

Pratique de l'électronique

Ayant terminé les problèmes de division et de multiplication de fréquence, nous allons nous pencher, comme promis, sur les circuits linéaires, en commençant par le plus important d'entre eux : l'amplificateur opérationnel. L'auteur entend déjà la protestation de nombreux lecteurs : « C'est de la vieille nouveauté cela ! Nous connaissons tous le sujet à fond depuis très longtemps ! »

Pour une forte proportion de lecteurs, c'est assez vrai, en ce sens qu'ils ont déjà utilisé de très nombreuses fois des amplificateurs opérationnels avec succès. Mais, de là à conclure que rien de ce composant ne leur est étranger, il y a un grand pas. Et puis, il y a les autres, ceux qui commencent à peine à utiliser ces « petits triangles » dans leurs montages, qui ont eu des réussites, mais aussi des déboires qu'ils estiment « inexplicables ». Enfin, il y a (mais oui !) pas mal d'amateurs qui pensent que l'amplificateur opérationnel est « un composant mystérieux, réservé à l'élite ». Autrement dit, pensant à tous ceux-là et à quelques autres, et fort de l'idée que : « Si cela va sans dire, cela va encore bien mieux en le disant », l'auteur invite même ceux qui dominent le sujet à lire ce qui suit, dans l'espoir qu'ils y trouveront éventuellement des parties utiles.

Les circuits linéaires

Pourquoi « opérationnel » ?

Tout amplificateur permet de faire une opération arithmétique : à savoir la multiplication par une constante de la tension (ou de l'intensité) d'entrée.

Cela dit, pour un amplificateur classique, cette « constante » peut ne pas être aussi constante qu'on pourrait le souhaiter. Pour les applications audiofréquences, cela importe peu : il y a un potentiomètre qui règle le gain (la commande de « volume »).

Seulement voilà, il y a des gens qui ont besoin d'amplificateurs faisant bien plus. Ils veulent compter sur eux pour faire des « opérations » du type arithmétique (addition, soustraction de deux tensions) ou du type mathématique (dérivation, intégration). Il faut alors que l'amplificateur possède certaines qualités essentielles, qui permettront à l'utilisateur, comme nous le verrons plus loin, de passer « du qualitatif au quantitatif ».

D'où le nom « amplificateur opérationnel », qui fait souvent peur à bien des utilisateurs possibles, en raison de l'adjectif, qui évoque le calcul opérationnel, la recherche opérationnelle, toutes choses assez rébarbatives. N'oublions pas, toutefois, qu'avant l'adjectif « opérati-

onnel », il y a le mot « amplificateur » qui mérite éventuellement qu'on y revienne.

Qu'est-ce qu'un amplificateur

« Question idiote ! » diront certains. Pas sûr ! On pourrait penser que, si on le représente (fig. 1) comme un petit rectangle, ayant deux fils entre lesquels on applique la tension d'entrée e et deux fils sur lesquels on obtient la tension de sortie U , il joue son rôle d'amplificateur si U est supérieur à e .

Et voici une première erreur. Dans certains électrophones (oui, cela date pas mal, mais il s'agit d'un exemple), la tête de lecture, du modèle piézo-

électrique, délivrant une tension de près de 1 V rms (l'auteur préfère de beaucoup la notation « rms » = root mean square = racine carrée de la valeur moyenne du carré, à la notation « efficace »), attaquait un amplificateur dont la sortie commandait la bobine mobile d'un haut-parleur de 2 Ω.

Dans beaucoup de cas, on se contentait d'une puissance maximale de 0,1 W appliquée au haut-parleur. Faites le compte : il faut, pour cela, une tension de sortie de l'ordre de 0,45 V rms. Eh oui : $(0,45)^2 = 0,2025$, et, si l'on divise cette valeur par l'impédance du haut-parleur (2 Ω), on trouve environ le 0,1 Ω voulu. Dans ce cas, attaqué par 1 V rms à l'entrée et donnant

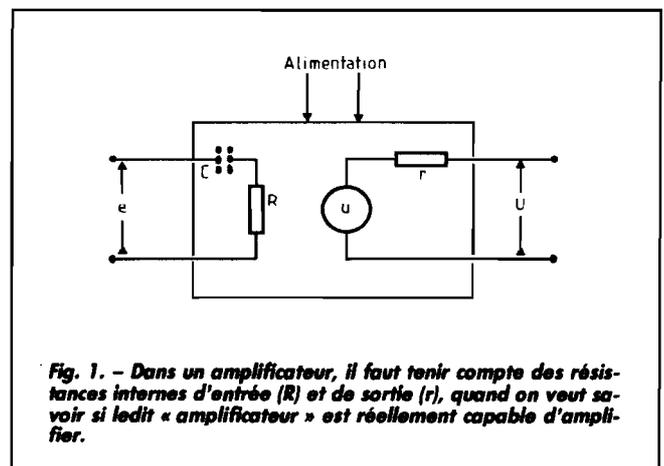


Fig. 1. — Dans un amplificateur, il faut tenir compte des résistances internes d'entrée (R) et de sortie (r), quand on veut savoir si ledit « amplificateur » est réellement capable d'amplifier.

0,45 V rms en sortie, on pourrait croire que l'« amplificateur » n'amplifie pas. Les « purs de la théorie » vous diront même qu'il a un gain de -6,94 dB, le signe « - » impliquant qu'il n'y a pas amplification mais **atténuation** !

Si c'est vrai, on peut penser que l'amplificateur est inutile, et que l'on aura de meilleurs résultats en connectant directement la tête de lecture au haut-parleur. Essayez, et... ce qui sortira du haut-parleur va évoquer (à peu près) une œuvre de Vercors, car ce sera : « Le silence de l'amer ».

Alors rien ne va plus ?

L'amertume de l'utilisateur va peut-être s'atténuer, s'il connecte, en parallèle sur le haut-parleur de 2Ω et la tête de lecture, un voltmètre : il va trouver une tension pratiquement nulle. Il va donc protester : « Mais, on s'est moqué de moi : la tête de lecture ne donne pas du tout 1 V rms ! » Si, elle peut donner cette tension, mais **à vide**, c'est-à-dire quand on ne branche rien (une impédance infinie) sur la sortie de la tête de lecture. En effet, cette dernière est affligée au plus haut point d'un horrible défaut : la résistance interne.

Elle est bien équivalente à un générateur ayant une force électromotrice de 1 V rms, mais qui aurait, en série avec ce générateur, un résistor dont la résistance est énorme (plus de $1 M\Omega$). Demandez à cette source de vous fournir un courant minuscule, fût-ce $2 \mu A$, elle en est incapable. L'auteur préfère toujours dire, à propos d'une source de ce type, qu'elle a « la » résistance interne, et non « une » résistance interne. Car cette résistance est un **fléau** des sources. Dit-on d'un malade qu'il a « une » peste ou « un » choléra ?

Voyons l'intérieur de l'amplificateur

Notre « petite tête » de lecture, atteinte au plus haut point de « résistance interne

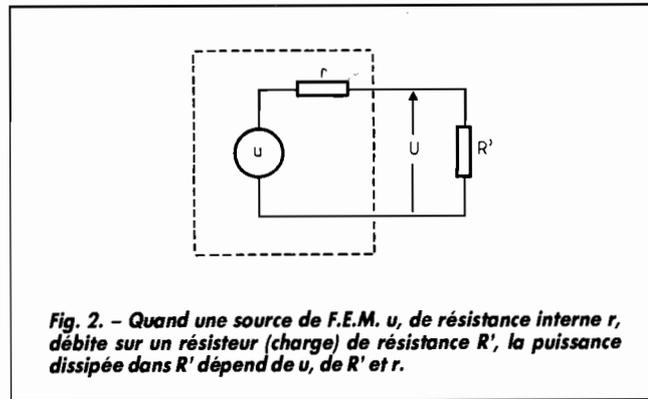


Fig. 2. - Quand une source de F.E.M. u , de résistance interne r , débite sur un résistor (charge) de résistance R' , la puissance dissipée dans R' dépend de u , de R' et r .

chronique », ne peut donc pratiquement envoyer dans le haut-parleur, qui est, pour elle, un court-circuit franc, qu'une intensité de $1 \mu A$, ce qui, dans 2Ω , représente une puissance de deux picowatts ! le silence obtenu s'explique donc très bien.

Va-t-elle donc envoyer une intensité plus forte dans l'entrée de notre amplificateur ? Non, au contraire, car ledit amplificateur ne le lui demande pas. Pour quelqu'un qui étudie l'amplificateur en se contentant de savoir ce qui se passe sur ses bornes d'entrée, tout se passe comme si ces bornes étaient reliées, à l'intérieur du rectangle, à un résistor de résistance R (éventuellement à travers un condensateur C). Et, dans le cas de l'électrophone évoqué ci-dessus, R vaut, par exemple, $10 M\Omega$. Autrement dit, pour chaque volt rms appliqué à son entrée, il consomme $0,1 \mu A$ rms. La tête de lecture, branchée sur une telle entrée, « ne se sent plus de joie », elle délivre donc à l'entrée une tension très proche du volt qu'elle donnerait à vide.

Et à la sortie de l'amplificateur, ne va-t-on pas retrouver cette « horrible résistance interne » ? A peine.

En effet, la sortie de l'amplificateur se présente comme un générateur de F.E.M. u , ayant une résistance interne r . Mais l'amplificateur a été conçu de façon telle que r est très faible (peut-être $0,05 \Omega$). Donc, sa tension de sortie, voisine de $0,45 V$, va envoyer dans la bobine de 2Ω les $0,225 A$ (oui, $225 mA$) qu'il réclame (voir ce qu'a dit là-dessus monsieur Ohm) sans en souf-

frir. Oui, la sortie de l'amplificateur « a la résistance interne », mais si peu qu'on pourrait la considérer comme « guérie ».

Donc, la tête fournit, à l'entrée de l'amplificateur, une puissance (puissance d'entrée, ou puissance d'attaque) correspondant à $0,45 V$ appliqué à $10^7 \Omega$. Calculez, cela fait environ $2 \cdot 10^{-8} W$. Avec $0,1 W$ en sortie, le gain en puissance est « seulement » de cinq millions (soit +67 dB).

Mais alors, comment concilier ce fait avec les -6,94 dB évoqués plus haut ? Tout simplement parce que le « matheux » qui avait calculé cette valeur ne tenait compte que du gain en tension de l'amplificateur. Or, pour augmenter la puissance d'un signal, on peut, évidemment, multiplier sa tension par un nombre supérieur à 1, mais on peut aussi le faire, sans augmenter sa tension (au contraire), en multipliant son **intensité** par un nombre élevé.

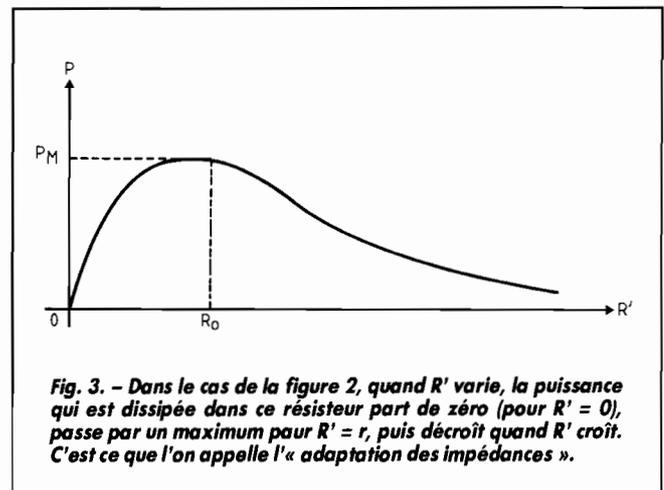


Fig. 3. - Dans le cas de la figure 2, quand R' varie, la puissance qui est dissipée dans ce résistor part de zéro (pour $R' = 0$), passe par un maximum pour $R' = r$, puis décroît quand R' croît. C'est ce que l'on appelle l'« adaptation des impédances ».

C'est la puissance qui compte !

Evidemment, ce que nous demandons c'est plus de **watts** en sortie qu'à l'entrée. Mais, dans de si nombreux cas, on est tellement obnubilé par le gain en tension qu'on ne pense plus qu'à lui.

Alors, si nous revenons à notre amplificateur de la figure 1, que faut-il pour qu'il soit réellement amplificateur ? La F.E.M., u , de la sortie est généralement exprimée comme le produit de e par le gain en tension, A , de l'amplificateur : $u = A e$.

Combien peut-il donner de puissance en sortie ? La question, vue ainsi, est plus complexe qu'on ne pourrait le penser.

Quand on connecte (fig. 2) un générateur de F.E.M. u et de résistance interne r sur un résistor extérieur, nommé « charge », de résistance R' , comment varie la puissance fournie dans la charge en fonction de R' ?

Quand R' est très inférieur à r , la source (encadrée en pointillé) est pratiquement mise en court-circuit. Elle débite un courant maximal, $i_M = u/r$, indépendant de R' . Donc, quand R' croît, la puissance dissipée dans R' , qui est :

$$P = R' (i_M)^2$$

en fait autant.

On dit alors que la charge est « attaquée en courant ».

Si à l'opposé, R' est très supérieur à r , la tension de sortie de la source est voisine de u .

La puissance dissipée dans R' , qui est :

$$P = u^2/R'$$

diminue quand R' augmente.

Autrement dit, la puissance dissipée dans R' varie comme le montre la courbe de la figure 3, passant par un maximum p_M , pour une certaine valeur R_0 de R' .

Un calcul (pas méchant) montre que :

$$R_0 = r \text{ et } p_M = u^2/(4r)$$

Autrement dit, la puissance maximale est obtenue quand la source est chargée par un résistor de résistance égale à la résistance interne r .

En se limitant à ce résultat, la puissance maximale délivrée en sortie par l'amplificateur de la figure 1 est :

$$p_M = (Ae)^2/4r = A^2 e^2/(4 \times r)$$

Quelle est la puissance p_1 appliquée à l'entrée ? Là, aucune difficulté, une tension e , appliquée à un résistor de résistance R , dissipe :

$$p_1 = e^2/R$$

Donc notre amplificateur « amplifiera » réellement quand p_M sera supérieur à p_1 , c'est-à-dire quand :

$$A^2 R/(4r) > 1$$

Cela dit, il n'est pas toujours possible (comme on le verra) de charger l'amplificateur par un résistor de résistance r , mais nous garderons tout de même notre définition de la puissance maximale de sortie (à petit signal).

N'oublions pas l'alimentation

Dans le schéma de la figure 1, il y a deux fils que l'on ne devrait pas oublier : ceux qui sont nommés « alimentation ». Il n'y a là que deux fils, mais il peut y en avoir plus, par exemple trois si l'on a deux sources de tension ayant un pôle commun.

Pourquoi ne faut-il pas oublier ces fils ? Tout simplement parce que la puissance de sortie de l'amplificateur (que l'on dit souvent - à tort - « fournie » par l'amplificateur) est, en réalité, fournie par l'alimentation.

C'est sans doute en raison de l'oubli trop fréquent de cette évidence qu'une notice de « poste-pendule », capable

de commander, par exemple, la mise en route d'une bouilloire à une heure choisie, insistait sur le fait que : « en aucun cas, la puissance disponible sur la prise commandée par le récepteur ne peut être supérieure à celle que fournit la prise de courant où le récepteur est branché ». Trop de gens ont, en effet, tendance à oublier que c'est l'alimentation (et non l'amplificateur) qui fournit la puissance de sortie. Il faut même noter que la puissance demandée aux sources d'alimentation est **supérieure** à la puissance de sortie, le rendement des étages de sortie d'un amplificateur étant toujours inférieur à l'unité (50 % maximum en classe A, 78 % maximum en classe B).

La différence entre la puissance consommée à l'alimentation et la puissance fournie en sortie est transformée en chaleur dans les étages de sortie.

Où l'on demande de la précision

Pour bien comprendre les emplois des amplificateurs opérationnels, il est nécessaire d'avoir une idée précise sur la réaction négative, et c'est ce que nous allons voir maintenant, par un exemple personnel de l'auteur.

On lui avait demandé (il y a maintenant plus de cinquante ans) de réaliser un amplificateur de gain 1 000 en tension, pour que, placé devant un voltmètre alternatif, allant de 0 à 10 V, il le transforme en un millivoltmètre, comme le montre la figure 4.

L'auteur, estimant que c'était « d'une facilité dérisoire », le réalisa avec des tubes (c'était avant les semi-conducteurs), en ajusta le gain à 1 000 avec le petit potentiomètre indiqué en P sur la figure 4... et considéra que c'était fini.

Mais l'instrument lui revint quelques semaines plus tard, son utilisateur estimant que la précision était médiocre, et que tout donnait une erreur de 15 %. Ledit utilisateur n'était pas abusivement critique, car le tout, essayé, montra que le

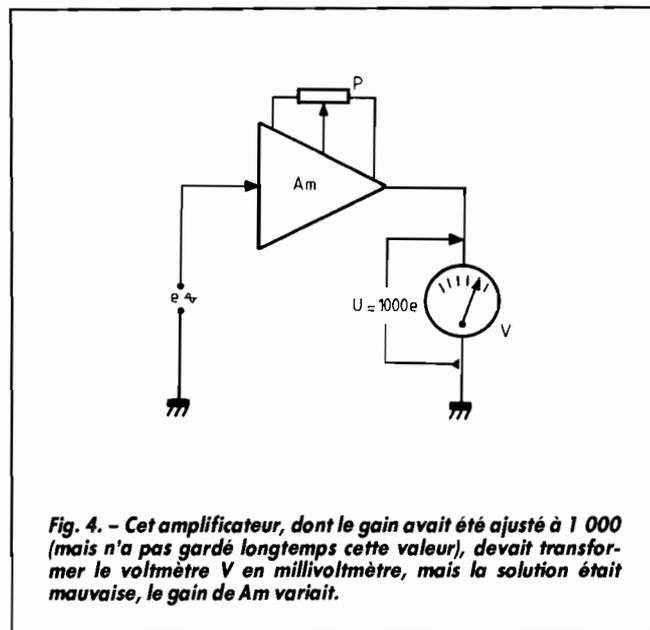


Fig. 4. - Cet amplificateur, dont le gain avait été ajusté à 1 000 (mais n'a pas gardé longtemps cette valeur), devait transformer le voltmètre V en millivoltmètre, mais la solution était mauvaise, le gain de A_m variait.

gain de l'amplificateur était tombé de 1 000 à 800, ce qui fait 20 % d'erreur.

L'auteur découvrit alors, avec accablement, que le gain d'un amplificateur est terriblement variable, en fonction de la tension d'alimentation, de l'alimentation, de l'âge des tubes, etc. Comme il fallait tout de même s'en sortir, il eut une idée « géniale » (si on ne fait pas sa « pub » soi-même, personne ne la fait pour vous) qu'il illustre la figure 5.

Une « fausse » contre-réaction

Dans les montages de l'époque, on disposait toujours d'une tension alternative de 6 V pour chauffer les cathodes. L'idée fut donc de l'employer pour « tarer » le gain de l'amplificateur.

Pour cela, une méthode consiste à comparer la lecture de cette tension directement sur le voltmètre, puis sa lecture après passage dans un diviseur de tension de rapport 1/1000 et par l'amplificateur : si les deux lectures sont égales, l'amplificateur a bien un gain de 1 000.

Pourquoi y gagne-t-on ? Tout simplement parce que le rapport 1/1 000 du diviseur de tension est bien déterminé ; il est connu avec précision et il est constant.

En effet, un diviseur de tension se réalise avec deux résistances. On trouve facilement des modèles de précision, auxquels on demande surtout de garder une résistance constante. Leur rapport reste donc remarquablement constant.

Si la température agit sur les valeurs de résistance des deux résistances, on peut, s'ils sont du même type, faire en sorte que son action soit la même sur les deux résistances, autrement dit que le rapport des résistances reste constant même quand la température change.

La figure 5 montre comment le tout est monté. L'essentiel est le commutateur K_1-K_2 , à deux circuits et trois positions.

Dans la position (1), la tension alternative h , d'environ 6 V rms, est appliquée directement au voltmètre V. Dans cette position, l'entrée de l'amplificateur A_m est à la masse, puisque cet amplificateur n'est pas utilisé.

Passons à la position (2). La tension h est alors appliquée au diviseur formé par R et $R' = 999 \times R$, et la tension $h/1 000$ est appliquée à l'entrée de A_m . Le voltmètre V est branché sur la sortie de A_m : si le gain de ce dernier est bien 1 000, on doit lire, sur V, la même valeur que dans la position (1).

Donc, en basculant le commutateur K de (1) vers (2) et de (2) vers (1), alternativement, on ne doit pas voir bouger l'aiguille de V (à part les « sauts » dus aux transitoires). La valeur de la lecture n'a pas d'importance, ce qui compte c'est qu'elle soit la même dans les positions (1) et (2).

Si ce n'est pas le cas, on retouche le tarage de gain, P, jusqu'à ce que l'on y arrive. Alors, le gain de Am est exactement l'inverse du rapport d'atténuation du diviseur, ce qui fait rigoureusement 1 000. L'idée est donc de « rejeter la précision hors de l'amplificateur », qui ne peut pas être à gain constant par lui-même. Le taux d'atténuation d'un diviseur à résisteurs est, en revanche, parfaitement défini et constant, aussi précis qu'on le désire.

Si l'on passe alors sur la position (3), la tension à mesurer, e, est appliquée à l'entrée de Am, dont la sortie, qui vaut donc 1 000 x e, est lue sur V. La seule chose que l'on suppose, c'est que le gain de Am est resté constant entre le moment où on l'a « taré » et celui où l'on fait la mesure. Il ne s'agit pas d'une hypothèse exagérément optimiste : le gain de Am varie dans le temps, certes, mais, en quelques secondes, il y a fort à parier qu'il variera très peu.

Un « asservissement » qui... implique un esclave

L'appareil réalisé selon le schéma de la figure 5 est donc un amplificateur dont le gain est « asservi », ramené à être l'inverse d'une atténuation. L'ennui de cette solution vient du fait suivant. Dans un servomécanisme « normal », les parties mécaniques qui doivent bouger sont mises en mouvement par un moteur ; il n'est pas nécessaire d'intervenir. L'« asservissement » de position de ces parties mécaniques se fait sans action de l'utilisateur.

Dans le montage de la figure 5, il y a bien, lors du tarage du gain, « asservissement » du potentiomètre P, mais la manœuvre de ce dernier est faite... par l'utilisateur. A l'extrême, si l'on veut vendre l'instrument à quelqu'un, on risque d'être obligé de lui vendre aussi... un esclave pour tourner P. C'est ce type d'asservissement que l'ingénieur en chef d'une grande entreprise d'électronique nommait irrévérencieusement : « Un servomécanisme beefsteak », parce qu'il impliquait l'intervention

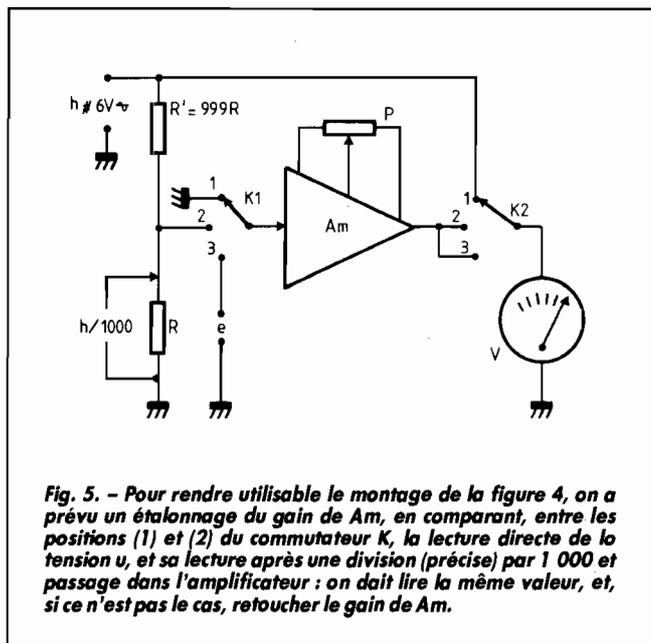


Fig. 5. - Pour rendre utilisable le montage de la figure 4, on a prévu un étalonnage du gain de Am, en comparant, entre les positions (1) et (2) du commutateur K, la lecture directe de la tension u, et sa lecture après une division (précise) par 1 000 et passage dans l'amplificateur : on doit lire la même valeur, et, si ce n'est pas le cas, retoucher le gain de Am.

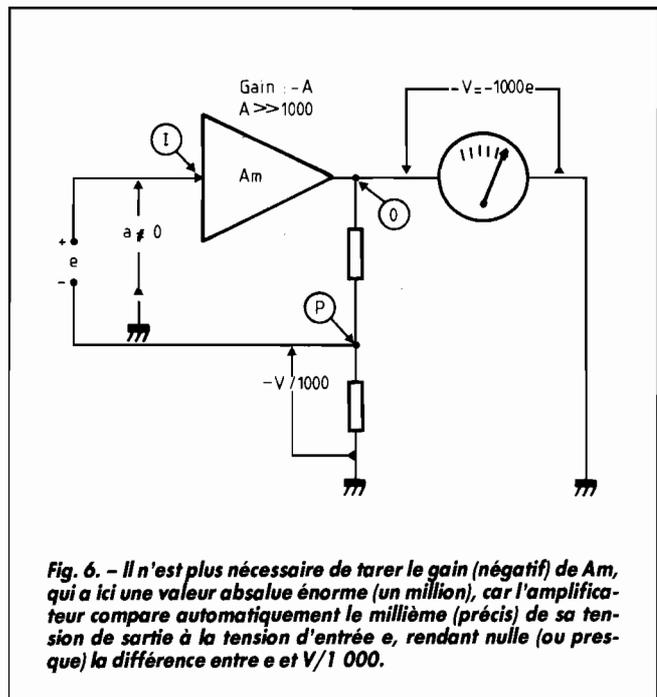


Fig. 6. - Il n'est plus nécessaire de tarer le gain (négatif) de Am, qui a ici une valeur absolue énorme (un million), car l'amplificateur compare automatiquement le millième (précis) de sa tension de sortie à la tension d'entrée e, rendant nulle (ou presque) la différence entre e et V/1 000.

des muscles (de la... viande) de l'utilisateur.

Si l'on pouvait se passer de l'esclave, cela serait bien plus économique, et éviterait des ennuis avec toutes sortes d'organisations humanitaires. Or, c'est faisable, et le schéma de la figure 6 montre une réalisation possible.

Le gain est... très grand

Nous allons supposer que l'amplificateur Am a un gain négatif, - A, la valeur de A étant considérable (plus du million).

Pour simplifier le raisonnement, nous allons supposer qu'il s'agit de tensions continues. L'exemple des figures 4 et 5 s'appliquait à de l'alternatif et ne supposait rien en ce qui concerne le déphasage du signal de sortie par rapport au signal d'entrée.

Mais, puisqu'il s'agit d'un asservissement ne faisant plus intervenir l'opérateur, nous rencontrons des exigences supplémentaires.

Donc, pour commencer, nous supposons que, dans la figure 6, toutes les tensions sont continues.

L'amplificateur A a un gain négatif, supérieur au million en

valeur absolue. Autrement dit, pour rendre le point (O) négatif de 3 V (par exemple) par rapport à la masse, il suffit de porter le point (I) à un potentiel positif, a, de moins de 3 μV par rapport à la masse.

Ce potentiel est si faible que nous pouvons, en première approximation, le considérer comme négligeable.

Le diviseur de tension R-R', de rapport 1/1 000, permet de disposer en (P) d'un point dont le potentiel par rapport à la masse est : -V/1 000

en désignant par - V la valeur (supposée ici négative) du potentiel de (O) par rapport à la masse.

La source de tension à amplifier, donnant une différence de potentiel e entre ses bornes, comporte deux sorties indépendantes de la masse. Nous connectons son pôle négatif au point (P) et son pôle positif en (I).

On voit tout de suite que, en procédant ainsi, le potentiel a du point (I) est égal à : a = e - V/1 000, d'où : e = V/1 000 + a

Le point crucial de la démonstration

O, et c'est là qu'est la clef de toute l'explication, le

terme a est négligeable par rapport à $V/1\ 000$.

En effet, a est inférieur à $V/1\ 000\ 000$, c'est-à-dire inférieur au millième de $V/1\ 000$.

Il n'y a qu'un pas à franchir : franchissons-le et écrivons que :

$e = V/1\ 000$, soit $V = 1\ 000 \times e$

Nous avons donc bien un gain de 1 000, sans tarage, sans intervention de l'opérateur, à la seule condition que le gain de A_m soit, en valeur absolue, très grand par rapport à 1 000, pour que l'on puisse valablement négliger V/A par rapport à $V/1\ 000$.

Là encore, le nombre 1 000 vient du rapport :

$(R' + R)/R = 1 + R'/R$

Il ne dépend que d'un rapport de résistances, il peut donc être aussi précis que l'on veut. L'auteur est persuadé que certains lecteurs ne sont pas encore convaincus de la validité

du raisonnement ci-dessus, se sentant (à tort) « réfractaires aux maths ».

Reprenons les choses dans des cas plus pratiques. Nous supposons tout d'abord que le gain de A_m soit exactement d'un million en valeur absolue. Pour avoir une tension $-V$ qui vaille exactement $-1\ V$, il nous faut donc une tension d'entrée a qui soit de $+1\ \mu V$ exactement, donc, puisqu'il y a un potentiel de $-1\ mV$ en (P), une tension e vaut :

$1\ \mu V + 1\ mV = 1,001\ mV = 0,001\ 001\ V$.

Le gain $(-V)/e$ est donc : $1/0,001\ 001 = 999$ presque exactement.

Supposons que, maintenant, le gain de l'amplificateur tombe de 1 000 000 à 500 000 (il a diminué de moitié !), il faudra donc un a de $2\ \mu V$ pour avoir V de $-1\ V$, mais il y aura toujours $-1\ mV$ au point (P), donc e devra valoir :

$2\ \mu V + 1\ mV = 1,002\ mV = 0,001\ 002\ V$

et le gain $(-V)/e$ sera donc : $1/0,001\ 002 = 998$ presque exactement

Donc, une diminution de 50 % du gain de A_m a entraîné une diminution de 0,1 % du gain entre e et $-V$.

On pourra objecter que ce gain $(-V)/e$ n'est pas exactement 1 000, ni dans le premier cas ni dans le second. En toute rigueur, c'est vrai, mais l'erreur est de un pour mille dans le premier cas, deux pour mille dans le second, alors, n'allons pas prendre des taupinières pour des montagnes ! Et même, si l'on désire un gain plus proche de mille, rien n'empêche de « tricher » imperceptiblement sur le rapport R'/R . Nous l'avons pris égal à 999 : si on le pousse à 1 001,5, le gain $(-V)/e$ sera égal à 1 000,5 pour un gain A d'un million et à 999,5 si A tombe à 500 000.

L'idée utilisée ici consiste donc à **retrancher** de la tension e (en valeur absolue) un **millième** de la **tension de sortie V** , pour appliquer la **différence** $e - V/1\ 000$ à l'entrée. L'amplificateur A_m devient un « **détecteur de zéro** » : il se contente d'agir de façon telle que la **différence** $e - V/1\ 000$ soit ramenée à une valeur **presque nulle**.

Autrement dit, l'amplificateur « pilote » sa tension de sortie, la faisant varier jusqu'à ce que sa tension d'entrée soit nulle, c'est-à-dire jusqu'à ce que le millième de sa tension de sortie soit de même valeur que e .

On ne lui demande donc pas d'avoir un gain **précis** (ce qui est très difficile à obtenir), mais simplement d'avoir un gain **très grand**, ce que l'on réalise facilement.

(à suivre)

J.-P. OEHMICHEN

B L O C - N O T E S

MINI MAXI

Très complète, la mini-chaine Aiwa, NSX-D9, avec ses quatre éléments séparés pilotables par une télécommande infrarouge. L'ampli $2 \times 45\ W$ (plus $2 \times 15\ W$ surround) est un processeur numérique à trois ambiances programmables, intégrant un égaliseur-analyseur graphique à sept bandes, un expanseur de dynamique « BBE » et un convertisseur N/A réglable sur 48, 44,1 ou 32 kHz. Le tuner possède 20 présélections et un chronoprommateur. Le double cassette avec Dolby B et C peut être asservi au CD. Ce dernier utilise une conversion 1 bit et un programmateur complet avec calendrier. Les enceintes trois voies ont un blindage antimagnétique permettant de les placer contre la chaîne ou près du téléviseur.



Distributeur : Aiwa France, 12, avenue Arago, Z.I. Le Val, 91420 Morangis. Tél. : (1) 69.34.77.00.