, en vue d'avoir une meilleure adaptation d'impédance entre le transistor et le circuit résonnant.

Le condensateur "C_6" est appelé "padding" ; on le trouve aussi dans les récepteurs à tubes électroniques pour ondes moyennes du type superhétérodyne

Il sert, comme vous le savez maintenant, à conserver entre le circuit d'antenne et le circuit de l'oscillateur, une différence de fréquence constante sur toute la gamme d'exploration des deux condensateurs variables à commande unique.

Cette différence de fréquence est égale à la valeur de "M.F.", c'est à-dire, qu'elle a, en général, une valeur comprise entre 450 KHz et 475 KHz.

Les condensateurs "C_9" et "C_7" servent à accorder le circuit résonnant en tenant compte de la valeur minimum du condensateur variable d'accord.

Quand ce dernier se trouve complètement ouvert, c'est-à-dire au minimum de sa capacité propre, la capacité totale du circuit est portée à une valeur déterminée en accord avec le réglage du condensateur, "trimmer C_7".

OSCILLATEURS AVEC TRANSISTORS A POINTES.

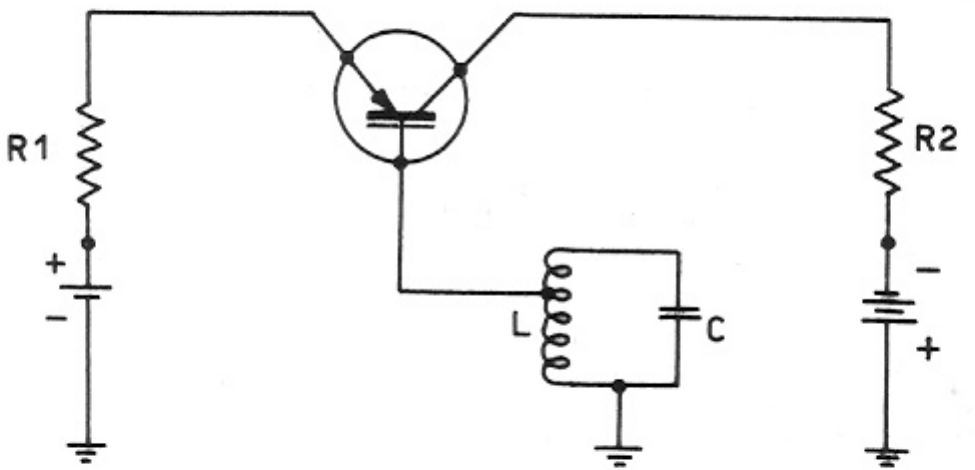
Tous les oscillateurs dont nous avons parlé jusqu'à maintenant emploient des transistors à jonction, parce que leur application est très semblable à celle des tubes électroniques et aussi parce qu'en pratique ils sont les plus utilisés.

Pourtant, il y a plusieurs applications dans lesquelles on utilise des transistors à pointes. Ils se comportent de façon différente de ceux à jonction, la valeur de α étant supérieure à "1".

Alors que pour un simple amplificateur cela veut dire une différence de valeur dans l'amplification, dans un oscillateur cela signifie souvent un comportement différent.

Il y a des circuits qui ne fonctionnent que si l'on utilise un transistor

TRANSISTOR A POINTES PNP



- Fig. 10 -

à pointes : c'est le cas de l'oscillateur dont le schéma est représenté Fig. 10-.

Le circuit est extrêmement simple : "R_1" et "R_2" sont deux résistances de protection ; "L" et "C" sont les deux éléments du circuit oscillant dont la fréquence détermine la valeur des oscillations. Remarquez le deuxième trait sous la base, qui symbolise le transistor à pointes.

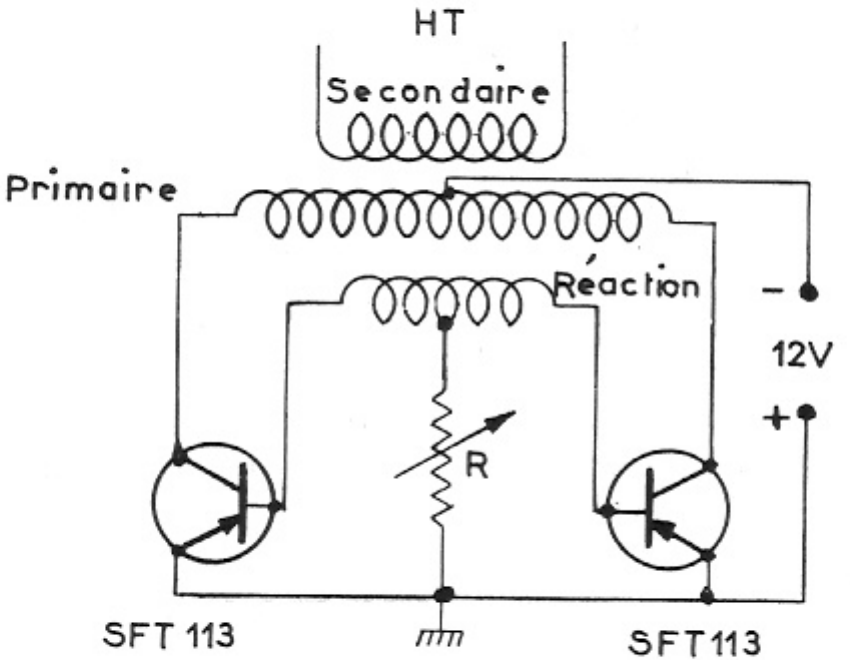
VIBREUR STATIQUE 25 WATTS - CONVERTISSEUR A TRANSISTORS.

Ce montage fait partie en quelque sorte des applications dites industrielles montrant à titre d'exemple, les possibilités illimitées des transistors (Fig. 11-).

Ce convertisseur fournit une tension alternative en partant d'une source continue (batterie d'accumulateur). Il permet de résoudre de nombreux problèmes.

Par exemple, il peut après redressement, alimenter la haute tension d'un récepteur radio. La tension est subordonnée aux caractéristiques du transformateur.

Il s'agit en fait d'un oscillateur classe "C" à 2 transistors de puissance. Pour obtenir le maximum de rendement à la puissance désirée, il est nécessaire d'ajuster la valeur de "R" qui est comprise entre 3 et 10 ohms.



- Fig. 11 -

Une puissance supérieure peut être obtenue avec facilité ; il suffit de multiplier le nombre de transistors (montage en parallèle).

CARACTERISTIQUES DU TRANSFORMATEUR.

Primaire	:	2 fois 30 tours - fil émaillé - 10/10-
Réaction	:	2 fois 10 tours - fil émaillé - 25/100-
Secondaire	:	(selon tension désirée). Par exemple pour 200 V. continu redressé en pont 540 tours - fil émaillé - 20/100-
Section de fer	:	6 cm^2.
Tôles	:	1,3 watts.

Des oscillateurs comme ceux que nous venons de voir, peuvent être construits pour engendrer des tensions de valeur bien plus élevées, de l'ordre de quelques milliers de volts.

Ces générateurs peuvent donc trouver un emploi utile dans l'alimentation des tubes cathodiques pour oscillographes, des tubes Geiger - Müller, des détecteurs de radio activité, etc...

EXERCICE PRATIQUE.

Vous avez déjà exécuté quelques essais avec la diode au germanium, vous continuerez maintenant la série des exercices pratiques en relevant la caractéristique d'un transistor.

Le transistor que vous pouvez utiliser dans cet essai sera :

Un SFT 101 - (SFT 102 ou OC 70, OC 71, 2N 139).

Comme je vous l'ai déjà dit pour les diodes au germanium, quoique ces types de transistors ne soient pas équivalents entre eux, ils appartiennent au même groupe, et l'un quelconque d'entre eux peut servir dans notre cas.

A la Fig. 12- est indiqué comment l'on peut distinguer les bornes diverses de chacun de ces transistors:**Collecteur C, Base B, Emetteur E.**

Vous relèverez maintenant la caractéristique émetteur-collecteur quand varie le courant émetteur.

Cette expérience correspond à celle du relevé du courant plaque en fonction de la tension de cathode dans un tube électronique; le circuit connecté

avec base à la masse étant analogue à celui avec grille à la masse.

On a choisi ce circuit parce qu'avec la base à la masse (grille à la masse, dans la triode), les courants de collecteur et d'émetteur (plaque et cathode dans la triode) sont suffisamment élevés pour pouvoir être mesurés avec le contrôleur universel.

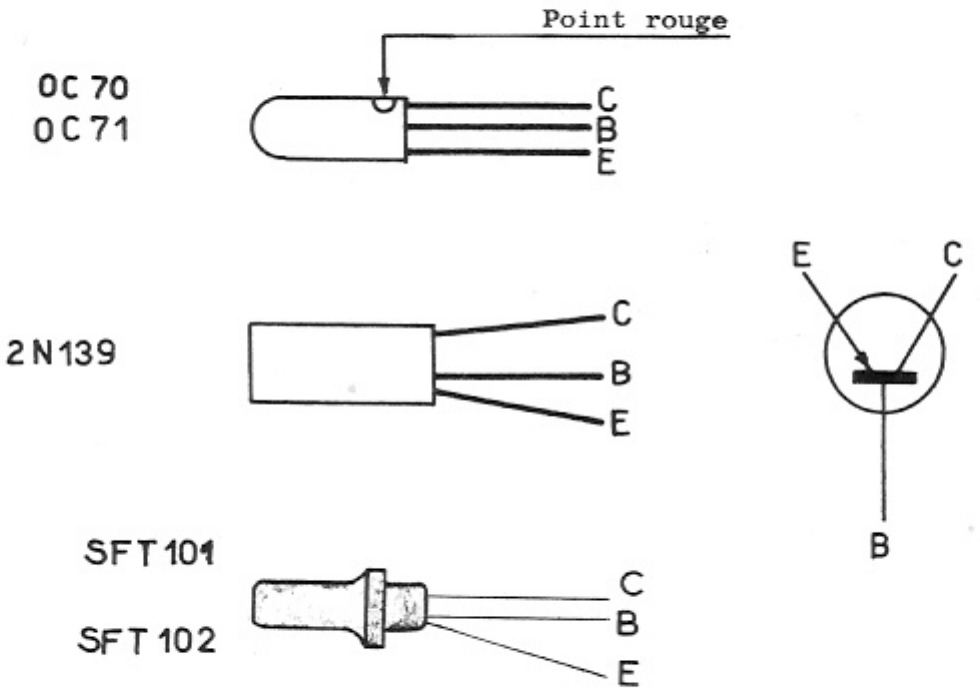
Je vous rappelle que les mesures que vous exécuterez ont un caractère expérimental, et qu'elles doivent être prises comme qualitatives et non comme rigoureusement quantitatives.

Le schéma que nous utiliserons est représenté Fig. 13- position "A" où le contrôleur est mis en série entre le point "e" et le point "i".

Comme vous le voyez, vous devez appliquer une tension réglable entre émetteur et base et relever le courant d'émetteur.

De son côté, le collecteur est polarisé par la pile sèche de 4,5 V. du contrôleur : il est directement réuni au"moins"de la pile (position A).

En faisant varier la tension, au moyen du potentiomètre, on peut noter les variations du courant d'émetteur en fonction de la position de l'index du potentiomètre.



- Fig. 12 -

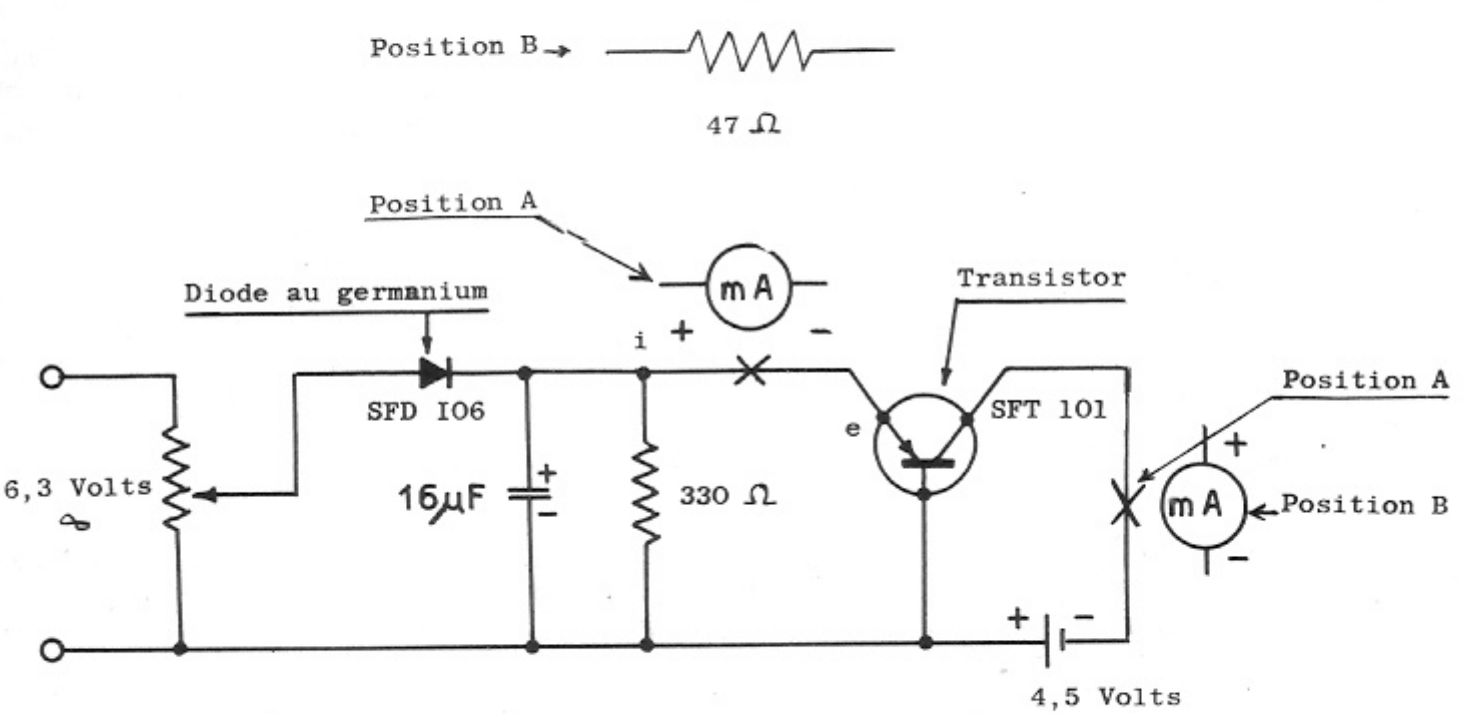
FAITES BIEN ATTENTION A LA POLARITE DES TENSIONS ET AUX RACCORDEMENTS DU TRANSISTOR QUI EST UN ELEMENT TRES DELICAT ET NE SUPPORTE PAS DE TENSIONS A POLARITES INVERSES NI DES CONTATCS ACCIDENTELS.

Ne coupez jamais les fils de sortie de la diode et du transistor, soudez-les par leurs extrémités et notez en outre que les valeurs maxima des courants sont :

	Courant collecteur mA	Courant émetteur mA
OC 70 - OC 71	10	12
SFT 101 - SFT 102	50	50
2 N 139	15	15

Dressez maintenant un premier tableau (courant émetteur en fonction de la position du potentiomètre) où les valeurs indiquées sont données à titre d'exemple ; vous pourrez donc trouver des chiffres différents.

Remplacez ensuite le contrôleur par une résistance de 47 ohms qui représente la résistance équivalente, et branchez le contrôleur en série avec le collecteur (position "B"); respectez la polarité de branchement du milliampèremètre.


Position B
47 Ω
Position A
mA
Diode au germanium
i
+
-
Transistor
SFD 106
e
SFT 101
Position A
6,3 Volts
16µF
330 Ω
+
mA
Position B
-
+
-
4,5 Volts

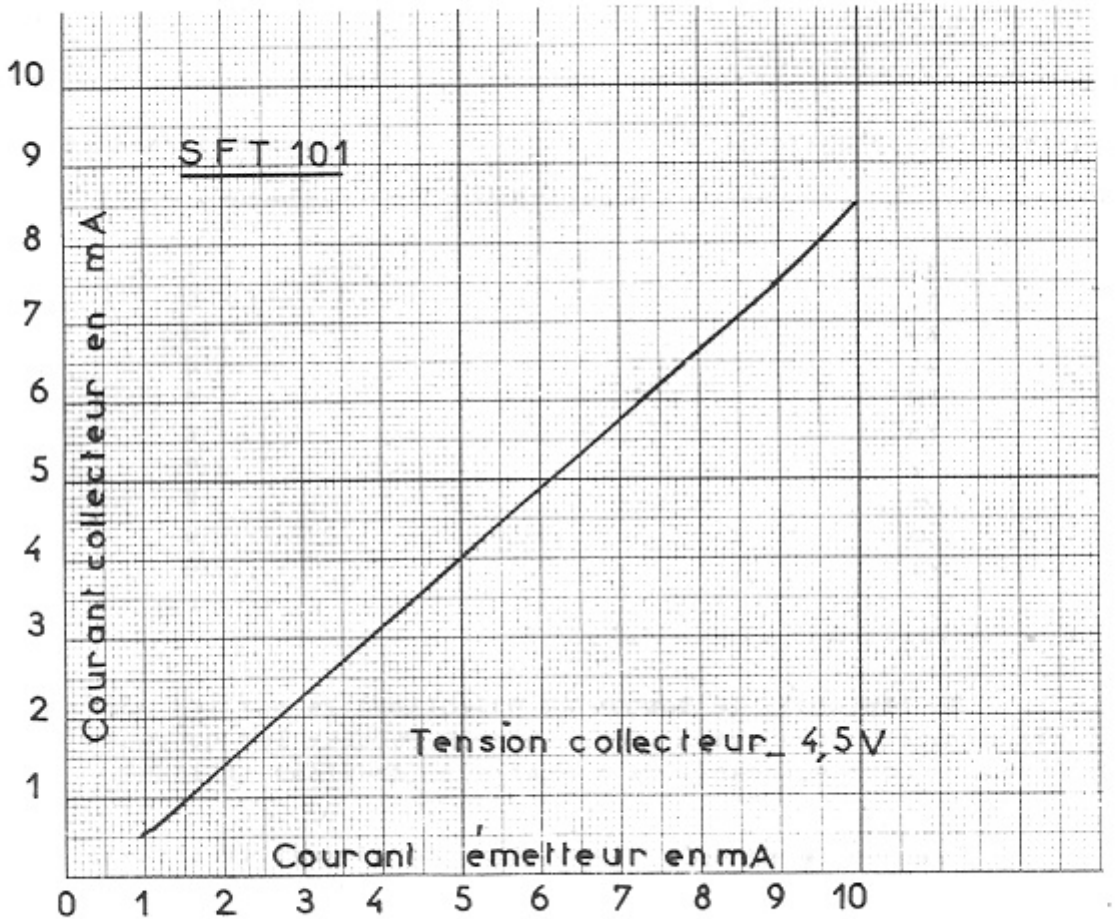
- Fig. I3 -

Position du potentiomètre.	Courant d'émetteur.
9I	1
87	2
84	3
8I	4
78	5
75	6
72	7
68	8
65	9
62	10

En replaçant le bouton du potentiomètre sur les mêmes positions que pour les mesures précédentes, vous pourrez relever les courants du collecteur pour les courants correspondants de l'émetteur.(deuxième tableau).

Dans notre exemple, le coefficient d'amplification en courant est :

$$\alpha = \frac{I_c}{I_e} = \frac{8,5}{10} = 0,85.$$


SFT 101
Courant collecteur en mA
Tension collecteur_ 4,5V
Courant émetteur en mA
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

- Fig. 14 -

Position du potentiomètre.	Courant de l'émetteur.	Courant du collecteur.
9I	1	0,60
87	2	1,5
84	3	2,35
8I	4	3,1
78	5	4,1
75	6	4,9
72	7	5,75
68	8	6,6
65	9	7,45
62	10	8,5

A partir de ces données, vous pouvez tracer la couche caractéristique de la Fig. 14-, qui est analogue à la caractéristique "V_k - I_p" (tension cathode - courant plaque) d'une triode fonctionnant avec grille à la masse.

Dans la prochaine leçon, vous construirez un récepteur pour ondes moyennes avec redresseur à diode au germanium.

-=-=-=-=-=-=-

REPONSES AUX EXERCICES DE REVISION SUR LA 7ème LECON TRANSISTORS.

1- Les résistances à coefficient de température négatif sont caractérisées par le fait que leur résistance décroît quand leur température augmente, contrairement à ce qui arrive dans les résistances normales.

Elles sont utilisées dans les amplificateurs à transistors pour compenser l'augmentation de courant de base qui survient avec l'augmentation de la température de jonction et pour stabiliser le fonctionnement par rapport aux variations de température.

2- La distorsion linéaire est la différence d'amplification aux diverses fréquences.

3- Il y a distorsion harmonique quand le signal amplifié est déformé, ce qui équivaut à avoir production de fréquences harmoniques ; le pourcentage de celles-ci par rapport au signal de fréquence fondamentale à la sortie, donne la distorsion harmonique de l'amplificateur.

4- Le temps de transit est le temps que mettent les électrons, ou les trous, qui constituent le flux de courant, à parcourir l'intérieur du transistor.

Quand ce temps de passage devient un pourcentage sensible de la durée de la période (temps mis par un courant à parcourir le cycle de deux alternances), on a réduction d'amplification :

En effet, quand arrive une nouvelle partie du signal, la fin du précédent est encore présente et en opposition de phase, ce qui vient perturber l'amplification et se traduit par une réduction du signal de sortie, et donc d'amplification.

-=-=-=-=-=-=-

EXERCICES DE REVISION SUR LA 8ème LECON TRANSISTORS.

1- Comment obtient-on dans un circuit oscillateur à tube ou à transistor, la persistance des oscillations ?

2- Quel est le système utilisé pour la polarisation de la grille d'un oscillateur ?

3- Pour quelle raison est-il nécessaire, dans un transistor employé en oscillateur d'introduire un transformateur abaisseur ?

4- Quelle doit être la fréquence de coupure d'un transistor utilisé en oscillateur "H.F." ? et quel transistor pourrait-on employer ?

5- Comment peut-on obtenir, avec les transistors, une tension continue supérieure à celle dont on dispose ?