

# L'art de la mesure en électronique

(Suite, voir Le Haut-Parleur n<sup>os</sup> 1800, 1801 et 1802)

**Derniers détails sur certaines particularités du secteur, qui nous amèneront à des méthodes de mesures de courant et de tension. Avec toute la rigueur que permettent les sondes.**

## Le boîtier « rugueux »

Un bon moyen de vérifier ce qui vient d'être dit est fourni par un effet de l'électricité peu connu ! L'« effet Johnson-Rahbeck », qui modifie le coefficient de frottement entre deux corps en fonction du champ électrique entre ces corps.

Supposons un appareil alimenté par le secteur, par une fiche à deux fils (sans terre), et ayant, en un point donné, qui peut être son boîtier, une surface métallique, éventuellement recouverte d'un isolant (peinture par exemple).

On branche l'appareil, et l'on met les doigts sur la surface métallique. Celle-ci ne doit, en aucune façon, être reliée à un des fils du secteur : si l'instrument vous tuait, vous auriez légalement le droit d'attaquer en justice celui qui l'a réalisé.

Si les doigts sont immobiles, on ne sent absolument rien. On fait alors glisser doucement les doigts sur la surface métallique, et l'on a l'impression que cette dernière est un peu « rugueuse », ou bien qu'elle est affectée d'un petit frémissement.

Vous venez donc de vérifier que cette surface est à un certain potentiel alternatif par rapport à la terre. Comme vous êtes relié à la terre par un condensateur (votre capacité par rapport à la terre, soit de 80 à 500 pF suivant la nature du sol, de vos semelles, etc.) vous êtes donc à un potentiel alternatif différent de celui du boîtier.

Donc, la variation au cours du temps de la différence de potentiel entre vos doigts et le boîtier provoque une variation du coefficient de frottement de vos doigts sur le boîtier : dès qu'il y a glissement, on le détecte.

Il est alors intéressant de recommencer cet essai en retirant la fiche de la prise de courant, en la retournant et en la rebranchant : il est fréquent que l'on constate une diminution (ou une augmentation) de cette sensation de « rugosité ».

Il va de soi que, si l'instrument est muni d'une fiche à trois fils (dont une terre) et que la prise de courant où on le branche est également à trois connexions, il n'y a plus rien de sensible sur le boîtier.

## La mesure sur le neutre

Supposons que vous ayez repéré, d'après la méthode indiquée, que votre distribution EDF était bien faite avec une phase et un neutre, et que vous ayez identifié le fil de neutre. Il semble alors tout à fait normal de faire la mesure sur ce fil, puisqu'il est au potentiel de la terre.

C'est presque vrai, et, si l'on peut effectivement connecter l'ampèremètre du côté « neutre », c'est préférable. Mais n'allez quand même pas croire que ledit neutre est exactement au potentiel de la terre. Il suffit de connecter un voltmètre entre le neutre et la broche de terre dans votre prise de courant pour voir apparaître une petite tension (souvent moins d'un volt).

On peut aussi insérer, dans le retour vers le neutre, un résistor de faible valeur, aux bornes duquel la chute de tension ne dépassera pas 0,2 V RMS. Quel en est l'intérêt ? On va pouvoir ainsi avoir une idée de la « forme d'onde en intensité », autrement dit de la courbe

nous donnant la variation de l'intensité en fonction du temps.

Il s'agit là d'une notion fort peu répandue. Déjà, la mesure d'intensité est de celles que le technicien évite, alors, la recherche de la loi selon laquelle cette intensité varie dans le temps semble trop difficile, et on la juge souvent sans intérêt.

Or il est souvent très instructif de pouvoir faire apparaître, sur l'écran d'un oscilloscope, une courbe qui nous dit comment l'intensité varie en fonction du temps. Demandez à des techniciens quelle est la forme d'onde que l'on doit normalement voir. Il y a de fortes chances que 99 % d'entre eux vous répondent « une sinusoïde, évidemment ».

S'ils avaient eu l'occasion de regarder cette forme d'onde, ils auraient eu bien des surprises (et ils auraient trouvé l'explication de certains fonctionnements anormaux). En effet, on trouvera bien une sinusoïde si l'appareil alimenté est purement résistif (une lampe de forte puissance, un radiateur électrique sont dans ce cas), mais il est plus fréquent de trouver une loi de variation tout à fait différente.

## Comment observer la forme d'onde en intensité

Nous avons évoqué un petit résistor dans le fil de retour vers le neutre. Donc « il n'y a qu'à » afficher sur l'oscilloscope la tension aux bornes de ce résistor. Comme toujours, le « il n'y a qu'à » est dangereux.

En effet, soit un branchement comme celui de la figure 12. L'appareil alimenté par le secteur est parcouru par un courant qui, aux bornes de  $r$ , donne une tension de 0,1 à 0,2 V RMS (on a choisi la résistance de  $r$  pour qu'il en soit ainsi, connaissant l'intensité RMS qui passe dans l'appareil).

## Que disent les formes d'onde en intensité ?

Comme nous l'avons dit plus haut, l'intensité ne varie, suivant une loi approximativement sinusoïdale que si l'appareil alimenté est purement résistif. Mais il arrive souvent que l'on voit une loi d'intensité ayant la forme qu'indique la figure 14.

Un tel aspect est caractéristique : le courant circule dans un transformateur dont le fer est un peu trop saturé. En effet, quand l'intensité augmente, la saturation du noyau de fer augmente, ce qui a tendance à réduire la perméabilité des tôles, donc le coefficient de self-induction, augmentant, de ce fait, la vitesse

thermique, a une température qui varie cent fois par seconde, passant par un maximum quand l'intensité est maximale (positive ou négative). La résistance du filament variant comme sa température, on comprend alors que la courbe ait des parties presque plates en haut et en bas.

## Transformateurs d'intensité

Pour les mesures d'intensité en alternatif, il y a une méthode qui devrait séduire ceux que l'idée de couper un fil refroidit : l'utilisation des appareils « à pince ».

ties que l'on peut séparer, constituant les deux « mors » de la pince, s'appliquant exactement l'une contre l'autre.

Cette solution est généralement limitée à la mesure des intensités très élevées. Etant donné la facilité d'utilisation, on a étendu les gammes possibles, et il y a maintenant des ampèremètres alternatifs à pince qui mesurent les intensités à partir de 0,5 A.

Le transformateur d'intensité pourrait sembler une solution quasi parfaite pour observer des formes d'onde en courant, mais son utilisation est alors délicate, si l'on veut être sûr de ne pas altérer la forme d'onde par des problèmes de magnétisme rémanent, d'hystérésis du noyau et de saturation magnétique.

Fig. 14. — Une telle forme d'onde en courant indique généralement la présence d'une saturation d'un noyau magnétique.

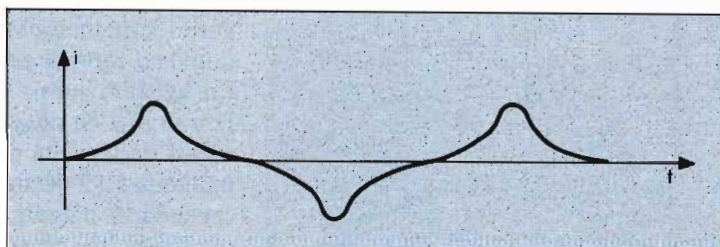
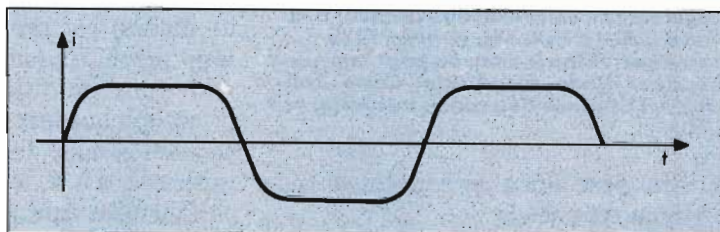


Fig. 15. — A l'opposé, un aplatissement des sommets de la sinusoïde indique souvent la présence d'une ampoule à incandescence, dont la résistance de filament varie au cours de la période.



de croissance de l'intensité. Il est alors intéressant de comparer les formes d'onde en intensité de différents appareils munis de transformateurs, pour voir à partir de quel point les « lancées » de la figure 4 sont normales.

Il faut signaler que plusieurs causes viennent compliquer la forme d'onde de la figure 14, entre autres la présence de redresseurs sur le secondaire du transformateur. En effet, l'intensité débitée dans les diodes est généralement faite de pointes de courte durée et de forte amplitude, qui se répercutent au primaire. A l'opposé, une forme d'onde comme celle de la figure 15 indique que la résistance dynamique de ce que l'on alimente augmente quand l'intensité croît. Ce sera, par exemple, le cas d'une ampoule à incandescence de faible puissance : son filament, de faible iner-

L'idée qui a permis la réalisation de tels ampèremètres est la suivante. Si l'on réalise un transformateur dans le primaire duquel ( $N$  tours) passe un courant d'une intensité  $i$  et que l'on charge son secondaire ( $N'$  tours) par un résistor, on aura, dans  $R$ , une intensité  $i N/N'$ .

En réduisant le primaire à un « tour », on a une intensité secondaire  $i/N'$ . En fait, comme « tour », on utilise simplement le passage d'un fil dans le trou d'un noyau torique. C'est sur le tore que l'on a bobiné les  $N'$  tours du secondaire.

Si l'on se limitait à cette solution, ce ne serait pas tellement commode : il faudrait quand même couper le fil dans lequel on veut mesurer l'intensité, pour le faire passer dans le trou du tore. On a donc fractionné ce dernier en deux par-

## L'oscilloscope

Pour tout électronicien, l'oscilloscope est réellement l'appareil clef, l'instrument royal. Les renseignements que peut donner la simple observation d'une courbe sur l'écran du tube cathodique sont souvent irremplaçables. Mais, là encore, il est fréquent que l'on ne tire pas tout le parti que l'on peut espérer de ce fabuleux instrument.

Revenons un peu sur la question des sondes. On voit encore trop souvent des étudiants (ou des techniciens plus ou moins confirmés) qui relient leur oscilloscope à l'appareil en cours de mise au point par des fils ordinaires. A de rares exceptions près, c'est là une façon de faire déplorable, qui réduit énormément la validité des mesures faites.

Nous avons déjà vu, à propos des mesures de tension, l'effet d'un simple cordon relié en un point du montage. Nous avons précisé qu'il était perturbateur et perturbable, allant souvent jusqu'à empêcher le montage étudié de fonctionner correctement.

La chose est encore plus typique pour l'oscilloscope que pour les cordons du voltmètre : étant donné que l'on cherche à voir une forme d'onde, il va de soi que le point que l'on veut relier à l'oscilloscope comporte une composante alternative de tension. On va donc perturber cette composante par la capacité parasite du fil, rayonner vers le reste du montage des composantes pour lesquelles

comportent presque tous un bouton de réglage progressif du gain, qui « doit » se trouver en fin de course, en position « étalonné ».

Mais, comme disait B. Russel : « L'inattendu ? C'est ce qui finit toujours par se produire. » Donc, il arrivera forcément un jour où votre réglage de gain ne sera pas en position « étalonné », et où, en vous fiant aux mesures de tension, vous conclurez que telle tension a une valeur totalement inexacte. L'oscilloscope, au lieu d'être un merveilleux auxiliaire, vous « ennuiera avec de l'erreur », comme on le dit souvent.

Cette vérification systématique semblera totalement inutile à beaucoup. Souhaitons qu'ils réfléchissent à la rigueur avec laquelle les pilotes d'avion énumèrent les points successifs de leur « check list » avant chaque décollage. Ces gens ne sont pourtant pas plus bornés que nous autres électroniciens. Alors, faites comme eux : à chaque mise en route, un petit essai de la sonde (bien réglée, sensibilité étalonnée) et un coup d'œil sur le bouton de réglage progressif de la base de temps : lui aussi doit être en position « étalonné ».

L'auteur fait des cours dans une école d'électronique du Nord et a reçu trop souvent des doléances d'étudiants qui s'étaient fait « coller » à un examen parce qu'ils n'avaient pas passé en revue les points de « check list » que nous avons évoqués. Et il s'agit d'étudiants de bon niveau, attentifs et soigneux.

### Perdre vingt décibels, Quelle horreur !

Souvent, les possesseurs d'oscilloscopes ont une certaine animosité à l'égard de la sonde : « C'est tout de même malheureux ! j'ai un appareil très sensible, la première échelle étant de 1 mV par carré, et il faut que je divise la sensibilité **par dix**, que je perde 20 dB ! »

Aucun doute, il le faut (sauf si c'est absolument dramatique, ce qui est plus rare qu'on ne le croit). Ne nions pas l'évidence : il est un peu triste de renoncer à la sensibilité maximale de l'amplificateur de déviation Y, mais « ce revers a une telle médaille » que cela en vaut la peine.

Pensez un peu que l'impédance d'entrée de l'oscilloscope muni de sa sonde est passée, pour la partie résistive, de 1 M $\Omega$  à 10 M $\Omega$ , et que pour la partie capacitive, on arrive souvent à moins de 6 pF. En outre, la connexion entre l'appareil et l'oscilloscope est faite d'une façon telle qu'elle n'est ni perturbable ni perturbatrice.

Ceux qui débutent dans la pratique de l'oscilloscope disent souvent qu'il serait bien meilleur, au lieu d'une sonde passive, divisant par dix la tension, d'avoir une « sonde active », avec un petit amplificateur de gain unité dans la sonde.

### Les sondes actives

Nous ne nierons pas l'intérêt de telles sondes, dans le cas des tensions exceptionnelles faibles. Oui, avec un tel engin, on garde la totalité de la sensibilité, mais... à quel prix.

D'abord du point de vue... basement matériel, de telles sondes sont coûteuses. Elles doivent souvent être accompagnées d'une petite alimentation, fournissant à l'amplificateur, dans la sonde, les tensions nécessaires (sauf dans le cas où l'oscilloscope est prévu pour recevoir une telle sonde, et possède une embase, où l'on connecte la fiche d'alimentation de la sonde).

Généralement, si miniaturisé que soit l'amplificateur dans la sonde, il prend plus de place que le simple résistor de 9 M $\Omega$  et le condensateur C'' : la sonde est plus volumineuse et plus lourde qu'une sonde passive au dixième.

Enfin, et surtout, la sonde active a un défaut grave : **elle ne supporte qu'une tension d'entrée limitée**, au-delà de laquelle il y aura une distorsion du signal (et, éventuellement, un danger pour la sonde).

« Qu'à cela ne tienne ! » diront les défenseurs de la sonde active, « c'est une sonde prévue pour les tensions faibles ». Nous ne nions pas l'évidence, mais il ne faut pas oublier que l'oscilloscope a l'immense avantage d'être un instrument un peu **universel**. S'il faut, chaque fois que l'on change de gamme de tensions à observer, changer la sonde, l'utilisation de l'appareil devient vite très fastidieuse.

La sonde passive, elle, convient pour

une gamme de tensions d'entrée allant de 50 mV cr/cr à 600 V cr/cr. Au fond, il faudrait, pour que l'emploi de la sonde soit vraiment pratique, disposer d'un oscilloscope à **trois** canaux, dont un, muni en permanence d'une sonde active, serait réservé aux tensions très faibles. Un constructeur d'oscilloscopes entendra-t-il notre souhait ?

Un très grand réalisateur d'oscilloscopes, en un temps où les sondes passives n'étaient pas aussi répandues que de nos jours, avait réalisé une sonde active (à tubes, donc lourde, encombrante, chauffant dans la main). Comme cette sonde ne pouvait supporter sans distorsion plus de 0,5 V rms, il avait prévu des atténuateurs passifs, que l'on emboîtait au bout de la sonde, chacun de 20 dB.

L'idée n'était pas mauvaise, mais la sonde, avec plusieurs atténuateurs de ce type, arrivait à un volume (et surtout à un poids) prohibitif. L'auteur se souvient encore avec horreur des montages que l'on devait « étayer », pour que le poids de la sonde ne les entraîne pas dans des chutes catastrophiques.

### Le commutateur de sonde

Les sondes passives au dixième sont maintenant très répandues. On en trouve de bonnes pour des prix avoisinant le plein d'essence d'une Clio. Elles sont souvent munies d'un commutateur glissant, sur la sonde, à trois positions : 1, 1/10, masse.

Dans la position « 1/10 », elle est la sonde normale. La position « masse » permet de court-circuiter l'entrée de l'oscilloscope, pour voir où se situe la trace en l'absence de tension (on le voit mieux de cette façon qu'en déconnectant simplement la sonde, car, vu la grande impédance d'entrée, la sonde « en l'air » peut collecter facilement un signal parasite.

Reste la position « 1 ». Elle n'est à utiliser qu'exceptionnellement. En fait, dans cette position, le résistor de 9 M $\Omega$  de la sonde est court-circuité. On a donc un simple fil blindé reliant le montage à l'oscilloscope.

Un tel fil ne sera pas trop perturbable, le blindage externe le protège contre les

actions électrostatiques. Mais il sera, très souvent, fortement perturbateur. En effet, dans la position « 1 » de la sonde, l'impédance d'entrée est de  $1\text{ M}\Omega$  en parallèle avec  $C + C'$  (voir figure 16), ce qui va souvent monter à  $60\text{ pF}$  ou plus.

Autrement dit, cette position « 1 » doit être considérée comme un pis-aller. Si, réellement, la déviation verticale du spot est insuffisante en position 1/10, on peut se faire une idée (en la sachant imprécise) de la forme d'onde par emploi de la position « 1 ». Il faut savoir que, alors, on a de fortes chances de perturber nettement le phénomène que l'on veut étudier. On risque même de gêner (ou empêcher) le fonctionnement du montage.

### Et les sondes « en courant » ?

Les sondes d'oscilloscopes sont prévues pour l'observation des formes d'ondes de tension (courbe de variation de tension en fonction du temps). Nous avons vu plus haut qu'il pouvait être intéressant de connaître la loi de variation d'une **intensité** en fonction du temps. Evidemment, la solution indiquée (un résistor de faible résistance dans le circuit, aux bornes duquel on examine la tension) est possible.

Il serait bien plus intéressant de disposer d'une sonde spéciale, avec une pince que l'on refermerait autour du fil dans lequel passe l'intensité dont on veut connaître la variation.

Or de telles sondes existent. Elles sont d'une structure très complexe, utilisant une plaquette à effet Hall et un transformateur d'intensité.

Rappelons que l'effet Hall consiste dans l'apparition, entre deux points d'une plaquette de silicium parcourue par un courant, d'une différence de potentiel proportionnelle au champ magnétique auquel la plaquette est soumise. C'est un capteur de Hall qui est chargé d'assurer la transmission de la composante continue de l'intensité.

Le transformateur d'intensité « prend le relais » de la plaquette de Hall au-delà d'une certaine fréquence. Ces sondes sont évidemment remarquables, mais leur grave inconvénient est leur

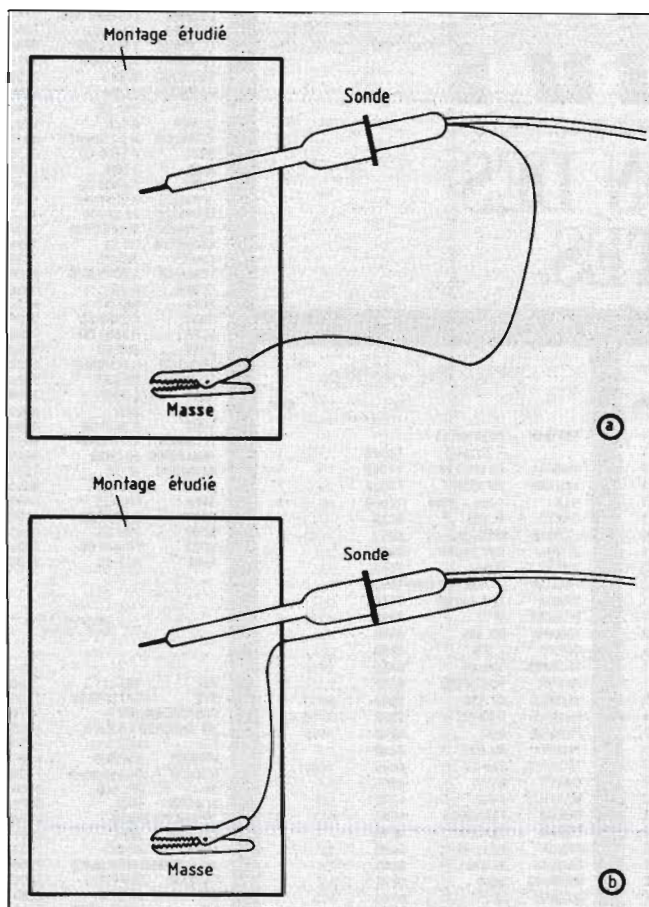


Fig. 18. La bonne (a) et la mauvaise façon (b) de disposer le fil de masse, de manière à éviter de faire une boucle.

prix... astronomique. Nous ne pouvons que souhaiter une simplification de leur structure, conduisant à une généralisation de ces sondes, qui seraient d'un intérêt considérable dans les mises au point des appareils.

Les oscilloscopes munis de telles sondes ont, sur leur face avant, un signal d'étalonnage. Il ne s'agit plus, cette fois, d'un point où l'on trouve, par rapport à la masse, une tension variant suivant une loi en signaux carrés, mais d'un fil dans lequel passe une intensité connue, variant suivant une loi en signaux carrés. On s'en sert pour vérifier et étalonner les sondes en courant.

### Où brancher la masse dans un oscilloscope ?

Pour terminer ce survol des problèmes de mesure, revenons sur les sondes en tension, divisant le signal par dix, pour revoir ce qui concerne la connexion de « masse », beaucoup moins évidente qu'on ne le croit généralement.

Souvent, dans un montage que l'on étudie, il y a une connexion « de masse ». On a normalement l'idée de la connecter par un cordon à l'entrée « masse » de l'oscilloscope. Or il s'agit là d'une **très mauvaise idée**.

Quand on utilise la « méthode horrible » de connexion de l'oscilloscope, à savoir l'emploi d'un cordon ordinaire non blindé, allant du point à étudier à l'entrée de l'amplificateur de déviation Y, il est bien évident qu'il faut aussi un autre cordon, reliant la masse de l'appareil à celle de l'oscilloscope. Mais nous insistons bien sur le fait qu'il s'agit là de la « méthode horrible », sans sonde.

Toute sonde passive de bonne qualité a un fil de masse, près de la pince, avec laquelle on met le point à étudier en connexion avec la sonde. Il est **essentiel** d'utiliser ce fil de masse, à l'exclusion de tout autre, pour raccorder à l'oscilloscope la masse du montage étudié.

Pourquoi ne pas utiliser un simple cordon ? Parce que ce dernier constitue, avec le blindage du cordon de la sonde,

une **boucle**, dans laquelle les champs magnétiques alternatifs parasites vont induire des tensions.

Vous pensez peut-être qu'il n'y a pas de champs magnétiques parasites autour de vous. Détrompez-vous : votre oscilloscope lui-même en produit un peu, par le rayonnement de son transformateur d'alimentation. Les tubes fluorescents qui vous éclairent en font autant, ainsi que tous les moteurs, téléviseurs, moniteurs d'ordinateur et les émetteurs de radiodiffusion de grande puissance. Tous ces champs magnétiques induisent alors des tensions parasites, qui s'ajoutent à celle que vous voulez étudier, et la déforment horriblement. On arrange déjà un peu les choses en rapprochant le plus possible le cordon de masse du fil blindé de la sonde.

Il est bien plus simple d'utiliser le fil de masse de la sonde. Là, on n'aura aucune tension parasite induite (et encore, il faut faire attention à minimiser la surface de la « boucle » faite par le fil de masse de la sonde et la sonde elle-même : la figure 18 montre la bonne (a) et la mauvaise (b) façon de disposer ce fil).

### Les « masses douteuses »

Pour un débutant, « la masse est un conducteur dont tous les points sont au même potentiel ». Si seulement c'était vrai ! En réalité, les conducteurs de masse sont presque toujours parcourus par de nombreux courants (la masse et le pôle commun de nombreux circuits). Or le conducteur de masse n'a ni une résistance nulle ni un coefficient de self-induction nul.

Parlons de la résistance. Dans un circuit imprimé, la couche de cuivre a généralement une épaisseur de  $35 \mu\text{m}$  (soit, en gros, un trentième de millimètre). Dans ces conditions, un ruban de  $0,5 \text{ mm}$  de largeur a une résistance d'environ un ohm par mètre. Si sa largeur est de  $1 \text{ mm}$ , la résistance n'est plus que de  $0,5 \Omega/\text{m}$ .

Mais, même dans ce dernier cas, un ruban d'une longueur de  $10 \text{ cm}$  représente  $0,05 \Omega$ . Un courant dont l'intensité est de  $150 \text{ mA}$  y produit donc une chute de

tension de  $7,5 \text{ mV}$ . On a vite fait d'envoyer de tels courants dans une connexion de masse (surtout s'il s'agit de « pointes de courant »).

La self-induction peut nous jouer des tours pires encore. Un fil droit représente un coefficient de self-induction voisin de  $0,2 \text{ nH/cm}$ , donc  $10 \text{ cm}$  de fil font environ  $2 \text{ nH}$ . On pourrait croire que : « deux nanohenrys, c'est minuscule, cela ne doit avoir aucun effet. » On se tromperait lourdement : un courant alternatif d'une fréquence de  $16 \text{ MHz}$ , passant dans ce fil, produit, à ses bornes, une tension de  $0,2 \text{ Vrms}$ . Oui, vous avez bien lu : **deux cents millivolts**.

Pour vous convaincre que c'est vrai, faites donc une série de mesures sur un circuit fonctionnant à une fréquence assez élevée, en connectant le fil de masse de la sonde en un point donné de la connexion « masse » du circuit.

Piquez maintenant la sonde en différents points du fil nommé « masse » : vous aurez une surprise désagréable en voyant que la trace de votre oscilloscope, au lieu de rester bien sagement une ligne verte, plate et horizontale, vous montre des formes d'ondes... regrettables, de quoi vous faire dresser les cheveux sur la tête (en supposant que vous en ayez plus que l'auteur de ces lignes, ce qui n'est pas difficile !).

Dans ces conditions, il est quelquefois bien délicat de choisir le pont où l'on va connecter le fil de masse de la sonde. Il est bon de procéder à quelques essais, pour déterminer le point de connexion qui donnera le minimum de signaux parasites.

C'est d'ailleurs bien pour cela que les bons « circuitiers » savent comment « chaîner » les connexions de masse, en évitant les circulations de courants entre deux points « sensibles ». Aussi, ne considérez pas que le concepteur d'un appareil a trop bu si vous voyez un fil isolé aller chercher la masse en un point très éloigné, alors qu'il y en a une tout près.

### Un trait de scie « à supprimer »

L'auteur citera, pour terminer, une anecdote personnelle. Il travaillait (il y

a longtemps de cela) dans un grand centre d'électronique, et ledit centre venait de recevoir un superbe oscilloscope d'une marque célèbre, qui enthousiasmait les ingénieurs du laboratoire, car il représentait un grand progrès par rapport aux instruments précédents.

En ouvrant l'appareil pour repérer certains détails, un des techniciens du groupe remarqua, dans le châssis de l'engin, une découpe à la scie, fendait presque complètement le châssis en deux dans le sens de la longueur. Cette découpe était très inesthétique, pratiquée d'une façon quasi artisanale.

Les gens du laboratoire n'auraient pas dû s'en étonner. Les Américains (surtout à l'époque) avaient coutume de ne pas « figoler » la présentation de leurs appareils là où cela ne se voit pas, dans la mesure, évidemment, où cet aspect « rustique » ne diminue en rien la qualité de l'instrument.

Pensant que c'était regrettable d'avoir un instrument dont le châssis avait subi (sûrement par accident !) une attaque injustifiée à la scie, un des membres de notre groupe, armé « de bonnes intentions et d'un fer à souder » (comme aurait dit Pierre Dac), se mit à « réparer la casse », en soudant sur le châssis, dans la zone de la fente, une plaque qui le consolidait.

L'oscilloscope fut refermé, mis en marche, et nous avons alors constaté avec horreur que, quand on commutait son entrée sur les sensibilités élevées, il y avait un « ronflement » parasite. Le terme de ronflement est mal choisi, car on n'entendait évidemment rien, mais la trace, au lieu d'être plate, présentait une « sinuosité » à  $50 \text{ Hz}$ .

Une question fut tout de suite posée : « Ce n'est tout de même pas en réparant la fente que nous avons introduit ce ronflement ? » Mais, comme on ne voyait pas d'autre explication, l'engin fut rouvert, la plaque de renforcement dessoudée... et le ronflement disparut.

Le trait de scie, malgré son aspect quasi « accidentel », était, en réalité, parfaitement voulu et prémédité. Il empêchait une circulation de courants parasites dans le châssis, circulation qui se traduisait par ledit « ronflement ».

J.-P. Cehmichen