Pratique de la mesure

RAPPELS SUR LES UNITÉS

IL nous semble utile, avant de commencer à parler de mesures, de rappeler que chacune de ces mesures se fait avec une certaine unité qu'il faut connaître. Il est également nécessaire de connaître les multiples et sous-multiples usuels de l'unité de base.

Le principe général de la répartition des multiples et sous-multiples est celui du système métrique de base, c'est-à-dire que d'un multiple à l'autre il y a un rapport de 10 en 10. Ainsi si nous considérons l'unité de tension qui est le VOLT, on a théoriquement les multiples suivants : décavolt (daV), hectovolt (hV), kilovolt (kV)... Pour les sous-multiples : décivolt (dV), centivolt (cV), millivolt (mV)...

Pourtant, pour des raisons de simplicité et aussi parce que les fourchettes de variation des grandeurs électriques sont très grandes, on a éliminé la plupart de ces unités dérivées, pour ne garder que celles qui vont de 1 000 en 1 000. Ainsi pour le volt, on ne conservera que le kilovolt (kV) le millivolt (mV). Par contre, il sera nécessaire de descendre nettement plus bas dans les échelons des sous-multiples et l'on verra ainsi apparaître le microvolt (μV) 1 000 fois plus petit que le millivolt.

Si ces quatre unités suffisent à mesurer la plupart des tensions usuelles (kV, V, mV, μV), certaines autres grandeurs exigent un éventail bien plus large. Rappelons donc les préfixes des unités dérivées de l'unité principale, allant toujours de 1 000 en 1 000 et classées de la plus grande à la plus petite. « Giga » (G), « Méga » (M), « Kilo » (k), unité principale, « Milli » (m) « Micro » (μ), « Nano » (n), « Pico » (p).

L'abréviation symbolique est entre parenthèses. Il faut respecter le type de lettre majuscule ou minuscule, sous peine de confusions possibles. On remarquera à ce sujet que certains fabricants de composants font parfois de regrettables erreurs d'écriture de ces symboles d'unités, ce qui est proprement scandaleux, venant de gens qui se prétendent professionnels !

La conversion d'un sous-multiple de faible rang, dans l'unité principale pose de rudes problèmes d'écriture si l'on se sert de la notation décimale classique. Ainsi, le millivolt vaut 0,001 V. Ce n'est pas très compliqué. Le microvolt vaut 0,000 001 V, ce qui devient déjà plus gênant ! Le picofarad vaut 0,000 000 000 001 F ce qui est illisible sans compter les zéros ! Pour résoudre plus facilement ces questions de lecture et également de calcul, on utilise la notation en puissances de 10. Nous allons nous permettre de vous rappeler de quoi il s'agit :

Envisageons la suite des nombres 10, 100, 1 000, 10 000, 100 000, 1 000 000... On peut remarquer que 10 = 10, que 100 = 10 × 10, que 100 000 = 10 × 10 × 10 × 10 × 10. Il est alors beaucoup plus facile d'écrire 10 = 10^1, 100 = 10^2, 1 000 = 10^3..., 1 000 000 = 10^6... (l'exposant indiquant le nombre de facteurs « 10 »).

On peut alors remarquer que 0,1 = 1/10 et décider d'écrire 0,1 = 10^{-1} (le « – » pouvant être interprété comme la barre de fraction de « 1/10 »). En généralisant cette manière de faire, on aura alors :
0,01 = 1/100
= 1/10 × 10 = $1/10^2$,
ce qui s'écrira 10^{-2},
0,001 s'écrira 10^{-3},
0,0001 s'écrira 10^{-4},
0,000 001 s'écrira 10^{-6}.
C'est tout de même plus simple.

Avec cette convention les conversions s'écrivent très facilement puisque, par exemple, 25 μA, soit 25 × 0,000 001 A, se notent 25 × 10^{-6} A ou 25.10^{-6} A. Le point remplaçant le signe de multiplication.

Sur un plan très pratique, on pourra remarquer que, dans les puissances positives de 10 (ex. : 10^6 = 1 000 000), l'exposant indique le nombre de zéros à placer à la droite du 1 (ou à la droite du multiplicateur initial : ex. : 42.10^4 vaut 420 000, avec quatre zéros à droite de 42).

Pour ce qui concerne les puissances négatives de 10, l'exposant indique le nombre total de chiffres après la virgule, y compris le 1. Exemple : 10^{-9} = 0,000 000 001 soit huit zéros et un 1. Si nous considérons 347.10^{-6}, il y aura six chiffres après la virgule, y compris les 3, 4 et 7 soit 0,000 347.

Mais l'écriture en puissances de 10, si elle facilite l'écriture, facilite encore plus les calculs. En effet, moyennant la connaissance des deux formules de base du calcul sur les puissances, nous allons pouvoir jongler avec nos puissances de 10. Rappelons donc que, par exemple :

100 × 10 000 = 1 000 000

donc

$$10^2 \times 10^4 = 10^6$$

(or 2 + 4 = 6)

d'où :

$$10^n \times 10^m = 10^{n+m}$$

Cette formule est parfaitement applicable aux puissances négatives :

100 000 × 0,01
= 1 000

$$10^5 \times 10^{-2} = 10^3$$

(or, 5 + (–2) ou 5 – 2 = 3).

Ainsi si vous voulez calculer la tension aux bornes d'une résistance de 1,2 MΩ, traversée par un courant de 15 μA, vous trouverez en utilisant la loi d'Ohm, valable avec les unités de base seulement (V, Ω, A) :

$U = RI$
$= 1{,}2.10^6 \times 15.10^{-6}$
$= (1{,}2 \times 15) \cdot (10^6 \times 10^{-6})$
$= 18.10^{6-6}$
$= 18.10^0 = 18$ V

(Il faut savoir en effet que $10^0 = 1$, cela veut dire en effet qu'il faut écrire 1, avec à sa droite « zéro 0 ».)

Nous venons de voir comment il faut procéder pour multiplier les puissances de 10. Leur division est également très simple.

100 000 : 1 000 = 100
$10^5 : 10^3 = 10^2$
(or, 2 = 5 – 3)

d'où :

$10^m : 10^n = 10^{m-n}$

Cette formule étant valable, quels que soient les exposants, positifs ou négatifs. Exemple :

$10^{-9} : 10^{-6} = 10^{-9-(-6)}$
$= 10^{-9+6} = 10^{-3} = 0{,}001$.

Soit à calculer par exemple la résistance d'un conducteur qui, avec 250 mV aux bornes, laisse passer un courant de 80 µA. On a R = U/I soit :

$R = 250.10^{-3} : 80.10^{-6}$
$= (250 : 80) \cdot 10^{-3-(-6)}$
$= 3{,}125 \cdot 10^{-3+6}$
$= 3{,}125 \cdot 10^3$
$= 3{,}125 \times 1\,000$
$= 3\,125\ \Omega$.

Bien sûr, ces petits calculs ont une « odeur d'école » et certains lecteurs ont peut-être une allergie spontanée à ce qui leur rappelle leur scolarité. Mais il faudrait qu'ils réussissent à vaincre cette répugnance, car se priver, quand on veut faire un peu d'électronique, de ce genre de possibilité de calcul risque d'être fort gênant, à partir du moment où l'on désire dépasser le niveau moyen du monteur de kit ! Nous ne citerons qu'un seul exemple typique : celui de l'application de la fameuse formule de Thomson, permettant de trouver la fréquence de résonance d'un circuit LC, quand on connaît les valeurs de L et de C. Valeurs qui sont toujours dans des unités diaboliques telles le « picofarad » et le « microhenry ». Or, pour trouver la fréquence en hertz, il faut travailler en farads et en henrys ! Tout cela agrémenté de racines carrées ! Et c'est pourtant une formule que le moindre bricoleur de circuits HF doit bien utiliser un jour ou l'autre !

Nous vous recommandons donc de faire quelques exercices d'entraînement pour travailler avec plus d'aisance, dans les calculs du type de ceux des exemples donnés. Nous vous proposons de refaire, par exemple, le problème résolu au début de ces lignes avec les données suivantes :

E = 250 mV,
R_1 = 0,8 MΩ,
R_2 = 200 kΩ,
R_3 = 300 000 Ω,
R_4 = 0,33 MΩ,
R_G négligeable.

Mêmes questions. On exprimera les puissances en nanowatts (nW). (Solution dans le prochain numéro.)

Signalons enfin que les notations à base de puissances de 10 sont largement utilisées dans les calculatrices dites « scientifiques », calculatrice qu'un amateur d'électronique se doit de posséder. Ces calculatrices sont très intéressantes puisque nous allons pouvoir y entrer directement les nombres traduits dans la notation : $a.10^p$. Par exemple, le nombre 15.10^{-6} utilisé dans l'un des calculs précédents est introduit dans la machine en deux parties : le « 15 » d'abord est frappé normalement, puis en appuyant sur une touche « exposant » on pourra entrer le « 6 », enfin le « – ». Tous les éléments d'un calcul pouvant être introduits sous cette forme, la machine jongle avec les premières parties (dénommées « mantisses ») et les autres, pour livrer un résultat, le plus souvent aussi avec ces deux parties. Vous lirez par exemple : 3,564 – 6, ce qui veut dire $3{,}564.10^{-6}$ et vaut 0,000 003 564 (six chiffres après la virgule y compris le 3, les autres chiffres à la droite).

Les lecteurs possédant déjà une telle calculatrice, pourront, après avoir refait l'exercice précédent « à la main », le vérifier à la calculatrice.

Solution du problème du mois dernier

1° Résistance du groupe R_2 et R_3. Ces résistances sont en parallèle. On a donc : $1/R_{éq} = 1/R_2 + 1/R_3$
$= 1/20 + 1/30 = 0{,}08333...$, dont l'inverse $R_{éq} = 12\ \Omega$.
La résistance totale du circuit est donc :
$R_T = R_G + R_1 + R_{éq} + R_4$
soit $R_T = 1 + 4 + 12 + 7 = 24\ \Omega$.
L'intensité dans le circuit s'établit à :
$I = E/R_T = 12 : 24 = 0{,}5$ A.

2° Les tensions aux bornes des résistances sont obtenues par la loi d'Ohm :
$U_1 = R_1 \times I = 4 \times 0{,}5 = 2$ V
$U_{BC} = R_{éq} \times I = 12 \times 0{,}5 = 6$ V
$U_4 = R_4 \times I = 7 \times 0{,}5 = 3{,}5$ V
La tension aux bornes du générateur est :
$U_G = E - R_G I = 12 - 1 \times 0{,}5 = 11{,}5$ V
NB. Remarquer que
$U_1 + U_{BC} + U_4 = 2 + 6 + 3{,}5 = 11{,}5$ V également.

3° L'intensité dans R_2 et R_3 s'obtient en utilisant la loi d'Ohm :
$I_2 = U_{BC}/R_2 = 6/20 = 0{,}3$ A
$I_3 = U_{BC}/R_3 = 6/30 = 0{,}2$ A
NB. On remarque que
$I_2 + I_3 = 0{,}3 + 0{,}2 = 0{,}5\ A = I_T = I$

4° Les puissances dans chaque résistance sont à calculer avec la formule $P = RI^2$
$P_1 = R_1 I^2 = 4 \times 0{,}5^2 = 4 \times 0{,}25 = 1$ W
$P_2 = R_2 I_2^2 = 20 \times 0{,}3^2 = 20 \times 0{,}09 = 1{,}8$ W
$P_3 = R_3 I_3^2 = 30 \times 0{,}2^2 = 30 \times 0{,}04 = 1{,}2$ W
$P_4 = R_4 I^2 = 7 \times 0{,}5^2 = 7 \times 0{,}25 = 1{,}75$ W
La puissance perdue sous forme de chaleur par le générateur se calcule de la même manière.
$P_G = R_G I^2 = 1 \times 0{,}5^2 = 1 \times 0{,}25 = 0{,}25$ W
NB. Si nous calculons la somme de toutes ces puissances dissipées dans les diverses parties du circuit sous forme de chaleur nous obtenons :
$P_T = 1 + 1{,}8 + 1{,}2 + 1{,}75 + 0{,}25 = 6$ W.
Nous pouvons alors remarquer que si nous utilisons la formule $P_T = EI$ soit ici $P_T = 12 \times 0{,}5 = 6$ W, nous obtenons bien le même résultat.

UNITES PRINCIPALES

	MEGA...	KILO...		MILLI...	MICRO...	NANO...	PICO...
F.E.M TENSION U = RI		kV 10^3 V	VOLT V	mV 10^{-3} V	µV 10^{-6} V		
INTENSITE I = U/R		kA 10^3 A	AMPERE A	mA 10^{-3} A	µA 10^{-6} A	nA 10^{-9} A	pA 10^{-12} A
RESISTANCE R = U/I	MΩ 10^6 Ω	kΩ 10^3 Ω	OHM Ω	mΩ 10^{-3} Ω	µΩ 10^{-6} Ω		
PUISSANCE P = UI $P = RI^2$	MW 10^6 W	kW 10^3 W	WATT W	mW 10^{-3} W	µW 10^{-6} W	nW 10^{-9} W	pW 10^{-12} W
CAPACITE			FARAD F	mF 10^{-3} F	µF 10^{-6} F	nF 10^{-9} F	pF 10^{-12} F
INDUCTANCE			HENRY H	mH 10^{-3} H	µH 10^{-6} H	nH 10^{-9} H	

NB. Les cases vides correspondent à des unités dérivées inutilisées dans la pratique de l'électronique, sauf cas très particulier.

Nous n'allons pas insister sur ces questions aujourd'hui mais nous restons à la disposition des lecteurs intéressés en renouvelant notre proposition de « collaboration ». S'il n'y a pas de réactions, nous en resterons là et concluerons que vous avez parfaitement compris les propos précédents, ce qui nous comblera d'aise !

Pour que les idées soient parfaitement précises nous vous proposons le tableau suivant, dans lequel nous avons porté les unités les plus usuelles de l'électricité. Tous les multiples et sous-multiples existent en théorie, mais en pratique certains sont méconnus. Ils n'apparaissent pas alors dans le tableau. Rappelons que d'une colonne à la colonne consécutive il y a toujours un rapport de 1 000.

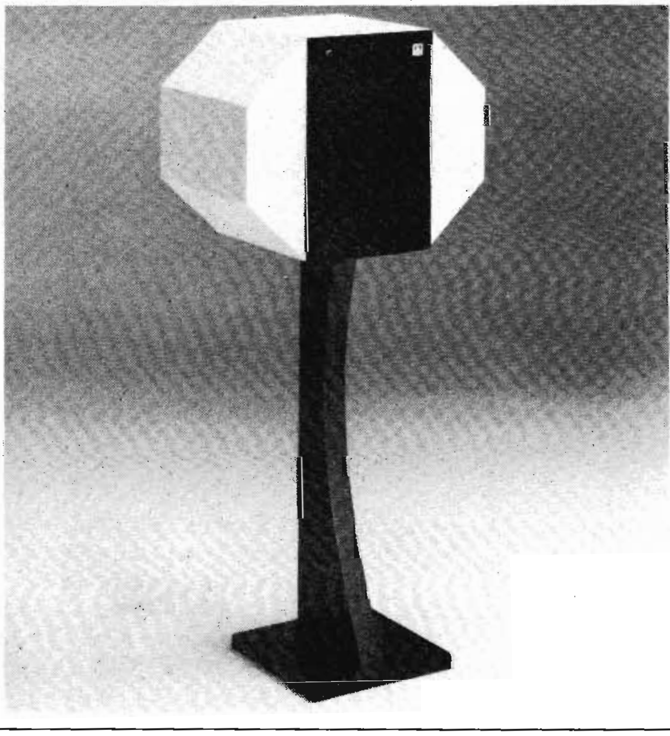
F. THOBOIS

Bloc-notes

L'enceinte acoustique JM.LAB DB 30

La gamme JM.LAB s'enrichit cette année d'un cinquième modèle : la DB 30, qui se situe au sommet de la gamme des enceintes équipées d'une double bobine, juste après la 705 i qui reste une enceinte semi-professionnelle à très haut rendement et qui est devenue la 705 i série II.

La DB 30 est une enceinte à placer en hauteur sur le pied JM.LAB P 74 (laqué noir) et reprend la géométrie de la DB 20 dans une approche de la sphère. Elle est entièrement laquée blanche et son prix est fixé au public à 2 750 F TTC pièce. Elle est équipée d'un 20 cm à double bobine et en neoflex et du fameux tweeter T 120 FC à membrane en fibre de verre qui est situé sous le boomer. Le boomer possède un second circuit magnétique



de grosse dimension en opposition avec le premier qui accroît le champ dans l'entrefer, donc le rendement (+ 1,8 dB) et la réponse dynamique.

Elle est plus grosse que la DB 20 (39 cm au lieu de 31 cm de hauteur).

La DB 30 possède également deux positions d'entrée, une position « normale » et une position surnommée « digitale » qui accroît la tenue en puissance dans l'extrême grave ainsi que la réponse impulsionnelle à l'aide d'un filtre passe-haut de protection centré très bas en fréquence. Dans le second cas, le haut-parleur se déplace de façon moindre et uniquement quand il y a une modulation basse fréquence. La tenue en puissance passe de 70 W à 100 W.