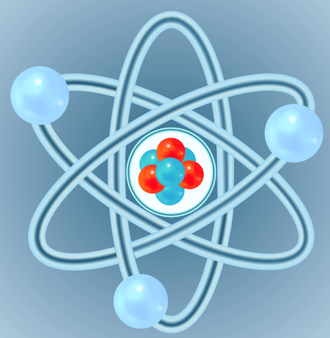

démarrer en électronique (3)

... est plus facile qu'on ne l'imagine !

Eric Bogers (Elektor Pays-Bas)

Dans l'épisode précédent, nous nous sommes familiarisés avec la loi d'Ohm et avons fait quelques calculs élémentaires. Maintenant, cela devient un peu plus compliqué - mais n'ayez crainte : nous n'avons pas besoin de mathématiques supérieures...

Tout d'abord, une petite mise au point. Nous mentionnions dans le précédent épisode le fait que le préfixe servait souvent de point décimal : 8,2 kΩ devient 8k2 ou 8kΩ2 et 5,6 nF devient 5n6 ou 5nF6. Idem pour le préfixe µ (le *mu* grec pour "micro" ou 10^{-6}) que beaucoup d'électroniciens remplacent par un u, car ils ne trouvent pas le signe µ sur leur clavier (ALT+0181) ou parce qu'ils le jugent malcommode : 4,7 µF = 4,7 uF = 4uF7 ou 4u7.

Résistances en série

Lorsque nous connectons deux résistances en série (**fig. 1**), que se passe-t-il ? Si nous voyons la résistance comme un composant qui s'oppose à la circulation du courant, nous pourrions raisonner comme suit : le courant est freiné dans une certaine mesure par R1, et la quantité réduite de courant qui passe par cette résistance est à nouveau freinée, dans une certaine mesure, par R2. Intuitivement, lorsque l'on connecte des résistances en série, la résistance totale semble augmenter. C'est peut-être bancal, mais ce n'est pas faux.

Voyons maintenant ce qui se passe exactement. La loi d'Ohm nous dit que la tension U aux bornes de la connexion en série de R1 et R2 (que nous appelons *R) est* égale à

$U = R\ I$

Les résistances n'ont rien de mystérieux. Il ne s'y perd rien. Ainsi, l'intensité du courant I dans le circuit en série est-elle égale à celle du courant sortant du circuit en série. L'intensité du courant est donc la même dans les deux résistances, il y circule le même courant. Aux bornes de chacune des résistances, il se perd une certaine tension (une chute de tension régie par la loi d'Ohm). Et comme les résistances sont passives, aucune tension ne s'ajoute en route. De sorte que la somme des deux tensions partielles $U1$ et $U2$ est égale à la tension totale U. Nous pouvons écrire :

$U1 = \mathrm{R1}\ I$

$U2 = \mathrm{R2}\ I$

Et comme $U1 + U2 = U$:

$U = (\mathrm{R1}\ I) + (\mathrm{R2}\ I) = (\mathrm{R1} + \mathrm{R2})\ I$

Et il s'ensuit que la résistance totale R *est* égale à la somme des résistances R1 et R2. Vous l'aviez deviné, maintenant vous pouvez en être sûr. Prenez donc la peine de vérifier ce qui précède au moyen d'un exemple numérique, p. ex. une tension de batterie de 15 V, R1 = 10 Ω et R2 = 20 Ω.

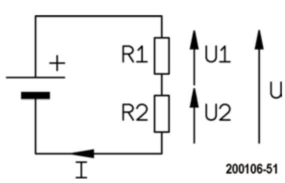

Figure 1. Deux résistances en série.

Résistances en parallèle

Si au lieu de connecter les résistances en série nous les mettions en parallèle ("côte à côte") comme sur la **fig. 2**). Faisons d'abord comme s'il n'y avait pas R2 ; un certain courant circule à travers R1. Ajoutons R2 ; un certain courant circule à travers elle aussi. Le courant total augmente ; et comme la tension aux bornes des résistances est restée la même, cela implique que la résistance totale de R1 et R2 en parallèle est devenue plus petite !

Deux choses sont claires sur la fig. 2 : sur chacune des résistances R1 et R2 règne la même tension U. Le courant total I est par conséquent la somme des courants à travers les deux résistances. Puisque ce sont des composants passifs, donc aucun courant ne disparaît ni ne s'ajoute en route.

Si on appelle R la résistance totale du circuit parallèle, on en est toujours à :

$U = R\ I$

Appliquons à présent la loi d'Ohm aux résistances individuellement :

$U = \mathrm{R1}\ I1 \qquad I1 = U / \mathrm{R1}$

$U = \mathrm{R2}\ I2 \qquad I2 = U / \mathrm{R2}$

Avec $I1 + I2 = I$, on écrit

$I = (U / \mathrm{R1}) + (U / \mathrm{R2}) = U / R$

et de cela :

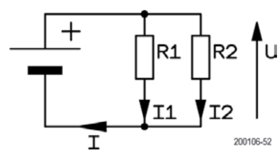

Figure 2. Deux résistances en parallèle.

$1 / R = (1 / R1) + (1 / R2)$

Que l'on peut réécrire ainsi :

$R = 1 / [(1 / R1) + (1 / R2)]$

Ici aussi, nous vous invitons le lecteur attentif à vérifier ces calculs avec des valeurs de tension et de résistance réelles.

Circuit mixte

En pratique, nous n'avons pas seulement des circuits "purs", soit en série, soit en parallèle, mais aussi à des "circuits mixtes" (fig. 3). On y voit une connexion en série d'une seule résistance (R1) avec une connexion en parallèle de deux résistances (R2||R3). (Note : cette dernière configuration est symbolisée par deux barres parallèles ||).

Prenons un exemple numérique :
R1 = 10 Ω, R2 = 20 Ω et R3 = 30 Ω. Il serait possible d'écrire une seule relation pour la résistance totale, mais une telle approche est susceptible d'entraîner des erreurs et des fautes de calcul. Il est préférable de calculer la résistance totale en deux étapes : d'abord le circuit parallèle, puis le circuit en série. Pour le circuit parallèle de R2 et R3, on écrit :

$1 / R_{\text{parallèle}} = (1 / R2) + (1 / R3)$

Saisissons les valeurs de résistance de l'exemple :

$1 / R_{\text{parallèle}} = (1 / 20\ \Omega) + (1 / 30\ \Omega) = (3 / 60\ \Omega) + (2 / 60\ \Omega) = 5 / 60\ \Omega$

Et inversons : $R_{\text{parallèle}} = 60\ \Omega / 5 = 12\ \Omega$
Cette résistance est connectée en série avec R1. La résistance totale *R de* ce circuit mixte est $R = 10\ \Omega + 12\ \Omega = 22\ \Omega$.

Quelques remarques

Vous pouvez maintenant vérifier tout ça par vous-même. Les règles empiriques suivantes s'appliquent pour les estimations au jugé :

- Avec les résistances connectées en série, la résistance totale est toujours supérieure à la plus grande des résistances en série ;
- avec des résistances connectées en parallèle, la résistance totale est toujours inférieure à la plus petite des résistances connectées en parallèle.

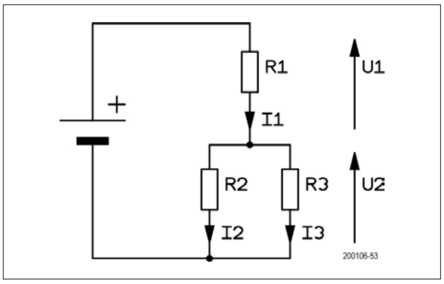

Figure 3. Circuit mixte simple.

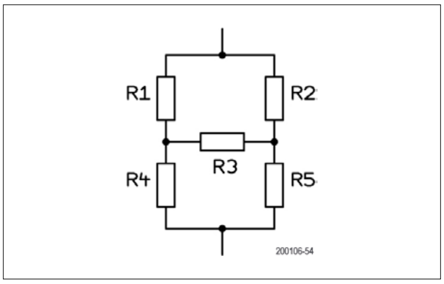

Figure 4. Le circuit en H, redouté dans les examens.

Par exemple, si nous avons une connexion en série d'une très grande et d'une très petite résistance (disons 100 kΩ et 10 Ω), dans la pratique quotidienne de l'électronique, nous ne cherchons même pas à calculer cela exactement, mais disons simplement que la résistance totale est égale à la plus grande résistance, donc 100 kΩ. Et avec une connexion en parallèle des mêmes résistances, nous nous épargnons aussi la peine du calcul et disons que la résistance totale est égale à la plus petite résistance, donc 10 Ω. La divergence de cette estimation par rapport aux valeurs réelles est négligeable.
Et une autre remarque avant de conclure : nous nous sommes limités ci-dessus à la connexion en série et en parallèle de deux résistances, mais tout ce que nous avons raisonné et calculé vaut aussi pour la connexion en série et en parallèle de plus de deux résistances :

- connexion en série de *n* résistances :
  $R_{\text{série}} = R1 + R2 + \ldots + Rn$
- connexion parallèle de *n* résistances :
  $1 / R_{\text{parallèle}} =$
  $(1 / R1) + (1 / R2) + \ldots (1 / Rn)$

Retour à la figure 2. Nous avons constaté que la somme des courants *I1* et *I2 est* égale au courant total *I*. Cela semble aller de soi, mais en physique (dont l'électronique est une manifestation) il faut des preuves irréfutables. C'est le physicien Gustav Kirchhoff qui a établi en 1845 la loi qui porte son nom et stipule que la somme des courants dans un nœud est égale à la somme des courants provenant de ce même nœud.

Le circuit H – un avant-goût

Les connaissances acquises nous permettent de calculer aisément des circuits mixtes simples comme ceux de la fig. 3, mais regardez la **fig. 4 :** un circuit mixte, en H, d'un genre plus délicat. Pas moyen de le décomposer par traiter séparément des circuits en série ou en parallèle. Comment allons-nous nous y prendre ? Voilà de quoi meubler vos insomnies en attendant le prochain épisode. Où il sera question d'étoiles et de triangles et de transformation. Et puis nous aborderons les courants et les tensions alternatifs.

200106-03