

Pratique des alimentations à découpage

par Philippe BAUMER (*)

De nos jours, nul ne conteste l'intérêt présenté par les alimentations à découpage, dont les facteurs déterminants sont l'excellent rendement et le faible volume.

Leur utilisation optimale dépend toutefois du respect de divers paramètres, ainsi que de la connaissance de certains termes dont il est important d'être bien informé.

Toutes chose qui sont analysées en détail dans l'étude ci-après.



La série 50 M de Coutant d'alimentations « Chassis ouvert ». Elles sont fournies avec capot et équipées d'origine d'un filtre secteur.

Les deux types d'alimentations

Les alimentations linéaires

Le principe est bien connu et la figure 1 n'est donnée que pour mémoire. La tension redressée et filtrée qui apparaît aux bornes de la capacité C doit toujours être supérieure d'environ 4 V à la tension de sortie. Le transistor « ballast » Q1 a un gain approximativement de 1 ; la boucle de réaction : R₁ + R₂ R₃ et D, ont été fi-

(*) Ingénieur B.S.C., Coutant Electronique.

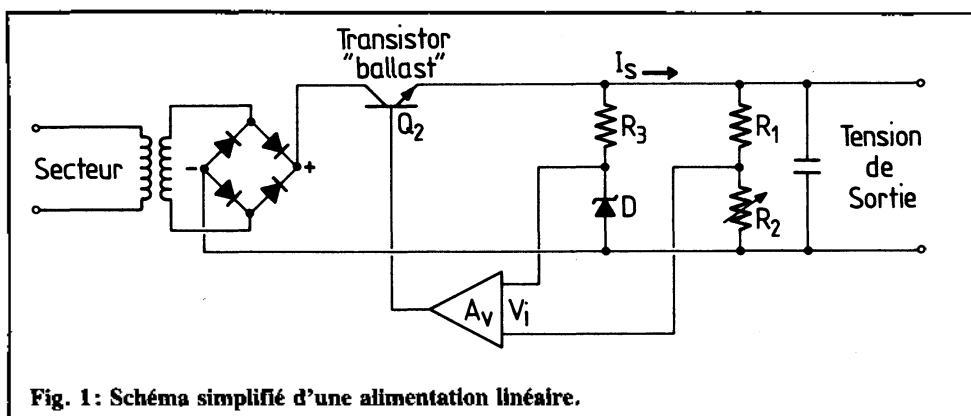


Fig. 1: Schéma simplifié d'une alimentation linéaire.

gurés pour mémoire et ne sont installés que si une large plage d'excursion de la tension de sortie est nécessaire.

On voit que le « ballast » Q₁ est traversé par le courant I_S. La différence de tension V_{ce}, de l'ordre de 4 V, multipliée par le courant I_S, représente une puissance à dissiper. C'est la raison pour laquelle ces transistors « ballasts » sont installés sur des radiateurs.

Les alimentations à découpage

Les alimentations à découpage sont apparues dans la décennie 1960, donc des décennies après les alimentations « linéaires ». Le but recherché était l'amélioration du rendement, et en conséquence la diminution du poids et du volume.

Ceci a été réalisé en augmentant la fréquence d'utilisation du transformateur. Le principe de base est illustré par la figure 2 :

Le secteur 110 V ou 220 V est redressé directement puis filtré. La tension redressée-filtrée, d'environ 300 V continu est hachée à haute fréquence. Le transformateur abaisse la tension qui est ensuite redressée, puis filtrée.

La figure 2 ne comporte pas les dispositifs de régulation de tension de sortie qui sont obtenus soit par une boucle de réaction avec opto-isolateur, soit par un circuit ajouté sur la sortie.

Le filtre RFI est destiné à limiter la rejection par conduction des parasites HF sur les lignes secteur.

On évite les courants d'appel trop élevés hors de la mise sous tension par un dispositif de limitation par thermistance ou par résistance chutrice.

Le découpage se fait à des fréquences supérieures à 20 kHz, jusqu'à 400 kHz pour certains fabricants.

Avantages et inconvénients des deux techniques

La technique à découpage présentent donc deux avantages évidents : rendement élevé, et faible volume. Par

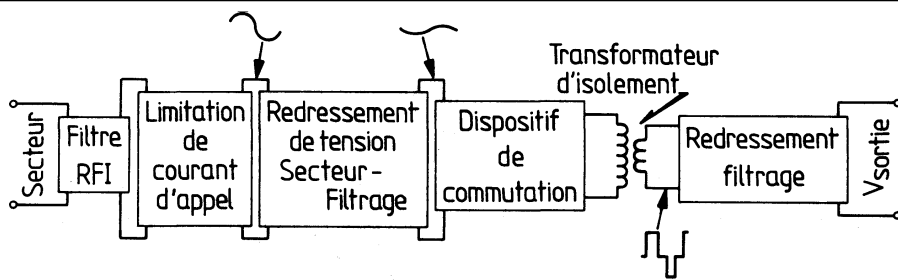


Fig. 2: Schéma de principe d'une alimentation à découpage.

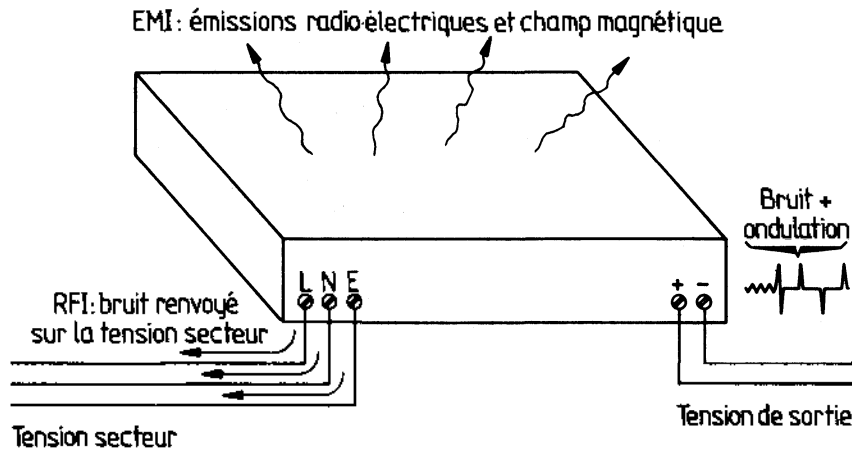


Fig. 3: Les trois types de parasites émis par une alimentation à découpage.

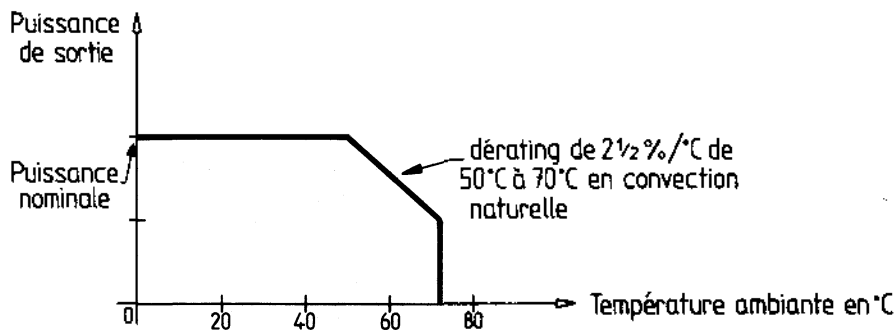


Fig. 4: Derating (détarage) de la gamme ML en fonction de la température.

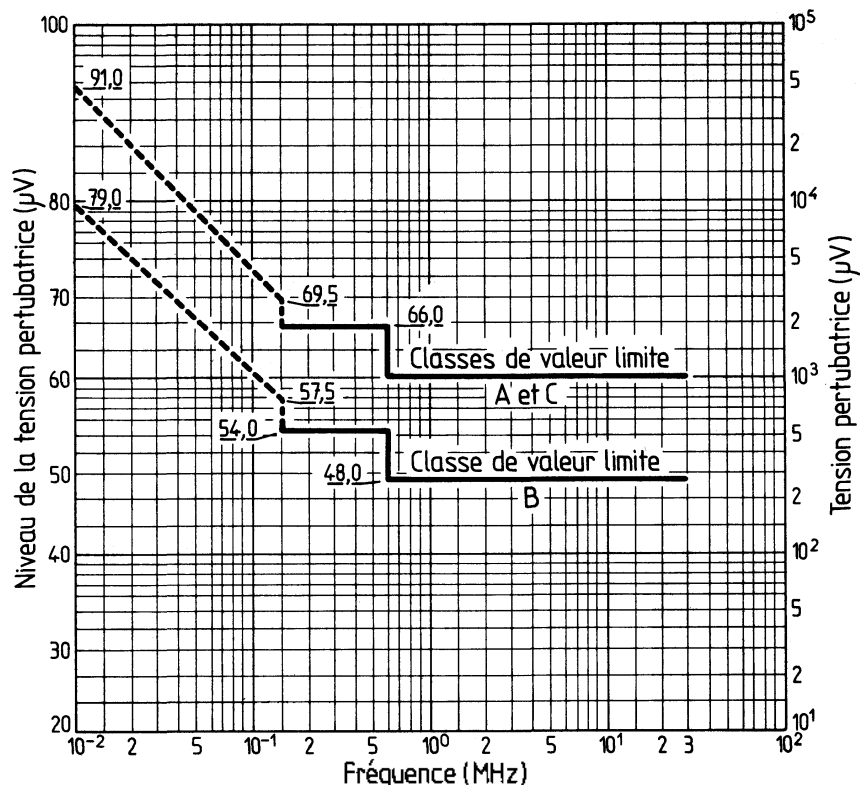


Fig. 5: Valeurs limites des tensions perturbatrices (VDE 0871).

contre, il faut savoir que les parasites émis par un système à découpage sont sans commune mesure avec les bruits engendrés par une alimentation « linéaire ». La figure 3 représente schématiquement les différents types de parasites émis par les alimentations à découpage.

Ces parasites ne doivent pas être sous-estimés. Ils sont, pour les RFI et EMI, régis par un certain nombre de normes dont nous parlerons plus loin.

Pour les bruits et ondulations, ceux-ci seront, pour les alimentations d'équipement classiques, toujours plus élevés que pour une alimentation linéaire. Ceci peut se résoudre par des découplages appropriés au niveau des cartes logiques, mais prohibent formellement l'utilisation du découpage pour des applications analogiques très bas niveau.

Le tableau 1 donne quelques caractéristiques comparées des techniques à découpage et linéaire.

Alimentations à découpage : le vocabulaire

D'innombrables questions ont montré qu'il était indispensable de mieux préciser quelques termes. En effet, sous la même appellation, une même fonction est souvent réalisée sous différentes conceptions donnant des performances très différentes. Les prix, bien sûr, s'en ressentent. Une alimentation dite « chère » peut-être la seule à résoudre, techniquement, une application donnée.

Derating

C'est la réduction de certains paramètres en fonction principalement de la température ambiante. Il s'agit généralement d'annoncer une réduction de la puissance de sortie — du courant de sortie — à partir d'une température donnée.

En exemple : la gamme ML de *Cou-tant* (fig. 4).

Il faut donc que l'utilisateur connaisse parfaitement les conditions d'environnement de son équipement. En particulier la température ambiante à l'intérieur d'un rack ou d'un coffret atteint facilement 40 °C.

RFI - EMI. Filtre secteur

Les termes RFI et EMI recouvrent les interférences électromagnétiques à haute fréquence et haute énergie, générées principalement par les composants de découpage.

Ils sont soit émis dans l'espace environnant l'alimentation, soit renvoyés par conduction sur la ligne réseau.

C'est un point important quant au choix d'une alimentation.

Les interférences renvoyées par conduction (RFI), ainsi que les interférences émises (électriques et magnétiques) sont définies par un certain nombre de normes. VDE - UL - CSA - FCC - BS - dont les plus utilisées à ce jour sont les normes allemandes VDE 0871 et VDE 0785.

— RFI Les figures 5 et 6 montrent les niveaux maxima de ces « tensions perturbatrices » pour les normes VDE 0871 et 0875 respectivement.

Les lettres G, N, K représentent les différents « degrés de protection » exigés par les normes.

Ces « degrés de protection » sont obtenus par l'addition sur l'alimentation d'un « filtre secteur » qui opérera d'avant en amont et dont le but est de réduire les parasites générés par le découpage et par ses harmoniques.

Toutes les alimentations à découpage *Coutant* sont équipées d'un filtre secteur répondant au minimum à la norme VDE 0875 courbe N.

La figure 7 montre l'exemple d'un filtre secteur étudié pour notre série SL (600 W à 1500 W). Il rend cette série conforme à la norme ci-dessus.

L101 et L102, C1 et C2 réduisent les bruits en mode série. Le transformateur T1, C3 et C4 réduisent les bruits en mode commun.

On voit donc qu'un filtre secteur est un composant critique et onéreux. Sa présence ou son absence sur l'alimentation peut influencer largement sur son prix.

— EMI. Ces « pouvoirs perturbateurs », radiations émises dans l'espace, ne peuvent être réduits que par une conception soignée de l'alimentation, un blindage efficace du transformateur et surtout par la mise en place d'un boîtier fermé entourant toute l'alimentation.

Les mêmes normes VDE 0871 et 0875 définissent ces « pouvoirs perturbateurs ».

Toutes les alimentations à découpage *Coutant* sont équipées d'un filtre secteur et d'un boîtier fermé. Elles répondent au minimum à la norme VDE 0875 courbe N. Dans la gamme ML, une option permet d'atténuer de 12 dB le niveau ci-dessus.

Temps de maintien (Hold-up time ou Carry-over)

C'est le temps total durant lequel les tensions de sortie restent dans leurs plages de régulation à partir du moment où la tension d'entrée (secteur) disparaît soudainement.

Ce temps est de l'ordre de 20 millisecondes pour les alimentations à découpage, de 1 à 2 pour les alimentations linéaires. Ceci est dû au fait que les capacités réservoirs de filtrage sont chargées dans un cas à

Tableau 1	Découpage	Linéaire
Rendement	de 60 % à 85 %	de 30 % à 60 %
Densité de puissance	$\approx 0,05W/cm^2$	$\approx 0,02W/cm^2$
Parasites	importants	Négligeables dans la plupart des cas
Bruit + ondulation	50 mV _{c-c} à 200 mV _{c-c}	$\approx qq$ mV _{c-c}
Temps de maintien	20 ms	1 à 2 ms
Temps de réponse	100 à 300 μ s	10 à 50 μ s
Régulation « charge »	$\approx 0,1$ %	de 0,01 % à 0,1 %
Régulation « ligne »	0,1 %	0,01 % à 0,1 %
Gamme de tensions d'entrée	$\approx + 10$ % à $- 15$ %	$\approx \pm 10$ %

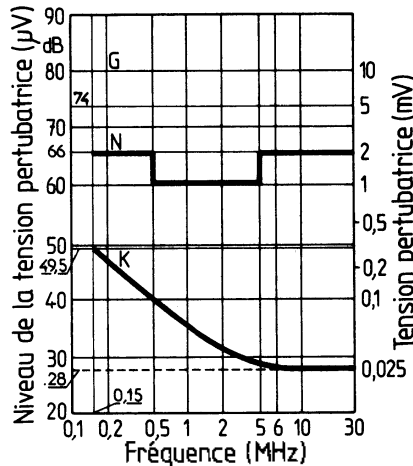


Fig. 6 : Valeurs limites des tensions perturbatrices (VDE 0875).

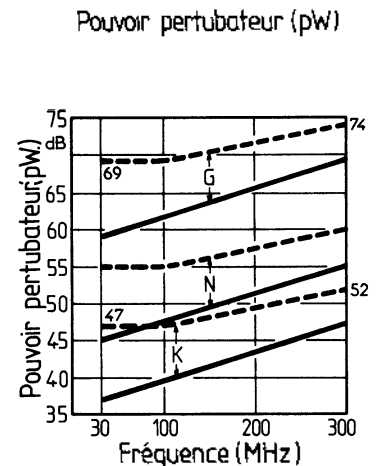


Fig. 8 : Normes 0875 concernant les émissions EMI.

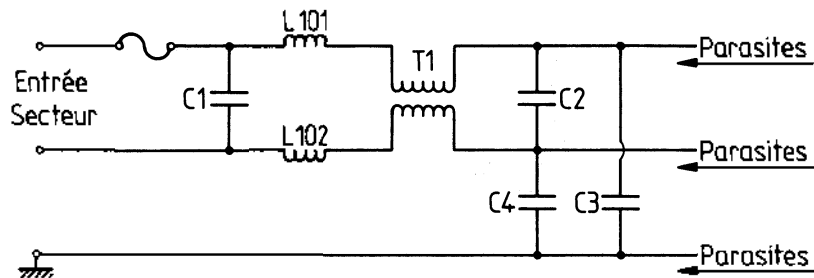


Fig. 7 : Exemple d'un filtre secteur.

300 V, dans l'autre à ≈ 50 V dans les cas favorables de tension de sortie élevée.

Ce temps de maintien est un facteur important de bon fonctionnement : il permet de se prémunir contre les microcoupures (de durée inférieure à 1 cycle) de la tension secteur.

Power Fail (PF)

Ce signal logique, dont nous avons conservé l'appellation anglaise, est destiné à prévenir l'équipement d'une coupure secteur.

Il doit donc se déclencher avant que les tensions de sortie ne sortent de la plage de régulation, c'est-à-dire durant le temps de maintien. Il permet ainsi le déclenchement de séquence de sauvegarde (mémoires volatiles, programmes en cours, etc.).

La figure 9 montre la séquence disponible sur notre famille SOM/SMM.

Chaque fabricant a conçu sa propre séquence et seul il pourra renseigner l'utilisateur.

Courant d'appel

(Inrush current ou input surge current)

Lors de l'application de la tension secteur sur l'alimentation, celle-ci se comporte comme un quasi-court-circuit, en raison de la faible impédance des capacités du filtre d'entrée et des capacités de filtrage.

Il faut donc limiter ce courant d'appel. Deux techniques sont employées : varistance ou résistance.

La varistance (métal-oxyde varistance) est placée en série sur la phase. Sa constante thermique est faible et après

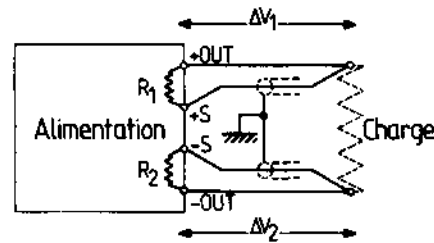
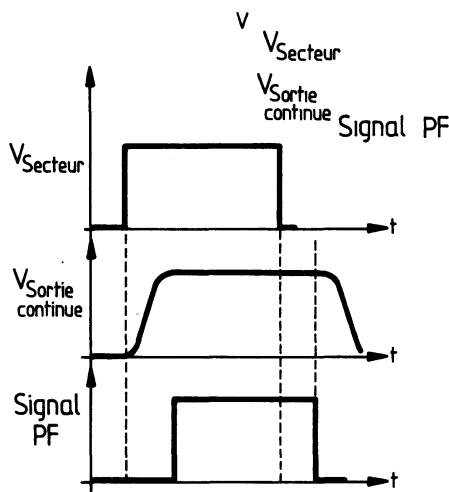


Fig. 11 : Branchement de la télérégulation.

Fig. 9: Séquence PF.

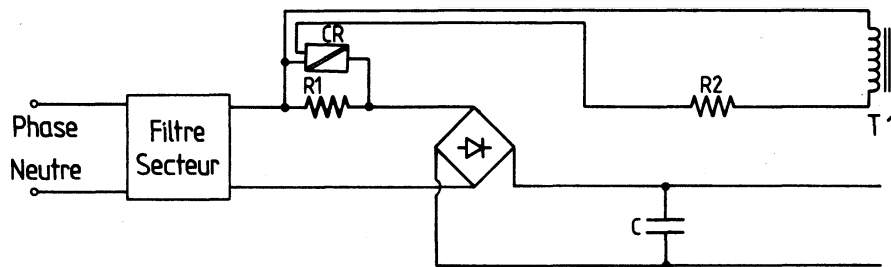


Fig. 10 Limitation de courant d'appel par résistance.

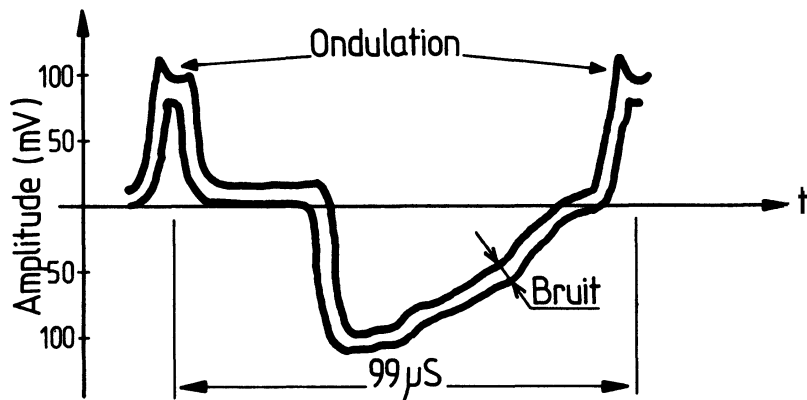


Fig. 12: Bruit + ondulation aux bornes d'une alimentation à découpage.

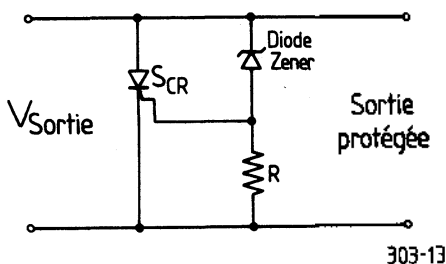


Fig. 13: Schéma de principe de la protection de surtension.

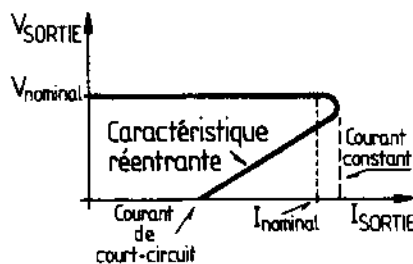


Fig. 14 Protections de surintensité.

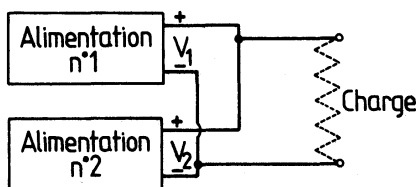
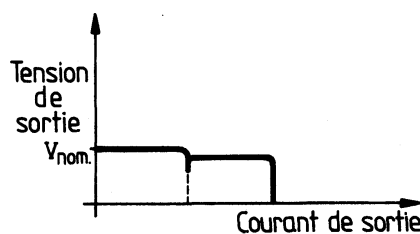


Fig. 15: Mise en parallèle directe.



un ou deux cycles, sa résistance série est négligeable. C'est évidemment un « design » économique qui offre néanmoins deux inconvénients.

Les courants d'appel sont toujours plus élevés qu'avec une limitation par résistance série.

Si l'enclenchement secteur se fait en deux temps, la thermistance, déjà échauffée, ne limitera plus le courant d'appel et l'alimentation pourra être endommagée.

La figure 10 montre le seul système de limitation de courant d'appel utilisé, à ce jour, par *Coutant*.

Dans ce schéma, R1 est une résistance de 10 W, d'environ 10 Ω. Elle limite le courant alternatif d'appel. Lorsque le découpage démarre, C est chargée à plus de 90 % et la tension aux bornes de T1 est suffisante pour amorcer le triac CR qui court-circuite R1 ; R2 limite le courant de gachette.

Par exemple ; pour une même puissance de sortie de 300 W, la première technique spécifiera un courant d'appel d'environ 40 à 50 A durant 40 ms.

Le système ML en version 300 W spécifie un courant d'appel maximal de 18 A durant moins de 1 ms.

Régulation de charge (Load regulation)

Il s'agit, bien évidemment, de la variation de tension de sortie en fonction du courant de sortie, toutes les mesures se faisant au niveau du connecteur de sortie. Il est exprimé en pourcents de variation par rapport à la tension nominale.

Il importe de bien lire les spécifications données par les fabricants. En effet les différentes techniques utilisées, régulation ou semi-régulation imposent des performances totalement différentes.

Ces termes : régulation ou semi-régulation, seront explicités dans le chapitre des alimentations multi-sorties. Néanmoins il faut savoir qu'un fabricant spécifiant, par exemple, une régulation de $\pm 2,5\%$ pour une variation de courant de $60\% \pm 40\%$ signifie clairement que la tension de sortie reste à $V_{nominal} \pm 2,5\%$ de 20 % à 100 % de $I_{nominal}$, mais que rien n'est spécifié de 0 % à 20 % de $I_{nominal}$.

Le fonctionnement même de l'alimentation n'est pas garantie : c'est le cas, par exemple, de la sortie principale des alimentations à découpage dites « à chassis ouvert »

Télérégulation, ou régulation à distance - (Remote sensing)

Lorsque le courant débité est important, que la section des câbles a été sous-estimée, ou que la longueur des conducteurs est importante, il peut ar-

river que la chute de tension dans ces conducteurs soit gênante et nuise au bon fonctionnement des composants électroniques utilisés.

Si le débit consommé est constant, il suffira d'augmenter la tension de sortie de l'alimentation, lorsque cela est possible.

Si cela est impossible, ou si le débit est variable, il convient d'essayer de compenser ces chutes de tension. On utilise donc la fonction « sense » de la sortie 4 fils.

La régulation se fait aux bornes + S et - S qui sont donc reliés au plus près de la charge.

Quelques considérations élémentaires sont à prendre en considérations :

- la sortie « puissance » se fait aux bornes (+) OUT et (-) OUT. Aucune puissance n'est disponible aux bornes de télérégulation + S et - S. D'ailleurs les deux résistances R_1 et R_2 « fondent » en cas de mauvais branchement
- les chutes de tension ΔV_1 et ΔV_2 à compenser sont spécifiées précisément. Elles sont de l'ordre de 0,25 V à 0,50 V par fil soit 0,5 V à 1 V au total.
- Si cette fonction n'est pas utilisée, il convient de shunter les bornes + OUT et + S d'une part et - OUT et - S d'autre part.

Bruit et ondulation (Noise and Ripple)

D'abord deux définitions de façon à bien séparer les deux notions :

- le bruit est toute déviation de la tension de sortie aléatoire et apériodique.
- l'ondulation est la déviation de la tension de sortie à une fréquence fixe. Il s'agit, pour les alimentations linéaires de la résiduelle à 50 Hz ou 100 Hz, et pour les alimentations à découpage des pics à la fréquence de découpage.

Les deux notions doivent être spécifiées en millivolts crête-à-crête.

Il faut noter que les niveaux de ces parasites, qui sont de l'ordre de quelques millivolts pour les alimentations linéaires, montent jusqu'à 50 mV ou 100 mV pour la technique à découpage.

Ces niveaux, tout à fait admissibles dans les applications informatique, ne le sont plus du tout en technique analogique bas-niveau.

Protections

Toutes alimentations, linéaires ou à découpage, peuvent être équipées de circuits de protection destinés, soit à protéger l'alimentation elle-même, soit à protéger. Ils sont de plusieurs types.

Protection de température :

Une diode mesure la température du

point le plus chaud de l'alimentation et coupe l'arrivée secteur en cas de surchauffe.

Protection de surpuissance :

Elle n'est indispensable que sur les alimentations à plusieurs sorties. C'est ainsi que sur les séries SOM/SMM la puissance est limitée au niveau du C-I de découpage.

Protection de sursension :

Elle réduit la tension de sortie à une très faible valeur au cas où cette tension excède une valeur déterminée. Cette protection est installée systématiquement dans la gamme couvrant sur toutes les sorties 5 V et est réglée à une valeur de $6,2 \text{ V} \pm 0,4 \text{ V}$, ceci en vue de la fragilité des circuits TTL.

Le schéma de principe est le suivant ; (fig. 13) : si la tension V sortie excède la tension Zener, la tension développée aux bornes de R est suffisante pour déclencher le thyristor. Un court-circuit est donc établi aux bornes de la sortie considérée. Il subsiste tant que la tension secteur reste appliquée.

Des modules additionnels des séries KRO et OVP sont disponibles pour protéger les tensions autres que 5 V.

Protection de surintensité.

Elle a pour but de diminuer la tension de sortie en cas de dépassement du courant nominal sur la sortie considérée.

Deux types de protection existent : à courant constant ou à caractéristique réentrante (foldback)

Tension d'isolement et rigidité diélectrique

Tout à fait intentionnellement nous serons très bref sur ces deux sujets. Les deux essais, mal réalisés, étant destructifs, nous ne saurions trop conseiller aux utilisateurs de consulter leurs fournisseurs.

La tension d'isolement est une tension continue qui pourrait être appliquée indéfiniment entre les bornes d'entrée et sortie de l'alimentation.

La rigidité diélectrique définit la faculté de l'alimentation de supporter des sursensions. Cette tension peut être soit continue, soit alternative. Elle est appliquée suivant des prescriptions bien précises (temps de montée, filtre d'entrée...) durant un temps limité (1 minute) et il ne doit pas se produire ni arcs ni dommages sur l'alimentation.

Mise en parallèle d'alimentations

La mise en parallèle d'alimentations est une opération délicate qui ne doit être réalisée qu'avec l'accord formel du fabricant.

Deux techniques sont utilisées.

La mise en parallèle directe :

Elle n'est possible que si la caractéristique courant-tension est rectangulaire, c'est-à-dire que la limitation de surintensité est de type à courant constant.

On ajuste la tension V_1 à une valeur légèrement supérieure à V_2 . L'alimen-

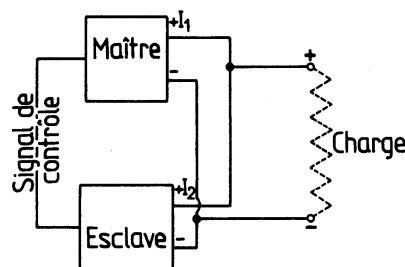


Fig. 16 Mise en parallèle maître-esclave.

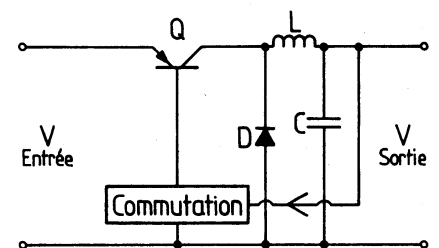


Fig. 17 Schéma simplifié d'un régulateur à découpage.

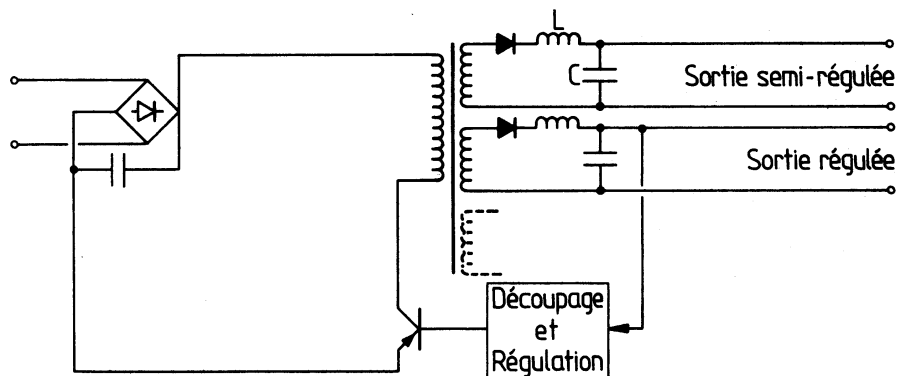


Fig. 18 : Alimentation à découpage multi-sorties.

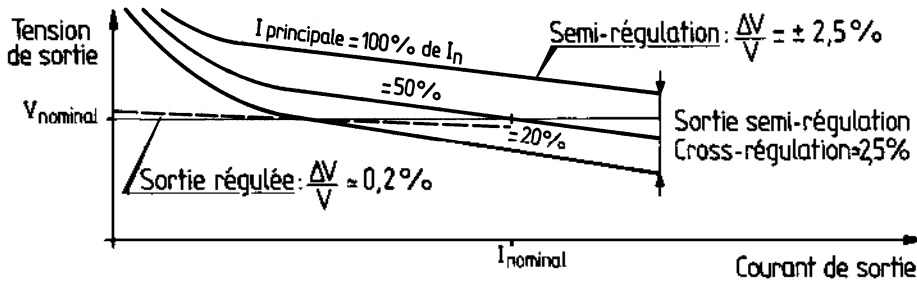


Fig. 19: Caractéristiques VI de sortie semi-régulée.

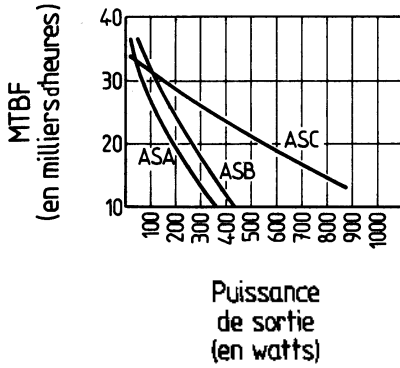


Fig. 21: Puissance dissipée = Puissance d'entrée - Puissance de sortie.

Référence AR 106
Masse: 1,2kg/m

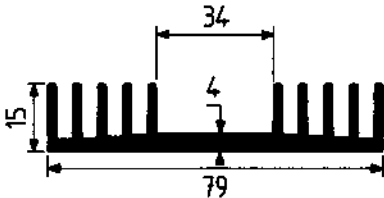


Fig. 22: Exemple de diagramme de refroidissement d'un radiateur à ailettes en convection naturelle (document ste ARCEL).

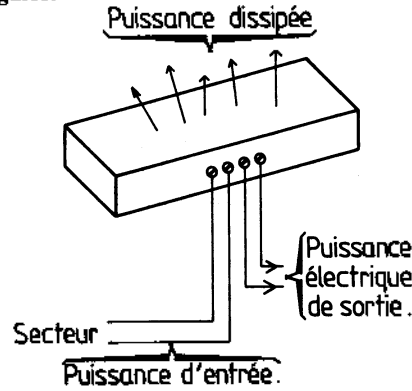
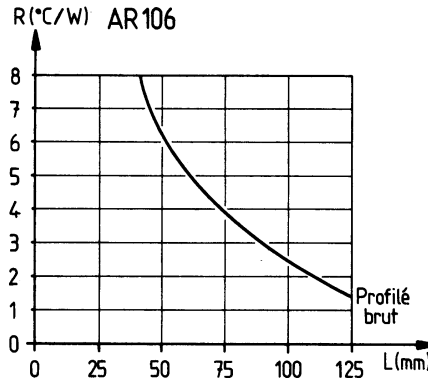


Fig. 22: Influence de la charge sur le MTBF.



tation V_1 se met en sécurité dès que le débit excède son intensité nominale. L'alimentation n° 2 commence alors à débiter. Le montage simplifié (il faudrait ajouter des diodes aux bornes de chaque alimentation pour éviter une mise en court-circuit en cas de panne d'une alimentation) et la caractéristique V_1 sont montrés figure 15.

Il faut noter que les limites de surintensité sont généralement abaissées à 90 % du courant nominal. Un *derating* d'environ 10 % est donc appliqué, c'est-à-dire, par ex., que deux alimentations 5V/200 A mise en parallèle seront spécifiées à 5V/360 A et non à 5V/400 A.

La gamme SL de *Coutant* utilise cette technique pour la mise en parallèle, moyennant une modification du courant de court-circuit. On peut aussi obtenir des courants très importants de plusieurs centaines d'ampère.

La technique maître-esclave

Certaines alimentations sont prévues pour une mise en parallèle quasi-directe, l'une d'entre elles fournissant

un signal de contrôle à la seconde (esclave)

La régulation charge est meilleure que dans la technique précédente.

La technologie maître-esclave est prévue d'origine dans les séries *coutant A* et GPE. Moyennant une modification d'usine cette possibilité existe également dans la série ML.

Régulateurs à découpage et convertisseurs continu-continu

Ils ont été groupés dans le même chapitre car leur fonction électrique est la même : il s'agit de transformer une tension continue en une autre tension continue. Néanmoins une différence importante, l'isolement galvanique : inexistant dans les régulateurs à découpage, c'est une caractéristique essentielle des convertisseurs.

Les régulateurs à découpage

Ceux-ci ont donc un point commun entre la tension d'entrée et la tension

de sortie. Autre caractéristique : la tension d'entrée doit être supérieure à la tension de sortie. Bien que dans le principe on pourrait aisément concevoir des régulateurs « élévateurs », la quasi-totalité des régulateurs disponibles sur le marché sont du type « abaisseur ».

Le principe simplifié est illustré en figure 17 Q est soit bloqué soit conducteur. Lorsque Q est conducteur la tension de sortie est égale à la tension d'entrée moins la tension de saturation de Q. Lorsque Q est bloqué, l'énergie emmagasinée dans L est transférée dans C. L et C servent également de filtrage. La régulation se fait en jouant sur le rapport d'ouverture de Q. *Coutant*, dans sa gamme SRP, offre des régulateurs jusqu'à 60 W. La plage de tension d'entrée est particulièrement étendue : de 11 à 35 V.

Les convertisseurs continu-continu.

Ceux-ci sont caractérisés par un isolement galvanique entrée - sortie et n'ont pas besoin d'une tension d'entrée supérieure à la tension de sortie. Ils sont donc d'un emploi beaucoup plus universel, mais généralement plus onéreux.

Leur principe de fonctionnement est le même que celui d'une alimentation. Seul, l'étage redressement-filtrage est évidemment absent.

Coutant a une gamme de convertisseurs continu-continu particulièrement étendue :

- plus de 100 modèles de 1 W à 25 W en boîtiers moulés.
- Le MLDC en 50 W et 150 W permet une modularité unique permettant la réalisation de convertisseurs multi-sortie avec une gamme de tension d'entrée particulièrement large.

Alimentations à découpage dites à « chassis ouvert »

Une très grande part du marché est occupée par ce type d'alimentations. Elles sont caractérisées par les points suivants :

- Elles sont généralement économiques ce qui les rend particulièrement attractives
- Elles sont présentées sans capot.
- Elles disposent de une ou plusieurs sorties. Par ex : 5 V et ± 12 V ; 5 V et ± 15 V ; 5 V et ± 12 V et 24 V. etc.
- Dans la plupart des cas, un courant minimal est nécessaire sur la sortie dite « principale ». Ce courant minimal est de 10 % à 30 % de I nominal.
- Généralement, mais non systématiquement, les sorties secondaires, ± 12 V par ex., ne sont pas régulées. Elles sont dites « semi-régulées » dans ce cas.
- Lorsque les sorties secondaires sont « semi-régulées », la tension de

sortie est également affectée par le débit sur la sortie principale. C'est ce qui est appelée « cross-regulation » ou « régulation croisée ».

La figure 19 donne un exemple de sortie semi-réglée. Particulièrement à faible la tension de sortie peut atteindre jusqu'à 150 % de V nominal. On a ainsi mesuré des tensions de 21 V à vide pour une tension nominale de 12 V.

Il ne faut pas surestimer les limitations précédentes, mais il faut les connaître. N'oublions pas que ce type d'alimentations résoud près de 50 % des applications informatiques classiques.

La gamme d'alimentations à découpage SOM « châssis ouvert » de *Coutant* comprend presque 40 modèles de 30 W à 300 W, jusqu'à 5 sorties. Elles sont livrées avec capot, contrairement à leur appellation. Toujours au contraire de ce que nous avons écrit plus haut, les sorties secondaires de notre série SOM sont réglées séparément de 0 à 100 % de leurs débits nominaux.

MTBF et fiabilité

Un souci légitime d'un utilisateur est la recherche d'une alimentation « fiable ». Pour essayer de spécifier cette notion subjective, les statisticiens ont défini deux termes : MTBF (Mean Time Between Failure) et fiabilité elle-même.

MTBF

Le calcul du MTBF est extrêmement ingrat. Il est décrit dans la norme MIL-HDBK-217 et ses additifs. Ce calcul implique la sommation des taux de panne de chaque composant pris individuellement à sa température de fonctionnement.

Ce taux de panne dépend de son taux de panne de base multiplié par son niveau de contrainte. Le résultat est λ_n , taux de panne par million d'heures de fonctionnement.

Pour l'ensemble de l'alimentation :

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n$$

et où l'on déduit le MTBF

$$MTBF = 1/\lambda \times 10^6$$

Voilà pour la théorie. Le MTBF n'est absolument pas l'espérance de vie, qui est une fonction du MTBF mais est mesurée par une formulation différente.

Quelques commentaires sur le MTBF :

- Le calcul nécessite que chaque composant ait un « passe » de façon à connaître son taux de panne. L'introduction d'un nouveau composant peut donc rendre ce calcul caduque. Dans le cas des alimentations à découpage les innovations sont constantes (FET,

etc.) donc le MTBF difficile à apprécier.

- Par définition, le taux de panne de chaque composant dépend de la température d'utilisation. Donc un MTBF spécifié par un fabricant doit être accompagné par la température à laquelle le calcul a été fait.

- Pour la même raison, le MTBF varie énormément avec la température et décroît très vite avec celle-ci. A titre d'exemple, le calcul a été réalisé sur une alimentation de la gamme CE :

à 25 °C MTBF : 135 000 heures

à 40 °C MTBF : 60 000 heures

à 50 °C MTBF : 40 000 heures

à 71 °C MTBF : 15 000 heures.

Donc tous moyens possibles pour réduire la température de fonctionnement seront les bienvenus.

- Le MTBF est toujours spécifié à charge nominale. Un niveau de contrainte allégé améliore considérablement le MTBF. La figure 22 montre les courbes obtenues sur une série d'alimentations linéaires, la gamme A de *Coutant*. On peut ajouter que ces calculs ont été faits à + 65 °C et qu'il faut multiplier par 2 ces valeurs à + 25 °C.

Fiabilité

Rendement, refroidissement sont des spécifications très liées. Il ne faut pas oublier que la température élevée d'utilisation est son principal ennemi et qu'une alimentation bien étudiée et bien utilisée aura une fiabilité élevée.

MTBF et fiabilité se déduisent l'un de l'autre par l'exponentielle :

$$F(t) = e^{-t/MTBF} = e^{-\lambda t}$$

où t est le temps d'utilisation en heures.

Elle mesure la probabilité qu'une alimentation survive après un temps donné d'utilisation.

Par exemple, après une utilisation égale au MTBF l'espérance de survie est de 0,37.

Rendement et refroidissement

Rendement

C'est par définition le rapport puissance de sortie sur puissance d'entrée.

$$\eta = \frac{\text{Puissance de sortie}}{\text{Puissance d'entrée}}$$

Le rendement d'une alimentation est une spécification très importante car il détermine la puissance dissipée en chaleur par celle-ci (fig. 23).

Par exemple, pour une même puissance de sortie de 150 W, une alimentation linéaire de rendement 40 % dissipera 225 W, tandis qu'une alimenta-

tion à découpage de rendement 70 % ne dissipera que 65 W.

Quelques considérations élémentaires :

- le rendement de la technique linéaire est de l'ordre de 30 % à 60 %, le découpage de 60 % à 85 %

- Dans les deux technologies, le rendement est d'autant plus élevé que la tension de sortie est élevée.

Un point très important est la mesure du rendement d'une alimentation à découpage. Cette technique implique une forme d'onde du courant d'entrée secteur et un déphasage par rapport à la tension secteur qui doivent être pris en compte lors d'un contrôle ou d'une recette technique. En particulier, les wattmètres digitaux étalonnés pour des signaux sinusoïdaux donnent des résultats erronés.

Coutant a été parmi les pionniers dans la recherche d'amélioration du rendement. En particulier la gamme ML d'alimentation, ou convertisseurs modulaires multi-sortie, spécifie des rendements de 75 % à 85 % suivant les configurations de tensions de sortie.

Refroidissement

La puissance dissipée dont nous avons parlé plus haut doit être évacuée le plus efficacement possible pour éviter toute surchauffe de l'alimentation. Nous avons suffisamment insisté sur la néfaste influence de la température sur la durée de vie d'un équipement.

La température maximale d'utilisation d'une alimentation est déterminée par l'élévation de température de ses composants. Les composants critiques sont principalement :

- Les jonctions des transistors « balast » dans les alimentations linéaires.
- Les jonctions des transistors à découpage
- Les capacités électrolytiques de filtrage
- Les bobines de filtrage
- Les transformateurs.

L'énergie dissipée dans les différents composants est ramenée (si possible) sur un radiateur métallique dont les dimensions ont été calculées par le fabricant pour évacuer les calories dans la gamme de température de fonctionnement spécifiée.

Néanmoins différents moyens sont à la disposition de l'utilisateur, pour réduire l'échauffement du radiateur extérieur de l'alimentation :

Adjonction d'un radiateur additionnel : ils sont disponibles dans le commerce « prêt-à-l'emploi ». Les courbes de résistance thermique se présentent sous la forme de la figure 24. Elles donnent, pour un profilé donné la résistance thermique en °C/W en fonction de la

SOURCES D'ALIMENTATIONS ININTERRUPTIBLES

SAI DAUPHIN 300- 500 -1000 VA

SAI SENIOR 1500 VA à 15 KVA

- conception modulaire
- rendement élevé
- contrôle synoptique
- commutateur by-pass statique
- 3 niveaux d'alarme
- 7 niveaux de protection
- batterie sans entretien
- autonomie jusqu'à 60 minutes
- recharge rapide

ONDULEURS

OND 100 VA à 1000 VA

- tension d'entrée 12 à 48 V
- utilisation 120/220 V - 50/60 Hz
monophasée, sinusoïdale
- rendement > 80 %
- surcharge admissible 1,4 I nominal



K. SERRAS

Technique de base

longueur. Il est donc simple, en fonction de la puissance à dissiper, de déterminer le type et la longueur du radiateur nécessaire.

La ventilation forcée

Pour aider la convection naturelle, un ventilateur forçant l'air à une température inférieure à celle du radiateur de l'alimentation est la solution la plus souhaitable, lorsque cela est possible.

Le débit d'air nécessaire est :

- proportionnel à la puissance devant et redissipée.
- Inversement proportionnel à l'élévation de température que l'on désire maintenir.

Une formule approchée donne une bonne approximation du débit d'air en fonction de la puissance à dissiper et de l'élévation de température.

$$D = P / \Delta T$$

où D : débit d'air en litre/sec

P : Puissance à évacuer en Watts

ΔT : élévation de température à maintenir c'est-à-dire T radiateur - T air forcé = ΔT .

Cela signifie que, en convection naturelle, l'alimentation doit fonctionner selon ses spécifications.

Néanmoins, l'influence de la température de fonctionnement sur la durée de vie de l'alimentation a été suffisamment démontrée. Tous moyens pouvant réduire l'élévation de température seront les bienvenus ; tels que

- Laisser un espace suffisant en haut et en bas de l'alimentation pour permettre une convection naturelle efficace. En particulier ne jamais la poser sur un fond de rack sans prévoir un autre moyen de refroidissement.
- Ajouter un radiateur additionnel si l'encombrement le permet
- Si cela est impossible, rendre solidaire l'alimentation du châssis métallique sans pour cela gêner la convection naturelle.
- Ventiler l'équipement
- Lorsque la fiabilité et la durée de vie de l'équipement priment sur le prix, ne pas hésiter à utiliser les alimentations à mi-charge, ou à mettre deux alimentations en redondance.

Quelques considérations pratiques

Coutant spécifie toujours ses alimentations pour une puissance de sortie donnée, en convection naturelle, dans une plage de température ambiante définie (généralement 0 °C à + 70 °C) avec ou sans détarage suivant les modèles.

Les normes

Les fabricants d'alimentations ont pour habitude de se référer à un certain nombre de normes, UL, CSA, BS, VDE, etc.

Le meilleur conseil que nous puissions donner est de consulter ces normes ou de faire confiance à un fournisseur sérieux.

Toute l'Electronique

*vous rappelle qu'elle consacrera son
numéro de janvier 85 aux :*

HYPERFREQUENCES

*Soyez présent dans ce numéro en contactant :
J. Delière au 548-52-06 poste 436 ou 429.*