

Les résistances

1. Définition de la résistance

Ayant souvent la forme d'un composant unique et cylindrique elle peut également se retrouver sous forme de réseaux à souder directement en surface d'un circuit imprimé. La résistance est un composant passif, dont la propriété est de s'opposer plus ou moins au passage du courant. Son unité est l'Ohm, lettre grecque **Oméga Ω** . La résistance peut être dans une certaine mesure, considérée comme une sorte de frein pour électrons.

2. symboles

Sur les schémas, les résistances sont représentées par leur symbole normalisé **figure 1**. Ou parfois par un autre symbole plus ancien **figure 2**.



Figure 1 Symbole normalisé d'une résistance.



Figure 2 Un autre symbole d'une résistance.



Figure 3 diverses résistances.

3. La technologie des différents types de résistances

Nous ne pouvons décrire sur ce cours tous les types de résistances laissant le soin au lecteur de consulter d'autres ouvrages spécialisés dans la technologie des composants électroniques. Voici une liste de toutes résistances qu'on peut rencontrer dans un circuit électronique.

- Résistances à couche Carbone aggloméré
- Résistances à couche Carbone
- Résistances à couche métal
- Résistances bobinées vitrifiées
- Résistances CMS ou SMD
- Résistances DIL ou SIL
- Résistances de puissance sur Radiateur
- Résistances Ajustables Potentiomètres
- Thermistances ou Photorésistances

4. Resistance au carbone aggloméré

L'aggloméré plus ou moins dense de poudre de carbone dans un manchon isolant détermine entre les connexions extrêmes une résistance plus ou moins élevées.

Caractéristiques

Faible prix Forts bruits peu fiables. Fabrication arrêter depuis de nombreuses années.

Figure 4.

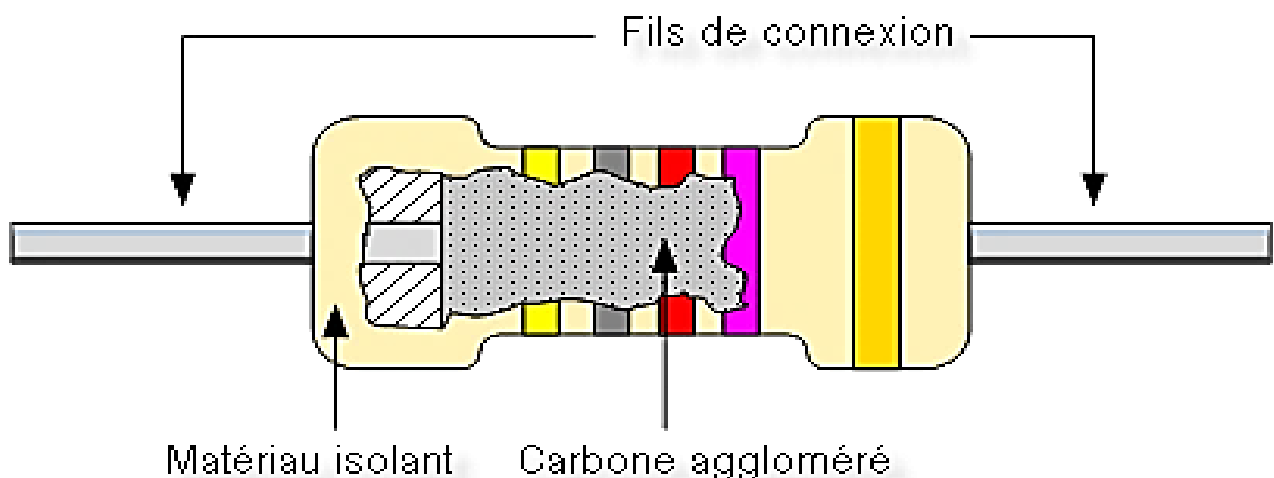


Figure. 4 Résistance à couche au carbone aggloméré.

5. Resistance à couche carbone

Une mince couche de carbone est déposée sur un mandrin en céramique suivant les deux techniques représentées sur la **figure 5**.

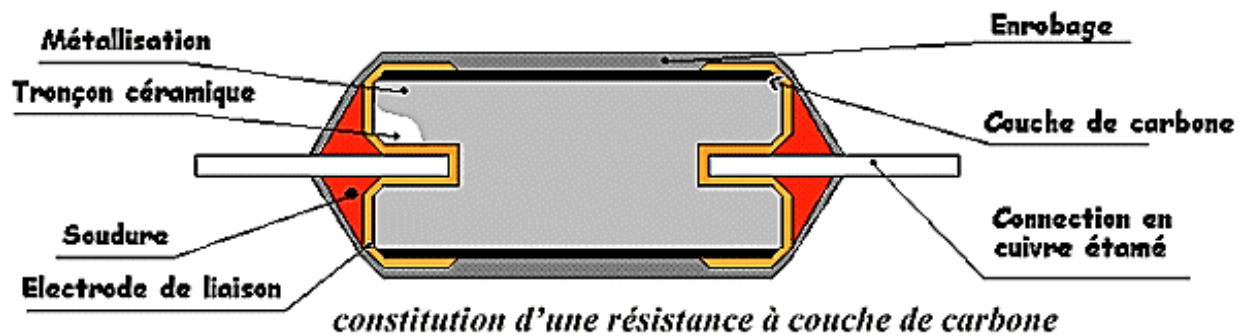


Figure 5 Résistance à couche carbone.

6. Resistance à couche métallique

Les composants couche métallique sont choisis pour leurs qualités de stabilité et de bonne tenue en température. Utilisés dans les montages semi-professionnels et professionnels, ils conviennent parfaitement pour le traitement des signaux de faible niveau. Leur contribution au bruit est plus basse que celle d'une résistance carbone. Les résistances électriques métalliques sont très répandues de nos jours dans les circuits à composants discrets non montés en surface. La résistance couche métallique est également le type de résistance principalement utilisée dans les appareils audio. **Figure 6**.

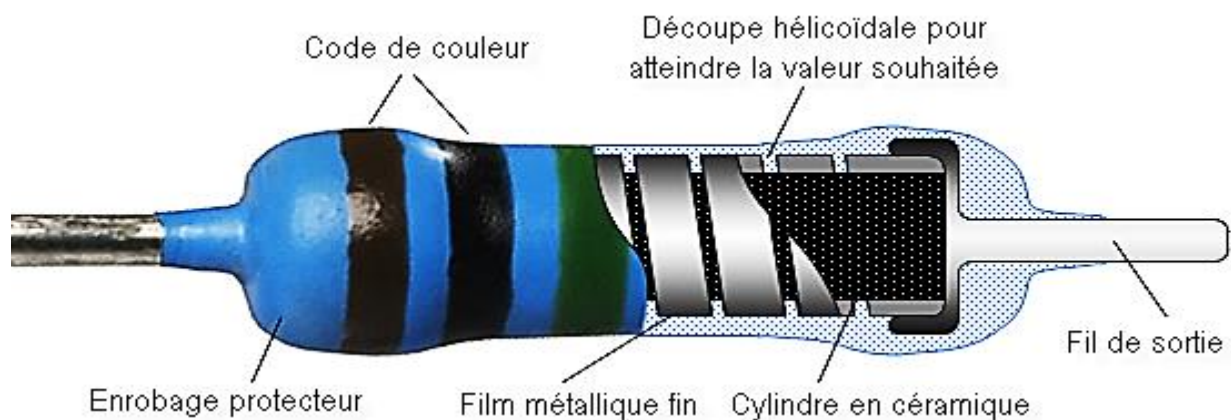


Figure.6 Résistances à couche métallique.

7. Le marquage en clair

La valeur des résistances est parfois marquée directement en chiffres, sur le corps de l'élément. C'est le marquage en clair indiqué par le code des couleurs que nous allons décrire et qu'il convient de connaître sans la moindre hésitation. Comme le montre la **figure 7**. Quatre anneaux de couleur sont peints autour du corps du composant.

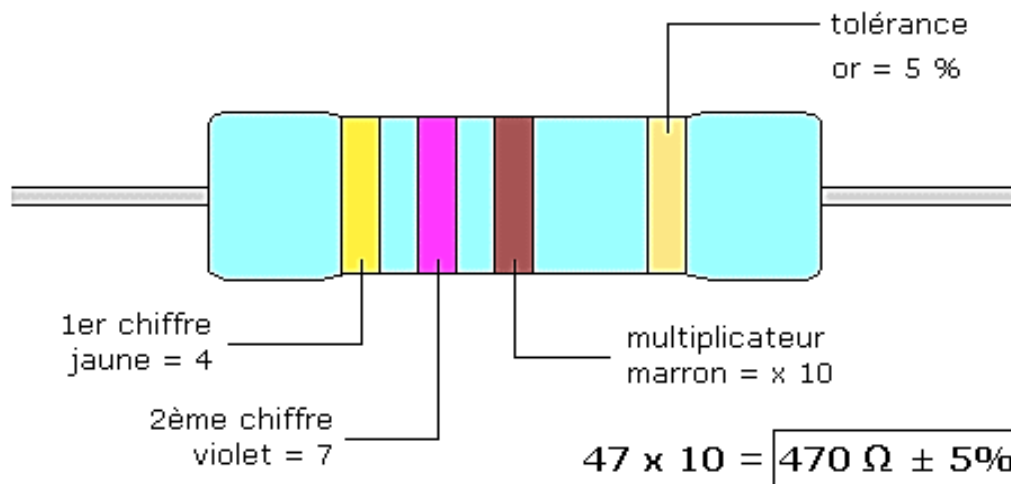


Figure 7 le marquage en clair.

Chaque couleur correspond à un chiffre selon le code suivant

Jaune	→	1 ^{er} chiffre jaune = 4
Violet	→	2 ^{ème} chiffre violet = 7
Marron	→	multiplicateur x 10
Or	→	tolérance or = 5 %

8. Le marquage des résistances résumé synoptique

1^{er} anneau indique le 1^{er} chiffre de la valeur en ohms.

2^e anneau indique le 2^{er} chiffre de la valeur en ohms.

3^e anneau indique le nombre de zéros qu'il faut mettre à droite des 2 premiers chiffres pour former la valeur en ohms.

4^e anneau indique la valeur la tolérance conformément au tableau suivant la **figure 8 et 9** qui résume ces conventions.

9. Le code des couleurs des résistances

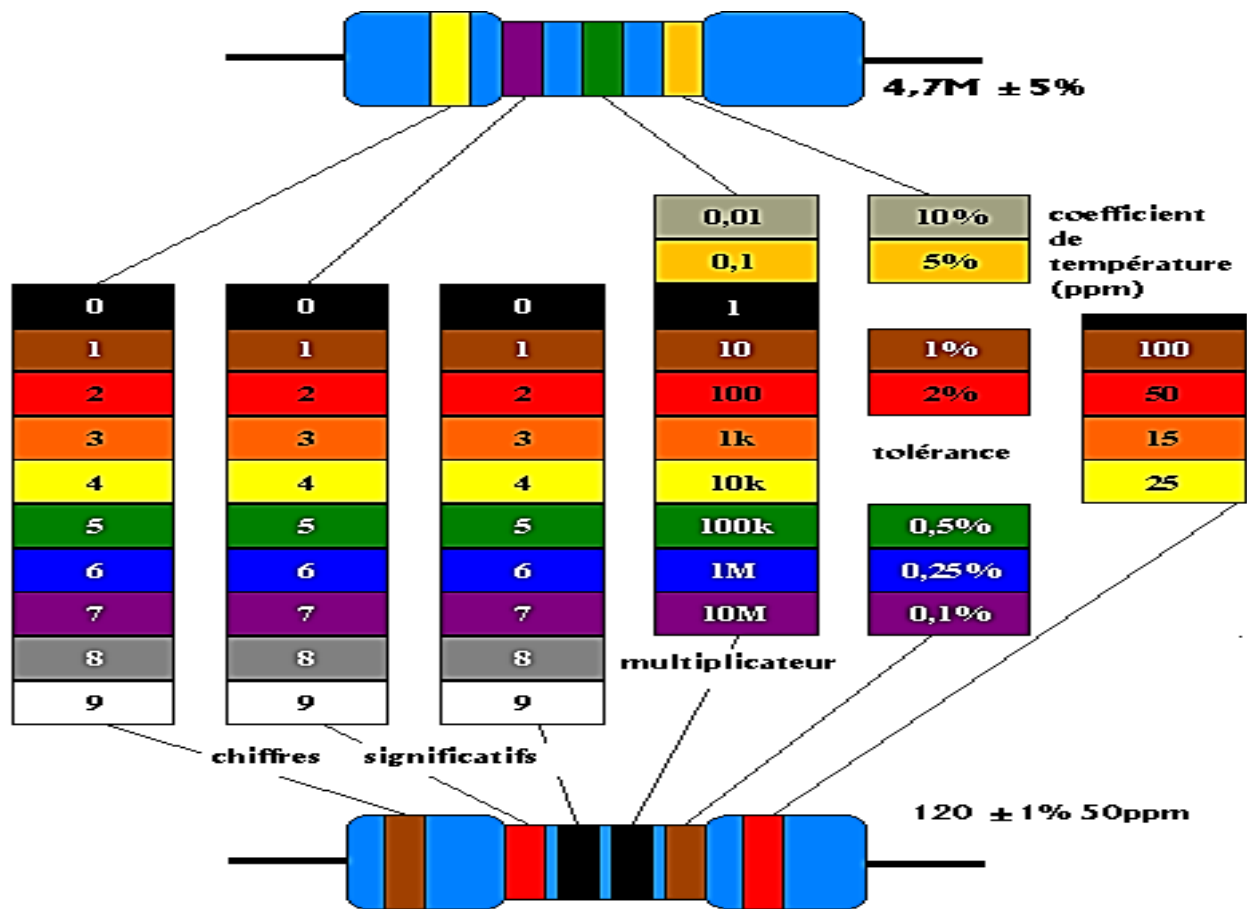


Figure 8 le code des couleurs.

10. Les couleurs de tolérance

Couleur	Tolérance
Noir	20%
Argent	10%
Or	5%
Rouge	2%
Marron	1%

Figure 9 Les couleurs de tolérance.

11. Exemple de calcul de marquage des résistances

Quelles sont les couleurs de marquage d'une résistance de **12k Ω à 5 %** ? **figure.10.**



Figure.10.

Marron = 1 Rouge = 2 Orange = 3 Or = 5 %

Réponse :

$R = 12000 \Omega = 12 \text{ k}\Omega$

A 5 % près $11400 \Omega < R < 12600 \Omega$.

Quelles sont les couleurs de marquage d'une résistance de **1M Ω à 10 %** ? **figure.11.**



Figure.11

Marron = 1 Noir = 0 Vert 5 = 3 Argent = 10 %

Réponse :

$R = 1000\,000 \Omega = 1 \text{ M}\Omega$

A 10 % près $900 \text{ k}\Omega < R < 1100 \text{ k}\Omega$.

12. Resistance bobinées

Pour des puissances dissipées supérieures à 4- 5W on fait appel à des résistances constituées par un fil métallique résistif enroulé sur un mandrin réfractaire.

On peut les trouver sous différentes présentations comme le montre la **figure.12**



Figure.12 différentes résistances bobinées.

13. Resistance bobinées sur radiateur

Pour des puissances de **10 W à 50 W**. On peut rencontrer des résistances bobinées entourées d'un radiateur fixable **figure13**.

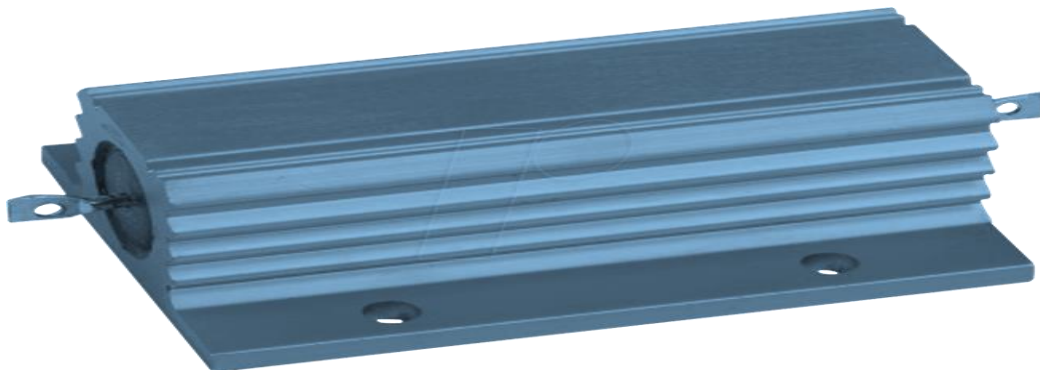


Figure.13 Résistance bobinée à radiateur.

14. Résistances CMS

Cette technologie occupe la plus grande part de marché pour les résistances de faible puissance. Les résistances CMS sont composées d'un boîtier qui est disponible en plusieurs tailles standards, sur lequel figure la valeur ohmique du composant. De petite taille, ils font gagner énormément de place et il n'est plus nécessaire de percer des trous pour les monter. Cependant, leur manipulation demande une certaine minutie. **Figure 14.**

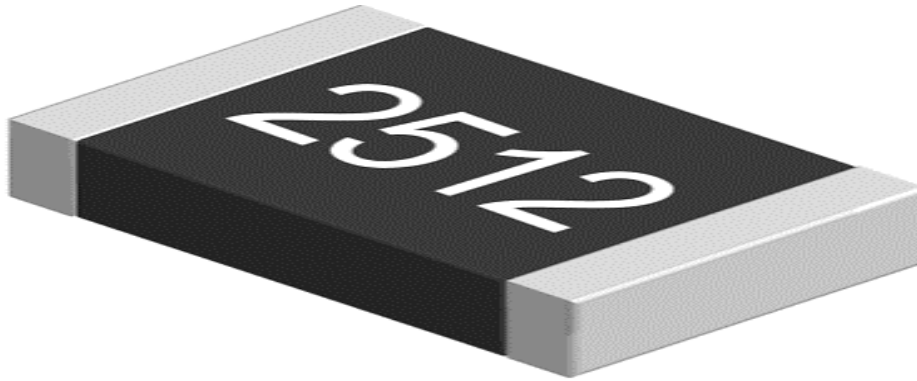


Figure.14 Les résistances CMS.

15. Réseaux de résistances

Les réseaux de résistances comportent plusieurs conducteurs ohmiques placés dans un même boîtier. Les résistances sont souvent de même valeur et elles peuvent être indépendantes ou posséder un point commun. Elles sont disponibles dans une grande variété de tailles de boîtier et de circuits standard. Les réseaux de précision sur film mince sur céramique offrent des valeurs de résistance de haute précision de 0,1%, 0,5% et 1%. Les réseaux RC réduisent le bruit de terminaison et sont disponibles dans des boîtiers de montage en surface et traversants. **Figure 15.**

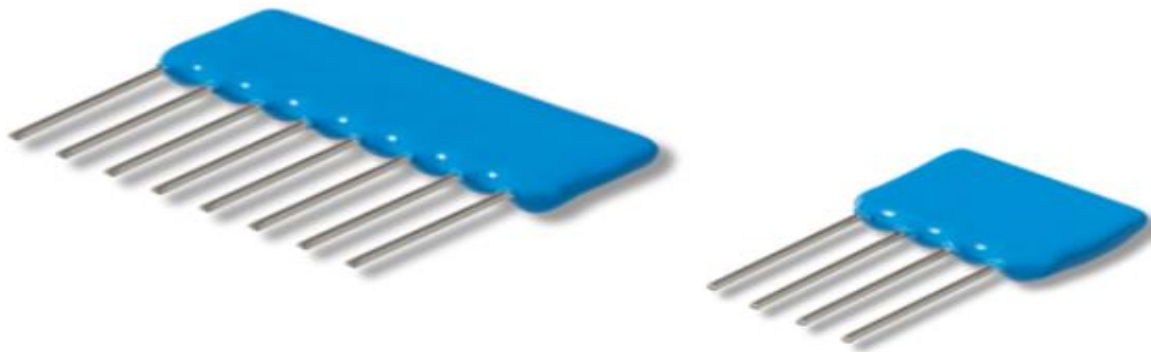


Figure.15 Les résistances réseaux.

16. Influence de la température

La température influe sur la valeur réelle d'une résistance. Des courbes fournies par le fabricant permettent d'en prévoir les variations. Cependant, dans les projets courants, il est préférable d'éviter que la température ne s'élève au point de modifier notablement la résistance.

17. Puissance maximale dissipable par élément résistif

Si on demande à une résistance de dissiper une puissance trop importante elle peut

1. Soit brûler.
2. Changer fortement de valeur sans modification de son aspect.

Exemple : 1

Quelle puissance dissipe une résistance de 560 Ω soumise à une tension de 30 V ?

Réponse $P = \frac{U^2}{R} = \frac{30^2}{560} = 1,6 \text{ W.}$

Exemple : 2

Quelle puissance dissipe une résistance de 4.7 k Ω dans laquelle passe un courant de 10 mA ?

Réponse $P = R \cdot I^2 = 4,7 \times 10^3 \times (10 \times 10^{-3})^2 = 0,47 \text{ W.}$

Il faudra choisir un composant de $\frac{1}{2} \text{ W.}$

Exemple N° 3

A quelle tension peut-on soumettre sans danger une résistance de 3,3 k Ω prévue pour dissiper une puissance maximale de 0,5 W ?

Réponse $P = \frac{U^2}{R} \quad U^2 = P \times R \quad U = \sqrt{P \cdot R}$

$$U = \sqrt{0,5 \times 3,3 \times 10^3} = 40,6 \text{ V.}$$

18. Bruit

Le bruit d'un élément résistif est l'apparition à ses bornes de tensions parasites variables aléatoirement. Si la résistance est montée en début d'une chaîne d'amplification, ses tensions de bruit sont amplifiées au même titre que le signal utile. Cela se traduit par perturbation du signal final.

- Bruit parasites dans le cas d'un ampli audio
- Neige sur l'image d'un téléviseur
- Déviation intempestive de l'aiguille d'un voltmètre à amplificateur électronique.

La gravité de la perturbation dépend du rapport des tensions efficaces du signal utile et du bruit. Ce rapport est appelé rapport – signal. Abréviation qui s'écrit se nomme **S/B**.

Le bruit d'une résistance a deux origines

1. Le bruit thermique.
2. Le bruit de courant.

19. Bruit thermique

Les électrons contenus dans élément résistif se déplacent librement à l'intérieur de celui, au hasard, dans tous les sens et à toutes les vitesses. Ces déplacements sont équivalents à des courants qui, d'après la loi d'Ohm $U = R \times I$ Développent des tensions aux bornes de l'élément. Ces tensions ont des valeurs et des fréquences aléatoires.

Le bruit thermique ne dépend pas du courant que l'on fait passer dans la résistance. Il ne dépend pas de la technologie de construction de l'élément résistif.

Le bruit thermique à pour expression

$$e = \sqrt{4 K . T . B .}$$

e = tension efficace de bruit en volts.

K = constante de Boltzmann

K # **1 ,38. 10⁻²³ J /°C**

T =Température absolue de la résistance :

T = **t + 273°**, **t** étant la température de la résistance évaluée en degrés Celsius.

R = valeur de la résistance en ohms.

B = bande passante de l'amplificateur évaluée en hertz (Hz).

20. Resistance ajustables et variables

Certaines résistances doivent pouvoir être ajustées après construction du montage dont elles font partie, lors de son réglage final. On fabrique ce type de résistances en couchant une piste de carbone conducteur de forme circulaire sur un support bakélite ou céramique **fig. 16 et 17**.

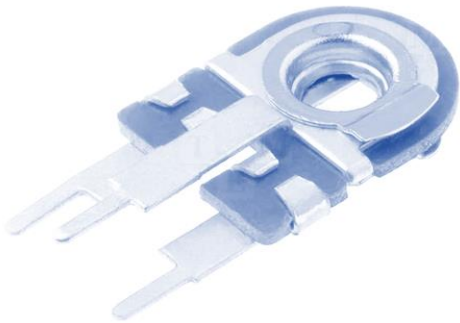


Figure.16



Figure.17

Un curseur métallique peut entrer en contact avec point quelconque de la piste conductrice lorsqu'on le fait tourner manuellement autour de son axe à l'aide d'un tournevis isolant. Les deux extrémités de la piste et le curseur sont électriquement reliés à 3 bornes qui servent en même temps de fixations sur le circuit imprimé. Le schéma électrique d'une résistance ajustable est donné sur la **figure 18** on peut l'utiliser entre les bornes A et C ou entre B et C.

Cette résistance ajustable est constituée d'une piste circulaire en carbone sur laquelle vient frotter un contact que l'on peut déplacer à l'aide d'un tournevis isolant. On remarquera qu'il existe 3 bornes, car les deux extrémités de la piste peuvent être connectées. Si on n'utilise qu'une seule des 2 bornes situées aux extrémités de la piste et la borne centrale on a une résistance ajustable (ou réglable). Si on utilise les 3 bornes, on a un potentiomètre.

On peut également court-circuiter la borne du curseur avec l'une des extrémités voire la **fig.18** et utiliser les bornes **A et B**. La dissipation maximale de ces éléments est de l'ordre de **0,25 W à 0,1 W** selon les dimensions.

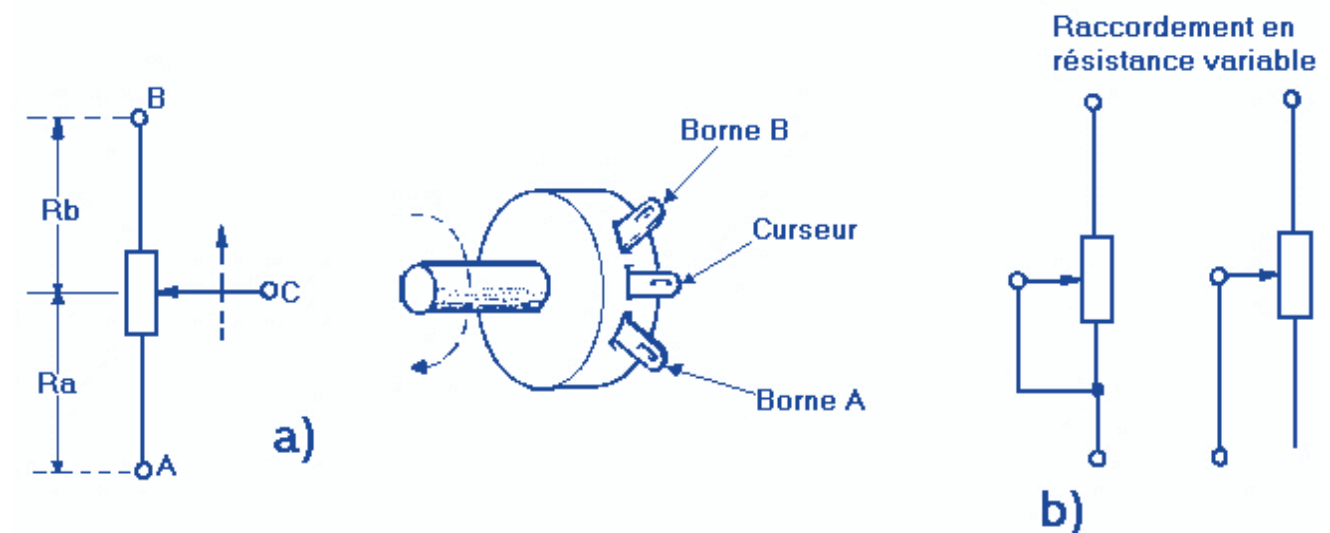


Figure.18 Schémas électrique d'une résistance ajustable.

21. Domaine d'utilisation des résistances variables

Montage en rhéostat

Dans le montage en rhéostat, la résistance variable est en série avec la charge et permet de régler ainsi l'intensité. Figure 18.

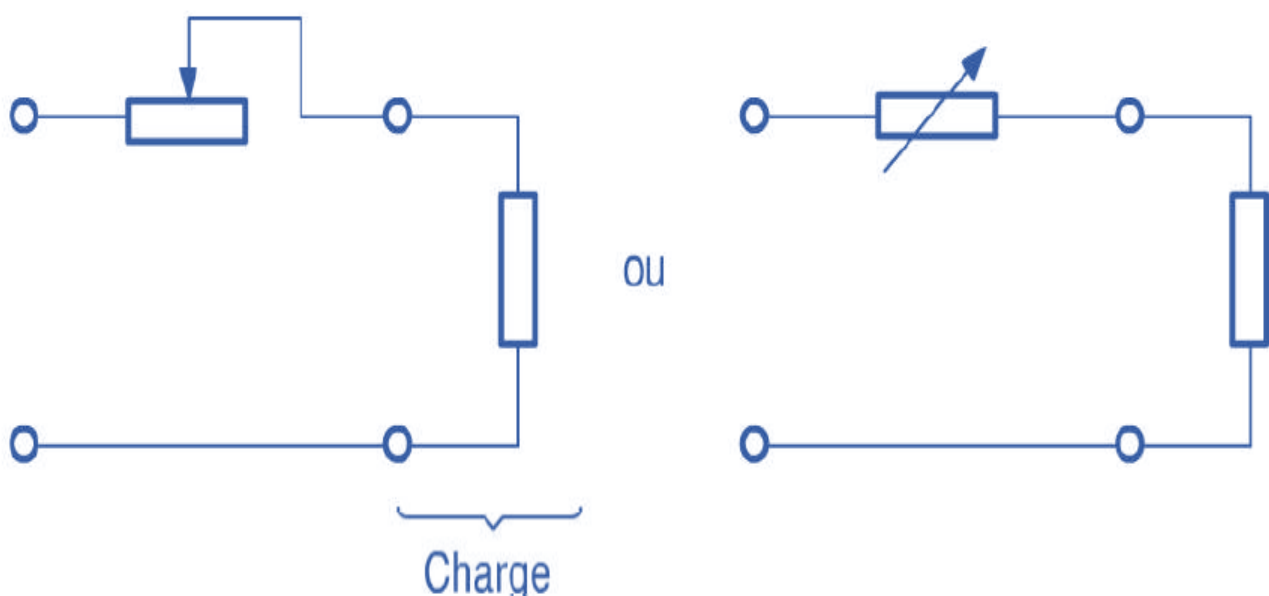


Figure.18 un montage de rhéostat.

22. Potentiomètre de réglage

Ce sont des résistances que l'on peut faire varier manuellement (les potentiomètres de tableau) ou avec un tournevis (les potentiomètres ajustables). Ils peuvent être aussi appelés rhéostat ou résistance variable. Le symbole est aussi parfois utilisé pour exprimer que dans un circuit, la valeur de la résistance est commandée.

Le symbole est aussi parfois utilisé pour exprimer que dans un circuit, la valeur de la résistance est commandée. Un potentiomètre est un élément résistif possédant trois bornes.

23. Représentation symbolique

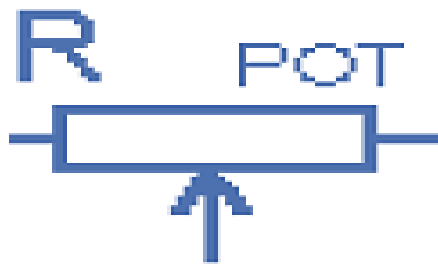


Figure.19 symboles de résistance réglable.

24. Les différents modèles de potentiomètres



Figure.20 divers potentiomètres.

25. Les caractéristiques des potentiomètres :

Loi de variation :

Cette loi lie la variation en pourcentage de la résistance totale à la position du curseur. Dans la plupart des cas cette loi est linéaire (repérage par la lettre **A** : ex **10kW A**). La figure 21 schéma du montage potentiométrique.

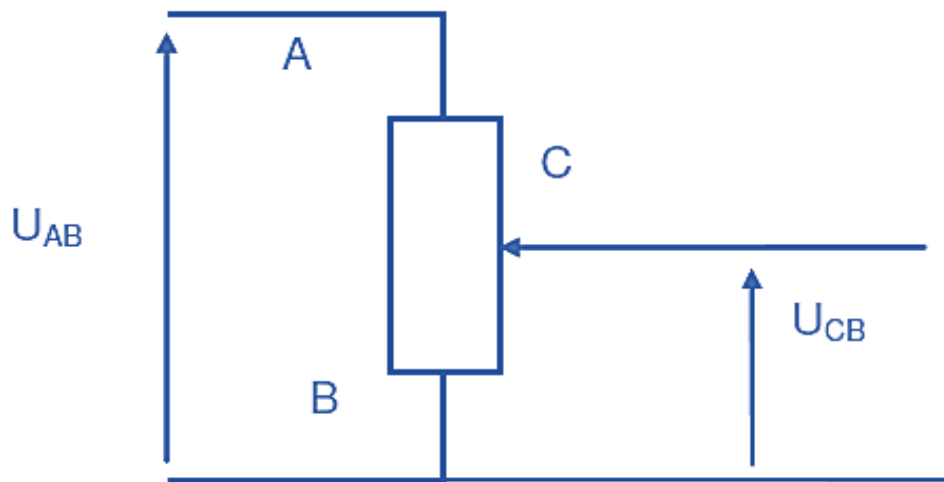


Figure.21 schémas du montage potentiométrique.

Si on appelle a la position du curseur, la différence de potentiels U_{CB} est nulle si $a=0$ (curseur en B), égale à U_{AB} si $a=1$ (curseur en A), comprise entre 0 et U_{AB} lorsque le curseur est dans une position intermédiaire ($0 \leq a \leq 1$)

Pour faciliter les calculs, il est possible de représenter un potentiomètre de valeur P par deux dipôles résistifs dont les valeurs seront proportionnelles à la position du curseur et à P .

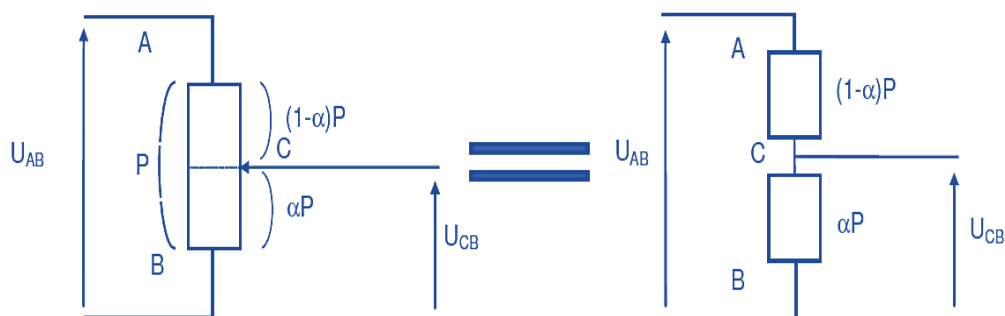


Figure.22 un pont diviseur.

D'après la loi de division de tension, on retrouve :

$$U_{CB} = \alpha \times U_{AB}$$

26 Les thermistances et leurs descriptions

Les thermistances sont donc une forme particulière de résistance qui présente la propriété de varier en fonction de la température. Branchées en série avec un générateur, ils présentent une résistance variable, et qui est traversé par un courant également variable, en fonction de leur température. On distingue deux types de thermistances :

Les CTP (coefficient de température positif) ou PTC et les CTN (coefficient de température négatif) ou NTC. **Figure 23 et 24.**

27. Représentation symbolique

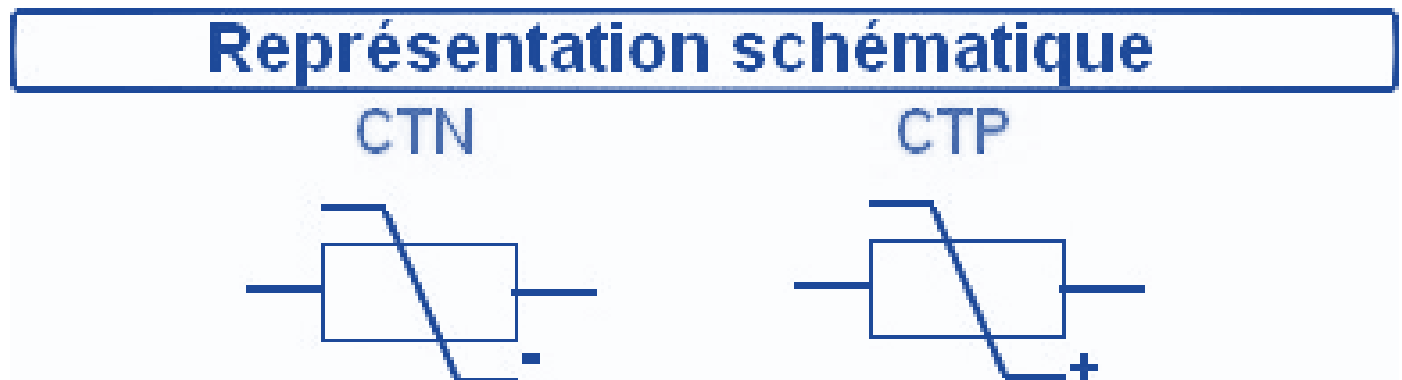


Figure 23 symboles des thermistances.

28. Unités et formules

$$U = R \times I$$

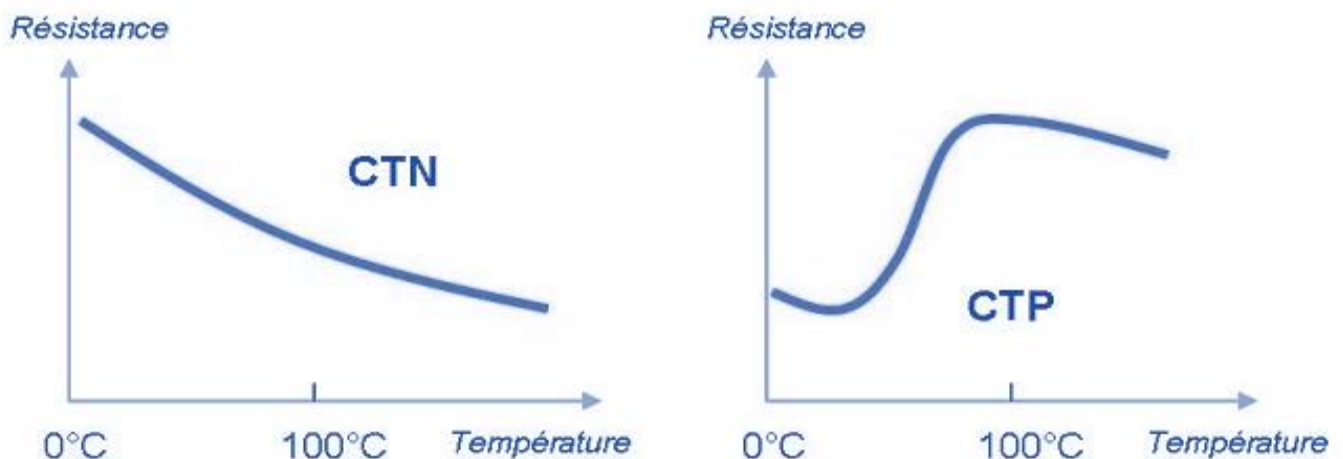


Figure 24 courbe d'une thermistance CTN et CTP.

29. Les valeurs

Leurs valeurs sont généralement marquées dessus de 100 ohms à 50 Kohms à 25 ° C, ou pour les plus anciennes avec le code des couleurs des résistances.

30. L'utilisations des thermistances



Le problème des CTN ou CTP courante est le manque de précision ainsi que la plage d'exploitation réduite ; en effet la plage de température utilisable varie de 10 ° C à 40 ° C est que la variation de la résistance n'est pas trop importante. On les utilisera pour contrôler un seuil de température sur un transformateur ou un radiateur de transistor par exemple mais pas pour donner une température précise . Mesure de température stabilisation d'un circuit électronique et protection. **Figure 25.**

31. Exemple d'un montage sur un circuit électronique

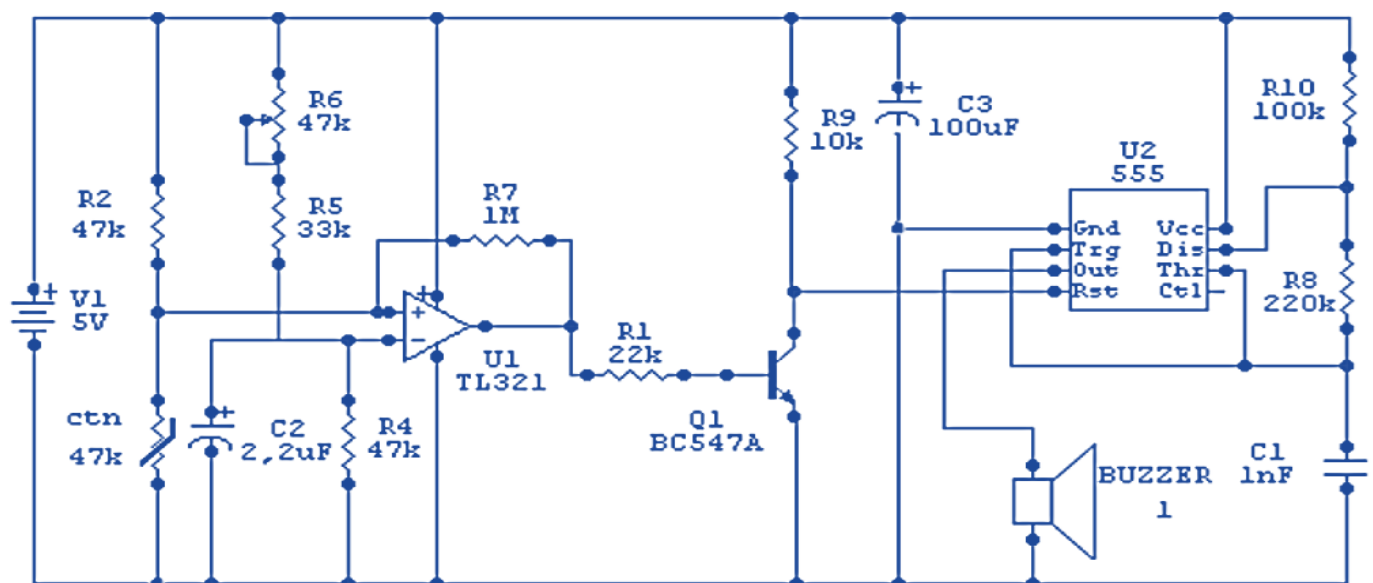


Figure 25 Avertisseur de température.

Ce montage fonctionne avec une alimentation de 5V , il se compose de deux parties ; une mesure de température et générateur de bruit. L'avertisseur utilise un buzzer sans oscillateur interne.

La première parti du montage fait appel à un ampli op TL 321 monté en comparateur .L 'entrée + est relié au capteur de température CTN 47k et l'entrée – est ajustable à l'aide de R6 , lorsque l'ampli op délivre sur sa sortie une tension positive il alimente le transistor Q1 qui devient passant.dans le cas ou la température n'arrive pas au réglage donné l'ampli op fourni une tension ,si la température augment au dessus du réglage la tension dimininue,le transistor n'est plus alimenté et le buzzer sonnes.

La deuxième partie du montage est un NE555 monté en oscillateur astable avec une fréquence donné par R8 ,R10, et C1.

La sortie alimente le buzzer mais il faut que la borne 4 soit au + (donc si le transistor est passant le RST et au – et il n'y pas de bruit).

32. Exemple de montage mesure de température

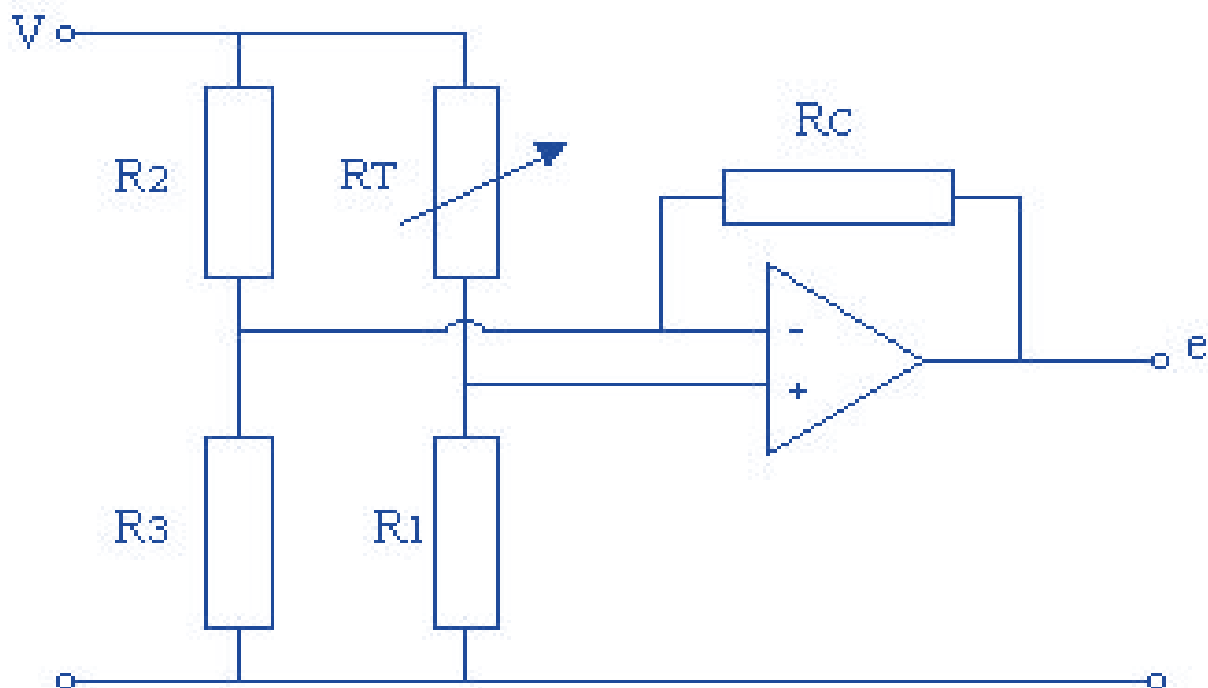


Figure 26 mesure de température.

33. L'utilisation des résistances dans un circuit électronique

Il est difficile de dénombrer les usages possibles pour les résistances. On rencontre en effet ces composants dans pratiquement tous les appareils électroniques, avec différents montages très divers. Elles sont souvent associées à d'autres composants pour la conception d'un circuit électronique.

En électronique on utilise des résistances pour protéger les composants (D.E.L.) ne supportant qu'une intensité très faible. **Figure 27.**

34. Une résistance de protection

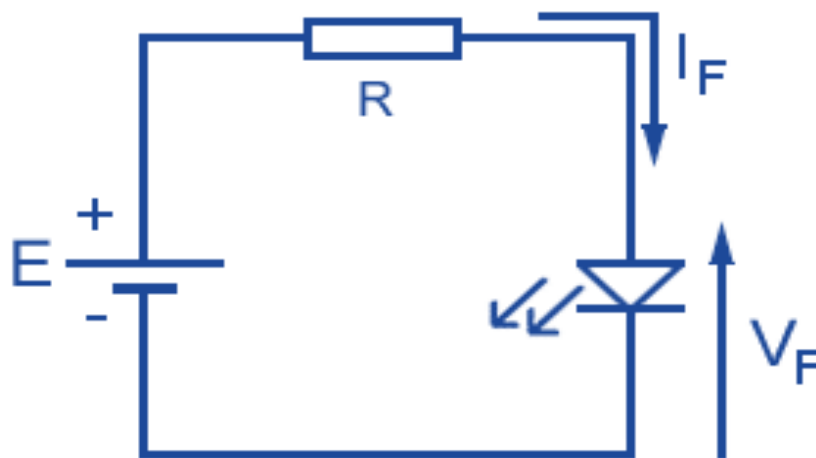


Figure 28 une résistance de protection.

35. Le diviseur de tension

Le diviseur de tension est un montage électronique simple qui permet de diviser une tension d'entrée. Un circuit constitué de deux résistances en série est par exemple un montage élémentaire qui peut réaliser cette opération. Il est couramment utilisé pour créer une tension de référence ou comme un atténuateur de signal à basse fréquence **figure 29.**

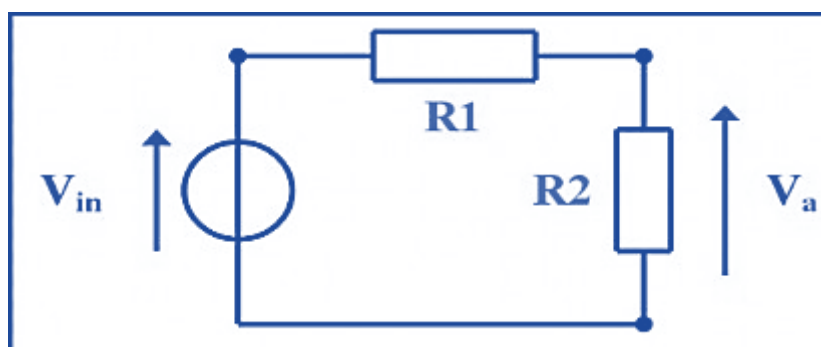
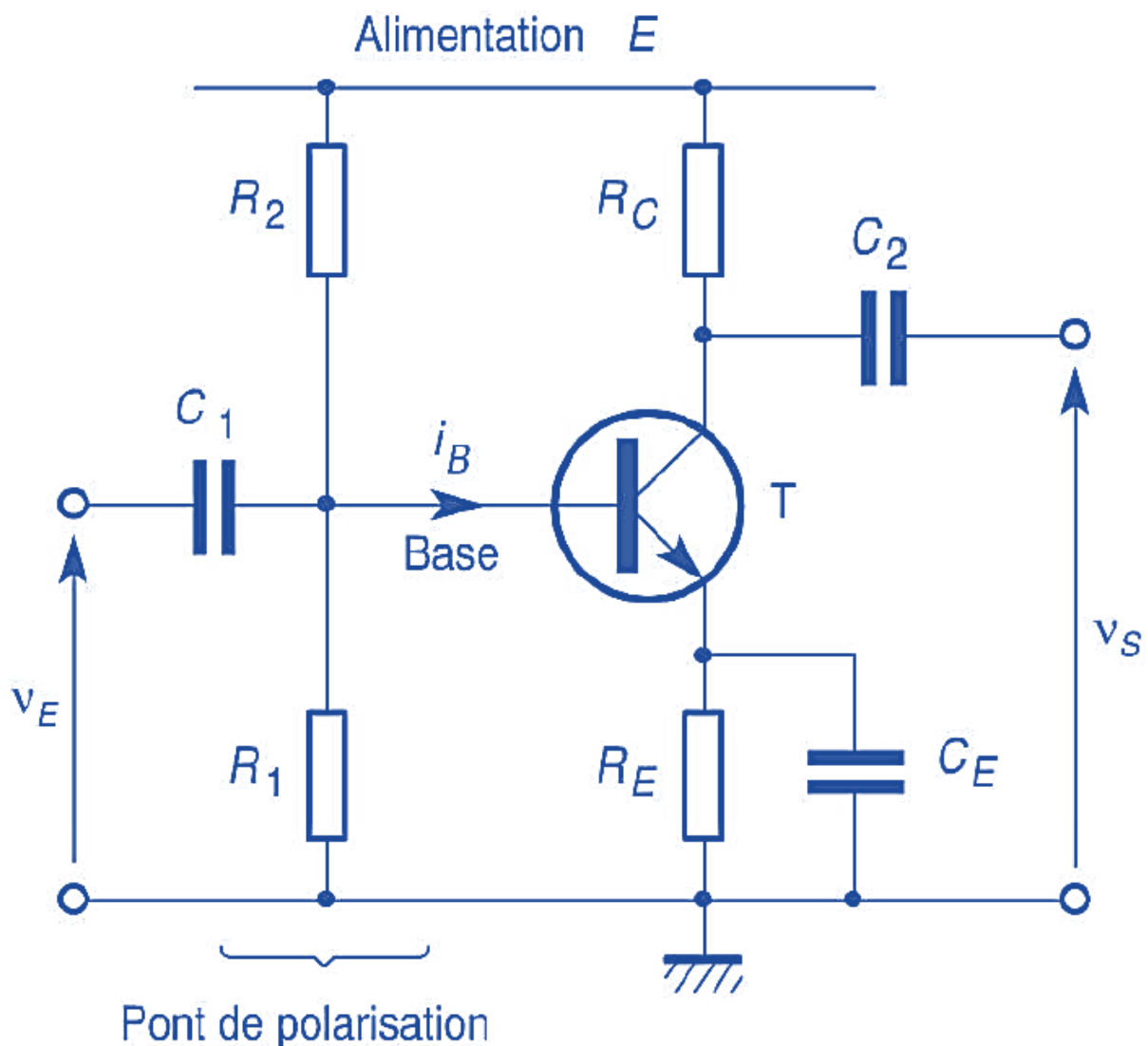


Figure 29 Diviseur de tension

36. La polarisation d'un transistor

Un exemple représentatif d'une application est le pont de polarisation de base d'un transistor bipolaire **figure 30**.

On fixe la tension de base à partir de l'alimentation **E** avec des résistances **R₁** et **R₂**. Lorsque l'on a déterminé l'ordre de grandeur de la composante continue **I_B** du courant de base à l'aide des caractéristiques du transistor, on choisit un courant de pont **I_P** égal à au moins 10I_B, ce qui fixe la somme **R₁ + R₂**. La valeur de la tension de base désirée imposant le rapport de **R₁** et **R₂**, ces deux résistances sont ainsi calculées.



La Polarisation d'un amplificateur à transistor Figure 30 .

La loi d'ohm

37. Qu'est-ce que la loi d'ohm :

La **loi d'Ohm** est une formule utilisée pour calculer la relation entre la tension, l'intensité et la résistance dans un circuit électrique.

C'est l'unité qui mesure la résistance opposée par un conducteur au passage d'un courant électrique. Une résistance de **1 ohm** branchée sur une différence de potentiel de **1 volt** se trouve parcourue par un courant **1 ampère**. Son symbole est la lettre grecque **oméga (Ω)**. En pratique nous rencontrerons ses multiples, le kilohm (**k Ω**) qui vaut **1000 ohms**, et le mégohm qui équivaut à un million **d'ohms**.

La loi d'ohm établit les relations entre les grandeurs :

Tension – Intensité – Résistance

Ces relations sont très simples il faut absolument les connaître, même si l'on fait du dépannage électronique qu'à titre d'amateur car elles sont d'une application pratique.

La loi d'ohm est matérialisée par les formules suivantes

$$U = R \times I \qquad I = \frac{U}{R} \qquad R = \frac{U}{I} \qquad P = U \times I$$

Utilisation de la loi d'ohm :

Selon son expression et les grandeurs connues la loi d'ohm permet d'obtenir différentes grandeurs :

Avec **$U = R \times I$** elle permet de calculer la tension lorsque la résistance et l'intensité sont connues.
Avec **$I = U : R$** elle permet de calculer l'intensité lorsque la tension et la résistance sont connues.
Avec **$R = U : I$** elle permet de calculer la résistance lorsque la tension et l'intensité sont connues.

38. Quelques exemples d'application de la loi d'ohm.

Vous lisez sur le culot d'une ampoule d'éclairage que c'est une **6,3V – 300 mA**.
Quelle est la résistance de son filament ?

$$\text{Nous avons } R = \frac{U}{I} = \frac{6,3}{0,3} = \mathbf{21 \text{ ohms}}$$

Remarque que **300** milliampères = 0 ,3 ampères.

Quelle est la puissance de cette ampoule ?

$$\mathbf{P = U \times I = 6,3 \times 0,3 = 1,89 \text{ watt}}$$

Une ampoule de phare de voiture fait 48 watts elle est alimentée par une batterie de 12 volts.

Quelle est l'intensité qui la parcourt ?

$$\text{De } \mathbf{P = U \times I} \quad \text{nous avons} \quad \mathbf{I = \frac{P}{U} = \frac{48}{12} = 4 \text{ ampères}}$$

Et quelle est la résistance de son filament ?

$$\mathbf{R = \frac{U}{I} = \frac{12}{4} = 3 \text{ ohms}}$$

Vérifions et découpons ces formules.

$$\mathbf{P = U I = 12 \times 4 = 48 \text{ watts}}$$

Et comme $\mathbf{U = R I}$

$$\mathbf{P = R I \times I = R I^2 = 3 \times 4 \times 4 = 48 \text{ watts}}$$

Les résistances



Conclusion

Il est indispensable de savoir lire les caractéristiques des composants qu'on utilise et qu'on connaisse les limites d'utilisations.

Pour les éléments résistifs, on doit savoir :

- 1. Le code des couleurs sans hésitation, leur puissance**
- 2. Leur puissance.**
- 3. Leur qualité vis-à-vis du bruit.**
- 4. Leur tension maximale d'essai pour les montages en haute tension.**
- 5. Calculer avec la loi d'ohm.**

Les avantages :

Reconnues pour leur fiabilité et leurs robustesses avec un très bon rapport qualité prix et disponible en différentes valeurs de tolérance. Le dépannage d'un circuit électronique est largement facilité lors du changement de ce composant.

Les Inconvénients :

Génère du bruit causé par la plupart des modèles et l'apparition aux bornes de cette résistance des tensions parasites variables aléatoirement.