

12^F

N° 1679
AVRIL 82
LVII^e ANNÉE

LE HAUT-PARLEUR

JOURNAL DE VULGARISATION

ISSN 0337 1883

HI-FI.AUDIO.VIDEO.ELECTRONIQUE.ARGUS.CB.

Le nain jaune



MINI 808

DOSSIER
DU MOIS

MESURE

REALISATION :

- Votre multimètre numérique 20.000 points

HIFI :

- Réalisez votre amplificateur 2 x 80 W (2^e partie et fin).
- Réalisez un crêtemètre stéréo 2 échelles. 8 diodes Led.

VIDEO :

- L'adaptateur UHF N/B pour monitor DMV2

MICRO INFORMATIQUE :

- La carte CPU.09.

AIWA. La vraie couleur du son.

AIWA[®]

BELGIQUE : 97 F.B. • ITALIE : 4000 LIRE\$ •
CANADA : 2,25 \$ • SUISSE : 6 F.S. • TUNISIE :
1,38 DIN • ESPAGNE : 275 PTAS.

DE L'UTILISATION D'UN MULTIMETRE NUMERIQUE

DEPUIS quelques années, le multimètre numérique remplace de plus en plus le traditionnel contrôleur à aiguille, lequel semble inexorablement voué à prendre place au musée des antiquités ! Les caractéristiques du multimètre numérique sont en effet suffisamment persuasives pour expliquer son succès.

En tout premier lieu, on peut signaler leur grande facilité de lecture : L'affichage en clair du résultat, avec la virgule positionnée, c'est tout de même autre chose. Souvent par contre, avec l'appareil à aiguille, la lecture s'avère difficile. Le cadran est encombré de plusieurs échelles, entre lesquelles il faut choisir, puis il faut se livrer au casse-tête de l'interprétation du résultat. Si c'est parfois relativement simple, c'est tout juste dans d'autres cas, s'il ne faut pas faire appel au papier et au crayon ! Nous pensons en particulier au 819 de Centrad dont les graduations valent parfois 5 unités et parfois 4, ce qui est bien gênant !

En second lieu, nous placerons la précision. Alors que les appareils à aiguille atteignent très péniblement le 1 %, les multimètres numériques sont en général à 0,1 % près dans les fonctions continues. Si cette précision n'est pas toujours très importante quand on mesure une intensité ou une tension, par contre il est très agréable de mesurer les résistances avec

certitude, ne serait-ce que pour les appairer par exemple. L'ohmmètre numérique a aussi un gros avantage : aucun tarage n'est à faire ! Par contre son concurrent à aiguille, demande un tarage par gamme en général, ce qui est très désagréable !

En troisième lieu, nous devons rappeler que le multimètre numérique est un voltmètre électronique et de ce fait possède, en principe, la haute impédance d'entrée caractérisant ce type d'appareil. De fait, la quasi totalité des multimètres digitaux ont une résistance d'entrée de 10 M Ω . Le contrôleur à aiguille classique fait 20 k Ω par volt. Ainsi, en gamme 2 V, cet appareil aura une résistance interne de 40 k Ω . Le multimètre numérique marque un gros point puisque lui, avec ses 10 M Ω , a dans la même gamme une résistance par volt de 5 M Ω !

Oui, mais ! Lorsque l'on utilise une gamme plus élevée, l'avantage s'amenuise et finit... par s'inverser. C'est que le multimètre numérique est à résistance d'entrée CONSTATANTE, ce qui fait que, en gamme 2 000 V, il fait toujours ses 10 M Ω soit... 5 000 Ω par volt ! Dans les mêmes conditions le contrôleur à aiguille a conservé ses 20 k Ω par volt et présente une résistance interne de... 40 M Ω ! Le petit tableau suivant donne, pour un multimètre numérique classique, la résistance par volt, pour les différentes gammes usuelles :

R d'entrée	Gammes	R par volt
10 M Ω	2 V	5 M Ω /V
10 M Ω	20 V	500 k Ω
10 M Ω	200 V	50 k Ω /V
10 M Ω	2 000 V	5 k Ω /V

Ce tableau montre que si le multimètre numérique est excellent sur les gammes sensibles, il est presque mauvais sur les gammes hautes ! Ne serait-ce donc pas l'appareil idéal que l'électronicien un peu naïf pourrait imaginer ? Les lignes qui suivent vont essayer de nous y faire voir un peu plus clair !

— I —

La mesure d'une tension

Lors des manipulations auxquelles se livre l'amateur d'électronique, la mesure de tensions est très courante. Cette mesure apporte très souvent le renseignement décisif permettant la mise au point ou le dépannage d'un appareil. Or, la mesure d'une tension se fait en réalité dans deux cas très différents. En effet, les tensions qui apparaissent dans un montage ont pour origine l'alimentation de ce montage. Si l'on mesure les tensions à l'origine, on les mesure en fait aux bornes du ou des générateurs alimentant l'appareil. Par ailleurs, ces tensions d'origine sont appliquées ici ou là, intégralement ou en partie, elles dé-

terminent des courants, lesquels font réapparaître d'autres tensions... qu'il faut mesurer également.

D'où la distinction apportée par les deux paragraphes suivants :

1. Mesure aux bornes d'un générateur.

Un générateur est une source de courant électrique caractérisée par sa Force ElectroMotrice, (FEM) mesurée en volt. Le générateur présente aussi, comme tous les appareils électriques une certaine Résistance interne. Si un générateur de FEM, « E » et de résistance interne « r » délivre un courant « I », la tension « U » qui apparaît entre ses pôles est $U = E - rI$. Cette tension est donc toujours inférieure à la FEM. L'écart entre U et E est proportionnel à r et I.

Si nous voulons mesurer une FEM, avec un multimètre numérique, quelle est la précision de la mesure ? En tout premier lieu, signalons que la résistance interne d'un générateur est souvent faible ou très faible : quelques dizaines d'ohms pour les plus mauvaises des piles à quelques centièmes d'ohms pour de très bons générateurs. Certains

générateurs de haute tension peuvent avoir une résistance interne de quelques centaines d'ohms. Voyons deux exemples précis :

Soit à mesurer la FEM d'un élément d'accumulateur cadmium-nickel de 1,2 V typique. Supposons une résistance interne de $1/10 \Omega$ ce qui est raisonnable pour un élément de petite capacité. Voir figure 1. Le multimètre, avec ses $10 M\Omega$ de résistance interne, va consommer un courant de l'ordre de $I = U/R = 1,2 : 10^7 = 0,12 \mu A$. La tension mesurée aux bornes de l'élément est alors de $U = E - rI$ soit :

$$U = E - (1/10 \times 12 \cdot 10^{-8}) = E - (12 \cdot 10^{-9})$$

Vous l'avez compris, le

multimètre vous indique la valeur de la FEM, avec sa précision propre, la mesure n'apportant aucune imprécision supplémentaire.

Soit maintenant à mesurer la FEM d'un générateur 1 000 V de résistance interne 500Ω . Un calcul analogue au précédent donne une consommation du multimètre de $I = U/R = 1\ 000 : 10^7 = 0,1 \text{ mA}$. D'où la tension aux bornes du générateur pendant la mesure $U = E - rI = E - 500 \times 10^{-4} = E - 50 \text{ mV}$.

L'écart est donc de 50 mV. Cependant comme la résolution du multimètre est de 1 V (s'il s'agit d'un 2 000 points) ou de 100 mV (s'il s'agit d'un 20 000 points) pour la gamme utilisée, cet

écart passe totalement inaperçu !

En conclusion, nous pouvons considérer que toute mesure de FEM, directement aux bornes d'un générateur est une mesure donnant toute satisfaction, puisqu'elle se fait avec l'entière précision du multimètre, sans dégradation d'aucune sorte. Lorsque le générateur alimente un montage, sa tension aux bornes n'est plus égale à sa FEM (sauf s'il s'agit d'un générateur à régulation électronique) mais la mesure avec le multimètre numérique se faisant avec un supplément de courant débité tellement faible que la lecture a les caractéristiques ci-dessus et est donc très précise. Bien sûr le résultat de la mesure n'est plus la FEM, mais la tension en CHARGE.

résistance R et venant, on s'en doute en diminuer la valeur. La formule des résistances en parallèle nous permet de calculer la résistance équivalente de cette association : $R_{eq} = (47 \cdot 10^3 \times 10 \cdot 10^6) : (47 \cdot 10^3 + 10 \cdot 10^6) = 46\ 780 \Omega$.

Le courant constant de $100 \mu A$ développe alors aux bornes de cette association, donc aux bornes du voltmètre, une tension mesurée de $U = 46\ 780 \times 100 \cdot 10^{-6} = 4,678 \text{ V}$ au lieu des $4,700 \text{ V}$ prévus et... réels !

L'erreur est de : $4\ 700 - 4\ 678 = 22 \text{ mV}$. La tension sera affichée 4,67 V par un 2 000 points et 4,678 V par un 20 000 points. L'imprécision apportée par les conditions de mesure est de :

$$\frac{22 \times 100}{4\ 700} = 0,468 \%$$

A ajouter à l'erreur propre au multimètre lui-même et qui est de 0,1 % en général.

Nous voici donc déjà assez loin de la précision théorique de notre appareil. Pourtant $47 \text{ k}\Omega$ est une valeur bien banale de résistance, plus que courante dans nos montages. Qu'en serait-il alors si cette résistance était plus élevée ? La figure 3, vous livre la réponse à cette inquiétante question. Pas brillant, n'est-ce pas : 1 % d'erreur aux bornes d'une $100 \text{ k}\Omega$, 9 %, aux bornes d'une $1 \text{ M}\Omega$ et, horreur... 50 % aux bornes d'une $10 \text{ M}\Omega$!!

Pour ne pas dépasser l'erreur typique du multimètre lui-même, soit 0,1 %, il ne faut pas mesurer aux bornes d'une résistance de plus de $10 \text{ k}\Omega$. Bien sûr, en dessous tout va bien et on se retrouve petit à petit dans les conditions parfaites de la mesure aux bornes d'un générateur !

Vous êtes consterné ! Peut-être ignorez-vous que votre magnifique multimètre numérique était capable de tels méfaits ? C'est pourtant ainsi et il faudra vous en

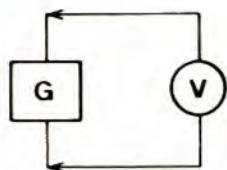


Fig. 1. — La précision de mesure d'une F.E.M. est celle du multimètre.

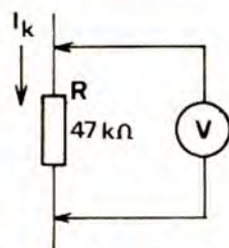


Fig. 2. — La précision de mesure d'une d.d.p. est de plus en plus mauvaise si R augmente.

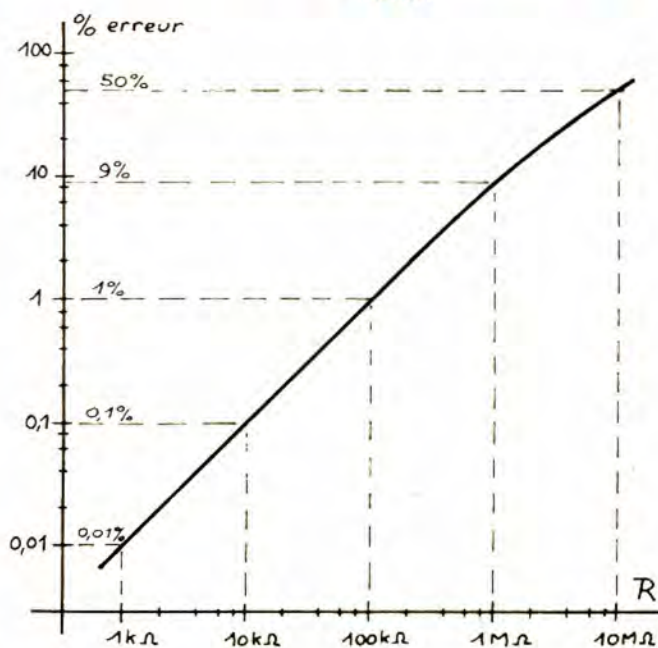


Fig. 3. — Erreur sur la d.d.p. en fonction de R-Voltmètre $10 \text{ M}\Omega$.

2. Mesure aux bornes d'une résistance

Si la mesure de la tension d'alimentation est primordiale, il faut aussi mesurer les tensions partielles développées dans le montage. Ces mesures se font toujours aux bornes de résistances matérielles ou apparentes. Les tensions apparaissant entre deux points du montage sont appelées Différences de Potentiels ou « ddp ». Nous allons étudier le problème sur un exemple pour vous montrer que cette fois... ce n'est pas très simple ! Voir figure 2.

Pour fixer les idées, imaginons que nous voulions mesurer la ddp apparaissant aux bornes d'une résistance de $47 \text{ k}\Omega$ traversée par un courant constant de $100 \mu A$. La théorie (loi d'Ohm) nous donne la valeur à trouver : $U = RI$ soit $U = 47\ 000 \times 100 \cdot 10^{-6} = 4,7 \text{ V} = 4\ 700 \text{ mV}$.

Connectons maintenant notre voltmètre numérique, en gamme 10 V, avec ses $10 \text{ M}\Omega$ de résistance interne, se plaçant en parallèle sur la

contenter, car la seule solution serait d'augmenter dans de grandes proportions la résistance interne du voltmètre. Hélas, on se heurte alors à un problème technologique insoluble : la réalisation de résistances de très haute valeur et de haute précision. De telles résistances quand elles existent... et à quel prix, dépassent rarement la centaine de mégohms, ce qui ne change pas beaucoup le problème.

Une consolation cependant : Le MX7135, que nous décrivons par ailleurs, a la particularité de posséder une gamme spéciale ± 2 V, à entrée directe, affranchie de l'atténuateur d'entrée, lequel est la cause de tous ces maux ! Dans cette gamme l'impédance du voltmètre dépasse le MILLIER de mégohms. On peut alors mesurer aux bornes de notre $47 \text{ k}\Omega$ avec une erreur additionnelle de... 0,0047 % !

L'erreur n'est que de 1 % (au lieu de 50 %) aux bornes de la $10 \text{ M}\Omega$. L'amélioration est spectaculaire. Malheureusement... on ne peut mesurer que dans la fourchette 0 à ± 2 V.

Une consolation un peu... négative : Si vous n'avez pas pu caler votre dernier 20 000 points à 0,01 % près... n'en faites pas une maladie, car finalement le type de mesure que nous venons d'étudier est certainement et de beaucoup, le plus fréquent !

Mais alors, pourquoi un multimètre numérique pour de si « modestes » résultats ?

Tout simplement parce qu'avec le concurrent à aiguille... c'est encore bien pire !! Pour la mesure aux bornes de la $47 \text{ k}\Omega$; le contrôleur, en gamme 10 V, a une résistance interne de $200 \text{ k}\Omega$ et de ce fait apporte une erreur additionnelle de ... 19 % !!

— II —

La mesure d'une intensité

Pour mesurer une intensité, il faut « ouvrir » le circuit et y intercaler l'ampèremètre. Voir figures 4 et 5. L'ampèremètre se trouve alors traversé par le courant à mesurer et il en indique la valeur. Malheureusement, il se trouve aussi branché en série avec les autres éléments du circuit. Si l'ampèremètre était parfait, sa résistance interne serait nulle et la perturbation apportée nulle aussi ! Bien sûr, il n'en est rien et la résistance interne de l'ampèremètre, aussi faible soit-elle va augmenter la résistance générale et... diminuer l'intensité. Conséquence pratique : la valeur mesurée i' sera toujours inférieure à la valeur réelle i . Pratiquement, tous les ampèremètres de contrôleurs universels ou surtout de multimètres se ressemblent. Voir figure 6. On fait passer le courant à mesurer dans une résistance de faible valeur appelée « shunt » et on mesure la tension aux bornes. On a $U = R_{sh} \times i_x$ et par conséquent une indication proportionnelle à l'inten-

sité i_x . Il est facile alors de calibrer l'appareil en unités d'intensité, par le choix judicieux de la valeur du shunt. La résistance du shunt provoque évidemment une légère diminution de l'intensité passant dans le circuit, nous l'avons déjà dit. Une imprécision sur le résultat mesuré s'ajoute alors à celle de l'ampèremètre lui-même. Voyons cela sur un exemple.

Supposons un générateur de 10 V, à résistance interne négligeable, débitant dans un circuit de résistance totale 100Ω . Le calcul théorique donne la valeur de l'intensité réelle : $I = U/R = 10 : 100 = 0,1 \text{ A}$ ou 100 mA .

Mesurons cette intensité, en gamme 200 mA, d'un multimètre dont le shunt fait alors 10Ω (cas du MX7135). En intercalant l'ampèremètre, la résistance totale passe à $100 + 10 = 110 \Omega$ et l'intensité devient $I' = 10 : 110 = 90 \text{ mA}$! Cette intensité est affichée par l'appareil : soit 90,00 mA pour le MX7135. L'erreur est de 10 % par rapport à l'intensité vraie, avant branchement. C'est déjà très gênant, même si nous n'envisageons pas les perturbations vicieuses que le branchement peut apporter au fonctionnement même du circuit testé !

Passons maintenant en gamme 2 000 mA, le shunt mesurant alors 1Ω . La résistance du circuit descend à $100 + 1 = 101 \Omega$ et l'intensité indiquée par l'appareil de mesure est de $10 : 101 = 99 \text{ mA}$. C'est déjà beau-

coup mieux, l'erreur n'étant plus que de 1 % avec un affichage de 99,0 mA.

Passons en gamme 10 A, avec un shunt de $0,1 \Omega$. Nous lisons $10 : 100,1 = 99,9 \text{ mA}$ ou en réalité soit 99 soit 100 points (MX7135). On peut considérer la mesure exacte !!

Comme on le constate, le changement de gammes va faire passer l'affichage de 90 mA à 99 mA puis pratiquement 100 mA. Il y a évidemment de quoi surprendre quelques utilisateurs qui croyaient naïvement qu'en connectant leur ampèremètre numérique, ils devaient lire l'intensité exacte... un point c'est tout ! (Et c'est le cas de le dire !!). Et bien, encore une fois, qu'ils soient déçus ! Impossible de faire autrement. Aucun multimètre ou ampèremètre n'échappe totalement à ce problème (hormis quelques montages à impédance d'entrée nulle, mais valables seulement pour les courants faibles).

C'est la raison pour laquelle, une mesure d'intensité doit toujours se faire à nombre de points affichés aussi faible que possible. Toujours commencer la mesure par la gamme la moins sensible (10 A par exemple), puis remonter les gammes et s'arrêter juste avant celle à partir de laquelle le résultat lui baisse nettement. Dans le cas précédent, on se servirait de la gamme « 2 000 mA » puisque dans la gamme consécutive, le résultat chute de 99 à 90 mA.

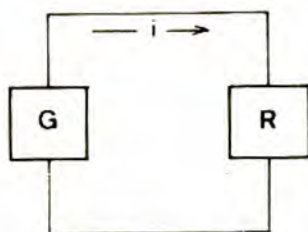


Fig. 4. — Circuit avant la mesure d'intensité.

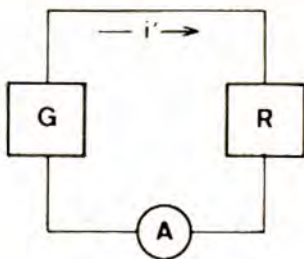


Fig. 5. — Circuit pendant la mesure d'intensité. Dans tous les cas : $i' < i$.

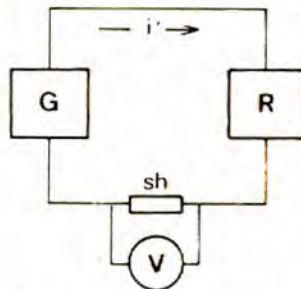


Fig. 6. — Un ampèremètre est souvent un voltmètre associé à un shunt.

— III —

Mesure d'une résistance

Enfin, voici une mesure satisfaisante. Si on devait réinventer les multimètres numériques, on le ferait, rien que pour la satisfaction de mesurer les résistances avec précision !

En effet, la mesure de la résistance ne pose pas de problème, à condition toutefois que le conducteur soumis à cette mesure soit extrait du montage dont il fait partie et ne soit plus, à plus forte raison, sous tension. La valeur affichée est exacte, sans autre réserve... que la précision du multimètre elle-même. Celle-ci est en général de 0,1 %. Les mesures auront donc cette précision.

Deux cas cependant méritent un peu d'attention :

Lorsque la résistance mesurée a une forte valeur, supérieure à $1\text{ M}\Omega$, quelques précautions sont à prendre. Il ne faut pas oublier que l'ohmmètre électronique a une impédance d'entrée très élevée ($> 1\ 000\text{ M}\Omega$). Il est donc très sensible aux induc-

tions parasites, du secteur en particulier. Aussi, si vous mesurez une résistance de plusieurs mégohms, au bout de conducteurs de 1 m, non blindés, il y a fort à croire que votre mesure sera perturbée. Vous allez constater que l'affichage « tourne » autour de la valeur de cette résistance. Pour retrouver une indication stable, il faut soit brancher directement la résistance sur l'appareil, sans fils, soit la relier par fils blindés.

Lorsque la résistance à mesurer est faible, il faut généralement tenir compte de la résiduelle de mesure : la résistance parasite des liaisons, voire celle de l'ohmmètre lui-même. Pour apprécier cette résiduelle, court-circuiter les extrémités des fils de mesure, lire le résultat et le déduire des mesures suivantes.

— IV —

Mesures en alternatif

Si l'on ne fait pas intervenir les problèmes de forme du signal alternatif, problèmes résolus par le convertisseur

de tensions et intensités EFFICACES VRAIES, ce qui est le cas du MX7135 (avec son circuit de « True RMS ») les mesures en alternatif ne posent pas plus de problèmes que les mesures en continu... mais pas moins !!

Par contre, si vous utilisez un multimètre à conversion alternatif-continu par système à simple redressement, sachez que vous ne pouvez mesurer que des signaux sinusoïdaux. Pour toutes les autres formes, le résultat mesuré est faux.

Dans le meilleur des cas on n'aura de problèmes qu'avec la mesure des tensions faibles nécessitant l'usage d'une gamme sensible. Si dans ce cas, on utilise des fils de liaison ordinaires, on risque évidemment de capter des inductions parasites et d'avoir un affichage très fluctuant. Il est hautement recommandé d'employer des fils blindés.

Enfin, si vous voulez mesurer la tension du secteur avec un multimètre à boîtier métallique, c'est tout à fait possible, mais avec un minimum de précautions inspirées par le plus élémentaire bon sens : Poser le multimètre sur

une surface isolante, le placer en gamme convenable, le raccorder à la prise de courant. Regarder et... ne pas toucher !

Conclusion

Nous espérons que ce court article vous a éclairé sur les problèmes propres à l'utilisation rationnelle d'un multimètre numérique. Il serait, nous l'avons vu, puéril de croire que tout appareil qui affiche une valeur en clair, est au-dessus de tout soupçon ! Ce type d'appareil a, comme les anciens appareils à aiguille, ses difficultés d'emploi et il est tout simplement nécessaire d'en être bien conscient et constamment imprégné ! Le multimètre numérique constitue malgré tout cela, un progrès considérable et s'il ne placera jamais le galvanomètre à aiguille pour la recherche d'un maximum (réglage d'un récepteur, par exemple) il est devenu, pour les professionnels et pour les amateurs, un appareil de base indispensable.

F. THOBOIS

Bloc-notes

L'oscilloscope à mémoire numérique Gould OS 4200

Le nouvel OS 4200 de Gould Instruments est un oscilloscope à mémoire numérique deux voies conçu pour répondre à un besoin du marché non couvert par les appareils de résolution verticale 8 bits, plus traditionnels. Il associe une haute résolution à une grande sensibilité. Cette haute résolution, à la fois dans l'axe vertical et dans l'axe horizontal, autorise une expansion considérable après mémorisation, et par conséquent une analyse très fine de chaque détail du signal.

L'OS 4200 possède une résolution de 10 bits (0,1 %) dans

l'axe vertical et une mémoire de 4 096 octets équivalant à une résolution de 0,025 % dans l'axe horizontal (0,1 % en mode X-Y). Ces résolutions autorisent une expansion par 5 en vertical et une expansion par 50 en horizontal, ce qui rend l'appareil particulièrement apte à l'examen d'événements transitoires dans les applications se rapportant à l'analyse des vibrations, la mesure des contraintes, l'ingénierie biomédicale, la chimie analytique, etc.

Ce nouvel appareil offre tous les avantages inhérents aux os-

cilloscopes à mémoire numérique tels que la visualisation des phénomènes précédant le déclenchement, le temps de mémorisation illimité, la comparaison d'un signal mémorisé et d'un signal temps réel, etc. A cela s'ajoute de nombreuses et nouvelles possibilités telles que l'expansion et le cadrage vertical après mémorisation, un gain commutable sur les deux voies portant la sensibilité à $100\ \mu\text{V}/\text{cm}$, etc. Pour exploiter pleinement la haute sensibilité de cet appareil, chaque voie dispose d'un filtre passe-bas qui peut être mis en circuit ou hors circuit suivant le besoin.

L'OS 4200 est doté d'un système de déclenchement très perfectionné. Avec l'appareil en mode monocoup le premier phénomène qui déclenche la base de temps est capturé et bloqué et, si la commande de pré-déclenchement est engagée, 25 % du signal visualisé représente l'information qui a eu lieu avant le point de déclenchement. L'OS 4200 dispose également d'un circuit de déclenchement à double seuil appelé « fenêtre de déclenchement ». Lorsque le signal d'entrée dépasse le seuil positif préréglé ou seuil négatif préréglé, il y a déclenchement et capture.