

Composants actifs

Diodes- Transistors – Amplificateurs opérationnels - Dispositifs thermoïoniques – Circuits logiques

1°) Retour sur les diodes.

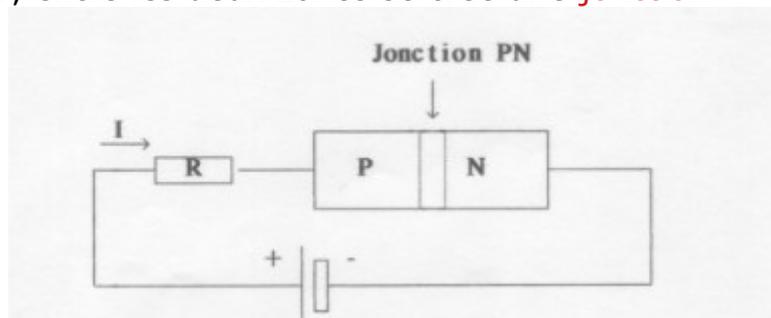
Le germanium et le silicium sont des semi-conducteurs, très purs, ils ont une très forte résistance car ils n'ont pas d'électrons libres.

On leur ajoute en quantité infime ($1/10^{10}$: un dix-milliardième) une impureté, un **dopeur**.

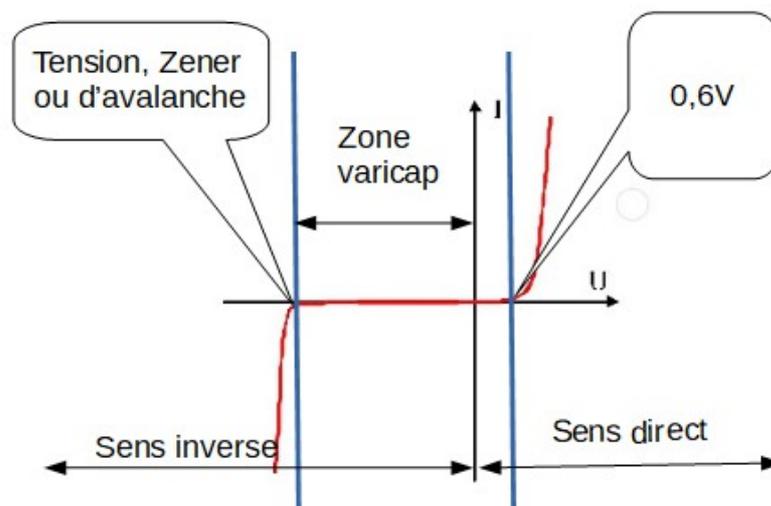
Un dopeur de type N va apporter des électrons libres (arsenic , antimoine)

Un dopeur de type P (gallium, bore) apportera un manque d'électrons libres

Dans un cristal unique réalisons deux dopages, un de type N et l'autre de type P, entre les deux zones se crée une **jonction**



Appliquons une tension variable aux bornes du semi conducteur, le + du côté dopé P, dès que la tension atteindra 0,6V pour le silicium, (0,3V pour le germanium) le semi-conducteur sera passant, branché dans l'autre sens, le semi-conducteur est non-passant, **c'est l'effet diode**



Caractéristique d'une diode

2°) les transistors bipolaires

a) constitution

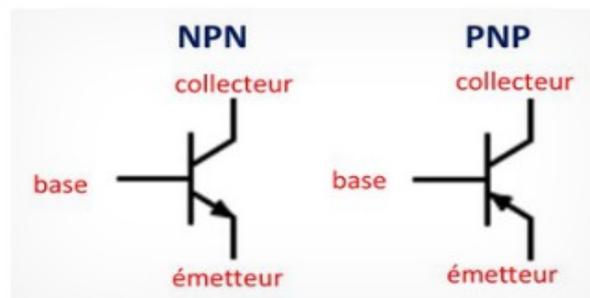


Un transistor bipolaire est constitué par un cristal dopé de façon à former :

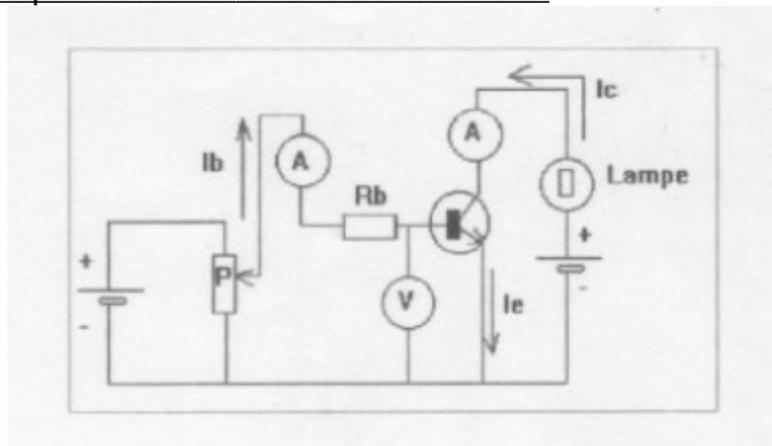
Deux zones N séparées par une zone P : transistor NPN

Deux zones P séparées par une zone N : transistor PNP

b) Schématisation



c) Étude expérimentale d'un transistor NPN



Le montage ci-dessus permet d'étudier le comportement d'un transistor NPN.

La jonction base-émetteur est polarisée dans le sens passant.

La jonction base-collecteur est polarisée en inverse.

Le potentiomètre P permet de faire varier la tension base-émetteur

Dans le circuit collecteur est insérée une lampe.

On mesure U_{BE} , la tension base-émetteur, I_b , l'intensité qui entre dans la base et I_c le courant qui entre dans le collecteur. La lampe constitue la **résistance de charge** du collecteur. R_b limite l'intensité dans la base

	Zone 1	Zone 2						Zone 3				
I_B (mA)	0	0,1	0,2	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
I_C (mA)	0	10	20	30	50	100	150	180	200	200	200	200
	transistor bloqué $U_{BE} < 0,6V$	régime linéaire . $I_C = 100 I_B$						régime saturé				

Si U_{be} est inférieur à 0,6V, $I_c = 0A$ la lampe reste éteinte

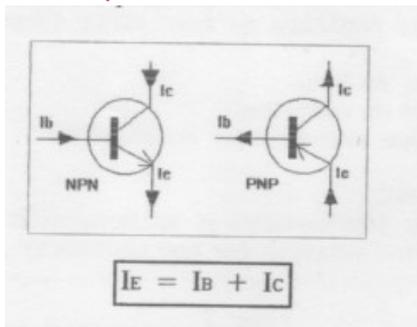
Si U_{be} atteint 0,6V, le courant de base varie de 0,1 à 1,5mA, I_c varie de 10 à 150 mA, la lampe éclaire de plus en plus, la tension U_{be} reste aux alentours de 0,6 ou 0,7V puis l'intensité de base augmente mais le courant collecteur reste stable.

Zone 1 : le transistor est bloqué

Zone 2 : on remarque que $I_c = 100 \times I_b$, 100 est le gain en courant du transistor (noté β : lire bêta)

Zone 3 : le transistor est saturé

Remarques à retenir



$$I_e = I_c + I_b$$

Un faible courant de base va provoquer un fort courant de collecteur, le gain en courant est noté β et on a $I_c = \beta \times I_b$

Le transistor chauffe, son gain augmente avec la température, la température de jonction peut dépasser 100°C, il faut refroidir le composant (ventilateur, radiateur..) sous peine de destruction

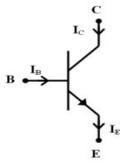
En alternatif, le gain va diminuer avec la fréquence.

d) les 3 montages fondamentaux

<p>Montage émetteur commun</p>	<p>Collecteur Commun</p>	<p>Base Commune</p>
<p>Gain en intensité donné par le constructeur Impédance d'entrée élevée, impédance de sortie élevée. Le signal de sortie est déphasé de 180° par rapport au signal d'entrée</p>	<p>Impédance d'entrée élevée, impédance de sortie faible. Pas de déphasage</p>	<p>Petite impédance d'entrée Grande impédance de sortie Pas de déphasage</p>

--	--	--

e) Exercices



I_b	I_c	I_e	β
1mA	200mA		
10 μ A	1mA		
	1A		20
3mA			150

Dans un transistor NPN, le collecteur est connecté du côté + du générateur
Vrai ? Faux ?

Dans un transistor PNP, le collecteur est connecté du côté - du générateur
Vrai ? Faux ?

Dans un montage émetteur commun, le signal de sortie est en phase avec le signal d'entrée

Vrai ? Faux ?

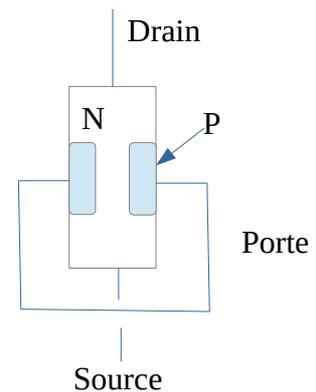
Lorsqu'un transistor chauffe, son gain diminue

Vrai ? Faux ?

Le gain d'un transistor augmente avec la fréquence

Vrai ? Faux ?

3°) Transistors à effet de champ – FET ou J-FET



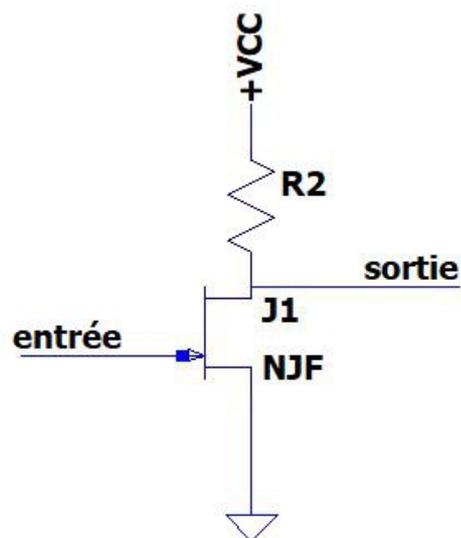
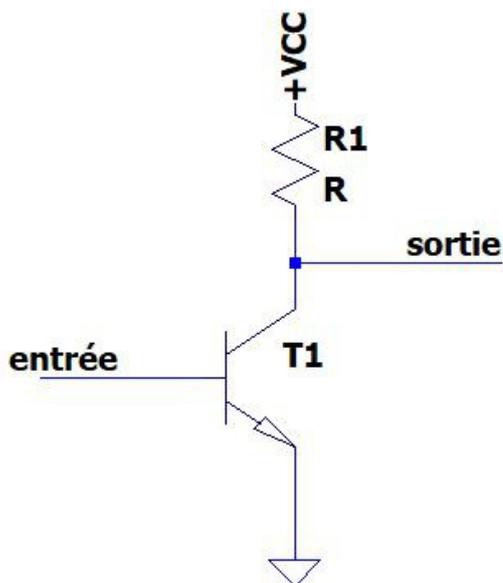
Pour un FET canal N (dessin ci-dessus, à droite, sur une couche de type N sont gravées deux couches de type P reliées l'une à l'autre et qui forme la Porte ou Gate ou Grille

Aux extrémités de la couche N le **drain** (relié au **plus** du générateur), la **source** reliée au **moins** du générateur la sortie et la **grille ou porte**, la commande.

L'impédance d'entrée est très élevée (plusieurs mégohms), aussi l'intensité de grille est très faible. Pour les FET, on ne parlera donc pas de GAIN mais de PENTE (le quotient de l'intensité Drain par la tension Grille)

Les FET génèrent moins de bruit que les transistors bipolaires et sont très utilisés dans le domaine de la radio.

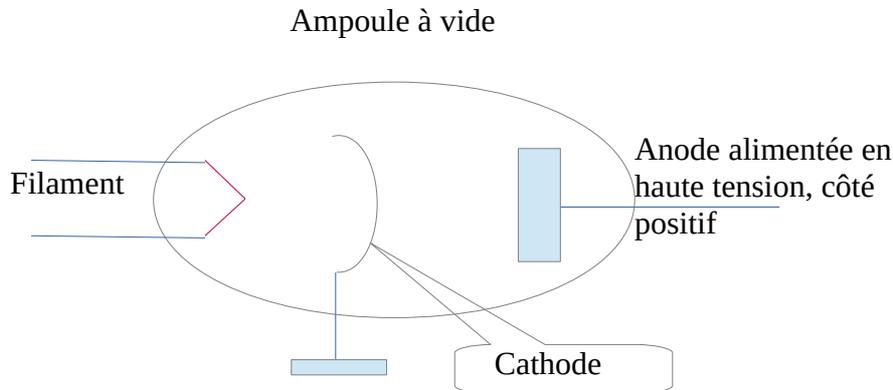
Il existe d'autres types de FET, les MOSFET par exemple.



Les schémas ci-dessus montrent l'analogie entre les montages « émetteur commun » pour les transistors bipolaires à gauche et « source commune » pour les FET.

4°) La diode thermoïonique

Les tubes thermoïoniques étaient utilisés en électronique bien avant avant les transistors.

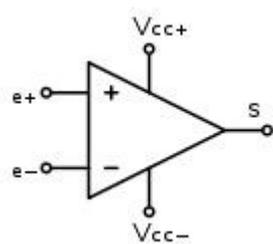


Dans une ampoule de verre a été fait le vide. Un filament est chauffé (alimenté en général en 6,3V) provoquant l'agitation thermique des atomes de la cathode. Les électrons libres sont alors attirés par l'anode fortement polarisée positivement. Un courant d'électrons s'établit donc dans le vide de la cathode vers l'anode. Ce dispositif est l'ancêtre de la diode

Si l'on insère une grille entre l'anode et la cathode, en polarisant celle-ci négativement, on peut ainsi régler le flux d'électrons (analogie avec un FET, c'est l'ancêtre du transistor). Les tubes sont toujours utilisés dans les amplificateurs (BF et HF)

4°) Les circuits intégrés.

Les progrès techniques de gravage ont permis de placer sur des petites surfaces un très grand nombre de transistors (un intel CORI3 contient 1 750 000 000 transistors (source wikipédia), de résistances, de condensateurs de très petite taille et de fabriquer ainsi des circuits intégrés. Parmi ceux-ci, on trouve les amplificateurs opérationnels et les circuits logiques par exemple.

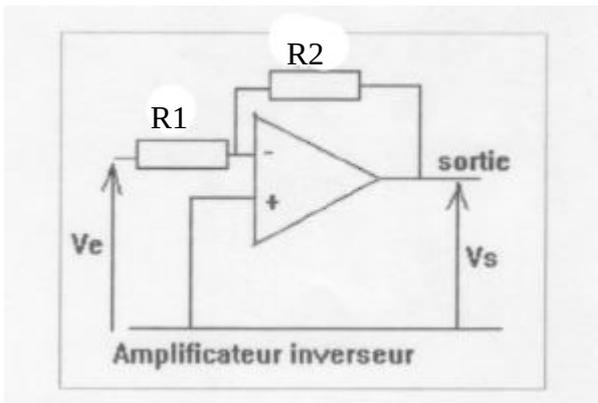


a) amplificateurs opérationnels

Un amplificateur opérationnel comporte deux alimentations continues, une positive $+V_{cc}$, une négative $-V_{cc}$ (souvent, elles ne sont pas représentées sur les schémas), deux entrées, l'entrée inverseuse e^- , l'entrée non inverseuse, e^+ , et une sortie S .

Si une tension alternative est appliquée sur l'entrée e^- , elle ressort en S en **opposition de phase**, et **en phase si elle est appliquée à l'entrée e^+**

Montage fondamental :



R2 est appelée résistance de contre-réaction.

La tension d'entrée est appliquée à R1

Le gain est

$$G = - \frac{R2}{R1}$$

La tension de sortie Vs vaut alors :

$$Vs = G \times Ve$$

Exemple :

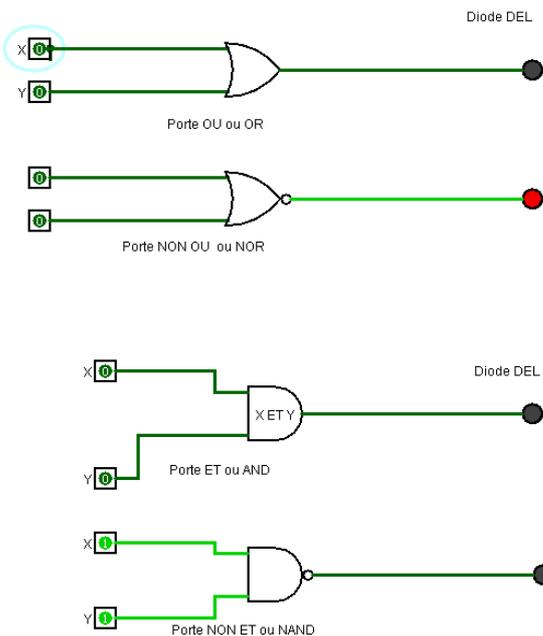
R1 = 5 kΩ R2 = 15 kΩ et Ve = 2V

Calculons le gain : $G = -R2/R1 = -15/5 = -3$

Calculons Vs = $G \times Ve = -3 \times 2 = -6V$

b) les circuits logiques

La miniaturisation des transistors et autres composants passifs a permis d'intégrer dans des petits boîtiers des circuits logiques. On peut trouver entre autres des circuits « OU » ; « NON OU » ; « ET », « NON ET » etc...



Les circuits ci-contre comportent deux entrées X et Y sur lesquelles on peut appliquer une tension (5V par exemple).

A la sortie une diode LED va s'éclairer en fonction de l'état des entrées (0 pour 0V et 1 pour 5V) Pour chacune de ces **PORTES**, une **table de vérité va indiquer l'état de la LED en sortie.**

Porte OU exclusif ou XOR



Entrée		Sortie
A	B	A ⊕ B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Table de vérité OU (OR)			Table de vérité NON-OU (NOR)			Table de vérité ET (AND)			Table de vérité NON-ET (NAND)		
X	Y		X	Y		X	Y		X	Y	
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1
0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1
1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0

Quelle utilisation ?

Un problème simple : je veux protéger l'accès d'un local il y a deux fenêtres, je place des capteurs à chacune d'elles qui vont alimenter une porte « OU »
Si on ouvre, une fenêtre, l'autre ou les deux, la diode va s'allumer, mais à la place de la diode, je peux placer un système plus complexe, sirène, envoi de sms.....

Pour illustrer ces tables de vérité, une vidéo est disponible sur Youtube

<https://youtu.be/MhY2H2eD4VM>

5°) Correction des exercices

I _b	I _c	I _e	β
1mA	200mA	201 mA	200
10 μA	1mA	1,01 mA	100
0,05A	1A	1,05A	20
3mA	450 mA	453 mA	150

Dans un transistor NPN, le collecteur est connecté du côté + du générateur

Vrai

Dans un transistor PNP, le collecteur est connecté du côté - du générateur

Vrai

Dans un montage émetteur commun, le signal de sortie est en phase avec le signal d'entrée

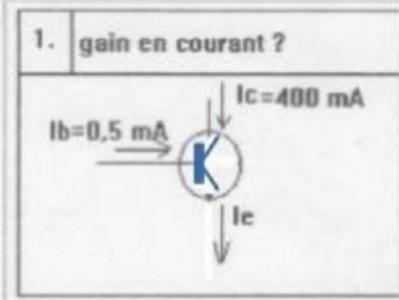
Faux

Lorsqu'un transistor chauffe, son gain diminue

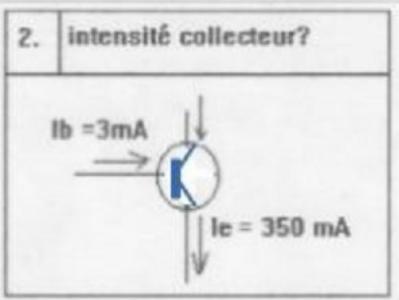
Faux

Le gain d'un transistor augmente avec la fréquence

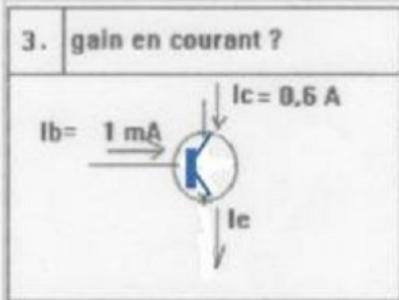
Faux



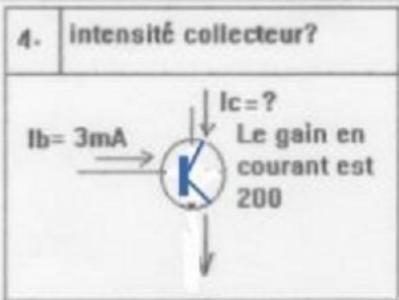
- A. 800 C. 200
B. 80 D. 0,05



- A. 100 mA C. 347 mA
B. 116 mA D. 0,5A



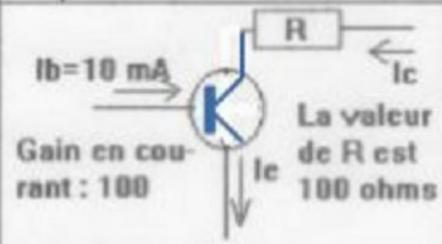
- A. 0,6 C. 0,1
B. 600 D. 60



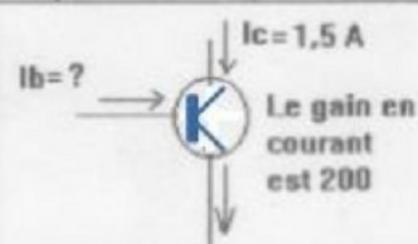
- A. 0,6 A C. 60 mA
B. 200 mA D. 300 mA

Suite du questionnaire page suivante

5. Tension aux bornes de R



6. Courant de base ?



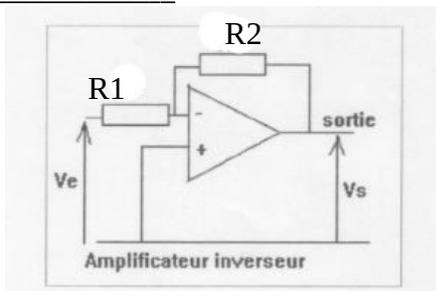
- A. 1V
B. 10V
C. 100V
D. 0,1V

- A. 0,5 mA
B. 15A
C. 35 mA
D. 7,5 mA



Préparation à la licence Radioamateur. Questionnaire n°20 . F6FTC

Question 9 :



R1	R2	Gain	Ve	Vs
30kΩ	150 kΩ		25 mV	
2 kΩ		-10		100 mV
	150 Ω	-5	1 mV	
270 Ω		-8		1V

Question 10 :

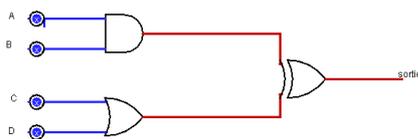
Voici une porte XOR

La sortie sera à 1 **uniquement** si l'une ou l'autre des entrées est à 1 mais pas les deux. C'est le **OU (OR) EXCLUSIF**.



Table de vérité XOR		
X	Y	
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	

Question 11



Les sorties de deux portes « ET » et « OU » sont connectés aux deux entrées d'une porte « XOR »
Compléter la table de vérité

A	B	C	D	sortie
0	0	0	0	
1	0	1	0	
0	1	0	1	
1	1	1	1	

Question 12 : essayer de retrouver les tables de vérité, quelle porte ? Quelle table ? (ne pas me rendre cette question)



Table de vérité de la porte :			Table de vérité de la porte :			Table de vérité de la porte :			Table de vérité de la porte :		
X	Y		X	Y		X	Y		X	Y	
0	0		0	0		0	0		0	0	
1	0		1	0		1	0		1	0	
0	1		0	1		0	1		0	1	
1	1		1	1		1	1		1	1	