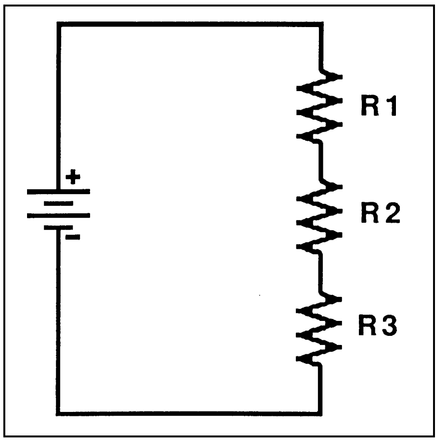
1. Combinaisons de composants

Dans ce paragraphe nous allons d'abord examiner ce qui se passe lorsqu'on combine plusieurs résistances en série et en parallèle, puis nous allons faire la même chose avec les condensateurs et puis encore avec les bobines. Mais d'abord qu'est ce qu'une combinaison série et qu'est ce qu'une combinaison parallèle ?

1.1. Circuits série et parallèle de résistances, de bobines, de condensateurs

On dit que des résistances sont mises **en série** si l'extrémité de l'une est connecté à la suivante. Le courant qui traverse R_1 est le même que celui qui traverse R_2 et est encore le même que celui qui traverse R_3 .



La figure ci-contre représente un montage en série de 3 résistances.

La somme des chutes de tension aux bornes des résistances doit être égale à la tension du générateur. Par conséquent la résistance équivalente du circuit est égale la somme des résistances

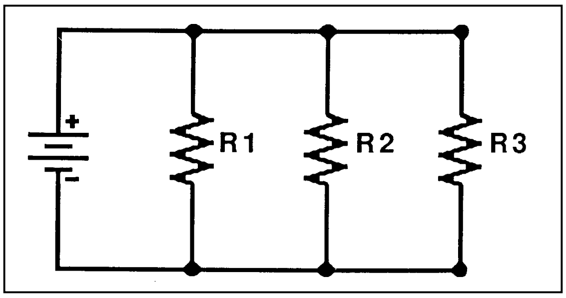
$$R_{éq} = R_1 + R_2 + R_3$$

La résistance équivalente est celle qui replace le groupement de 3 résistances et qui serait le siège du même courant

Vous remarquerez que dans un montage série, si une des résistances est ouverte (un lampe qui "claque" ou une résistance défectueuse) le courant ne passe plus du tout.

On dit que des résistances sont mises **en parallèle** ….. La même tension est ainsi appliquée à toutes les résistances.

La figure ci-contre représente un montage en parallèle de 3 résistances.



Le courant est égale à la somme des courants. Par conséquent la résistance équivalente du circuit est égale à

$$R_{éq} = \frac{1}{(1/R_1) + (1/R_2) + (1/R_3)}$$

De la même manière que l'on met des résistances en série ou en parallèle, on peut aussi mettre des condensateurs ou des bobines en série ou en parallèle. Mais nous allons d'abord voir plus en détails les combinaisons de résistances.

1.2. Combinaisons de résistances

En définissant les notions de groupements série et parallèle, nous avons déjà donné les deux formules fondamentales. Reste à voir les cas particuliers.

Résistances en série $$R_{éq} = R_1 + R_2 + R_3 + ... + R_n$$

Résistances en parallèle $$R_{éq} = \frac{1}{(1/R_1) + (1/R_2) + (1/R_3) + ... + (1/R_n)}$$

Cas particuliers :

- s'il n'y a que 2 résistances en parallèle $$R_{éq} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$
- s'il y a **n** résistances de même valeur en série $$R_{éq} = R \times n$$
- s'il y a **n** résistances de même valeur en parallèle $$R_{éq} = R / n$$

A coup sûr vous aurez une question sur le groupement de résistances et de condensateurs à l'examen de radioamateur il est donc important de faire des exercices :

On met 3 résistances en série, elles ont respectivement 100, 240 et 390 ohms. Quelle est la résistance équivalente ? $R_{éq}$ = 100 + 240 + 390 = 730 ohms

On met une résistance de 10 ohms en série avec une résistance de 100 kohms ? Quelle est la résistance équivalente ? $R_{éq}$ = 10 + 100.000 = 100.010 ohms.

<u>Conclusion</u> : si on met une toute petite résistance en série avec une plus grande résistance, l'influence de la toute petite résistance est négligeable …

Calculer la résistance équivalente à trois résistances en parallèle qui dont respectivement 100, 240 et 490 ohms ? $R_{éq}$ = 1 (1/100 + 1/240 + 1/390) = 1 / (10 10^{-3} + 4,166 10^{-3} + 2,546 10^{-3})- = (1 / 16,712 10^{-3}) = 59,8 ohms.

Calculer la résistance équivalente à la mise en parallèle d'un résistance de 12.000 ohms et d'une résistance de 25.000 ohms ? Nous pouvons appliquer la formule $R_{éq}$ = (R1 R2) / (R1 + R2) = 12.000 x 25.000) / (12.000 + 25.000) = 300 10^6 / 37 10^3 = 8,108 10^3 = 8.108 ohms

On met une résistance de 10 ohms en parallèle avec une résistance de 100 kohms. Quelle est la résistance équivalente ? $R_{éq}$ = (10 x 100000) / 10 + 100000) = 9,999 ohms

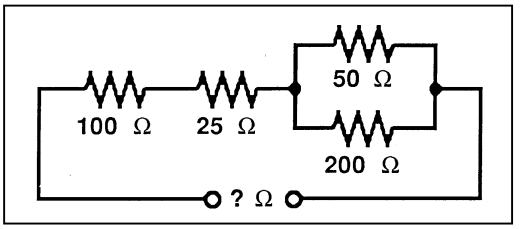
<u>Conclusion</u> : si on met une grande résistance en parallèle avec une petite, l'influence de la grande résistance est négligeable …

On met 5 résistances en série de 6,8 k ohms. Quelle est la résistance équivalente ? $R_{éq}$ = 5 x 6,8 k = 34 k ohms

On met 3 résistances de 150 ohms en parallèle. Quelle est la résistance équivalente ? $R_{éq}$ = 150 / 3 = 50 ohms

Passons maintenant à quelques circuits où on a une (ou des) combinaison(s) série/parallèle :

Soit la figure ci-contre. On commence par simplifier : les deux résistances en série peuvent être remplacée par une seule résistance de valeur R_1 = 100 + 25 = 125 Ω. Les deux résistances en parallèle peuvent être remplacée par une seule résistance R_2 = 50 x 200 / 50 + 200 = 10000/250 = 40 Ω . La résistance équivalente vaut donc R_{eq} = 125 + 40 = 165 Ω



Il est important de ne pas se laisser impressionner par la présentation. Un examinateur à " l'esprit un peu tordu " pourrait dessiner le schéma de la figure ci-contre. La première chose est de redessiner cela plus clairement.

Nous arrivons ainsi à la deuxième figure.

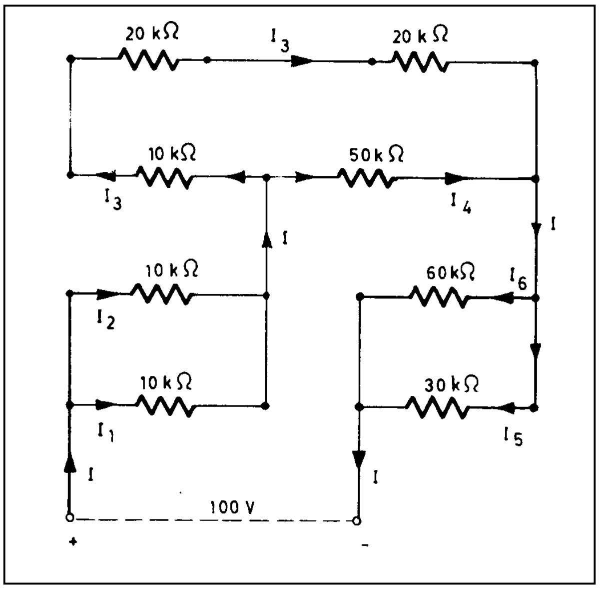
La résistance équivalente de R_A et R_B est R_{ab} = 5 kΩ

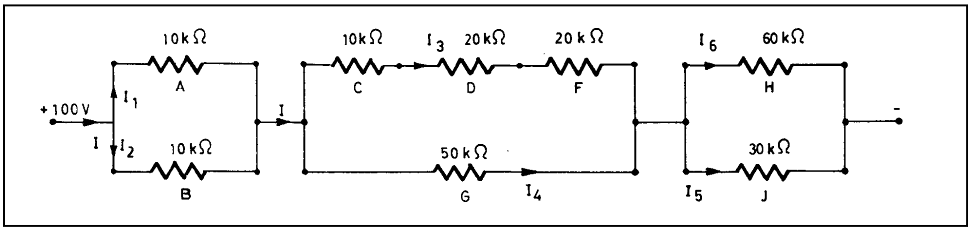
La résistance équivalente de R_C , R_D R_E est R_{cdf} = 50 kΩ

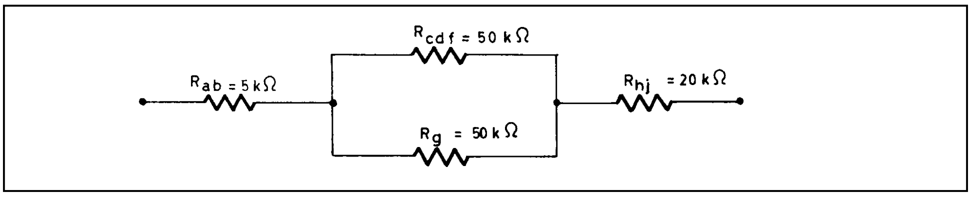
La résistance équivalente de R_{cdf} et de R_g = 25 kΩ

La résistance équivalente de R_H et R_J est R_{hj} = 20 kΩ

La résistance équivalente du tout est de 50 kΩ.

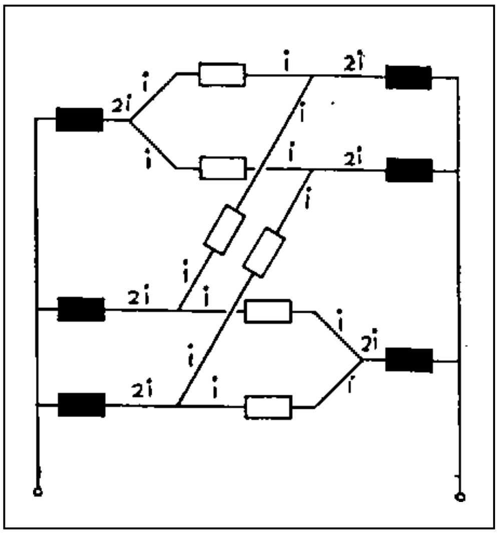






Par conséquent le courant total sera de 100 / 50kΩ = 2 mA. par conséquent $I_1 = I_2$ = 1 mA, de la même manière $I_3 = I_4$ = 1 mA et I_5 = 2 x 20 / 30 = 4 / 3 = 1,333 mA et I_6 = 2 x 20 / 60 = 0,666 mA

La figure ci-contre est la réponse au fameux problème du cube:



Imaginez un cube sur les arrêtes duquel on a placé des résistances toutes identiques, disons des résistances de 100 Ω.

Quelle est la résistance entre les deux sommets opposés du cube.

La première chose à faire est de dessiner les résistances dans un plan au lieu de le dessiner dans l'espace. Il apparaît alors que les courants se répartissent chaque fois en deux. Nous utiliserons donc un courant i comme courant unitaire et nous résoudrons ce problème en termes de courant.

Les résistances noires (celles reliées au sommet du cube dont nous calculons la R équivalente) sont traversée par 2 i. La chute de tension est donc de 2 i x 100 . Les résistances blanches sont traversée par un courant i.

Puisque les potentiels des sommets sont les mêmes on peut donc les relier ensemble. La solution devient alors immédiate : nous avons 100/3 + 100/6 + 100/3 = 500/6 = 83,33 Ω .

1.3. Combinaison de condensateurs

Condensateurs en série
$$C_{éq} = \frac{1}{(1/C_1) + (1/C_2) + (1/C_3) + ... + (1/C_n)}$$

Condensateurs en parallèle
$$C_{éq} = C_1 + C_2 + C_3 + ... + C_n$$

Cas particuliers :

- s'il n'y a que 2 condensateurs en série $$C_{éq} = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$$
- s'il y a **n** condensateurs de même valeur en parallèle $C_{éq} = C \times n$
- s'il y a **n** condensateurs de même valeur en série $C_{éq} = C / n$

1.4. Combinaisons de bobines

Pour les bobines il faut considérer deux cas ;

- si les bobines ne sont pas couplées magnétiquement, nous avons,

bobines en série
$$L_{éq} = L_1 + L_2 + L_3 + ... + L_n$$

bobines en parallèle :
$$L_{éq} = \frac{1}{(1/L_1) + (1/L_2) + (1/L_3) + ... + (1/L_n)}$$

- si les bobines sont couplées magnétiquement, il existe entre les deux bobines une inductance mutuelle qui vaut $L_m = k \sqrt{L_1 L_2}$ où k est un coefficient de couplage qui dépend de la disposition des bobines. Si les deux selfs sont bobinées ensemble sur le même noyau magnétique, alors k est voisin de 1. Lorsque les deux selfs sont à 90° le coefficient k est pratiquement nul.

bobines en série
$$L_{éq} = L_1 + L_2 \pm L_m$$

bobines en parallèle :
$$L_{éq} = \frac{1}{(1/L_1 \pm L_m) + (1/L_2 \pm L_m)}$$

suivant que les champs sont concordants ou discordant on utilise le signe + ou le signe –

1.5. Résumé

Ces relations sont tellement importantes, que nous les reprenons dans le tableau simplifié ci-dessous :

	série	parallèle
R	$R_{éq} = R_1 + R_2 + R_3 + ... + R_n$	$R_{éq} = \dfrac{1}{(1/R_1) + (1/R_2) + (1/R_3) + ... + (1/R_n)}$
C	$C_{éq} = \dfrac{1}{(1/C_1) + (1/C_2) + (1/C_3) + ... + (1/C_n)}$	$C_{éq} = C_1 + C_2 + C_3 + ... + C_n$
L	$L_{éq} = L_1 + L_2 + L_3 + ... + L_n$	$L_{éq} = \dfrac{1}{(1/L_1) + (1/L_2) + (1/L_3) + ... + (1/L_n)}$

Cas de 2 éléments :

	série	parallèle
R	$R_{éq} = R_1 + R_2$	$R_{éq} = \dfrac{R_1 + R_2}{R_1 \times R_2}$
C	$C_{éq} = \dfrac{C_1 + C_2}{C_1 \times C_2}$	$C_{éq} = C_1 + C_2$
L	$L_{éq} = L_1 + L_2$	$L_{éq} = \dfrac{L_1 + L_2}{L_1 \times L_2}$

Formules simplifiées si tous les éléments (résistances, condensateurs, selfs) sont identiques :

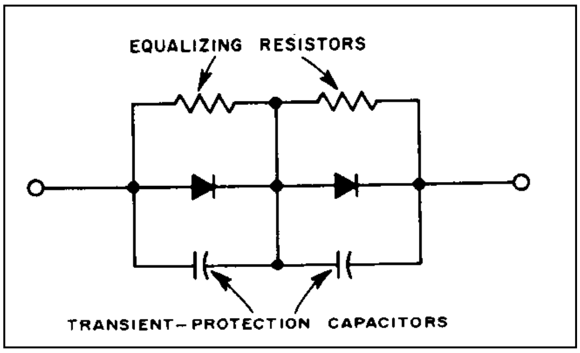
	série	parallèle
R	$R_{éq} = n \times R_1$	$R_{éq} = R_1 / n$
C	$C_{éq} = C_1 / n$	$C_{éq} = n \times C_1$
L	$L_{éq} = n \times L_1$	$L_{éq} = L_1 / n$
n = nombre d'éléments identiques mis en série ou en parallèle		

Notez bien …

- *la symétrie : la structure de la formule pour les résistances en série est la même que celle pour les condensateurs en parallèle ... et vice-versa*
- *la ressemblance avec les formules pour les résistances. Toutefois, ceci est valable s'il n'y a pas de couplage (magnétique) entre les bobines*

1.6. Mise en parallèle et en série de diodes

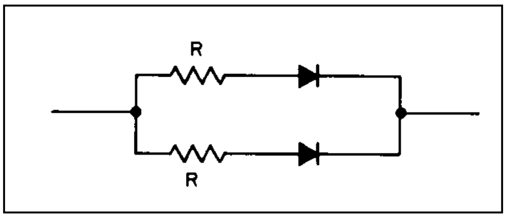
Supposons que nous construisions un amplificateur linéaire avec un tube et que nous ayons besoin de diodes ayant une tension inverse de 1000V. Supposons aussi que les diodes dont nous disposions aient une tension inverse de 700 V.



Dans ce cas on peut monter deux diodes en série, car la tension inverse va se répartir sur les deux diodes. On aura donc un ensemble qui résistera à 1400 V, ce qui est un peu plus que nécessaire pour cette application. Toutefois pour équilibrer les tensions inverses et pour éviter les pointes de tensions, on mettra sur chaque diode une **résistance d'égalisation** et un condensateur en parallèle.

- La **résistance d'égalisation** veille à l'équilibrage des tensions inverses. En effet même si les diodes sont du même type, qu'elles ont la même tension inverse, elles peuvent avoir des résistances inverses assez différentes lorsqu'elles sont bloquées. Comme règle empirique on prendra une résistance égale à 500 x la tension inverse d'une diode. Dans notre cas, on aura 500 V sur chaque diode, et on prendra une R de 500 x 500 soit 250 kΩ. et la puissance à dissiper sera de U^2/R soit 1 W. La valeur de la résistance n'est pas très critique on pourra donc aller de 200 à 300 kΩ, mais il faut absolument que ces résistances soient identiques. Une tolérance de 5% convient dans ce cas-ci.
- Le **condensateur** veille à "court-circuiter" les pointes de tensions. Un condensateur de 10 nF convient dans la plupart des cas.

On peut bien sûr généraliser ce cas, et si par exemple on a besoin d'une tension de 3 kV, il faudra au moins mettre 5 diodes qui résistent à 700 V en série, avec chaque fois une résistance d'égalisation et un condensateur



Les diodes peuvent aussi être placée en parallèle pour augmenter le courant direct. On placera toutefois une résistance en série pour équilibrer les courant. Une règle empirique consiste à avoir une chute de tension de 0,5 à 0,7 V dans les résistances d'équilibrage.

1.7. Que faut-il connaître pour l'examen HAREC ?

Le programme HAREC prévoit les points suivants :

- *Circuits en série et en parallèle de résistances, bobines, condensateurs, transformateurs et diodes*
- *Courant et tension dans ces circuits*
- *Impédance de ces circuits*