

Chapitre 3 :

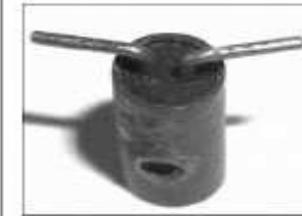
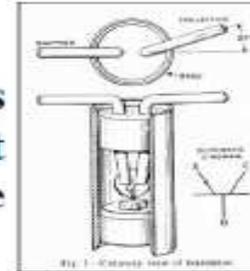
PHYSIQUE DES TRANSISTORS BIPOLAIRES

Historique

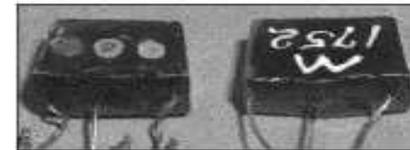
1907 → Découverte de la triode (composant amplificateur) par l'américain Lee de Forest



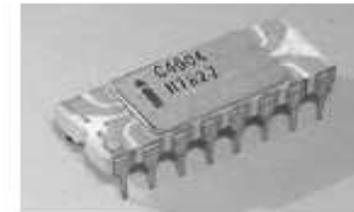
1947-48 → 1^{er} transistor PNP (Germanium)
Développé dans les laboratoires Bell par Bardeen, Brattain et Shockley (prix Nobel de physique en 1956)

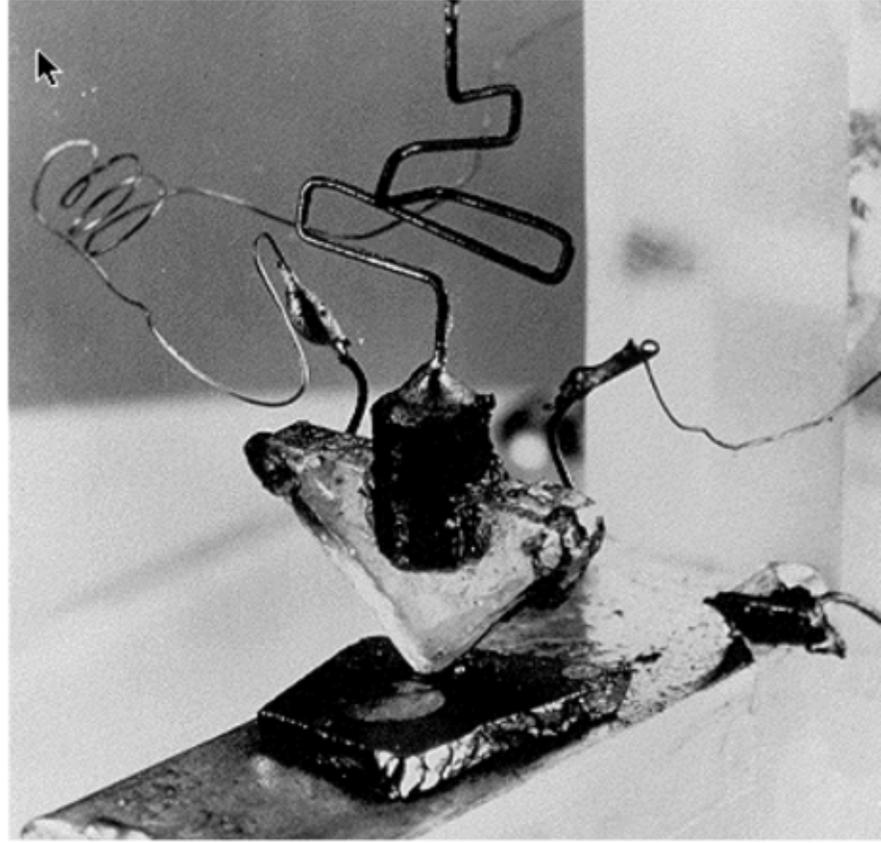


1960 → Transistor en technologie sur silicium (jonction planar)



1971 → 1^{er} microprocesseur (Intel 4004 : μ P 4bits, 2300 transistors)



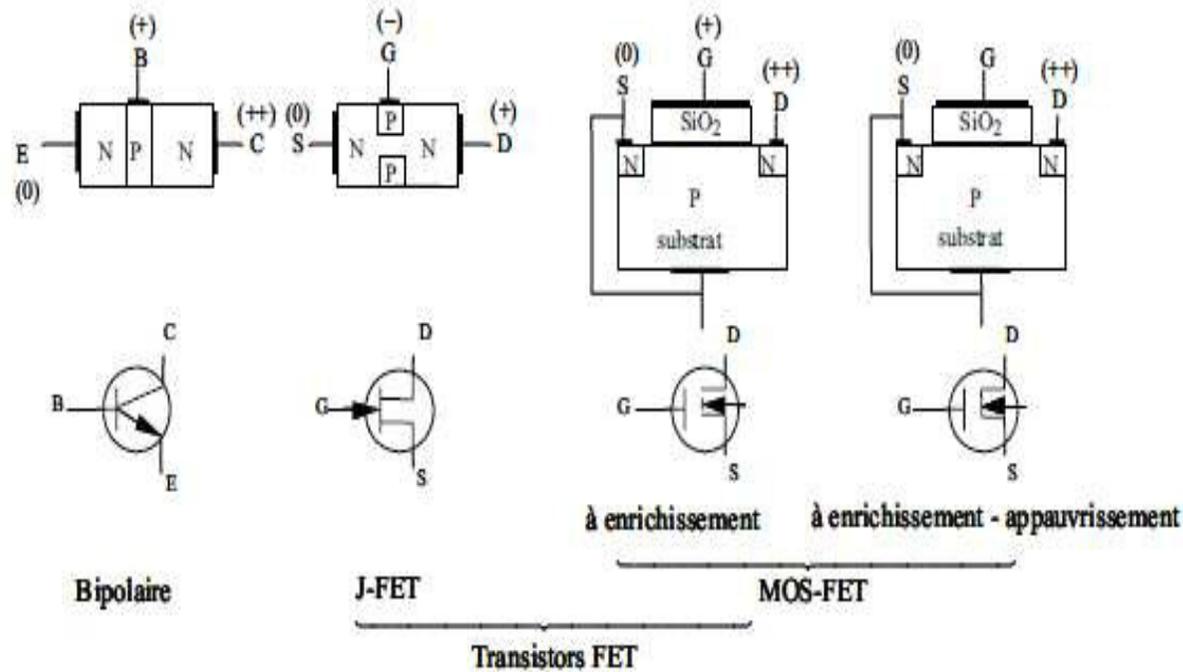


Transistor : (Transfer resistor) résistance de transfert.

Composant électronique utilisé pour remplir la fonction d'amplificateur (de courant ou de tension) ou la fonction de commutateur électronique.

1 Classification des transistors

Les transistors sont réalisés par la jonction de différentes zones de semi-conducteurs de types N et de type P. Il existe deux grandes classes de transistors.



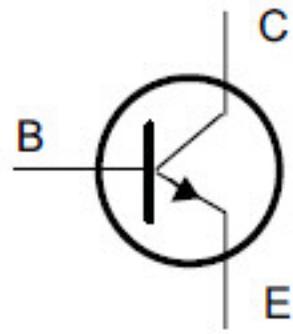
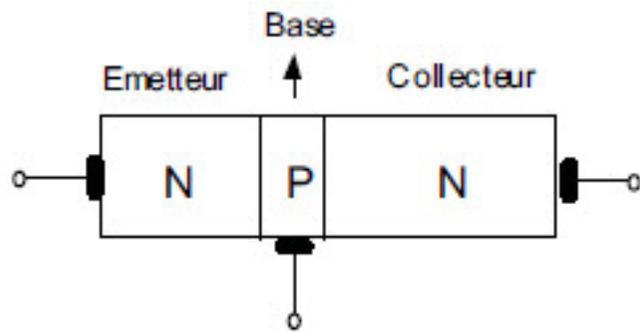
* Les transistors bipolaires sont constitués de trois zones de semi-conducteurs : une zone N, une zone P et une zone N, pour un transistor NPN, (ou bien une zone P, une zone N et une zone P, pour un transistor PNP).

* Les transistors unipolaires dans lesquels un seul type de porteurs de charge est responsable du passage du courant. Ce sont les transistors à effet de champ ou transistors F.E.T. (Field Effect Transistors). Ces transistors se répartissent eux-mêmes en deux groupes : les JFET et les MOS.FET. Les MOS.FET se subdivisent encore en MOS.FET à enrichissement et MOS.FET à enrichissement - appauvrissement.

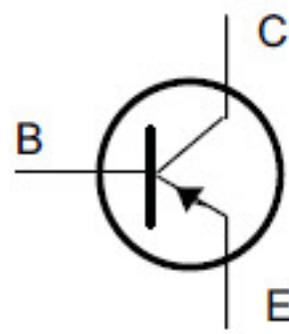
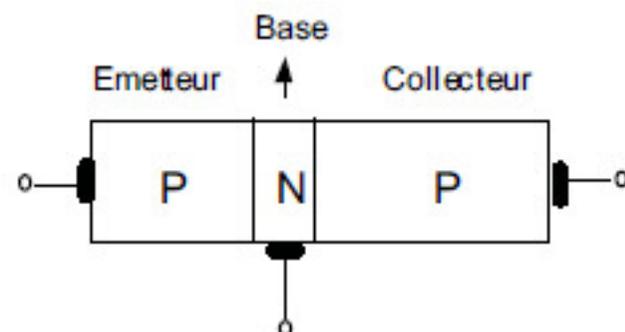
2 Les transistors bipolaires

Un transistor bipolaire est constitué d'un monocristal de semi-conducteur (principalement le silicium) dopé pour obtenir deux jonctions, disposées en série et de sens opposé. Il existe donc deux types fondamentaux de transistors bipolaires, dits complémentaires :

- les transistors NPN dans lesquels une mince couche de type P est comprise entre deux zones de type N : figure (a) ;
- les transistors PNP dans lesquels une mince couche de type N est comprise entre deux zones de type P : figure (b).

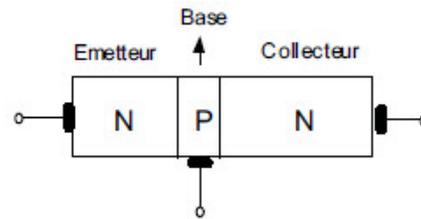


(a)



(b)

2.1 Définitions



- La couche intermédiaire est appelée base. Cette couche est très mince et est légèrement dopée. Les porteurs majoritaires sont donc en quantité assez faible.
- L'une des deux autres zones est appelée émetteur. Il s'agit de la zone la plus dopée du transistor. Son rôle consiste à injecter des porteurs (électrons dans le cas d'un transistor NPN) dans la base.
- La dernière zone qui est de même type que l'émetteur est appelée collecteur. Son dopage est plus faible que celui de l'émetteur et sa géométrie est différente. Le rôle principal du collecteur est de recueillir les porteurs.

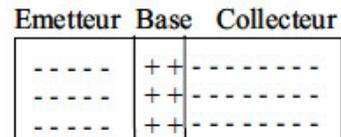
2.2 L'effet transistor

***** Le transistor non polarisé

L'étude sera menée sur un transistor bipolaire de type NPN qui est le plus utilisé et le plus facile à réaliser. Le fonctionnement d'un transistor de type PNP se déduit en échangeant les rôles des électrons ainsi que des trous et en inversant les signes des tensions d'alimentation et des courants.

*****Le transistor non polarisé

Prenons le cas de trois zones NPN mises côte à côte mais électriquement isolées l'une de l'autre, nous aurons la situation de la figure (a)



(a)

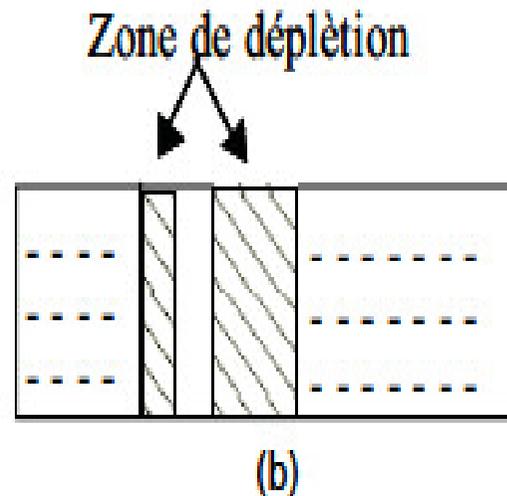
Supposons maintenant que ces zones ne sont plus isolées l'une de l'autre, les électrons libres diffusent à travers les deux jonctions ce qui donne deux zones de déplétion .

Zone de déplétions :

zones de transition représentées (en hachuré)

dépourvues de porteurs majoritaires

la barrière de potentiel pour chacune d'elles est d'environ 0,6 à 0,7 volt.



Or, puisque les trois régions dopées n'ont pas la même concentration, on a :

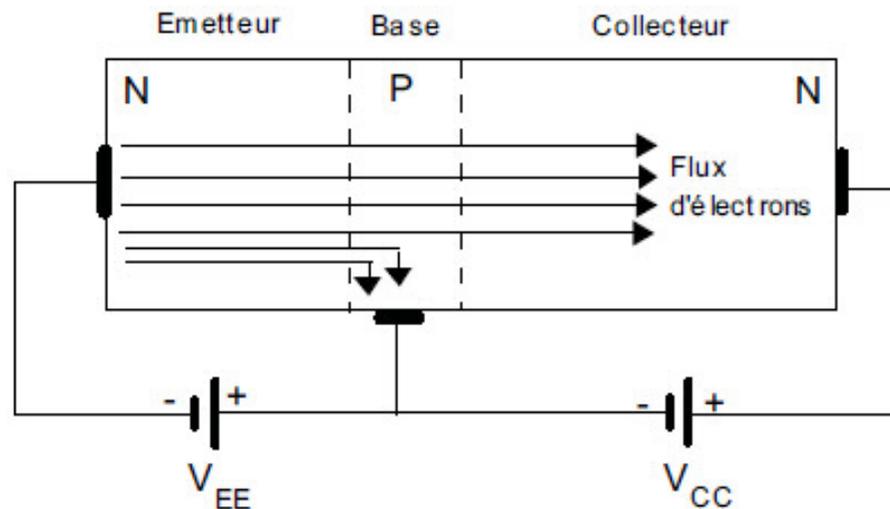
la zone de déplétion pénètre peu dans l'émetteur qui est fortement dopé

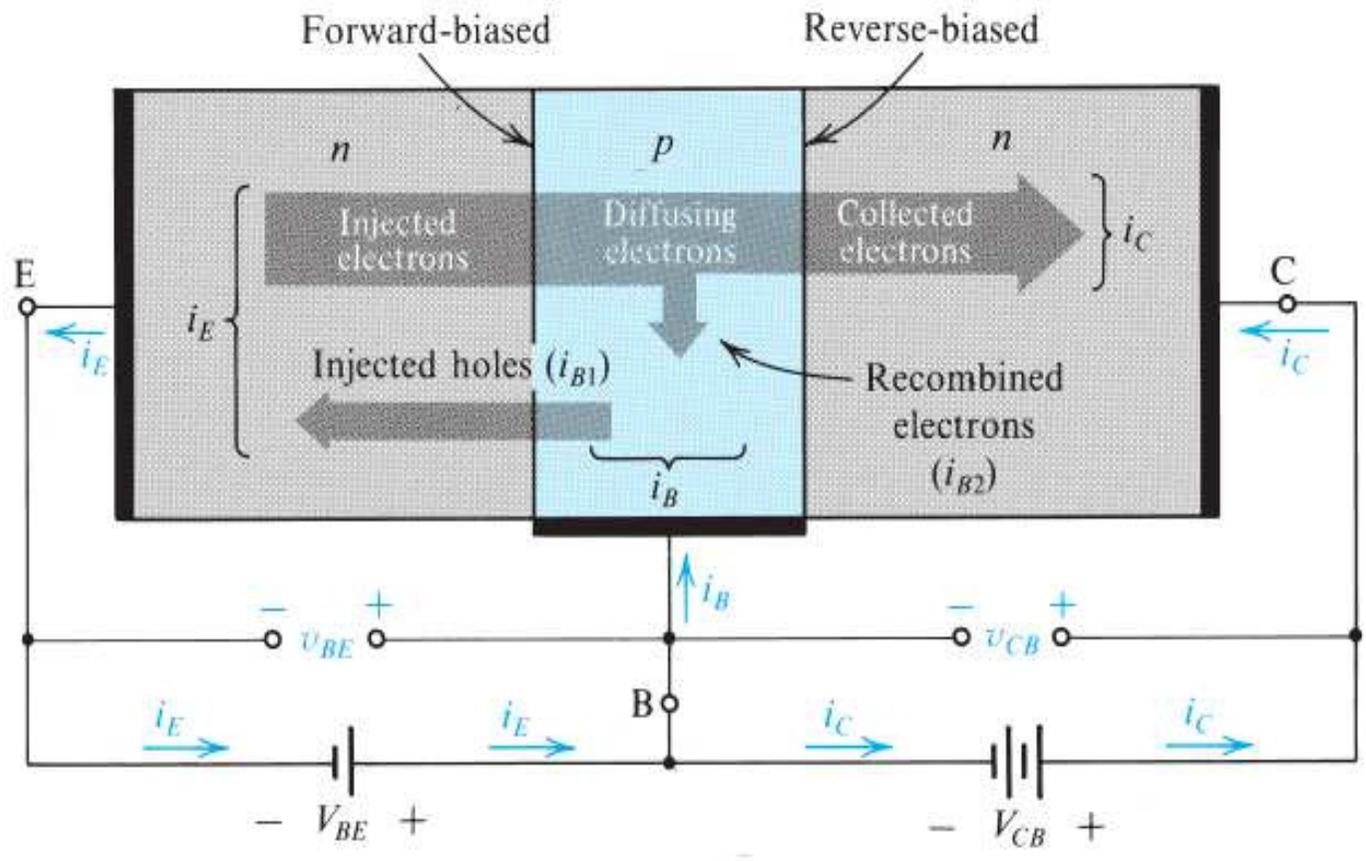
mais profondément dans la base qui est très peu dopée.

Du côté du collecteur, la pénétration de la zone de déplétion sera moyenne.

***** L'effet transistor : gain en courant β

Nous polarisons la jonction émetteur-base en direct et la jonction collecteur-base en inverse, nous obtenons la configuration visible sur la figure de la polarisation directe et principe de l'effet transistor.





En premier lieu, supposons que seule la jonction BC soit polarisée et qu'elle le soit en inverse. Elle est traversée par un courant très faible dû aux porteurs minoritaires appelé I_{CB_0} .

Polarisons maintenant la jonction base-émetteur en direct. Les électrons qui sont majoritaires dans la région de l'émetteur (type N) diffusent en grande quantité à travers la jonction émetteur-base, polarisée en direct, créant ainsi un courant émetteur I_E . Les électrons de l'émetteur traversent en majorité la base et arrivent jusqu'au collecteur. Ainsi l'émetteur « injecte » ou « émet » des porteurs majoritaires et le collecteur les collecte qui vont se comporter comme des minoritaires dans la base.

L'épaisseur de la base étant très faible, la plupart des électrons injectés par l'émetteur peuvent traverser la base et atteignent la jonction collecteur-base.

Celle-ci étant polarisée en inverse est le siège d'un champ électrique interne intense qui a pour rôle d'accélérer les électrons vers le collecteur qui les « collecte ».

Une faible partie des électrons injectés par l'émetteur réussissent quand même à se recombiner avec les trous de la base, puis s'écoulent comme électrons de valence en passant de trou en trou vers la base

α la proportion des électrons dans le cas du transistor NPN émis par l'émetteur, qui parviennent jusqu'au collecteur ;

α est généralement proche de l'unité.

Le courant de l'émetteur devient : $I_C = \alpha I_E \approx I_E$

En observant la figure précédente on $I_E = I_C + I_B$
et en utilisant la relation $I_C = \alpha I_E$

$$\text{On obtient } I_C = \frac{\alpha}{1-\alpha} I_B$$

$$\text{En posant } \beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$$

On déduit que $I_C = \beta I_B$

α représente le gain courant du transistor à tension collecteur-base nulle, $V_{CB} = 0$

β est le coefficient d'amplification

β varie dans de grandes proportions d'un transistor à l'autre. En effet, β dépend surtout de la différence de dopage entre l'émetteur et la base ainsi que de celle-ci.

Mais à une température fixe, β reste à peu près constant pour un transistor donné et pour une large variation du courant I_c .

FIN