

## **Chapitre 1. Techniques du dessin en électronique**

## I. 1 Généralités :

En électronique, la technologie des composants diffère sensiblement d'une application à une autre. Et cela selon la consommation (la puissance mise en jeu), la performance. Il est donc impératif que le jeune technicien sache choisir la technologie qu'il faut pour une application donnée. Ce chapitre est organisé en deux parties: la première partie présente les principaux composants de base (résistance, inductance, condensateur, diode, transistor,...). Pour chaque élément nous allons présenter en bref (Principes et propriétés caractéristiques technologiques et domaines d'application). Tandis que la deuxième partie porte sur le dessin en électronique.

## I. 2 les principaux composants

### a) Définitions

- Un composant électronique est un élément destiné à être assemblé avec d'autres afin de réaliser un circuit électronique.
- Le boîtier est l'enveloppe protégeant un ou plusieurs composants et comportant des traversées pour le raccordement à l'extérieur.
- Une broche de raccordement est une pièce métallique solidaire d'un boîtier, destinée à assurer une connexion électrique et éventuellement la fixation. On l'appelle plus familièrement patte.

### b) Classement des composants :

#### ○ Composant passif et composant actif

- ✓ Un composant actif est un composant électronique qui permet d'augmenter la puissance d'un signal (tension, courant, ou les deux). La puissance supplémentaire est récupérée au travers d'une alimentation. On peut citer en majorité des semi-conducteurs, on y classe : transistor, circuit intégré.
- ✓ Un composant est dit *passif* lorsqu'il ne permet pas d'augmenter la puissance d'un signal (dans certains cas, le composant réduit la puissance disponible en sortie, souvent par effet Joule) : résistance, condensateur, bobine ainsi que tout assemblage de ces composants.

#### ○ Composant linéaire et composant non-linéaire

Un dipôle est linéaire si sa caractéristique (statique ou dynamique) est un segment de droite. Parmi les composants, citons comme exemples de dipôles linéaires une résistance ou un condensateur et comme exemples de dipôles non-linéaires une varistance ou une diode.

#### ○ Composant traditionnel ( traversant) et composant monté en surface

- ✓ Les composants électroniques des générations précédentes (dits traditionnels ou traversant) étaient d'assez grosse taille et équipés de broches destinées à traverser le circuit imprimé, la soudure se faisant du côté opposé de la carte afin de relier électriquement les broches au circuit imprimé.
- ✓ Le composant monté en surface (CMS, SMD (surface mounted device) en anglais) désigne une technique de fabrication des cartes électroniques et, par extension un type de composants utilisés par l'industrie électronique. Cette technique consiste à braser les composants d'une carte à sa surface, plutôt que d'en faire passer les broches au travers.

### I.2.1. Résistance

- **Principe et propriétés**

La résistance électrique d'un élément conducteur est la propriété qu'il a d'opposer au passage du courant. On appelle cet élément conducteur " **élément résistif**" ou " **résistor**".

**Resistance d'un élément résistif**

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

*R*: résistance en ohms( $\Omega$ )

*l*: longueur en mètres.

*s*: surface en mètres carrés

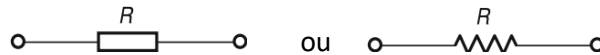
**Loi d'Ohm:**

La différence de potentiel entre les extrémités d'un conducteur ne fournissant que de l'énergie calorifique est égale au produit de la résistance de ce conducteur par l'intensité qui le traverse.

$$U = R \cdot I$$

**Symboles :**

Sur les schémas, les résistances sont représentées par leur symbole normalisé



- **Choix d'un élément résistif**

Un élément résistif se définit par :

- La valeur de sa résistance,
- La puissance qu'il peut dissiper,
- Sa tolérance sur la valeur de sa résistance,
- Sa technologie (couche de carbone, bobiné, etc.)



- **Les différents types de résistances**

Il existe quatre grands types de résistances:

- **Résistances à couche de carbone:** la couche de carbone est déposée sur un tube de céramique. Valeurs nominales de 1  $\Omega$  à 100M $\Omega$ , tolérance de  $\pm 10\%$ ,  $\pm 5\%$ ,  $\pm 1\%$ , puissances de 1/10 W à 2 W.
- **Résistances à couche métalliques:** mêmes Principes et mêmes caractéristiques que celles à couche de carbone, leur bruit de fond est encore plus faible.
- **Résistances bobinées :** le bobinage est fait d'un fil en alliage de nickel-chrome ou de nickel-cuivre. Valeurs nominales pour les **résistances de précision** est de 1  $\Omega$  à 100M $\Omega$ , tolérance de  $\pm 1\%$ ,  $\pm 0.5\%$ ,  $\pm 0.1 \%$ , puissances de 1/10 W à 2 W.  
Pour les **résistances de puissance**, les valeurs nominales sont de 0.1  $\Omega$  à 200k $\Omega$ , tolérance de  $\pm 10\%$ ,  $\pm 0.5\%$ , puissances de 1W à 1000 W.
- **Réseaux de résistances:** ce sont des éléments résistifs à couches métallique disposées en réseaux ( 2 à 16 résistances) sur une plaquette de céramique.

- **Classification des résistances**

On peut faire la classification des résistances selon les critères suivants :

**a) La maniabilité.**

Dans ce cas, on classe les résistances suivant la possibilité de changer manuellement leur valeur. On distingue ainsi :

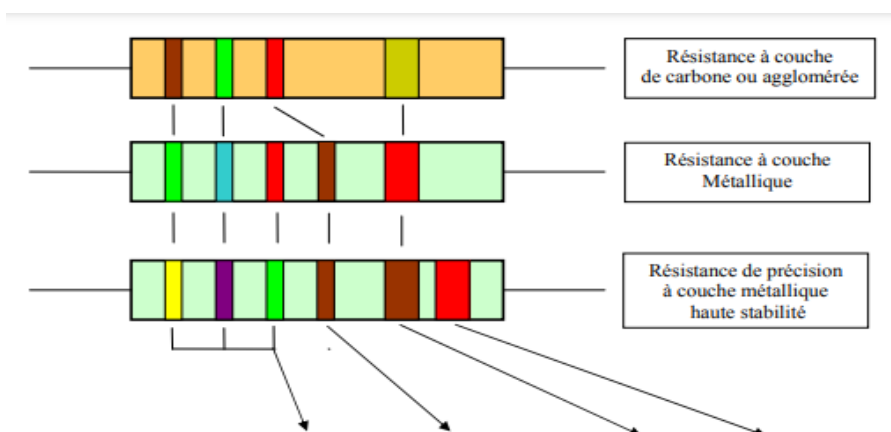
- Les **résistances fixes** dont la valeur ne peut pas être modifiées ;
- Les **résistances variables** dont on peut faire varier leur valeur.

**b) La dépendance de la valeur des grandeurs physiques.**

On distingue :

- Les **thermistances** qui sont des résistances dont la valeur dépend de la température ;
- Les **varistances** dont la valeur dépend de la tension ;
- Les **photorésistances** dont la valeur dépend de l'éclairement

- **Marquage des résistances**



| Mnémotechnique<br>Initiale du mot =<br>Initiale Couleur | Chiffres<br>significatifs | Multiplicateur           | Tolérance     | Coeff. de<br>température |
|---------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------|--------------------------|
| Ne                                                      | Noir : 0                  | x 1 $\Omega$             |               | $\pm 200$                |
| Mangez                                                  | Marron : 1                | x 10 $\Omega$            | $\pm 1 \%$    | $\pm 100$                |
| Rien                                                    | Rouge : 2                 | x 100 $\Omega$           | $\pm 2 \%$    | $\pm 50$                 |
| Ou                                                      | Orange : 3                | 1 k $\Omega$             |               | $\pm 15$                 |
| Je                                                      | Jaune : 4                 | 10 k $\Omega$            |               | $\pm 15$                 |
| Vous                                                    | Vert : 5                  | 100 k $\Omega$           | $\pm 0,5 \%$  |                          |
| Battrai                                                 | Bleu : 6                  | 1 M $\Omega$             | $\pm 0,25 \%$ |                          |
| VIOlement                                               | Violet : 7                | 10 M $\Omega$            | $\pm 0,1 \%$  |                          |
| Grand                                                   | Gris : 8                  |                          |               |                          |
| BOA                                                     | Blanc : 9                 |                          |               |                          |
|                                                         |                           | Argent : x 0,01 $\Omega$ | $\pm 10 \%$   |                          |
|                                                         |                           | Or : x 0,1 $\Omega$      | $\pm 5 \%$    |                          |

**Exemples :** La première résistance (4 anneaux  $\rightarrow$  2 chiffres significatifs (marron = 1, vert = 5  $\rightarrow$  15), 1 multiplicateur (rouge = 2  $\rightarrow$  x 100), 1 tolérance (or = 5%) soit 1500 = 1.5k $\Omega$  valeur donnée à  $\pm 5\%$

## I.2.2 Les condensateurs

- **Principe et propriétés**

Un condensateur est formé de deux armatures métalliques séparées par un diélectrique. Lorsqu'on applique une tension continue entre ces bornes, des charges vont s'accumuler les unes en face des autres. La quantité de charge  $Q$  emmagasinée sous une tension  $U$  donnée dépend du condensateur employé.

$$Q = C \cdot U$$

$Q$ : quantité de charge en Coulombs

$U$ : la tension appliquée à ses bornes en Volts

$C$ : Capacité du condensateur en Farads

La capacité  $C$  dépend à la fois de la géométrie des armatures et de la nature du diélectrique.

Ex.: La capacité d'un condensateur plan de section  $S$  dont le diélectrique possède une épaisseur  $e$  :

$$C = \varepsilon \cdot \frac{S}{e}$$

$\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r$  est la permittivité du diélectrique.

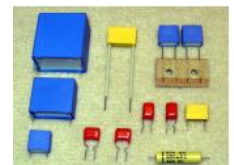
- **Caractéristiques technologiques:** Caractéristiques principales des condensateurs :

- La valeur de la capacité ;
- La tension d'utilisation/nominale ;
- La tolérance (en %) ;
- Coefficient de température,  $\alpha$  (cf. §I.2.2) ;
- Pour les condensateurs polarisés : leur polarité ;
- Type de diélectrique, les pertes, etc.

- **Différentes catégories :**

**Condensateurs enroulés ou à film plastique :**

- Réalisés par bobinage d'un film diélectrique (e.g., polyester, propylène, polystyrène) entre deux films métalliques ;
- Valeurs usuelles de  $\sim 1$  nF à qqs. 100  $\mu$ F ;
- Tension de service très dépendantes du type de diélectrique ;
- Tolérances usuelles de  $\sim 2\%$  à 20%
- Non polarisés ;



**Condensateurs céramiques :**

- Disque céramique métallisé ou multicouche ;
- Valeurs usuelles de  $\sim 0.5$  pF à qqs. 1  $\mu$ F ;
- Tension de service de 50V à 200V ;
- Tolérances usuelles de  $\sim 1\%$  à 10%
- Non polarisés ;



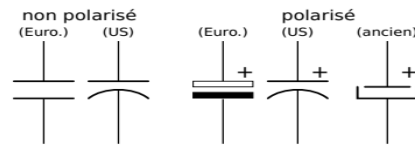
**Condensateurs électrolytiques :**

- Possèdent une anode métallique recouverte d'une couche oxydée utilisée comme diélectrique, et l'autre électrode est une "gelée conductrice".
- Ce sont des condensateurs polarisés.
- Valeurs usuelles de  $\sim 1$   $\mu$ F à qqs. 1 F ;
- Tension de service de 50V à 500V ;



- Tolérances usuelles de  $\sim \pm 20\%$

- Les différents symboles des condensateurs



### I.2.3 Les inductances

- **Principe et propriétés**

Une bobine est formée d'un fil enroulé soit dans l'air, soit sur un noyau magnétique. Si une bobine de  $N$  spires de section  $S$  est soumise à un champ magnétique  $B$ , on appelle flux la quantité :

$$\phi = NBS$$

Le flux  $\phi$  s'exprime en webers (symbole  $Wb$ )

Si le champ magnétique a été créé par la bobine elle-même lorsqu'elle est parcourue par un courant  $I$ , le flux, s'exprime par :

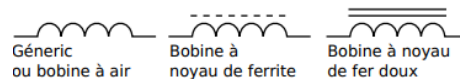
$$\phi = LI$$

Le coefficient  $L$  est l'inductance de la bobine exprimé en Henry et  $I$  le courant en ampères.

- **Caractéristiques technologiques**

- La valeur de l'inductance ;
- La résistance des pertes ;
- Le courant admissible ;
- Coefficient de température,  $\alpha$

- **Les symboles**



- **Différentes catégories :**

- ♦ **Bobines à air**

- Faible inductance
- Saturation magnétique limitée
- eg. Utilisée pour les hautes fréquences



- ♦ **Bobines à noyau de ferrite**

- Forte inductance  
pour des inductances de  $0.1 \mu H$  à  $10 mH$  il existe des bobines "miniatures" ressemblant à des résistances
- Domaines de fréquences usuelles  $1 kHz$  à  $100 kHz$  mais il est possible d'étendre à  $1 GHz$ .



### I.2.4 Transformateur

- **Principe et propriétés**

Un transformateur est constitué de deux enroulements placés sur le même noyau magnétique fermé.

Le transformateur est un cas particulier de bobines couplées. L'énergie est appliquée sur le primaire et est récupérée sur le ou les secondaires. Il possède plusieurs caractéristiques : le nombre de spires de ses enroulements donne le rapport de transformation tel que:

$$k = \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

$k$ : le rapport de transformation

$N_1$  et  $N_2$  sont les nombres de spires des enroulements : primaire et secondaire respectivement.

$U_1$  et  $U_2$  sont les tensions: primaire et secondaire respectivement.

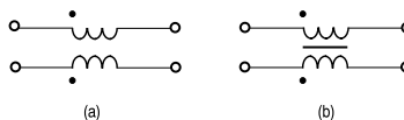
$I_1$  et  $I_2$  sont les courants: primaire et secondaire respectivement.

Les transformateurs peuvent être abaisseurs ( $k < 1$ ) ou élévateurs ( $k > 1$ ). Un cas particulier est le transformateur d'isolement ( $k = 1$ ).

- **Caractéristiques techniques**

- La puissance nominale exprimée en Volt Ampère (VA);
- Le nombre de tensions secondaires séparées ou ayant un point commun;
- L'intensité maximale de chaque tension secondaire;
- Le rendement : rapport de la puissance utile sur la puissance consommée;
- Le rapport entre la tension de sortie à vide et en charge.

- **Symboles**



*Symboles normalisés pour un transformateur  
(la variante (b) indique la présence d'un noyau ferromagnétique).*

- **Les différents types de transformateurs**

- ◆ **Le transformateur sur carcasse et étrier.**



- ◆ **Le transformateur moulé:** ce type de transformateur est actuellement entièrement moulé et bénéficie d'une protection totale contre les courts circuits.

Fabricant : Mytra Série 44000, Crovisa, Orbitec,



- ◆ **Le transformateur R:** ces transformateurs offrent des performances intéressantes sous un volume réduit et remplacent avantageusement les transformateurs toriques (coût moindre, encombrement plus faible, excellent taux de régulation, pertes de flux très faibles, faible consommation à vide, échauffement faible et silencieux)



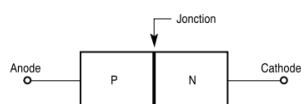
Dimensions  
30 VA = 97 x 77 x 42 mm  
50 VA = 102 x 90 x 48 mm  
80 VA = 125 x 90 x 52 mm  
120 VA = 126 x 103 x 55 mm  
300 VA = 163 x 128 x 70 mm  
500 VA = 190 x 145 x 85 mm

Extraits du catalogue Selectronic

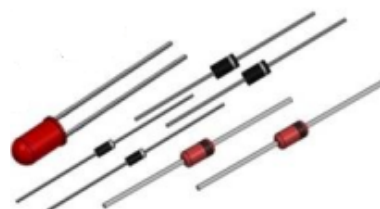
### I.2.5 Diode

- **Principe et propriétés**

Une diode est un composant semi-conducteur, ayant la propriété d'être conducteur pour un certain sens du courant et non conducteur pour l'autre sens. Le sens passant du courant s'appelle le **sens direct**, l'autre sens est le **sens inverse**. La diode est formée par la jonction de deux types de semi-conducteur, l'un est dopé positivement (type p) alors que l'autre est dopé négativement (type N). le pôle p s'appelle Anode (A) tandis que le pôle N s'appelle cathode.



*Constitution de principe d'une diode.*



- **Caractéristiques technologiques**

#### Limites de fonctionnement

Les principaux critères de choix d'une diode sont le courant maximal en direct, la tension maximale en inverse et la rapidité. Les ordres de grandeur de ces paramètres sont très variés : le courant maximal peut être de 100 mA pour une diode utilisée en électronique de signal, mais aussi de 100 A pour un composant faisant partie d'un convertisseur de puissance. On rencontre essentiellement deux types de composants : les diodes de signal et les diodes de redressement. Les premières sont rapides, mais ne supportent que des courants faibles. Les secondes acceptent des intensités plus élevées, mais sont relativement lentes. Le tableau qui suit, indique les tensions maximales des diodes de la série 4000.

| Référence            | 1N4001 | 1N4002 | 1N4004 | 1N4005 | 1N4006 | 1N4007 |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Tension maximale (V) | 50     | 100    | 400    | 600    | 800    | 1 000  |

#### Marquage

Les petites diodes se présentent sous une forme voisine de celle des résistances. La cathode est indiquée par un trait sur le corps du composant



#### Symbole



*Symbole normalisé d'une diode.*

- **Différents types**

**Diode de redressement** : on distingue :

- les diodes faibles puissances (sans refroidisseur);
- les diodes de moyenne et de grande puissance (Boitier métallique monté sur un refroidisseur);
- Les diodes protégées en avalanche qui supportent des surtensions de faible puissance.

**Diode stabilisatrice:**

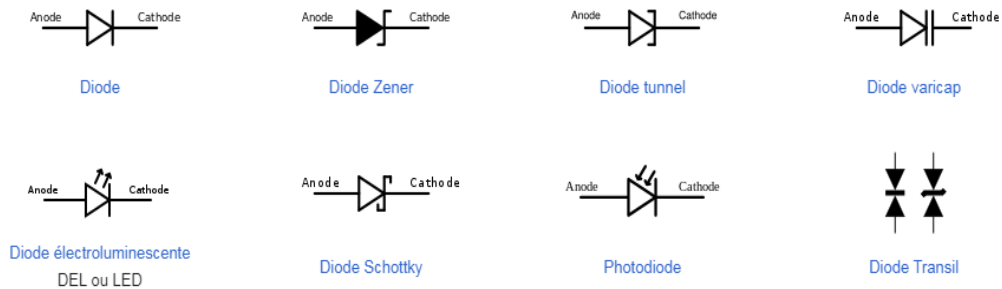
La diode stabilisatrice est une diode fabriquée spécialement pour supporter une tension inverse qui peut être importante jusqu'à sa tension de claquage ou tension d'avalanche (tension Zener). Les principales caractéristiques d'une diode Zener sont :

- La tension Zener (de 1,2 V à plus de 200V)
- La précision sur la tension,
- La puissance maximale,
- Le coefficient thermique,
- La résistance dynamique,
- Le boîtier

**Diodes de signal et de commutation**

Diodes miniatures présentées en boîtier de verre ou sous plastique. Ce sont des diodes dont le temps de recouvrement " $t_{rr}$ " (temps de remise en place des porteurs de charge) est très court. Elles sont utilisées en alimentation à découpage, redressement à faible niveau, redressement haute fréquence, détection vidéo, son etc.

- **Les symboles des différentes diodes**

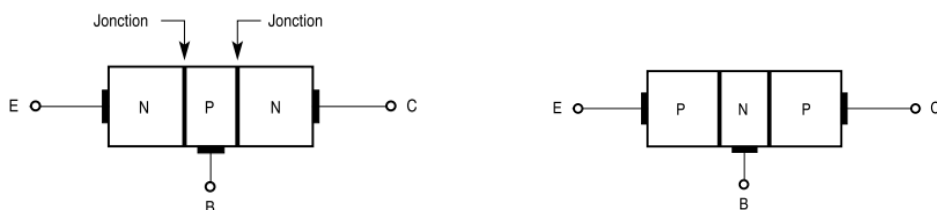
**I.2.6 Transistors.**

- **Principe et propriétés** Les transistors sont des composants semi-conducteurs utilisés :
  - Soit pour amplifier un signal ;
  - Soit comme interrupteur (en commutation).

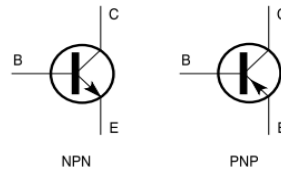
Il existe trois catégories de transistors : les transistors bipolaires, les transistors à effet de champ à jonction et les transistors MOS

**Transistors bipolaires**

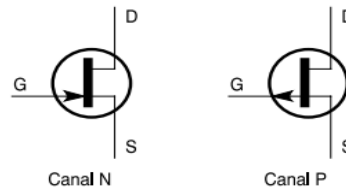
Un transistor bipolaire est constitué de deux semi-conducteurs de même type (Emetteur et Collecteur) séparés par un semi-conducteur de type différent (Base). On distingue deux types dans cette catégorie. La figure qui suit montre la constitution de principe du NPN et PNP .



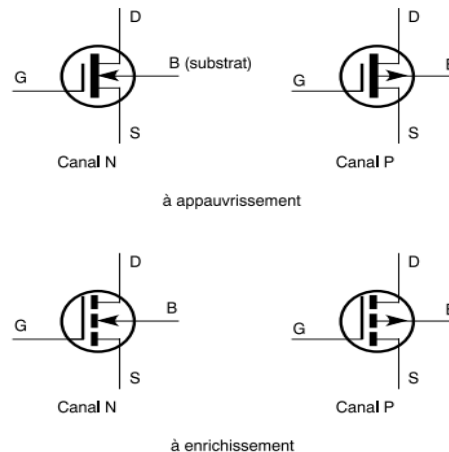
Les trois bornes sont appelées base (B), émetteur (E) et collecteur(C).

**Symbole****Transistors à effet de champ à jonction**

Bien qu'ils soient beaucoup moins répandus que les transistors bipolaires, les transistors à effet de champ sont intéressants dans certaines applications. On les désigne par TEC ou par FET (*field effect transistor*). On trouve aussi l'appellation plus complète mais un peu vieillie de JFET (*junction field effect transistor*). Ce composant est formé d'un barreau de semi-conducteur dont les extrémités sont la source (S) et le drain (D). Une jonction, normalement bloquée, est créée par la grille (G). Selon la nature du dopage du barreau, on distingue les TEC canal N ou canal P.

**Symbole****Transistors MOS**

Les transistors MOS sont aussi des éléments à effet de champ, mais la grille, au lieu d'être une jonction bloquée, est un isolant (oxyde). Le symbole MOS signifie *metal-oxide-semiconductor*. L'appellation complète, un peu vieillie, est MOSFET (*metal-oxide-semiconductor field effect transistor*).

**Symbole**

- **Caractéristiques technologiques**

- Les composants les plus courants sont les transistors bipolaires NPN. On emploie des transistors PNP dans certains cas particuliers, en général en association avec des NPN. On peut citer l'amplificateur de puissance classe B qui utilise deux transistors complémentaires (un NPN et un PNP de caractéristiques similaires).
- Les TEC sont utilisés dans quelques applications spécifiques. Le fait qu'ils ne nécessitent pas de courant de grille les rend particulièrement intéressants dans les étages d'entrée des amplificateurs.

- Par contre, les transistors MOS sont peu répandus comme composants discrets de petite puissance, mais on les rencontre de plus en plus comme éléments de commutation de puissance. Dans ce domaine, ils sont en concurrence avec les transistors bipolaires, présents depuis plus longtemps.

### I.3 Initiation au dessin en électronique

#### I.3.1 Définition de schéma électrique

Le schéma électrique est une représentation graphique de circuits électriques montrant comment les différents éléments de circuit sont connectés les uns aux autres. Les éléments de circuit sont représentés dans un schéma électrique par des symboles de circuits conventionnels, tandis que tous les symboles sont reliés par des lignes droites qui représentent des fils électriques.

#### I.3.2 CLASSIFICATION DE DESSINS

##### 1. Schémas de principe :

Comprend les types suivants:

- Schéma fonctionnel
- Schéma développé
- Schéma équivalent

- **Schémas fonctionnels** (ou schémas synoptiques ou organigramme)

Ils indiquent sous une forme simplifiée les différents étages ; on inscrit dans un rectangle généralement la fonction de chaque étage et éventuellement les réglages. Un exemple de schéma fonctionnel (figure 1)

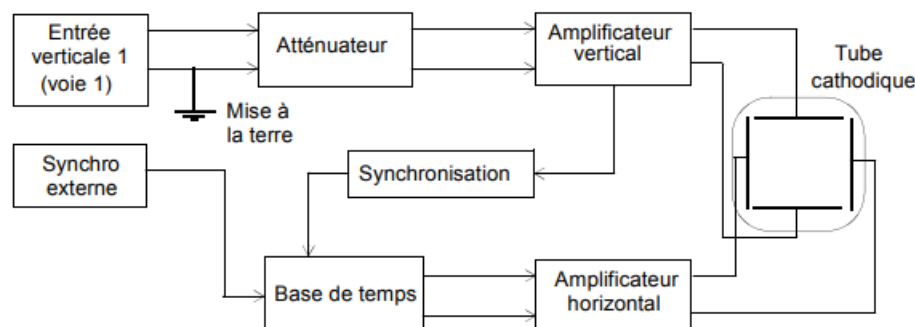


Figure 1: Schéma fonctionnel d'une voie de l'oscilloscope

- **Schémas développés:**

Tous les éléments ayant une fonction électrique y sont représentés en utilisant les symboles conventionnels (figure2).

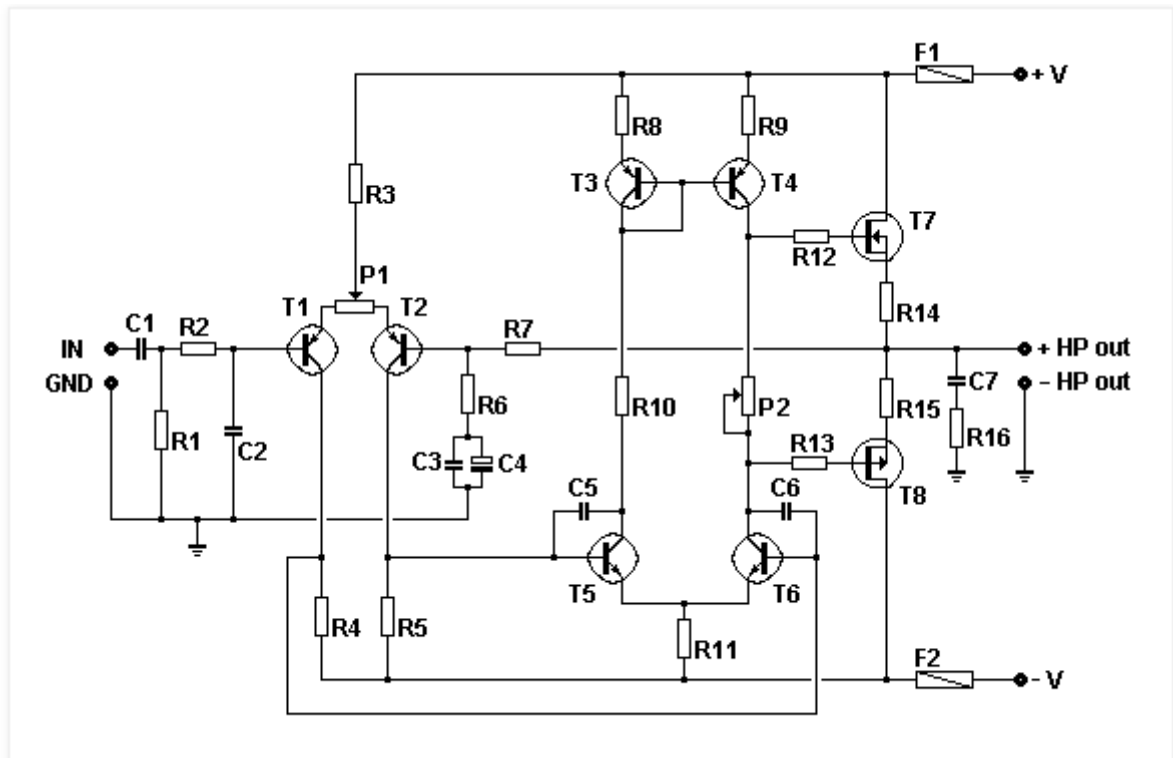


Figure 2: Amplificateur simple à transistors de sortie MOSFET

- **Schémas équivalents**

Ils sont obtenus à partir des schémas développés. Ils sont destinés à faciliter un raisonnement ou ils servent de base de départ pour les calculs (fig.3).

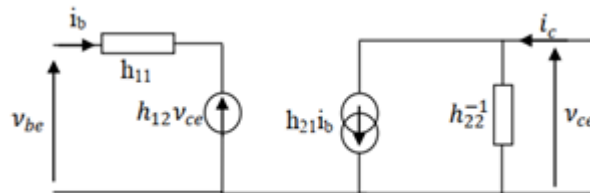


Figure.3 : Schéma équivalent global du transistor bipolaire.

## 2. Dessins d'implantation

Ce sont des dessins d'ensemble (sans le câblage et les petits éléments électriques tels que les résistances et condensateurs) montrant avec précision la forme, les dimensions, la disposition des pièces constituant la tôlerie, les accessoires et mécanismes fixés sur cette tôlerie. Les règles du dessin en construction mécanique sont applicables (disposition des vues, cotes, repères...). Voir la figure 4.

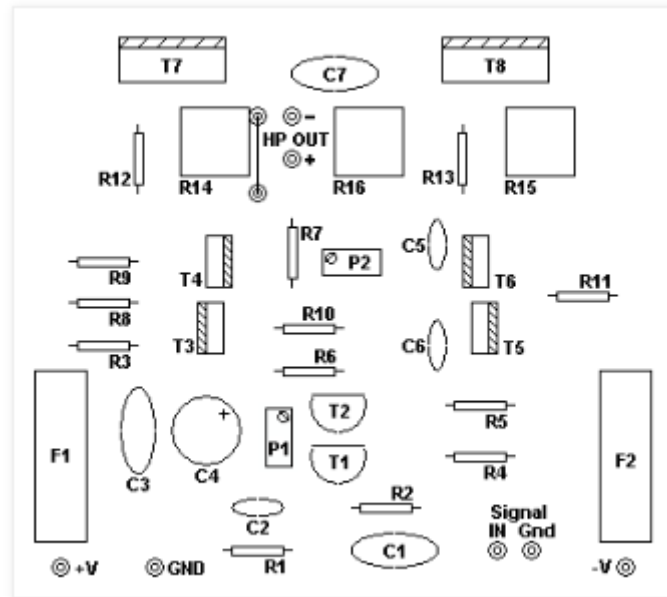


Figure 4: Schéma d'implantation du montage de la figure 2 (échelle libre)

### 3. Plans de câblage

Ils doivent représenter avec une précision aussi grande que possible la disposition des fils de câblage, des éléments électriques complémentaires aux dessins d'implantation tels que résistances et condensateurs. Les éléments de tôlerie et les pièces mécaniques peuvent être simplifiés et représentés en traits fins.

On peut utiliser les Dessins de câblages traditionnels ou de circuits imprimés ou des photographies du prototype.

### 4. Dessins de définition

Les dessins de définition de produit fini sont des dessins destinés à faire foi dans les relations entre services de conception et services de réalisation. Ils définissent et sans ambiguïté les exigences auxquelles doit satisfaire le produit, dans l'état de finition prescrit.

Ils comportent les cotes fonctionnelles qui expriment directement les conditions requises et notamment celles d'interchangeabilité.

*Exemples.* - Dessin d'ensemble d'un réducteur, dessin de détail d'un pignon, etc.

### 5. Dessin d'opérations

Ce sont les dessins issus des dessins de définition et qui permettront la fabrication.

*Exemples.* - Dessins de découpage, de cambrage, d'usinage, d'assemblage, de contrôle, etc.

Ils ne comportent que les seules indications nécessaires à la réalisation de (ou des) opérations envisagées.

#### 1.3.3 DISPOSITION DES SCHEMAS:

Nous donnons ici un certain nombre de principes qui ne sont pas absolus, mais qui doivent être appliqués chaque fois que possible afin de faciliter la lecture et la compréhension des schémas.

- Lecture horizontale de gauche à droite en respectant la disposition les étages donnée par les schémas fonctionnels. Le signal entre de gauche et sort de droite
- Utiliser de préférence une ligne de masse et une ligne d'alimentation.

- En plaçant la ligne d'alimentation au-dessus des transistors et la ligne de masse en dessous, on obtient le minimum de coupures sur le schéma.
- Tous les étages de rétroaction, d'asservissement seront placés en dessous de la ligne de masse et le signal va de droite à gauche.
- Les étages symétriques sont placés en tête-bêche de part et d'autre de la ligne de masse : Certains amplificateurs comportant un étage de sortie symétrique, les amplificateurs stéréophoniques, les oscillateurs des générateurs à battements.
- Les lignes de réaction négatives doivent être dégagées des circuits normaux et peuvent être placées par exemple au-dessus des transistors ou au-dessous de la ligne de masse.
- Les circuits complexes d'impédances R, L, C doivent être tracés en respectant la disposition du circuit de base dont ils sont issus (circuit en L, en T, en H).
- On trouvera des compléments sur les dispositions des schémas en consultant la norme NFC 03-154 (1976) : « Schémas, diagrammes, tableaux, recommandations pour l'établissement des schémas des circuits - 43 pages ». Elle fournit en particulier des exemples complets de schémas développés montrant diverses dispositions recommandées.

### 1.3.4 NOMENCLATURES

#### • Nomenclature électrique

Elle ne comporte que les éléments électriques apparaissant sur le schéma développé. Des colonnes « fonctions », « fournisseur », etc., peuvent éventuellement être ajoutées. Les désignations doivent être complètes et sans ambiguïté. En matériel professionnel, ces désignations sont longues (type, modèle, catégorie, classe), et les constructeurs adoptent une codification simplifiant les désignations (normes UTE, normes internes, notices des constructeurs).

Les repères comportent une lettre caractéristique du type de matériel et un numéro d'ordre. Le schéma développé monte les éléments :

- Avec valeurs sans repères s'il n'y a pas de nomenclature;
- Avec repères sans valeurs ;
- Avec repères et valeurs (fig.2). C'est une méthode plus longue mais facilitant la lecture et évitant des erreurs.

Sur les schémas compliqués, il peut être utile d'ajouter une grille de recherche : les repères sont placés dans la grille à l'alignement de l'élément correspondant du schéma.

|                |                |                 |                          |      |      |          |               |
|----------------|----------------|-----------------|--------------------------|------|------|----------|---------------|
| T <sub>1</sub> | Transistor     | AC 125          |                          |      |      |          | Ampli. B.F.   |
| Tr1            | Transformateur | Adaptation B.F. | 7k $\Omega$ , 2 $\Omega$ |      |      |          |               |
| L <sub>1</sub> | Bobine         | Noyau stéatite  | 2,75mH                   |      |      | $\pm 10$ | Sous blindage |
| P <sub>1</sub> | Potentiomètre  | Au graphite     | 500 k $\Omega$           | 1    |      | $\pm 20$ | Linéaire      |
| R <sub>2</sub> | Résistance     | Bobinée         | 1 000 $\Omega$           | 10   |      | $\pm 10$ |               |
| R <sub>1</sub> | Résistance     | Agglomérée      | 27k $\Omega$             | 1/4  |      | $\pm 5$  |               |
| CV1            | C. variable    | A air           | 490 pF                   |      |      |          |               |
| C <sub>2</sub> | C. ajustable   | Au mica         | 6-10 pF                  | 100  |      |          |               |
| C <sub>1</sub> | Condensateur   | Céramique       | 470 pF                   | 500  |      | $\pm 10$ | Tubulaire     |
| R <sub>p</sub> | DÉSIGNATION    | TYPE            | VALEUR                   | U(V) | P(W) | Tol(%)   | OBSERVAT      |

Fig.5 : exemple de nomenclature

- **Nomenclature mécanique**

Elle est annexée au plan de câblage et comporte tous les éléments mécaniques de réglage ou de fixation (Châssis, accouplements, œillets, axes, etc.). On groupera les pièces par affinités : pièces normalisées, pièces standardisées, etc.

Les nomenclatures sont écrites à la main, au normographe ou à la machine à écrire.

- **Rôle des schémas d'électronique**

- Permettre de suivre les circuits de l'appareil plus facilement que sur l'appareil lui-même.
- Permettre de l'appréciation immédiate des fonctions assumées, de leurs niveaux de travail, de l'adaptation réalisée entre étages successifs d'un ensemble ou d'un sous-ensemble.
- Permettre la localisation rapide d'un élément, puis son identification dans l'appareil lui-même.