

FORMULAIRE DE L'ELECTRONIQUE

Ce mois-ci, le *Haut-Parleur* commence la publication d'un formulaire. Beaucoup plus qu'un recueil de formules, ce formulaire de l'électronique contiendra de nombreuses applications numériques, afin d'aider l'électronicien à concevoir ses montages.

Souvent, les formules données dans les livres techniques sont présentées d'une façon trop théorique, sans indication des unités à employer et sans exemple pratique d'application, ce qui n'est d'aucune aide pour celui qui pratique l'électronique.

En fait, ce dont a besoin l'électronicien, ce sont des formules pratiques lui permettant d'obtenir un chiffre sur lequel il pourra se baser pour la mise au point de ses circuits.

Les formules présentées commenceront par celles relatives aux principes de base de la physique et de l'électricité (courant continu et courant alternatif) : lois d'Ohm et de Joule, puissance, théorèmes de Thévenin et de Norton...

Ensuite, nous passerons aux formules se rap-

portant aux sujets suivants :

- Composants passifs (résistance, condensateur et self-induction) et circuits auxquels ils sont associés : atténuateurs, filtres, intégrateurs, dérivateurs...

- Transistors et circuits intégrés.

- Antenne et lignes de transmission.

Puis nous passerons aux formules nécessaires pour le calcul des montages proprement dits.

- Alimentation.

- Amplificateurs (transistor, amplificateur opérationnel, tube) : aussi bien ceux utilisés en Hi-Fi qu'en télécommunication.

- Oscillateurs et relaxateurs.

- Circuits d'optoélectronique, avec en bref rappel des formules d'optique.

Nous terminerons avec la logique combinatoire et séquentielle.

Les formules seront données avec les unités officielles (SI/MKSA) mais, le cas échéant, nous n'hésiterons pas à indiquer la correspondance avec les unités employées couramment bien qu'étant périmées.

J.-B. P.

Electricité E₁

COURANT ET TENSION CONTINUE

COURANT : Le courant électrique est un flux de charges électriques (électrons libres) se déplaçant dans un conducteur.

$$I = \frac{Q}{t}$$

I = intensité en ampères (A)

Q = charge, ou quantité d'électricité, en coulombs (C)

t = temps en secondes (s)

Remarques :

- La formule ci-dessus est souvent présentée sous la forme :

$$Q = I t$$

(Un courant de 1 ampère déplace en 1 seconde une charge de 1 coulomb.)

- La charge d'un électron est :

$$q = 1,602 \times 10^{-19} \text{ coulombs}$$

- On utilise souvent la notion de densité de courant (symbole J) exprimé en ampère par millimètre carré (la densité de courant dans les conducteurs d'installations domestiques est de l'ordre de 5 A/mm²).

- Le courant électrique est souvent exprimé par un sous-multiple : le milliampère (mA) et le microampère (μ A).

$$\begin{aligned} 1 \text{ milliampère} &= 10^{-3} \text{ A} \\ 1 \text{ microampère} &= 10^{-6} \text{ A} \\ 1 \text{ A} &= 10^3 \text{ mA} = 10^6 \mu\text{A} \end{aligned}$$

TENSION : La tension est la force qui, appliquée à un circuit électrique, y fait circuler un courant pour y développer une puissance.

$$U = \frac{P}{I}$$

U = tension en volts (V)

P = puissance en watts (W)

I = courant en ampères (A)

De cette formule, on tire les formes suivantes :

$$I = \frac{P}{U} \text{ et } P = UI$$

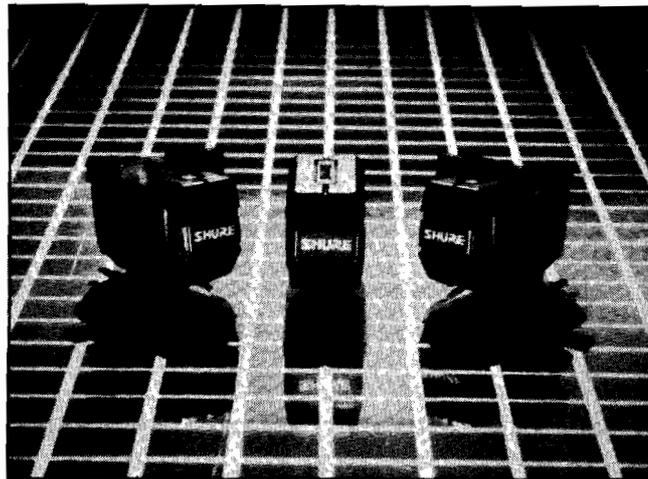
BLOC NOTES

CELLULES RADIOACTIVES

Les exigences des cellules phonocaptrices destinées à la radio ou aux discothèques sont bien connues : reproduction sonore haute fidélité et robustesse permettant de résister au « back-cuing ». Pour ses nouvelles séries BC (Broadcast) et DC (Disco), Shure n'a eu qu'à s'inspirer de la célèbre V-15 VMR pour satisfaire à la première exigence. En ce qui concerne le repérage en marche arrière, Shure a utilisé un système interne de protection qui stabilise la tige porte-pointe et l'empêche de se tordre ou de s'écraser. En plus, le tube porte-pointe ultra-rigide garantit la

stabilité et la longévité en usage intensif. Les mouvements latéraux sont limités par un étrier enveloppant qui prévient tout dommage accidentel de la pointe en cas de chute ou de dérapage du bras sur le disque.

L'étrier porte-pointe des cellules DC est fluorescent. Le diamant des cellules BC a subi le traitement de surface Masar qui évite l'usure du disque. Chacune des deux séries se compose de trois modèles, conique ou elliptique, montage traditionnel ou T4P. Tous les modèles sont livrés avec deux diamants de rechange.



Distributeur : (Cineco, 72, avenue des Champs-Élysées, 75008 Paris. Tél. : (1) 43.59.61.59.

Remarques :

- On utilise souvent la notion de champ électrique (symbole E), exprimé en volts par mètre (emploi : gradient de potentiel entre électrodes). Le champ est une grandeur vectorielle.
- La tension est souvent exprimée par ses multiples et sous-multiples : le kilovolt (kV), le millivolt (mV) et le microvolt (μ V).

1 kilovolt = 10^3 V
 1 millivolt = 10^{-3} V
 1 microvolt = 10^{-6} V
 1 V = 10^{-3} kV = 10^3 mV = 10^6 μ V

Applications numériques :

1° Dans le cas où un ampère passe dans un conducteur pendant une seconde, le nombre d'électrons N traversant une section donnée du conducteur est de :

$$N = \frac{Q}{q} = \frac{1}{1,620 \times 10^{-19}} = 6,242 \times 10^{18}$$

2° Un circuit qui consomme 100 W est traversé par 250 mA. Quelle est la tension appliquée ?

250 mA = 0,25 A
 La tension appliquée est :

$$U = \frac{P}{I} = \frac{100}{0,25} = 400 \text{ V}$$

3° Quelle est la puissance consommée par un circuit connecté aux bornes du 220 V et dont le courant est de 2 A ?

$$P = 220 \times 2 = 440 \text{ W}$$

4° Quel est le courant qui traverse une ampoule de 80 W branchée sur le secteur 220 V ?

$$I = \frac{80}{220} = 0,363 \text{ A}$$

NOTES

Electricité E₃

LOIS DE KIRCHHOFF

PREMIERE LOI (Loi des mailles) : La somme des chutes de tension dans un circuit électrique fermé est égale à la somme des tensions appliquées au circuit.

$$\Sigma U = \Sigma RI$$

(Cette loi est également appelée « loi des tensions ».)

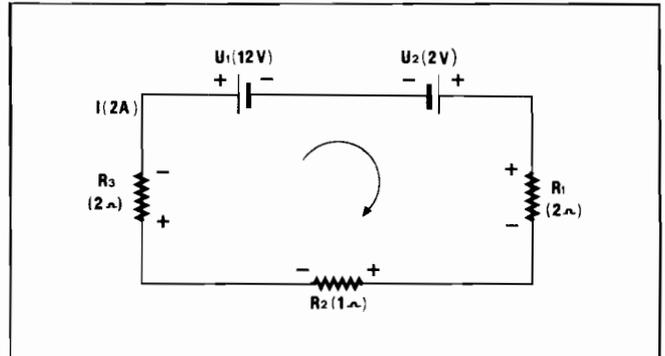
Exemple : sur le schéma ci-contre représentant une maille, on choisit un sens de parcours indiqué par la flèche. Le terme est négatif si la flèche rencontre un « moins ».

$$\Sigma U = U_1 - U_2 = 12 - 2 = 10 \text{ V}$$

$$\Sigma RI = R_1 I + R_2 I + R_3 I = 4 + 2 + 4 = 10 \text{ V}$$

ce qui peut s'écrire également :

$$\Sigma U - \Sigma RI = 10 - 10 = 0$$



NOTES _____

Electricité E₄

LOIS DE KIRCHHOFF (suite)

a) Loi des mailles

Le sens des courants est choisi arbitrairement. On indique la polarité des chutes de tension aux bornes des résistances. On choisit un sens de parcours pour les mailles 1 et 2. En partant du point A, on a donc :

- maille 1 :

$$25 (I_1 + I_2) - 50 + 45 I_1 = 0$$

- maille 2 :

$$- 25 I_2 - 15 - 25 (I_1 + I_2) = 0$$

On obtient le système d'équations à deux inconnues

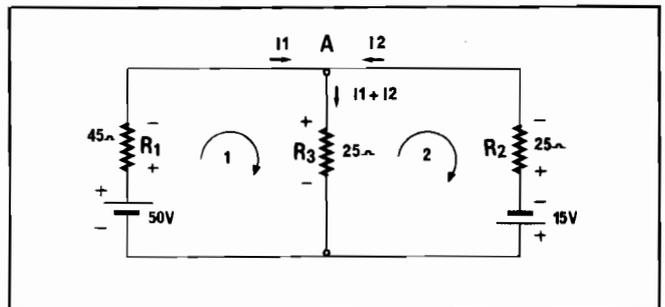
$$70 I_1 + 25 I_2 = 50$$

$$- 25 I_1 - 50 I_2 = 15$$

d'où l'on tire : $I_1 = 1 \text{ A}$ et $I_2 = - 0,8 \text{ A}$.

Le courant I_3 dans R_3 a pour valeur :

$$I_1 + I_2 = 1 - 0,8 = 0,2 \text{ A}.$$



Le signe négatif de I_2 nous indique que le sens choisi arbitrairement est opposé au sens réel (I_2 s'éloigne du point A).

NOTES _____

FORMULAIRE D'ELECTRONIQUE

DEUXIEME LOI (Loi des nœuds) : La somme des intensités de courants qui se dirigent vers un nœud est égale à la somme des intensités qui s'en éloignent.
 En d'autres termes : **La somme algébrique des intensités de courants dans un nœud est nulle.**

$$\sum I = 0$$

(Cette loi est également appelée « loi des courants ».)

Exemple : au point A du schéma ci-contre, on a :
 $I = I_1 + I_2$ ($6 \text{ A} = 4 \text{ A} + 2 \text{ A}$),
 ce qui peut également s'écrire :
 $I - I_1 - I_2 = 0$ ($6 \text{ A} - 4 \text{ A} - 2 \text{ A} = 0$).

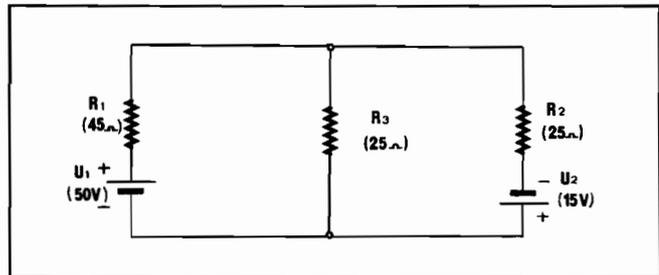
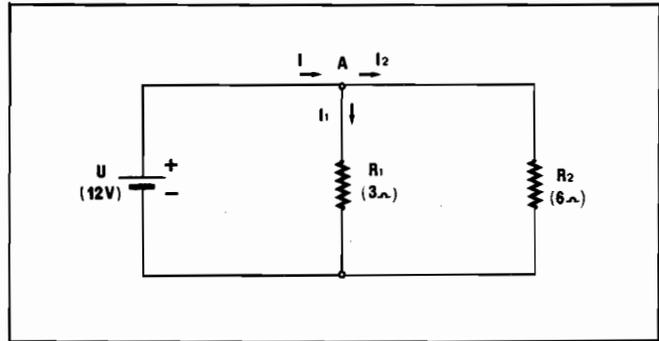
Remarques :

- La loi des mailles est utilisée pour le calcul des courants.
- La loi des nœuds est utilisée pour le calcul des tensions (voir l'application numérique).
- Les lois de Kirchhoff sont applicables en alternatif.

$$\sum U = \sum Z I$$

Application numérique :

Nous désirons connaître le courant dans R_3 ainsi que la tension à ses bornes (schéma ci-contre).
 (Suite sur fiche E4).



b) Loi des nœuds

On suppose le point A positif par rapport à B (schéma ci-contre). La tension V_A est donc positive, et les trois courants s'éloignent de ce point A. Ils ont pour valeur :

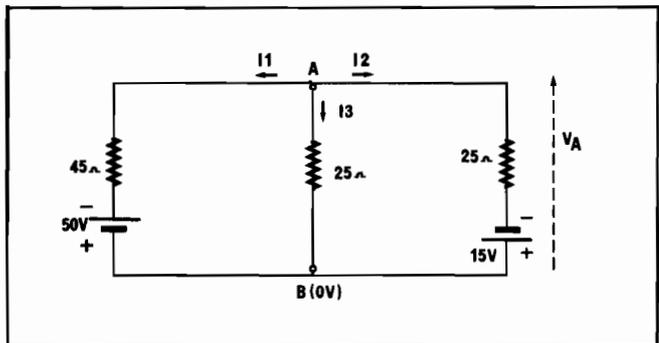
$$I_1 = \frac{V_A - 50}{45}$$

$$I_2 = \frac{V_A + 15}{25} \quad \text{et} \quad I_3 = \frac{V_A}{25}$$

La somme de ces courants est nulle :

$$\frac{V_A - 50}{45} + \frac{V_A + 15}{25} + \frac{V_A}{25} = 0$$

d'où l'on tire la valeur de V_A (+ 5 V).



La tension recherchée aux bornes de R_3 est donc de 5 V. Le courant dans R_3 obtenu par la loi des nœuds est de :

$$\frac{V_A}{25} \quad \text{soit} \quad \frac{5}{25} = 0,2 \text{ A}$$

NOTES _____

Physique

FORCE TRAVAIL ET PUISSANCE

FORCE : Toute cause pouvant modifier le mouvement ou le repos d'un corps.

$$|F| = m |\gamma|$$

F et γ sont des grandeurs vectorielles

F = force en newtons (N)

m = masse en kilogrammes (kg)

γ = accélération en mètres par seconde (m/s^2).

Remarques :

- On utilise couramment le kilogramme-force (kgf) :

$$1 \text{ kgf} \approx 9,8 \text{ N}$$

- L'unité de force a longtemps été le dyne :

$$1 \text{ dyne} = 10^{-5} \text{ N}$$

TRAVAIL : Force en déplacement.

$$W = F \cdot \ell$$

F et ℓ vectoriels

W scalaire

W = travail en joules (J)

F = force en newtons (N)

ℓ = longueur en mètres (m).

Remarques :

- En physique, les termes travail et énergie sont souvent employés pour exprimer la même chose. Un corps possède de l'énergie quand il est capable de fournir un travail.

- Pour exprimer un travail, on utilise couramment le watt-heure (Wh) et le kilowatt-heure (kWh).

$$1 \text{ Wh} = 3\,600 \text{ J}$$

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$$

- L'unité de travail a longtemps été l'erg :
(1 erg = 1 dyne \times 1 cm)

PUISSANCE : Travail fait dans l'unité de temps.

$$P = W/t$$

P = puissance en watts (W)

W = travail en joules (J)

t = temps en secondes (s).

Remarque :

La puissance s'exprime également en cheval-vapeur (ch).

$$1 \text{ ch} = 736 \text{ W}$$

Electricité E2

LOI D'OHM ET LOI DE JOULE

LOI D'OHM : Le courant traversant une résistance est égal à la tension appliquée divisée par la valeur de la résistance.

$$I = \frac{U}{R}$$

I = courant dans le circuit en ampères (A)

U = tension appliquée aux bornes de la résistance en volts (V)

R = valeur de la résistance en ohms (Ω)

De cette formule on tire les formes suivantes :

$$U = RI \quad \text{et} \quad R = \frac{U}{I}$$

Remarques :

- Dans les circuits électroniques, lorsqu'on utilise des résistances dont la valeur est en kiloohms, on exprime le courant en milliampères et la tension en volts.

- La loi d'Ohm est également valable en alternatif, à condition de remplacer la résistance R par l'impédance Z du circuit. On considère alors soit la valeur efficace, soit la valeur maximale de la tension et du courant.

$$I_{\text{eff}} = \frac{U_{\text{eff}}}{Z} \quad \text{et} \quad I_{\text{max}} = \frac{U_{\text{max}}}{Z}$$

LOI DE JOULE : La puissance consommée dans un circuit électrique, par suite de sa résistance, se transforme en chaleur. Cette puissance est égale à la résistance multipliée par le carré de l'intensité du courant qui y circule.

$$P = R I^2$$

P = puissance en watts (W)

R = résistance en ohms (Ω)

I = courant en ampères (A)

La quantité de chaleur est donnée par la formule ci-dessous :

$$W = R I^2 t$$

W = quantité de chaleur en joules (J)

t = temps en secondes (s)

Remarques :

- Cette quantité de chaleur peut être exprimée en watts/heure (Wh) ou kilowatts/heure (kWh).

$$1 \text{ Wh} = 3\,600 \text{ J}$$

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$$

- L'unité pratique de chaleur est la calorie (cal), longtemps appelée « petite calorie ».

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$$

(Une « grande calorie » était égale à 1 000 « petites calories ».)

FORMULAIRE D'ELECTRONIQUE

RENDEMENT : Rapport entre l'énergie utilisable après transformation et l'énergie fournie.

$$\eta = \frac{\text{énergie utilisable}}{\text{énergie fournie}} \times 100$$

η = rendement exprimé en tant pour cent.

Remarques :

- On considère que le rendement est également le rapport de la puissance utile sur la puissance fournie.
- La puissance utile est égale à la puissance fournie moins les pertes (celles-ci apparaissent sous forme de chaleur).

Applications numériques

1° Pour déplacer une masse sur une distance de 3 mètres, une force de 800 newtons est nécessaire. Quel est le travail effectué ?

Nous avons : $T = 800 \times 3 = 2\,400$ joules.

2° Une masse de 300 kg est déplacée sur une hauteur de 12 mètres. Quel est le travail effectué ?

La force en newtons est : $300 \times 9,8 = 2\,940$ N.

Le travail est de $2\,940 \times 12 = 35\,280$ J.

Si nous voulons exprimer ce travail en watt-heure, nous obtenons :

$$\frac{35\,280}{3\,600} \text{ soit } 9,8 \text{ Wh}$$

3° En supposant que le travail ci-dessus a été réalisé en 20 secondes, quelle a été la puissance dépensée ?

Cette puissance a pour valeur :

$$\frac{35\,280}{20} = 1\,764 \text{ W ou } 1,764 \text{ kW}$$

4° Un moteur nécessite 400 W pour fournir une puissance de 300 W. Quel est le rendement ? Quelle est la puissance perdue ? Réponse :

$$\eta = \frac{300}{400} \times 100, \text{ soit } 75 \%$$

La puissance perdue est de $400 - 300$, soit 100 W.

5° Une voiture étant à l'arrêt met 13 secondes pour atteindre 100 km/h. Quelle est son accélération (supposée constante) ? Sa vitesse finale est de 100 km/h soit 100 000 m/h ou 27,77 m/s (100 000/3 600).

Son accélération est de : $\frac{27,77}{13}$ soit 2,13 m/s².

Applications numériques :

1° Si $U = 4,5$ V, $R = 100 \Omega$, le courant I est égal à 0,045 A, soit 45 mA.

2° Une résistance de $2 \text{ M}\Omega$ est placée aux bornes d'une source continue de 500 V. Quelle est la valeur du courant circulant dans cette résistance ?

$$I = \frac{U}{R} = \frac{500}{2 \times 10^6} = 250 \times 10^{-6} \text{ A soit } 250 \mu\text{A}$$

3° Une résistance de charge d'un transistor est de $5 \text{ k}\Omega$. Quelle est la chute de tension aux bornes de cette résistance, sachant que le courant I_c est de 2 mA ?

$$U = RI = 5 \times 2 = 10 \text{ V}$$

4° Une tension de 50 V est appliquée à une résistance. Le courant traversant celle-ci est de 4 A. Quelle est la valeur de la résistance ? Donner également la puissance consommée et la quantité de chaleur dégagée pendant une heure.

La résistance est de $50/4$, soit $12,5 \Omega$.

La puissance électrique consommée est de :

$P = 12,5 \times (4)^2 = 200$ W. En une heure, la quantité de chaleur est de 200 Wh ou 720 000 J. Le nombre de calories est de :

$$\frac{720\,000}{4,18} = 172\,249 \text{ cal.}$$

