

LES RESISTANCES

Caractéristiques, rôle et utilisation de la résistance

Le rôle de la résistance est de limiter le courant dans un circuit. Elle possède plusieurs caractéristiques technique :

- La **valeur ohmique** : Plus cette valeur est élevée, plus la résistance s'opposera au passage du courant et donc moins il sera grand.
- La **puissance** : C'est la puissance que peut dissiper la résistance. Il y a les 1/4W (un quart de 1W donc 250mW), 1/2W etc.

Nous pouvons trouver des résistances pour protéger une DEL (*figure 1*) : Une DEL a une tension au alentour de 2V donc si on veut l'allumer sur du 12V, il faut mettre une résistance pour limiter le courant et ne pas détruire la DEL.

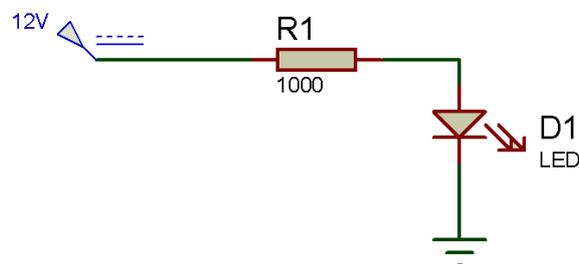


Figure 1

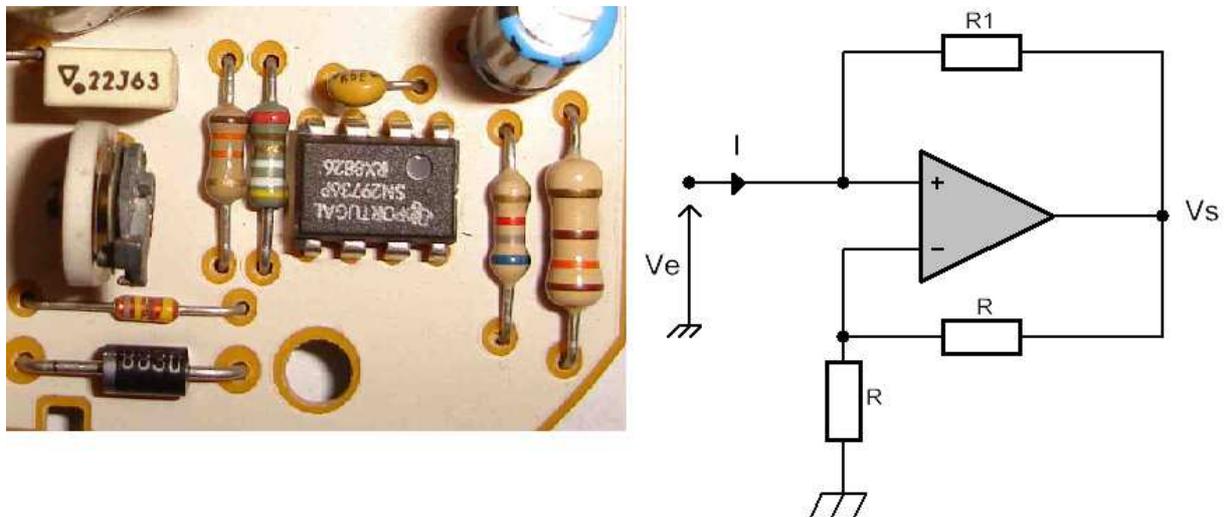


Figure 2

Sur la *figure 2 à gauche* on peut voir des résistances (composants cylindriques aux anneaux de couleur) autour d'un circuit intégré (le composant carré noir). A *droite de la figure 2*, le schéma de ce montage avec le triangle pour le circuit intégré et les rectangles pour les résistances.

Le circuit amplifie la petite tension V_e en tension plus élevée (V_s). Les résistances vont servir ici à fixer les caractéristiques de l'amplification : On calcul alors les valeurs ohmiques des résistances pour régler par exemple l'amplitude ou la forme du signal en sortie.

Un trouve énormément de résistances connectées sur la base d'un transistor afin de limiter sont courant (*voir cours sur les transistors*).

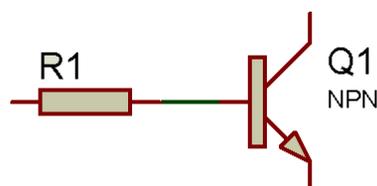


Figure 3

Les filtres peuvent être composés de résistance(s). Sur la *figure 4*, un filtre passe bas.

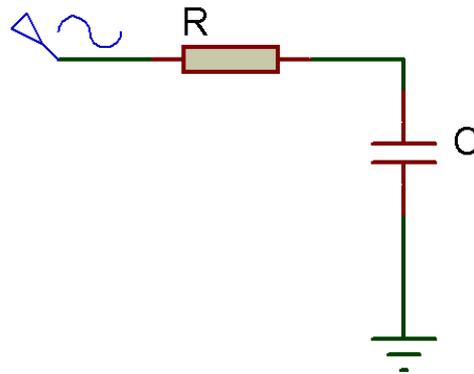


Figure 4

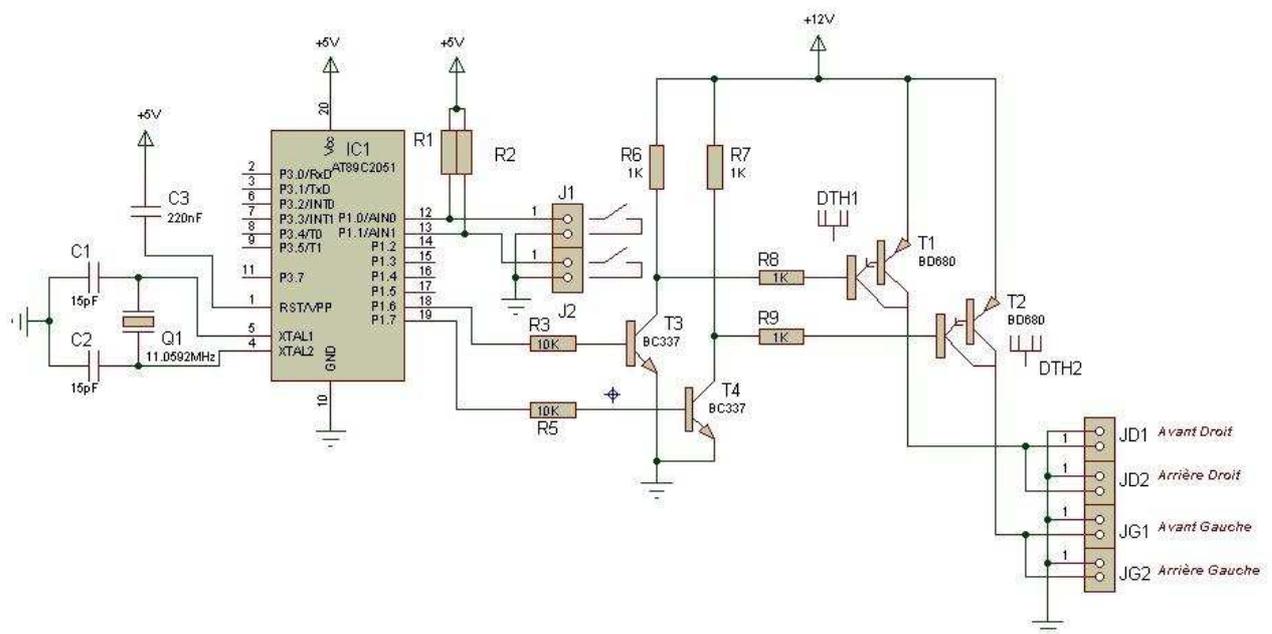


Figure 5

Sur le schéma *figure 5* constitué d'un microcontrôleur, on retrouve des résistances pour protéger des transistors (R3, R8 etc), pour tirer au 5V une entrée (R1, R2). Sur le circuit de reset d'un microcontrôleur on peut en trouver aussi, associée avec un condensateur.

Les différents types de résistances

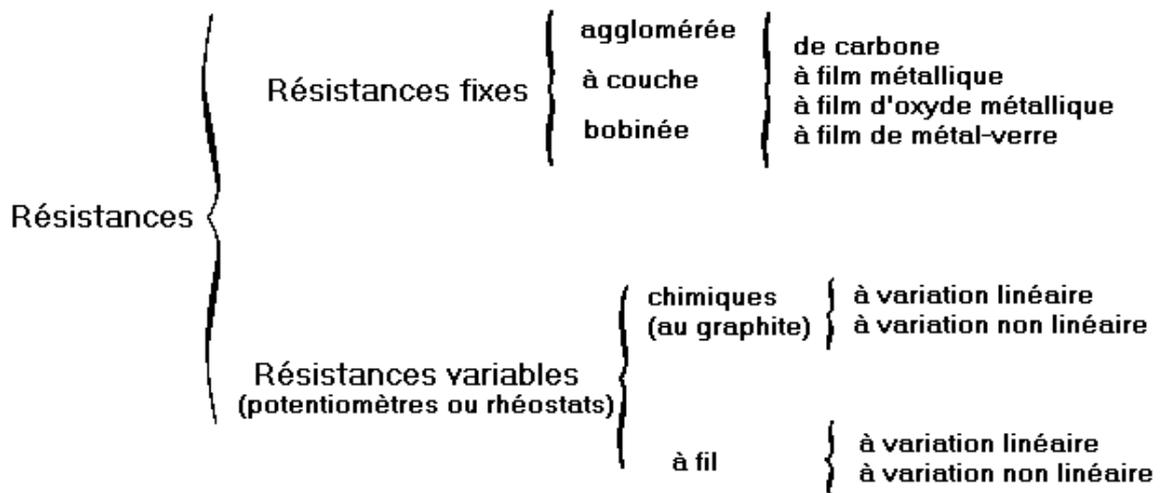


Figure 6

Il existe plusieurs sortes de résistances, elles peuvent être construites de différentes manières et sont présentées dans ce document :

- La **résistance bobinée** : Un conducteur possède une résistance interne en fonction de la matière de ce conducteur, la section et la longueur.
- La **résistance carbone**.
- La résistance à couche d'**oxyde métallique**.
- La résistance à couche de **film métallique**.
- Les résistances à **valeur variable**.

Les résistances bobinées



Figure 7

Elles sont constituées d'un fil conducteur enroulé autour d'un noyau cylindrique isolant (*figure 8*) et sont recouvertes d'une protection (du vernis par exemple). Pas utilisée dans les circuits hautes fréquences car ces résistances sont inductives. Elles peuvent cependant dissiper beaucoup de puissance.

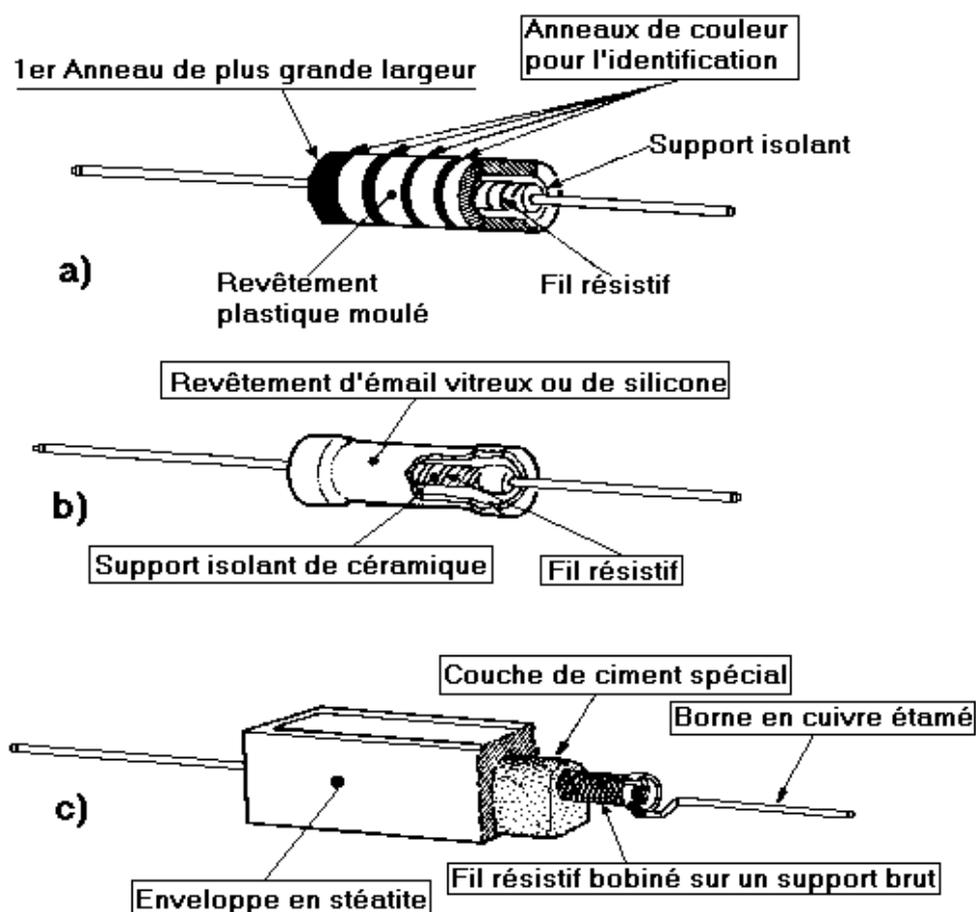


Figure 8

Les résistances agglomérées



Figure 9

Généralement brunes, ces résistances sont composées d'un carbone broyé et compressé à chaud au centre d'un isolant cylindrique. Sur la *figure 9*, on peut voir le carbone à l'intérieur de la résistance. Elles sont mécaniquement robustes mais présente beaucoup de bruit, sont très peu précises, pas très stable.

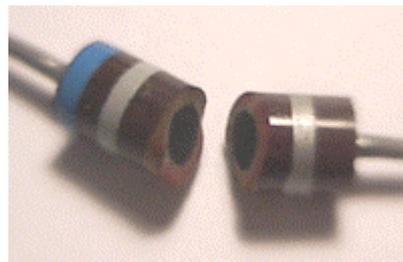


Figure 10

Les résistances carbonées



Figure 11

Sur ce type de résistance (*figure 11*), une fine couche de carbone est déposée autour d'un isolant (voir *figure 12, 13*). L'inconvénient dans ce type de résistance est le bruit thermique dû au carbone. Plus généralement, la tolérance de ces résistances est de 10% ou 5%.

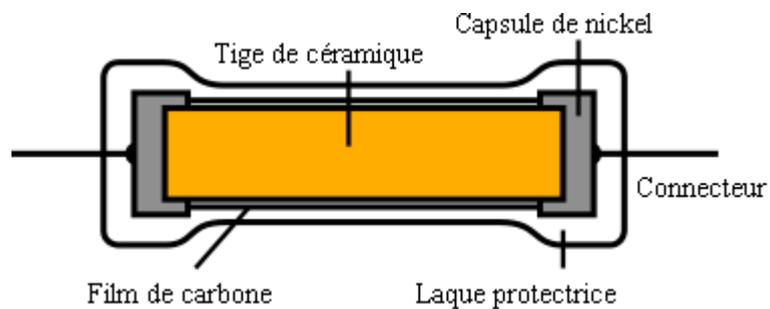


Figure 12

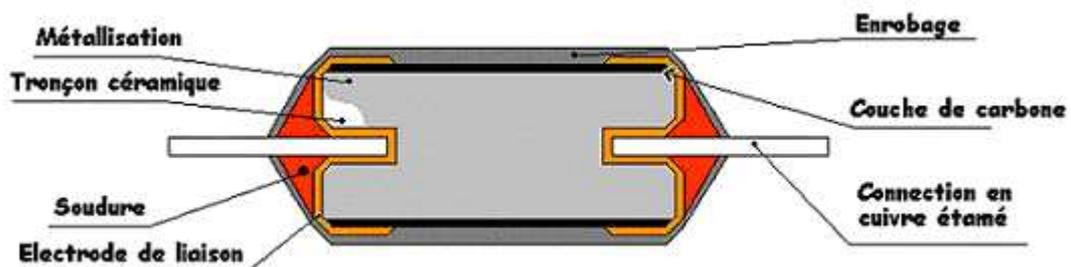


Figure 13

Les résistances à couche métallique



Figure 14

Ces résistances sont constituées d'une fine couche de métal déposée sur la surface d'un isolant. Contrairement aux résistances carbonées, elles génèrent moins de bruit, elles ont généralement une tolérance beaucoup plus faible.

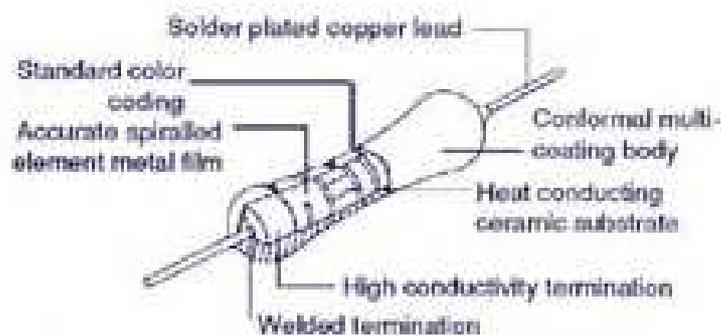


Figure 15

Des spirales (visibles sur la *figure 15*) sont réalisées autour de la résistance par une meule diamantée déterminant essentiellement la valeur ohmique.

Les résistances à couche de film métallique

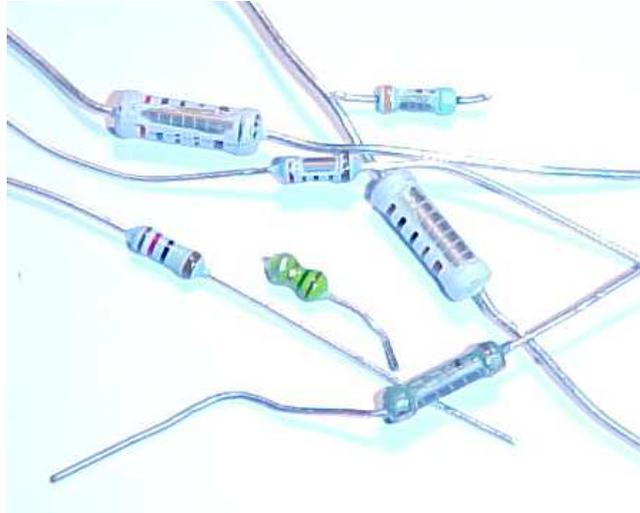


Figure 16

La constitution reste similaire aux résistances à couche métallique. Leur stabilité et leur précision sont cependant meilleures. On retrouve les spirales autour du support isolant comme avec les résistances à couche métallique.

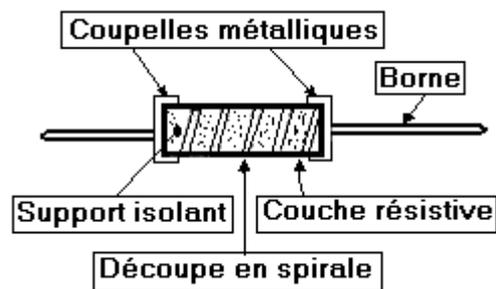


Figure 17

Les résistances à valeur variable

La valeur ohmique de ces résistances peut être variable. Il existe le réglage avec l'outil (généralement un tournevis) ou manuel.



Figure 18

Sur la *figure 18 à gauche*, apparaît le brochage très simpliste d'une résistance ajustable. La couleur rouge représente la **piste conductrice**. A chaque extrémités de celle-ci (fil bleu et fil vert) on mesure la valeur ohmique maximale de la résistance variable.

Le fil noir est le curseur qui tourne sur la piste conductrice et suivant où se trouve le point de contact, on utilise plus ou moins de longueur de piste donc plus ou moins de résistance.

Cette piste conductrice composite est constituée d'une **matrice polymère** chargée en particules conductrices ou de **graphite** (variété de carbone). Le curseur est une **lamelle métallique** cuivrée venant frotter la piste, le contact est maintenu de manière **élastique**.

Sur la *figure 18 à droite*, des résistances réglables : Le technicien change sa valeur en tournant le curseur avec l'aide d'un outil (tournevis par exemple). Ces modèles de résistances se brasent directement sur le PCB (Printed Circuit Board = Circuit imprimé).

Sur la *figure 19*, la constitution d'un **trimmer** (nom donné aux résistances réglables de cette forme). On trouve un fil enroulé sur un support isolant ou une couche de graphite. Pour une puissance de environ 1W, on utilisera du graphite tandis que pour les puissances plus importantes, le fil métallique résistif sera plus approprié.

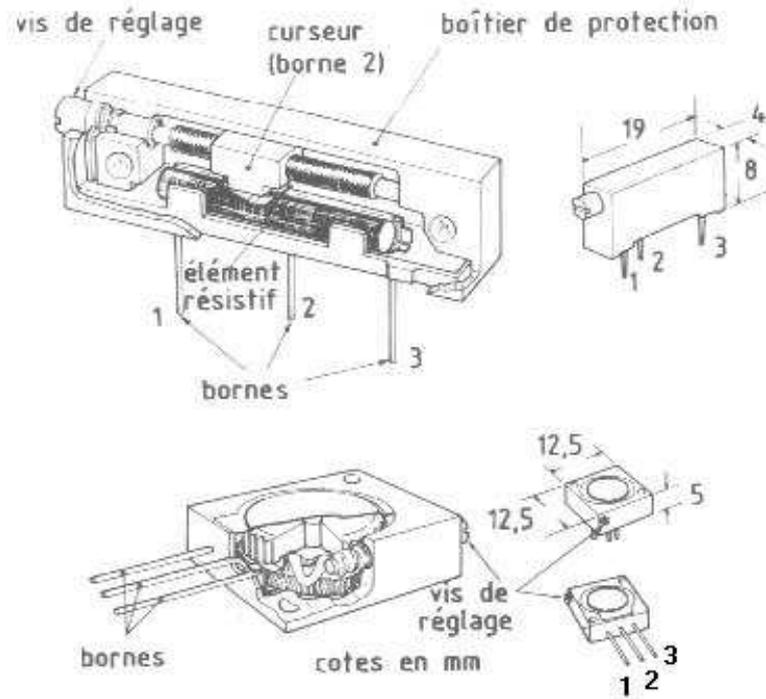


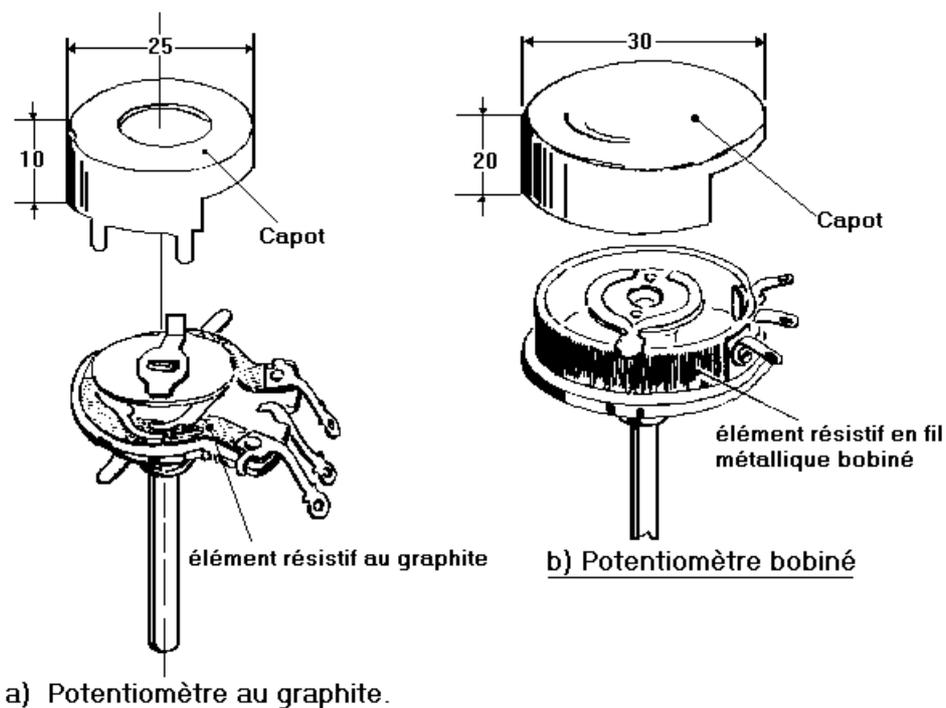
Figure 19

En résistance variable, nous trouvons très fréquemment le **potentiomètre** (figure 20) :



Figure 20

La constitution d'un potentiomètre peut-être comme la résistance réglable c'est à dire avec une piste conductrice au graphite. On peut trouver également des **potentiomètres bobinés** comme le montre la figure 16 à droite :



a) Potentiomètre au graphite.

b) Potentiomètre bobiné

Figure 21

Des potentiomètres plus complexes existent comme celui où il y a un contact (interrupteur) ou celui possédant un axe pour deux curseurs comme le montre la *figure 22* :

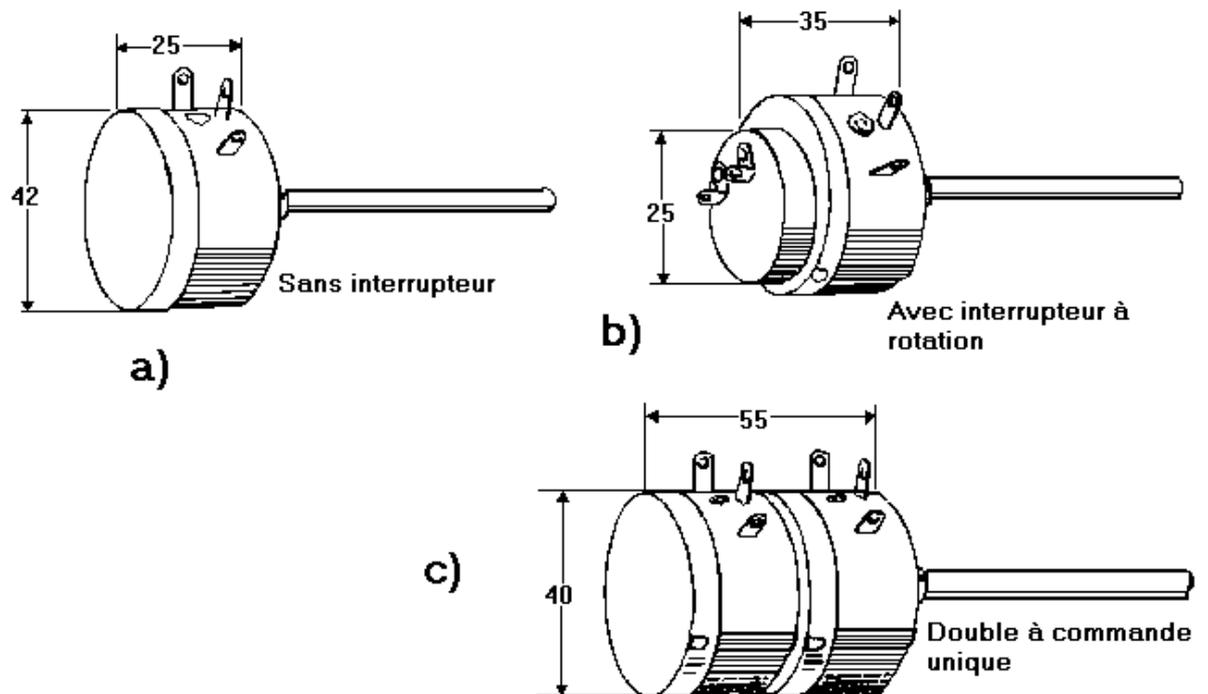


Figure 22

La fixation d'un potentiomètre sur un châssis est montré sur la *figure 23* :

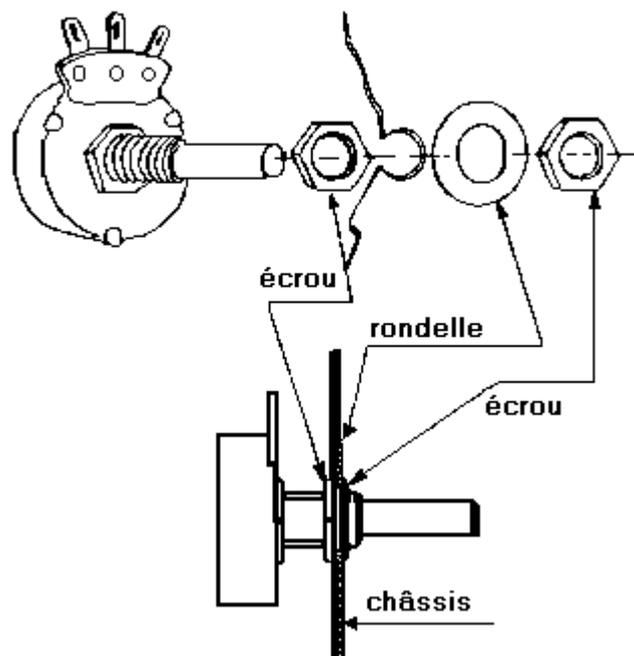


Figure 23

Les **sliders** sont des résistances variables non rotatives mais **translatives**. Elles se présentent sous cette forme : (Figure 24)

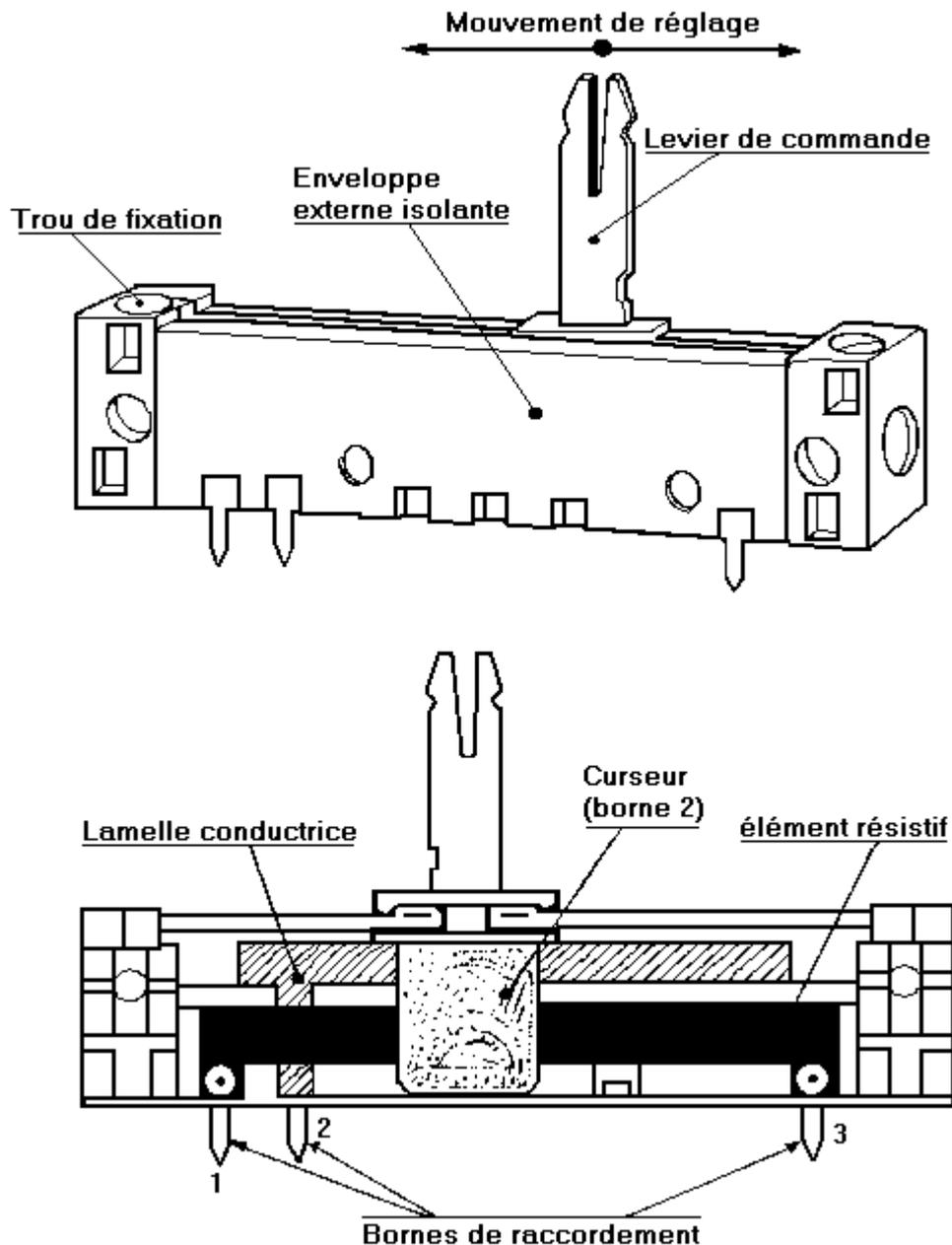


Figure 24

On retrouve une piste conductrice où un curseur vient en contact. Ces types de résistances sont présentés dans un **variateur d'halogène** par exemple ou sur une **table de mixage**.

La résistance le long de la piste conductrice évolue de **plusieurs manières** comme le montre la *figure 25* : Sur l'axe verticale on trouve la **résistance** entre une extrémité et le curseur tandis que sur l'axe horizontal on trouve la **rotation** du curseur sur la piste conductrice. Toujours sur *la figure 25*, la partie à droite nous indique l'**inscription** sur le composant pour savoir de quel type de variation il s'agit.

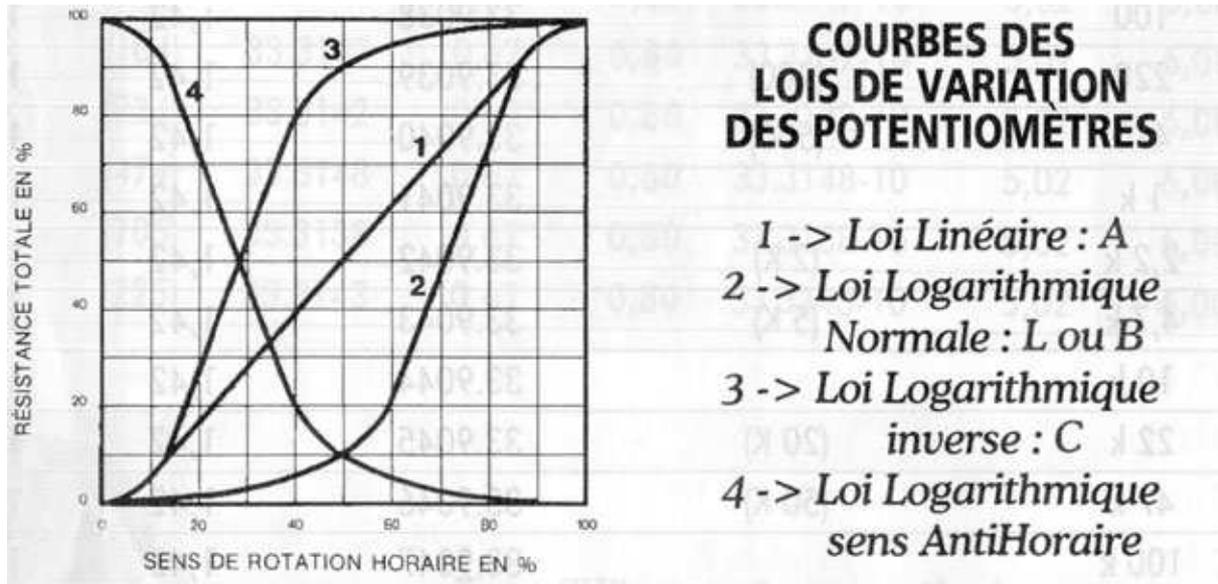


Figure 25

Ce potentiomètre a une résistance total de $1\text{k}\Omega$ et a une valeur qui évolue de façon **linéaire** (*figure 26*) :



Figure 26

Le code des couleurs des résistances

La valeur ohmique des résistances est codée sous forme d'**anneaux de couleur** faisant le tour du corps du composant (*figures 4, 6, 9 et 11*). Pour les grosses résistances de puissance, la valeur est directement inscrite en chiffre puisqu'il y a assez de place.

Le tableau suivant présente le **code des couleurs** des anneaux le plus simpliste que nous pouvons avoir : Une couleur correspond à un chiffre.

- Le 1^{er} et 2^{ème} anneaux correspondent à un **chiffre simple**. Les deux associés forme un nombre.
- Le 3^{ème} anneaux correspond au nombre qui **multiplie** le nombre trouver avec les anneaux 1 et 2. On peut aussi dire qu'il correspond au **nombre de zéros** à placer derrière les 1^{er} et 2^{ème} chiffre (x1 = 0 zéro, x10 = 1 zéro, x100 000 = 5 zéros etc).
- Le 4^{ème} anneaux correspond à la **tolérance** c'est à dire la précision du composant.

1er anneaux : 1er chiffre	2ème anneaux : 2ème chiffre	3ème anneaux : Multiplicateur	4ème anneaux : Tolérance
0	0	× 1	
1	1	× 10	
2	2	× 100	
3	3	× 1 000	
4	4	× 10 000	
5	5	× 100 000	
6	6	× 1 000 000	
7	7	× 10 000 000	
8	8	× 100 000 000	
9	9	× 1 000 000 000	
			+/- 5% (OR)
			+/- 10% (ARGENT)

Sur la *figure 27*, un exemple.

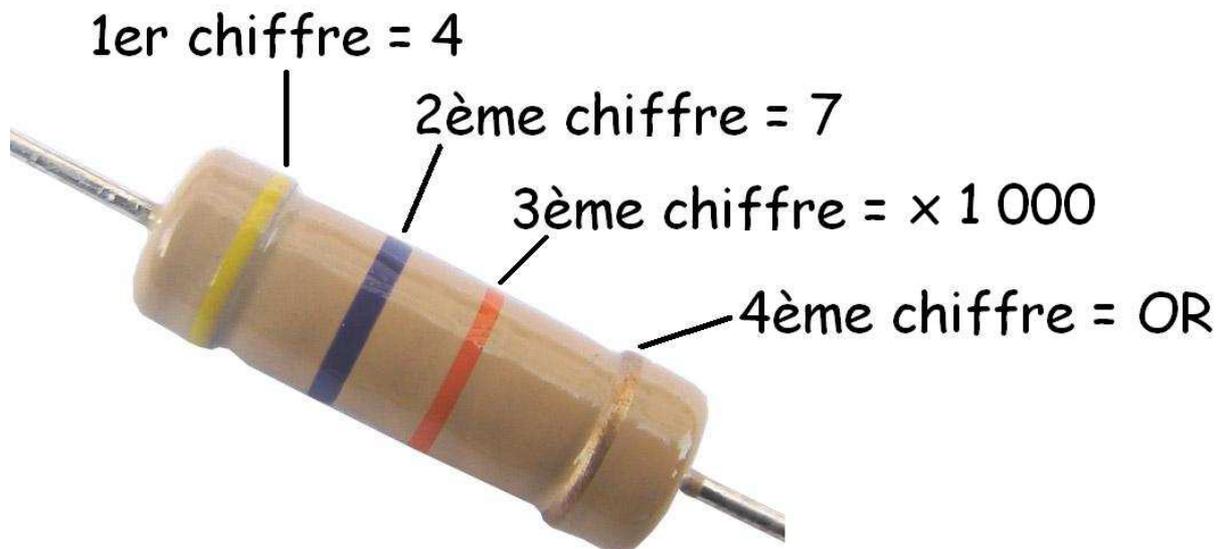


Figure 27

On prend les chiffres 1 et 2 ce qui fait 47 et on le multiplie par 1000 ce qui fait au total $47\ 000\Omega$ soit **$47\text{K}\Omega$** .

La tolérance correspond à + ou - 5% de 47 000 donc :

$$5 \times 47\ 000 / 100 = 2\ 350$$

$$47\ 000 - 2\ 350 = \mathbf{44\ 650\Omega}$$

$$47\ 000 + 2\ 350 = \mathbf{49\ 350\Omega}$$

Le fabricant assure que la valeur de la résistance sera entre $44\ 650\Omega$ et $49\ 350\Omega$.

Nous pouvons trouver des résistances avec plus d'anneaux, ce sont des résistances dite de **précision**. Elles peuvent avoir un troisième chiffre et des tolérances pouvant atteindre 0,1%. Le tableau suivant montre un code de couleur plus avancé.

1er anneaux: 1er chiffre	2ème anneaux: 2ème chiffre	3ème anneaux: 3ème chiffre	4ème anneaux: Multiplicateur	5ème anneaux: Tolérance
0	0	0	x 1	
1	1	1	x 10	+/- 1%
2	2	2	x 100	+/- 2%
3	3	3	x 1 000	+/-3%
4	4	4	x 10 000	+/-4%
5	5	5	x 100 000	+/- 0,25%
6	6	6	x 1 000 000	+/- 0,25%
7	7	7	x 10 000 000	+/- 0,1%
8	8	8	x 100 000 000	+/-0,05%
9	9	9	x 1 000 000 000	
			x 0,01	+/- 5% (OR)
			x0,1	+/- 10% (ARGENT)

Il est possible de rencontrer des résistances de 6 anneaux donc **3 chiffres**, un **multiplicateur**, la **tolérance** et le **coefficient de température** exprimé en ppm/C°.

Le **coefficient de température** est le quotient de la variation de la résistance par la variation de température. Il s'exprime en **partie par million par degré centigrade**. La résistance augmente avec la température.

1er chiffre	2ème chiffre	3ème chiffre	Multiplicateur	Tolérance	Tempco
0	0	0	x 1		
1	1	1	x 10	+/- 1%	100 ppm
2	2	2	x 100	+/- 2%	50 ppm
3	3	3	x 1 000	+/-3%	15 ppm
4	4	4	x 10 000	+/-4%	25 ppm
5	5	5	x 100 000	+/- 0,25%	
6	6	6	x 1 000 000	+/- 0,25%	10 ppm
7	7	7	x 10 000 000	+/- 0,1%	5 ppm
8	8	8	x 100 000 000	+/-0,05%	
9	9	9	x 1 000 000 000		
			x 0,01	+/- 5% (OR)	
			x0,1	+/- 10% (ARGENT)	

Pour la résistance *figure 28*, voici un exemple :



Figure 28

1^{er} chiffre : 1
2^{ème} chiffre : 2
3^{ème} chiffre : 4
donc 124

Avec un multiplicateur de $\times 1\,000$, nous avons $124 \times 1\,000 = 124\,000\Omega$ soit **124K Ω** avec une tolérance de **1%** et **50 ppm**.

Exemple de calcul du coefficient de température :

Une résistance R de **1 M Ω** a **100ppm/C°** avec une température d'utilisation Tu de **5C°** et une température ambiante Tamb de **20C°**. On aura donc une résistance finale de :

$$\frac{R \times \text{ppm/C}^\circ \times (T_{\text{amb}} - T_u)}{1\,000\,000}$$

$$\frac{1\,000\,000\Omega \times 100\text{ppm} \times (20 - 5)}{1\,000\,000}$$

$$\frac{1\,500\,000\,000}{1\,000\,000}$$

$$1\,500\,\Omega$$

1M Ω avec +/- 1 500 Ω

Valeurs normalisées

Les valeurs des résistances sont normalisées et sont organisées par **série** : Sur le tableau ci-dessous, les différentes valeurs peuvent avoir n'importe quelles unités (Ω , $K\Omega$ etc). Les plus courantes sont la série **E12** et **E24** pour les résistances carbonées. Au dessus, nous trouverons des résistances de précision (à oxyde de métal).

E 3 ($\pm 20\%$) : 100 - 220 - 470

E 6 ($\pm 10\%$) : 100 - 150 - 220 - 330 - 470 - 680

E12 ($\pm 10\%$) : 100 - 120 - 150 - 180 - 220 - 270 - 330
390 - 470 - 560 - 680 - 820

E24 ($\pm 5\%$) : 100 - 110 - 120 - 130 - 150 - 160 - 180
200 - 220 - 240 - 270 - 300 - 330 - 360 - 390
430 - 470 - 510 - 560 - 620 - 680 - 750 - 820 - 910

E48 : 100 - 105 - 110 - 115 - 121 - 127 - 133
140 - 147 - 154 - 162 - 169 - 178 - 187 - 196
205 - 215 - 226 - 237 - 249 - 261 - 274 - 287
301 - 316 - 332 - 348 - 365 - 383 - 402 - 422
442 - 464 - 487 - 511 - 536 - 562 - 590 - 619
649 - 681 - 715 - 750 - 787 - 825 - 866 - 909 - 953

E96 ($\pm 1\%$) : 100 - 102 - 105 - 107 - 110 - 113 - 115
118 - 121 - 124 - 127 - 130 - 133 - 137 - 140
143 - 147 - 150 - 154 - 158 - 162 - 165 - 169
174 - 178 - 182 - 187 - 191 - 196 - 200 - 205
210 - 215 - 221 - 226 - 232 - 237 - 243 - 249
255 - 261 - 267 - 274 - 280 - 287 - 294 - 301
309 - 316 - 324 - 332 - 340 - 348 - 357 - 365
374 - 383 - 392 - 402 - 412 - 422 - 432 - 442
453 - 464 - 475 - 487 - 499 - 511 - 523 - 536
549 - 562 - 576 - 590 - 604 - 619 - 634 - 649
665 - 681 - 698 - 715 - 732 - 750 - 768 - 787
806 - 825 - 845 - 866 - 887 - 909 - 931 - 953 - 976

Groupement de résistance

Si nous connectons plusieurs résistances entre elles, on peut calculer la **résistance équivalente** à tout l'ensemble. Deux connections sont possibles : En **série** ou en **parallèle** (*figure 29*).

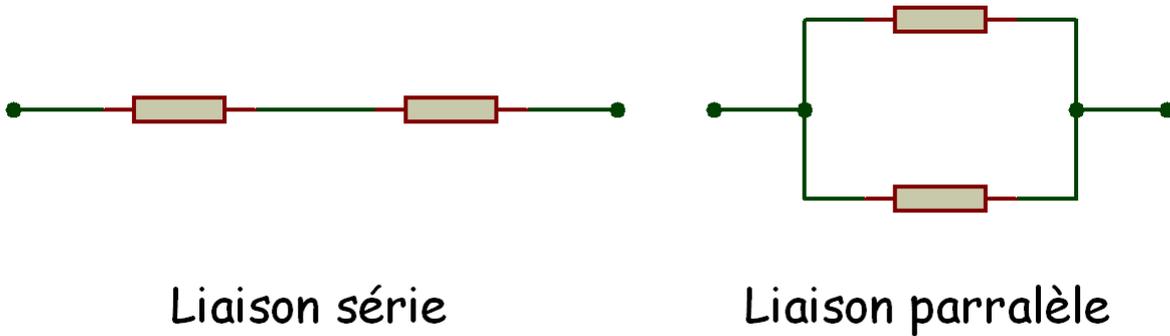


Figure 29

En série, les valeurs s'ajoutent :



Figure 30

$$R_{eq} = R1 + R2$$

$$R_{eq} = 1\ 500 + 10\ 000$$

$$R_{eq} = 11\ 500\ \Omega$$

En parallèle, on **additionne les inverses** des valeurs. Le cas sur la *figure 31* regroupe deux résistances de même valeur et présente deux méthodes.

1^{ère} méthode, on prend cette valeur et on la divise par le nombre de résistances.

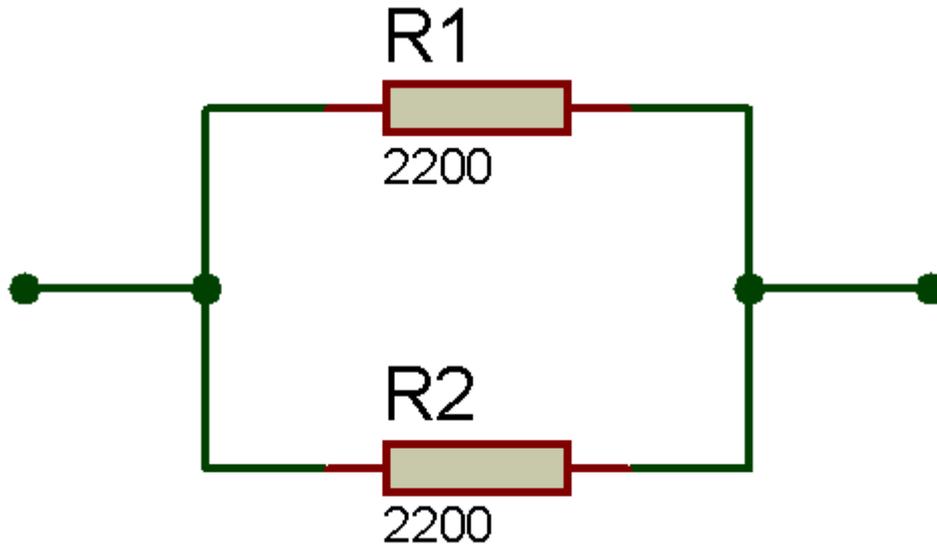


Figure 31

$$2\ 200 / 2 = 1\ 100\ \Omega$$

2^{ème} méthode, on additionne les inverses :

$$\frac{1}{2200} + \frac{1}{2200}$$

$$\frac{2}{2\ 200}$$

(Ici on inverse le numérateur et le dénominateur pour obtenir l'inverse)

$$\frac{2\ 200}{2}$$

$$1\ 100\ \Omega$$

Dans ce cas de figure (*figure 32*), les valeurs étant différentes nous ne pouvons pas appliquer la 1^{ère} méthode étudiée pour la *figure 20*. Nous devons appliquer seulement la deuxième méthode :

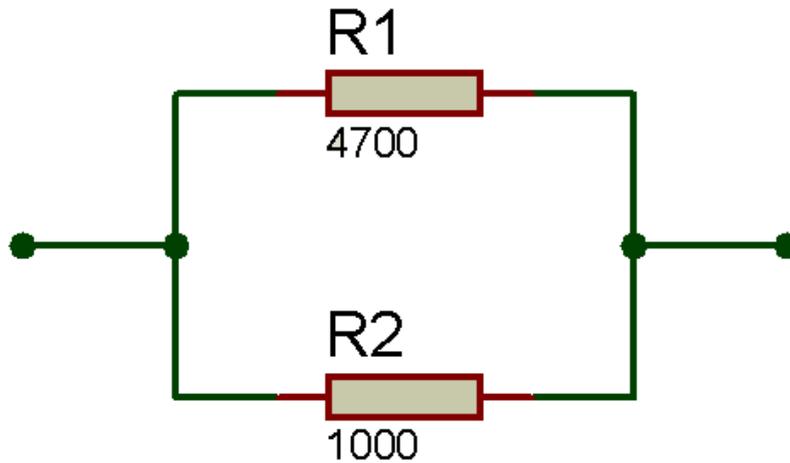


Figure 32

$$\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2}$$

$$\frac{1}{4700} + \frac{1}{1000}$$

(On met au même dénominateur)

$$\frac{1 \times 1000}{4700 \times 1000} + \frac{1 \times 4700}{1000 \times 4700}$$

$$\frac{5700}{4700000}$$

(On inverse le numérateur et le dénominateur)

$$\frac{4700000}{5700}$$

$$824,560 \Omega$$

Une autre méthode peut-être utilisée ici : C'est le quotient du produit sur la somme : (Cela fonctionne qu'avec deux résistances).

$$\frac{R1 \times R2}{R1 + R2}$$

$$\frac{4\,700 \times 1\,000}{4\,700 + 1\,000}$$

$$\frac{4\,700\,000}{5\,700}$$

$$824,560 \, \Omega$$