

# PRATIQUE DE LA MESURE

**L'**ELECTRONIQUE vous attire ! Vous vous êtes déjà frotté à la réalisation de quelques montages simples qui ont correctement fonctionné ! Tout allait bien et vous vous imaginiez déjà, devenu expert en la matière, maîtrisant les systèmes les plus complexes ! Mais voici que la naissance du « petit dernier » s'annonce très mal ! Ça ne marche pas du tout ! Que se passe-t-il ? Et vous voilà ressemblant à un enfant gâté ayant brisé son jouet et criant à l'injustice du sort !

Ne vous lamentez pas, cela ne sert à rien. Dites-vous plutôt que, cette fois vous allez vraiment faire de l'électronique, alors que les autres fois, vous n'aviez fait que du câblage !

Cette fois, il vous faudra faire quelques MESURES ! De ces mesures, vous pourrez tirer un certain nombre de conclusions et, de ces conclusions, définir un diagnostic du défaut. Il vous restera alors à agir en conséquence pour obtenir le fonctionnement qui faisait défaut.

Voilà un processus bien simple à définir et à comprendre. Cependant son application pratique est moins évidente. Il faut en premier lieu savoir mesurer, en supposant que l'on dispose évidemment de moyens de mesure. Les mesures faites doivent ensuite être interprétées. Or, notre déjà longue expérience des montages électroniques et... de leurs réalisateurs nous autorise à penser que ce n'est pas toujours le cas !

C'est donc à l'intention des lecteurs qui ne se sentent pas encore bien à l'aise dans l'emploi des appareils de mesure qu'ils possèdent que nous allons entamer cette série d'articles en souhaitant fort modestement que ces lignes les aideront dans leurs travaux. Nous aimerions aussi inciter les nombreux bricoleurs de l'électronique (avec cette fois une certaine nuance péjorative dans le terme !) à un peu plus de réflexion dans leur travail, car combien de réalisations ne fonctionnent pas, pour de petits détails qu'il est très facile de découvrir par quelques mesures élémentaires. Mesures que les auteurs ne font pas, préférant chercher une aide extérieure pour sortir de la difficulté. Hélas, le profit personnel est alors nul et chaque montage entrepris trouve toujours le même bricoleur, toujours aussi désarmé devant une difficulté éventuelle.

Avant d'entrer dans le vif du sujet, nous voudrions nous expliquer sur la manière de présenter cette série d'articles. Plusieurs

possibilités s'offraient à nous :

— Une étude en fonction d'un type de mesure. Ainsi la mesure des ten-

sions pouvait être étudiée sous tous ses aspects et selon l'appareil de mesure utilisé : mesure avec un simple contrôleur, mesure avec un multimètre numérique, mesure avec un oscilloscope... Nous avons rejeté cette manière de faire en pensant que cela pouvait décourager les lecteurs peu outillés et qui ne disposent que d'un contrôleur.

— Une étude en fonction du type d'appareil de mesure. Ainsi nous démarrerons la série avec l'appareil le plus simple et le plus répandu : le contrôleur à aiguille, en essayant de tirer le maximum de cet appareil de base de l'électronicien, aussi bien débutant que chevronné.

Bien sûr, le type de présentation précédent que nous avons retenu nous amènera à revenir plusieurs fois sur une même sorte de mesure. Par exemple, la mesure de la tension sera étudiée à plusieurs reprises, compte tenu de l'appareil utilisé. Le choix que nous avons fait ne vous conviendra peut-être pas... mais il fallait bien choisir ! Nous restons cependant ouvert à vos remarques et propositions. Nous serions également très heureux de recevoir vos suggestions sur les sujets que vous désiriez voir traiter dans cette série d'articles.

Nous serons tout particulièrement attentif aux demandes des lecteurs débutants qui ont, sur l'électronique, un œil tout neuf ! Ces demandes nous

seront très utiles car le vieil habitué du fer à souder que nous sommes ne se rend sans doute plus très bien compte des « difficultés ». C'est bien sûr toute la question, car il ne s'agit pas de sous-entendre tel ou tel problème parce qu'il semble évident à l'auteur de ces lignes alors qu'il ne l'est pas du tout pour de nombreux lecteurs moins expérimentés.

Nous pourrions d'ailleurs très facilement instaurer un système simple de collaboration, en construisant une partie de ces articles sur les questions posées. Ce serait une sorte de Courrier des Lecteurs réservé uniquement aux problèmes de la mesure. Il faudrait simplement pour cela, chers amis lecteurs, que vous ayez le courage de prendre plume et papier pour nous envoyer, noir sur blanc, les questions ou sujets qui vous intéressent ou vous préoccupent.

Mais nous n'en sommes pas encore là et nous allons donc commencer la série par quelques considérations théoriques indispensables ! En effet, il est bien beau de mesurer, mais encore faut-il interpréter ce que l'on mesure. Savoir si le résultat obtenu est normal ou s'il traduit une anomalie, un défaut. Or, dans un montage décrit, l'auteur n'indique généralement que les valeurs essentielles à obtenir aux points importants de la réalisation. Beaucoup d'autres valeurs ne sont pas indiquées et

restent donc dans l'ombre, simplement parce qu'elles sont déductibles par un calcul simple. Encore faut-il être capable d'extrapoler ainsi telle valeur de telle autre. Ne citons que pour mémoire ces mauvaises descriptions ou rien n'est indiqué du tout et où le malheureux réalisateur doit tout découvrir lui-même si des ennuis surviennent !

Il serait donc vain de croire qu'il est possible de maîtriser la mesure sans posséder des connaissances théoriques suffisantes. Certains lecteurs ont sans doute poursuivi des études les amenant à étudier les lois fondamentales de l'électricité. Cependant, hélas (c'est le professeur qui parle !), beaucoup considèrent ce qui est scolaire comme rébarbatif et s'empressent d'oublier ce qu'ils ont appris. Tout le monde a par ailleurs la mémoire courte et, si l'on ne pratique pas régulièrement une question, les notions essentielles ne tardent pas, de toute façon, à s'estomper. D'autres lecteurs ont au contraire été poursuivis par leurs études et se sont enfuis avant qu'elles ne les rattrapent ! Ils ont alors échappé à la Loi d'Ohm et à d'autres tortures intellectuelles du même genre ! Pourtant il peut arriver que les uns et les autres, mystérieusement atteints par le virus de l'électronique, soient amenés à reconsidérer la question, en admettant que tout ce que l'enseignement apporte n'est pas systématiquement inutile !

Partant du principe qu'il n'est jamais trop tard pour bien faire, nous allons essayer d'exposer ci-dessous l'essentiel, le strict nécessaire, de manière aussi claire et aussi simple que nous le pourrons ! Et même si vous estimez que ces ré-

visions (ou visions) théoriques ne vous concernent pas, lisez-les tout de même, ne serait-ce que pour donner votre avis sur la question, comme suggéré ci-dessus !

### Un peu de théorie

Pour commencer, voyons le sens profond de ces notions un peu abstraites que sont la **tension**, la **résistance** et l'**intensité** !

Pour expliquer cela, il faut aller au cœur de la matière. Celle-ci est constituée d'atomes électriquement neutres car possédant un nombre toujours égal de charges négatives (les électrons) et de charges positives (les protons). Les protons font partie du noyau central et sont intouchables. La charge positive est donc parfaitement constante pour un atome donné. Les électrons gravitent autour du noyau en plusieurs couches, faisant ressembler l'atome à un système solaire en miniature. Les électrons sont donc plus accessibles, du moins ceux qui se trouvent sur les couches les plus externes. On peut ainsi électriser la matière par frottement, en arrachant un

certain nombre d'électrons périphériques. Du coup il s'ensuit un déséquilibre électrique : la matière ayant perdu quelques électrons devient « positive » tandis que celle qui les a captés devient « négative ». Ces phénomènes d'électricité statique n'existent que dans les isolants. Les conducteurs ont, pour ce qui les concerne, la particularité de posséder, sur la couche d'électrons la plus externe, des électrons dits **libres** car non attachés fermement à leur noyau et qui vont et viennent d'atomes en atomes au gré de leur fantaisie. Le mouvement de ces électrons libres est permanent. Il est aussi général et parfaitement désordonné tout en étant globalement homogène, la densité de la matière en électrons restant constante en tous ses points sur le plan statistique (voir figure 1). C'est la situation qui existe dans un conducteur au repos. Dans les isolants, tous les électrons sont fermement attachés à leur noyau et le phénomène d'électrons libres n'existe pas. Et c'est bien pourquoi ils ne pourront jamais être le siège d'un courant électrique !

Le **générateur** est en

principe un conducteur ordinaire, mais il y existe cependant une **force électromotrice** (FEM ou E) d'origine chimique ou magnétique ou... solaire, qui oblige une quantité plus ou moins grande d'électrons libres à émigrer vers l'une des extrémités du conducteur. Cette extrémité présente alors une richesse anormale en électrons : c'est le pôle négatif. L'autre extrémité manque au contraire d'électrons libres et se trouve ainsi pôle positif.

Le déséquilibre entre les charges des deux extrémités, vu de l'extérieur est mesuré en **volts (V)** avec un appareil appelé **voltmètre**.

Les électrons poussés vers le pôle négatif ne demandent qu'à en sortir pour échapper à la pression qu'ils subissent. Pour cela, il leur faut une voie... sans fin. En effet, ce n'est pas en prolongeant le pôle que les électrons seront libérés, ils ne feraient que se cogner sur une autre porte fermée. Il faut donc obligatoirement un chemin, un circuit reliant le pôle négatif au pôle positif, à l'extérieur du générateur (voir fig. 2). Ainsi les électrons poussés traversent le conducteur

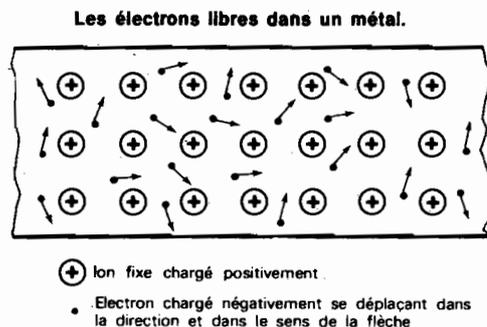


Fig. 1.

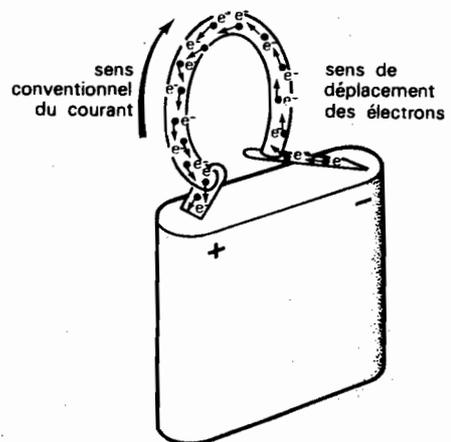


Fig. 2.

extérieur et reviennent vers le pôle positif qui les aspire avec volupté. Hélas, sitôt retombés dans le générateur, les électrons sont repris par la satanique FEM et leur cycle infernal recommence. Le générateur peut ainsi être considéré comme une simple « pompe à électrons libres ».

N'oublions pas, cependant, que les électrons libres ne voyagent pas dans le vide mais bien dans la matière même, passant d'atomes en atomes. La matière ainsi torturée résiste et tente de s'opposer à cette migration continue. On dit que le circuit électrique « résiste ». Il possède une **résistance** électrique. Cette grandeur est mesurée en **ohms** ( $\Omega$ ). Nous y reviendrons.

De l'antagonisme entre la FEM du générateur qui tend à faire circuler les électrons et la résistance du circuit qui tend à freiner ce mouvement, il s'ensuit un certain résultat, c'est-à-dire qu'il s'établit un certain débit d'électrons. Ce débit est appelé **intensité** du courant électrique. Il correspond au sens profond au nombre d'électrons libres passant en un point du circuit, par unité de temps, soit par seconde. Ce nombre étant généralement énorme, il est fait appel à une unité plus manipulable et proportionnellement équivalente. C'est l'**ampère** (correspondant à... 6,25 trillions d'électrons par seconde), de symbole A. La mesure se fait avec un **ampèremètre**.

La loi d'Ohm généralisée relie mathématiquement les trois grandeurs définies ci-dessus :

La résistance R étant dans cette relation la résistance **totale** du circuit, celle du générateur y compris. (Le générateur n'étant qu'un conducteur parmi d'autres !) Cette résistance totale est, de manière parfaitement logique et compréhensible, la **somme** des résistances partielles des différents tronçons du circuit simple de la figure 3. On a ainsi :

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \dots$$

Si nous reportons cette valeur de R dans la relation précédente, nous obtenons :

$$E = (R_1 + R_2 + R_3 + R_4) \times I$$

et, partant du principe que, pour multiplier une somme par un nombre, on multiplie chaque terme par ce nombre :

$$E = R_1 I + R_2 I + R_3 I + R_4 I$$

relation dans laquelle chaque produit partiel  $R_n I$  est une grandeur en volts puisque produit d'une résistance par une intensité. Ces différents produits sont des **tensions** ou différences de **potentiels**, existant entre les extrémités de chaque tronçon. Ces tensions partielles se mesurent également avec un voltmètre.

Si l'on pose  $R_n I = U_n$ , on a :

$$E = U_1 + U_2 + U_3 + U_4$$

(voir fig. 4).

Notons que la tension entre les points A et B est en même temps la somme des tensions  $U_2, U_3, U_4$ , et la tension apparaissant aux bornes du générateur  $U_G$ . Or, la relation vue dernièrement donne, par une transposition simple :

$$U_G = U_2 + U_3 + U_4 = E - U_1$$

d'où le résultat important qui suit : en charge, la ten-

sion aux bornes d'un générateur est toujours inférieure de  $U_1$  à la FEM. Mais  $U_1 = R_1 I$  et  $R_1$  n'est autre que la résistance interne du générateur. On aboutit à la relation :

$$U_G = E - R_1 I$$

La **loi d'Ohm simple** n'est que l'expression de chacune des relations  $U_n = R_n I$ . Elle est donc en général :

thématique étant exacte si les unités sont bien les unités fondamentales définies plus haut : le volt, l'ohm et l'ampère !

La loi d'Ohm est une loi capitale en électricité. Elle éclaire le fonctionnement de la plupart des systèmes utilisant le courant continu. Il est donc essentiel de bien assimiler les considérations théoriques ci-dessus.

$U$	$=$	$R$	$\times$	$I$
tension entre deux points		résistance entre ces points		intensité passant d'un point à l'autre

c'est-à-dire que la tension qui apparaît entre les extrémités d'un conducteur est égale au produit de la résistance de ce conducteur par l'intensité qui le traverse. La relation ma-

### Lois des intensités

#### 1. Circuit à voie unique

C'est le circuit simple de la figure 4. On comprend

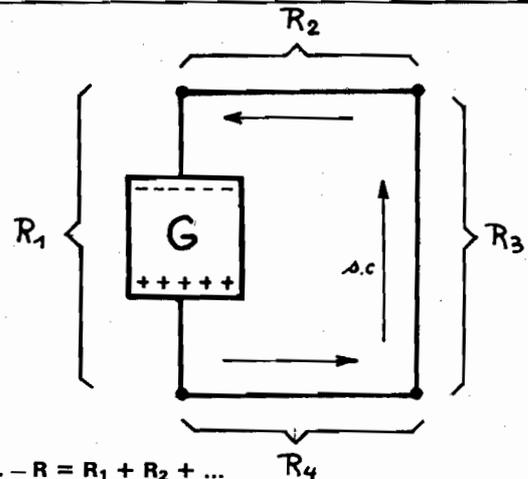


Fig. 3. —  $R = R_1 + R_2 + \dots$

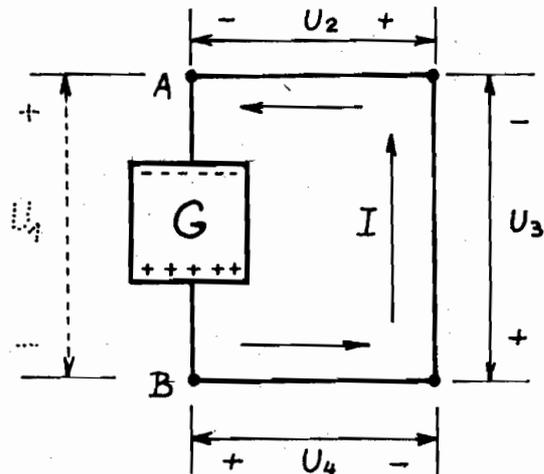


Fig. 4. — Tensions partielles.

$E =$	$R$	$\times$	$I$
FEM du générateur	résistance du circuit		intensité du courant

facilement que tout électron qui sort du pôle négatif ne peut s'échapper du circuit et finira par retomber dans le pôle positif. Le nombre d'électrons qui passent en un point du circuit est donc le même qu'en tout autre point de ce circuit. **L'intensité est la même en tous les points d'un circuit simple.** C'est la première loi des intensités.

**2. Circuit à dérivations**

C'est le cas du circuit de la figure 5. Plusieurs chemins s'offrent aux électrons. Les uns choisissent celui-ci, les autres celui-là ! Mais à la sortie commune, tous vont se retrouver... d'où :

**Dans un circuit à dérivations, l'intensité principale est égale à la somme des intensités dérivées.**  
 $I = i_1 + i_2 + i_3$  (voir fig. 5).

**Lois des résistances**  
(voir fig. 6)

**1. Des résistances en série s'ajoutent**

$R_T = R_1 + R_2 + R_3$

Nous l'avons déjà dit, plus haut.

**2. Résistances en dérivation ou en parallèle**

C'est un peu plus compliqué, car cette fois ce sont les inverses des résis-

tances qui s'ajoutent pour donner l'inverse de la résistance équivalente.

$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

Le calcul est facile avec une calculatrice.

— Si votre calculatrice a la fonction « Inverse » soit  $1/x$ , alors c'est très simple :

- Entrer  $R_1$ , faire  $1/x$ .
- Faire +
- Entrer  $R_2$ , faire  $1/x$
- Faire +
- Entrer  $R_3$ , faire  $1/x$
- Faire =
- Faire  $1/x$ ,

ce qui donne le résultat  $R_e$ .

— Si votre calculatrice est du genre minimum à 4 opérations et si elle possède cependant une fonction mémoire, le calcul est encore possible :

- Faire  $1, \cdot, R_1, =, M+$
  - Faire  $1, \cdot, R_2, =, M+$
  - Faire  $1, \cdot, R_3, =, M+$
  - Faire  $1, \cdot, MR, =$
- et vous obtenez  $R_e$ .

Les manipulations sont plus nombreuses mais le résultat est le même. Essayez avec

$R_1 = 150 \Omega, R_2 = 200 \Omega, R_3 = 250 \Omega.$

Vous devez obtenir :  
 $R_e = 63,829 \Omega.$

**Puissance**

Nous avons signalé que le circuit électrique résiste au passage du courant

d'électrons. Cette résistance se traduit par un frottement, donc par de la chaleur dégagée. Dans un circuit simplement résistif, la puissance dissipée correspond à la quantité de chaleur dégagée par seconde. L'unité de puissance est le watt (W).

La puissance est proportionnelle à la résistance, c'est bien normal, mais elle varie avec le carré de l'intensité. On a donc la relation :

$P = R I^2$

Le watt est ainsi la puissance développée dans un conducteur de  $1 \Omega$ , traversé par un courant de 1 A.

La loi d'Ohm permet de transformer cette formule, car  $I^2 = I \times I$ , donc :

$P = R \times I \times I$   
 ou  $P = R I \times I$   
 ou  $P = U I$

où l'on constate que la puissance est le produit de la tension par l'intensité.

Les deux formules de puissance sont utiles pour calculer la « taille » que l'on doit choisir pour telle ou telle résistance d'un circuit électronique. Ainsi, si une résistance de  $1\ 000 \Omega$  est soumise à une tension de 10 V, alors  $I = U/R$  soit  $10/1\ 000$ , ou 0,01 A. Alors  $P = U I = 10 \times 0,01 = 0,1$  W. Une banale résistance du type 1/4 W convient très largement !

**Sens du courant**

**1. Sens des électrons**

Nous l'avons vu, les électrons sortent du pôle négatif pour aller vers le pôle positif, à l'extérieur du générateur.

**2. Sens conventionnel du courant (voir fig. 2)**

Les premiers savants ayant défini les phénomènes électriques comme un déplacement de charges positives, alors qu'en fait ce sont des électrons négatifs qui se déplacent, ont obtenu un sens contraire de celui des électrons. Toutefois, de nombreuses lois, sur le magnétisme en particulier, ayant été établies avec ce sens erroné, il fut décidé plus tard de ne rien changer, tout en sachant fort bien que les électrons se déplaçaient réellement dans le sens opposé du sens conservé. Ce sens du courant est appelé pour cela **sens conventionnel**.

En définitive, quand on parle du sens du courant électrique, il s'agit toujours du sens conventionnel qui va donc du pôle positif au pôle négatif, à l'extérieur du générateur.

Tout ce que nous avons dit dans les pages précédentes concerne le courant continu, c'est-à-dire le courant qui circule toujours dans le même sens, pour

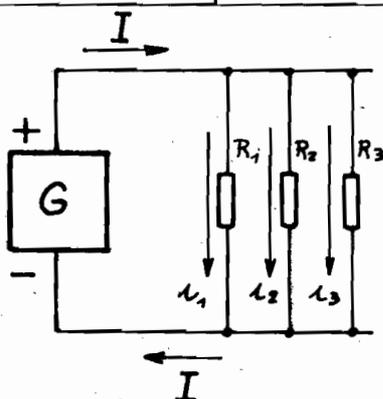


Fig. 5. — Intensités dérivées.

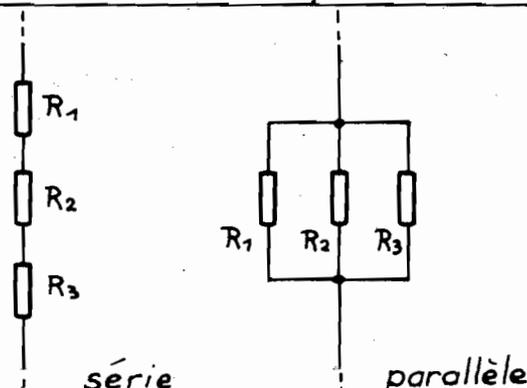


Fig. 6. — Groupement de résistances.

une disposition donnée du générateur. C'est le courant que fournissent, piles, accumulateurs, cellules solaires, alimentations stabilisées des montages électroniques... Nous parlerons plus tard des courants à sens variable, dits alternatifs, au moment de leur mesure.

Nous en resterons là aujourd'hui, nous promettant de passer le mois prochain à des considérations bien plus pratiques avec l'emploi du contrôleur universel ! Mais pour voir si vous avez été bon élève et pour tester

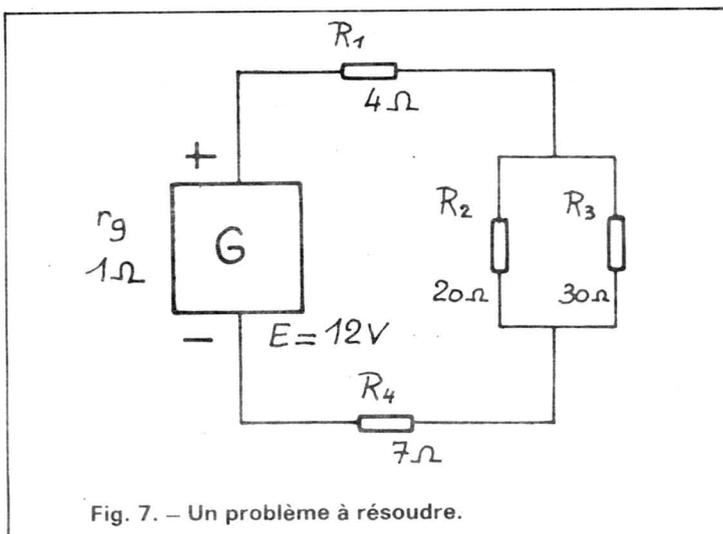


Fig. 7. — Un problème à résoudre.

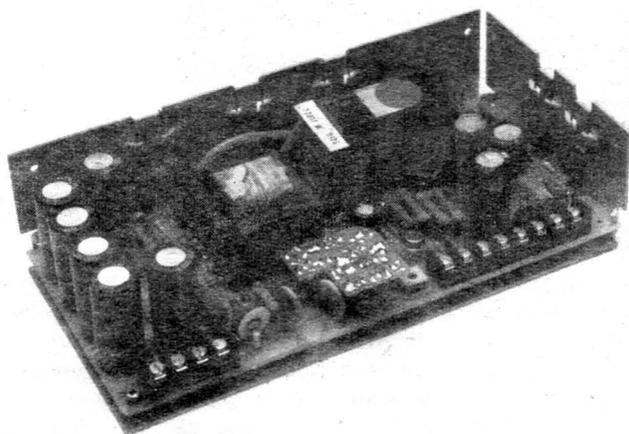
vos connaissances toutes fraîches, nous vous proposons de résoudre le problème posé par la figure 7. Il s'agit d'un générateur de FEM 12 V et de résistance interne 1  $\Omega$ , débitant dans un réseau de résistances.

Y calculer l'intensité principale du courant, puis les tensions aux bornes du générateur et des diverses résistances, enfin les intensités dans  $R_2$  et  $R_3$ , ainsi que les puissances dissipées par chaque résistance. (Solution dans le prochain numéro !)

F. THOBOIS

## Bloc-notes

### Les alimentations stabilisées Gould Instruments



Avec l'adjonction d'une nouvelle usine de 3 000 m<sup>2</sup> qui a doublé la surface de ses installations à Ballainvilliers, la société Gould Instruments SAF augmente ses services de commercialisation et d'après-vente en reprenant la ligne des Alimentations distribuée auparavant par la société MB Electronique.

Les gammes proposées sont les suivantes :

— Alimentations à découpage secteur : de 25 W à 500 W de puissance, mono ou multi-sources en châssis ouvert ou en boîtier.

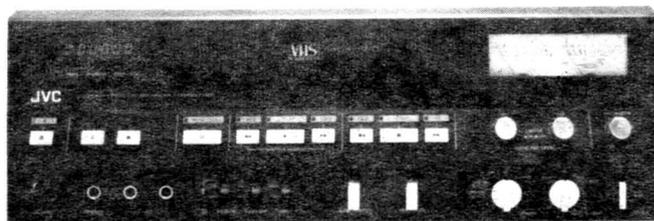
— Alimentations à régulation série de 20 W à 70 W de puissance.

— Une série modulaire Hiflex jusqu'à 750 W qui permet d'adapter les sorties aux besoins des clients.

Ces alimentations sont de conception et de fabrication européenne, l'usine étant située à Bishops Stortford, Grande-Bretagne.

Gould Instruments SAF compte augmenter sa pénétration sur le marché des alimentations avec des produits de grande qualité qui portent le label Gould.

### Le lecteur enregistreur VHS PRO JVC BR 6400 TR



Ce magnétoscope VHS est né pour répondre aux problèmes de diffusion et de duplication dans des conditions de qualité et de fiabilité accrues. Il s'agit d'un lecteur PAL, SECAM, NTSC 4,43 MHz et enregistreur PAL et SECAM.

Chargement frontal motorisé. Commande logique par microprocesseur. Recherche accélérée avant et arrière à 10 fois la vitesse. Lecture dans les deux directions depuis l'arrêt sur image jusqu'à 5 fois la vitesse. Synchronisation in-

terne ou externe du cabestan. Deux canaux audio indépendants. Compteur électronique de bande ou compteur en temps réel. Assemblage automatique. Commande électronique de tension de bande. Vu-mètre de tracking.

JVC commercialise également un modèle professionnel BP 5300 TR qui assure seulement la lecture.

Pour tout renseignement : JVC Vidéo, 6, av. du 18-Juin-1940, 92550 Rueil-Malmaison.