

## Multimètres numériques

# PROTECTION CONTRE LE BRUIT

*L'utilisation croissante de multimètres numériques dans les montages de mesure automatique s'accompagne du problème majeur des parasites créés par les signaux propres aux appareils.*

*Seule une partie de ce problème peut être résolue en apportant un soin particulier au montage du système et en utilisant des filtres efficaces ; Philips vient toutefois de le régler entièrement avec sa nouvelle génération de multimètres.*

*Ces appareils sont non seulement dotés d'interfaces totalement intégrées pour le bus IEEE 488 (CIE 625), mais ils possèdent également un système de protection banalisée qui empêche les parasites produits par le système de mesure ou par le secteur, de nuire à la précision des mesures.*

### Les données du problème

Les systèmes de mesure automatique sont désormais très largement utilisés dans le domaine de la recherche, du contrôle de fabrication et de l'étalonnage. Ils peuvent accélérer et simplifier les mesures systématiques, en permettant des contrôles plus approfondis au niveau du laboratoire et en fournissant davantage de renseignements sur la chaîne de fabrication.

Il est évident que les multimètres numériques constituent un élément important dans ces montages d'essai pour obtenir, en un certain nombre de points, des va-

leurs précises et fiables de tension, d'intensité et de résistance. Malheureusement, la plupart des fabricants d'appareils se sont contentés de prendre des multimètres numériques et d'y ajouter des interfaces IEEE 488 (CIE 625), plutôt que d'essayer d'apporter une solution pensée en fonction des besoins.

En conséquence, des multimètres apparemment très sensibles s'avèrent souvent inutilisables et seuls des appareils de haut de gamme fort coûteux permettaient jusqu'ici d'avoir des entrées totalement protégées.

Philips vient de mettre au point des multimètres conçus pour des systèmes et répondant à leurs besoins à moindre frais. L'apport

*Nouveau multimètre système Philips PM 2535.*



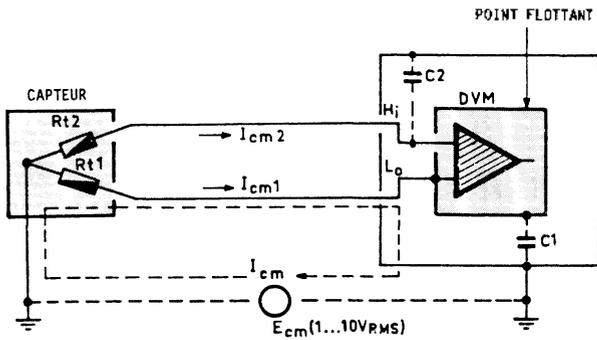


Fig. 1

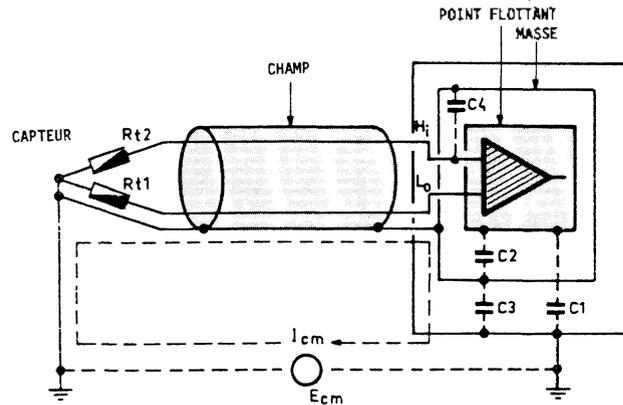
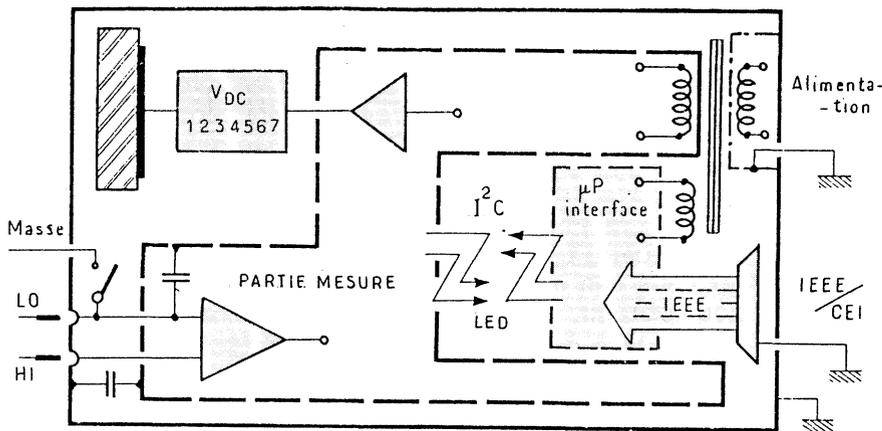
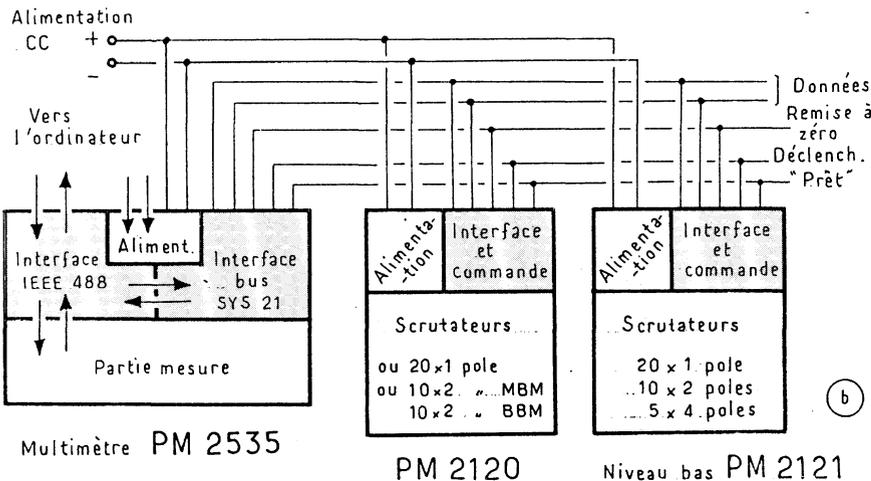


Fig. 2



a

Fig. 3 a : Schéma de la protection illustrant la façon dont elle intègre le secondaire du transformateur d'alimentation.



b

Fig. 3 b : Schéma de principe d'un contrôle par scrutateur et multimètre.

d'une protection banalisée exclusive garantit que la grande sensibilité des multimètres PM 2534 et PM 2535 est conservée lors des mesures. Ces appareils présentent une résolution de 100 nV protégée.

## Le filtrage du bruit

Les systèmes de contrôle montés en rack peuvent paraître propres et fonctionnels vus de face, mais de l'arrière, ils ressemblent souvent à un vieux standard téléphonique avec un fouillis de cordons d'alimentation et de fils coincés dans un espace restreint.

Les mesures sont alors faussées par le couplage parasite qui se produit entre les câbles d'alimentation et de commande et les fils de mesure, très sensibles à ce phénomène.

Jusqu'à un passé récent, les parasites produits par le secteur étaient en principe éliminés par le multimètre lui-même, dans la mesure où la plupart des multimètres numériques de qualité présentaient un taux élevé de réjection des parasites créés par le secteur. Mais il faut pour cela que le temps de mesure soit un multiple de la durée de période des parasites.

Avec la tendance actuelle aux mesures plus rapides (par exemple 100 mesures par seconde avec le bus IEEE réalisées par les multimètres numériques Philips), le cycle de mesure est nettement inférieur à la durée d'une période de secteur ; ce qui fait que le bruit de secteur capté peut provoquer des perturbations.

La seule façon efficace d'éliminer ce type d'erreur consiste à blinder tous les câbles de mesure sensibles.

Parmi les autres sources de parasites normalement filtrés par un bon blindage, on trouve l'effet du rayonnement de l'ordinateur personnel ou du micro-ordinateur utilisés pour la commande du système, les calculs ou l'étalonnage.

Un bon blindage peut filtrer également le bruit dû à des couplages électrostatiques et électromagnétiques, ainsi que ceux émanant des câbles du bus de commande reliant entre eux les différents éléments du système. Par ailleurs, il ne faut pas oublier que les câbles de commande transportent de façon asynchrone des données

qui varient constamment, et se comportent comme des générateurs de bruit aléatoire.

## L'élimination des boucles de mise à la terre

Cependant, même un bon blindage n'est pas suffisant si les câbles sont relativement longs, car il se produit alors un problème plus important du fait des boucles de mise à la terre dans les circuits de mesure.

Ces boucles sont provoquées par la circulation de courant dans le châssis depuis les bornes de terre des appareils de mesure ; ce qui affecte le circuit de mesure en raison d'un couplage résistif ou capacitif, ou d'une induction électromagnétique.

Les boucles de mise à la terre se produisent pour diverses raisons, dont certaines peuvent être supprimées.

Par exemple, le choix erroné du point de mise à la terre, le fait de ne pas utiliser des câbles correctement blindés, ou un bruit électrique excessif dans la zone de mesure, sont des problèmes que l'on peut éviter.

Ces tensions en mode commun affectent, bien sûr, les deux extrémités du câble d'instrumentation et il semblerait logique de penser qu'elles s'annulent. Mais le couplage capacitif élevé entre

le niveau « bas » de l'appareil et la résistance de terre et des conducteurs convertit en fait cette tension en mode commun en un signal en mode normal (série) qui affecte directement la précision des mesures. Des tensions élevées en mode commun peuvent apparaître en raison des boucles de mise à la terre ; des tensions de l'ordre de 10 V efficace ne sont pas rares. Par conséquent, la précision des mesures dépendra fortement du taux de réjection en mode commun du multimètre numérique.

Pour appréhender les effets des boucles de terres sur la précision des mesures, il faut comprendre ce que ce *taux de réjection* signifie. Il s'agit du rapport entre la tension de mode commun (ou boucle de mise à la terre) et la tension de mode série apparaissant à l'affichage, et n'a aucun rapport avec le signe en cours de mesure.

Le tableau I fournit une indication du rapport existant entre le taux de réjection de mode commun et le signal résultant aux bornes d'entrée pour une tension de mode commun de 10 V eff.

Avec un rapport de réjection de mode commun de 120 dB, que l'on trouve sur de nombreux multimètres, numérique, l'erreur relative du signal mesuré serait de 10  $\mu$ V.

TABLEAU I

Taux de réjection de mode commun (dB)	Effet sur les valeurs mesurées
80	1 mV
100	100 $\mu$ V
120	10 $\mu$ V
140	1 $\mu$ V
160	100 nV

## Protection entièrement banalisée

Il semblerait donc qu'une résolution de 100 nV exige un taux de réjection de mode commun beaucoup plus élevé pour le dernier chiffre de la valeur affichée (6 chiffres et demi) soit significatif.

Les multimètres *Philips* y parviennent grâce à la protection entièrement banalisée qui réduit les effets de tensions de mode commun à l'entrée.

Cette protection est constituée par un blindage métallique tout à fait distinct qui protège les circuits d'entrées analogiques à l'intérieur du boîtier métallique ordinaire de l'appareil.

Il s'ensuit que le courant produit par le signal de mode commun traverse le blindage du câble et la protection, au lieu de s'écouler dans le câble « niveau bas » et l'entrée de l'appareil, ce qui réduit fortement le transfert du signal de mode commun au signal de mode série.

Dans la pratique, le taux de réjection de mode commun des multimètres numériques *Philips* est donc égal ou supérieur à 160 dB, ce qui garantit que les mesures, même les plus sensibles, ne seront pas affectées par les tensions de mode commun inhérentes aux systèmes montés sur châssis.

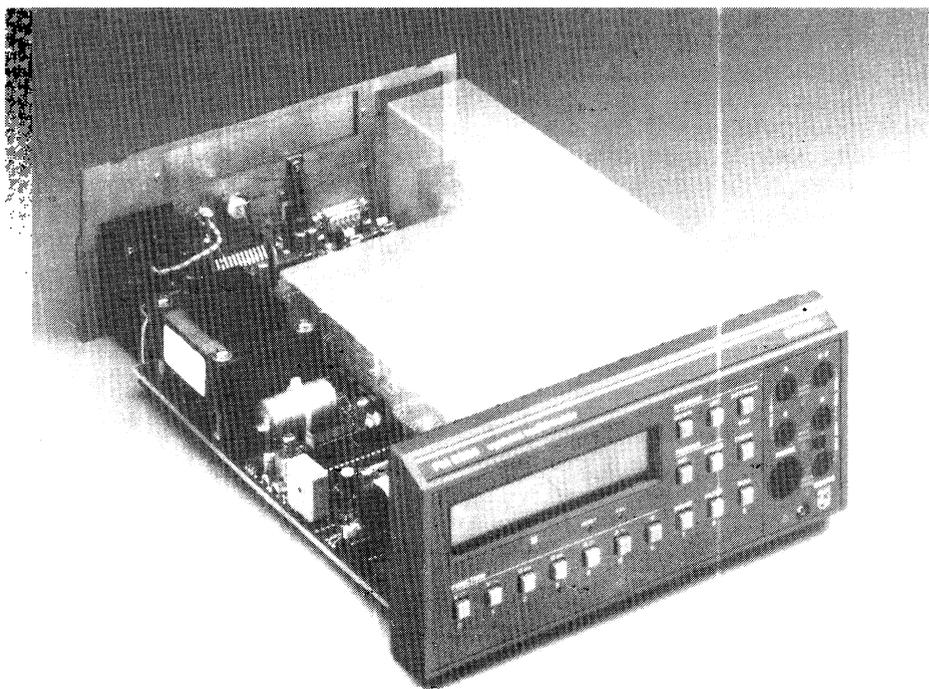
Le recours à une protection totalement banalisée n'est pas la seule précaution prise contre les bruits et les parasites dans les multimètres numériques *Philips*.

En effet, une alimentation spéciale a été mise au point pour éviter tout contact à la terre à l'intérieur des circuits de mesure analogiques.

Le secondaire du transformateur d'alimentation est complètement inclus dans la protection de sorte qu'il n'y a aucun transfert de parasites secteur sur les circuits basse tension.

L'interface est également conçue pour minimiser tout couplage pa-

Disposition du blindage et des composants à l'intérieur de l'appareil.



clavier du multimètre, supprimant la nécessité d'un contrôleur de bus IEEE spécialisé.

## Les multimètres systèmes

Les multimètres systèmes ont permis l'automatisation de différentes mesures grâce à leur capacité de changement de fonction et de gamme et à la possibilité de transmettre les résultats de ces mesures par un ordinateur équipé du bus IEEE 488.

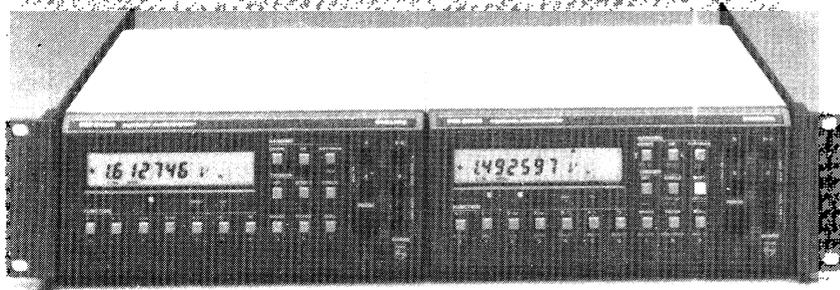
Si cette configuration constitue la solution optimale dans bien des cas tout aussi nombreux où cet ordinateur puissant et coûteux est affecté à des tâches relativement mineures.

Cela se produit notamment dans le domaine de la recherche et de la production où des mesures multiples doivent souvent être étalonnées et comparées à des valeurs de référence.

Avec le multimètre *Philips* PM 2535, les tâches de calcul des résultats, saisie des données et commande de l'unité de multiplexage sont exécutées par le multimètre lui-même, qui réduit ainsi, voire supprime, la nécessité d'un contrôleur IEEE pour les travaux courants.

## Opération de mise à l'échelle et de comparaison

Le signal électrique qui est mesuré est souvent fonction du paramètre mesuré réel. Un exemple courant est celui des capteurs dont le signal de sortie est fonction de la pression ou de la distance. Pour reconvertir ce signal électrique suivant le paramètre mesuré réel, il faut faire appel à un ordinateur ; de plus, l'utilisateur doit regarder les résultats affichés sur l'écran. Pour éviter de



Utilisation en montage rack 19" des deux multimètres *Philips*.

rasite entre l'appareil et le bus de commande IEEE. Le couplage opto-électronique sur le bus à l'aide d'un système utilisant des diodes électroluminescentes assure une séparation galvanique complète.

## Fonctionnement du système

La conception de ces instruments est orientée vers des applications de systèmes intégrés, comme le montrent à l'évidence les autres caractéristiques des multimètres PM 2534 et PM 2535. Ces deux appareils présentent un choix de sept fonctions de mesure, une sensibilité protégée à six chiffres et demi, la commande par balayage direct, et un bloc d'entrée qui peut être monté en façade ou à l'arrière.

Les multimètres numériques *Philips* sont très faciles à utiliser dans la mesure où la programmation est réalisée à l'aide d'instructions simples. De plus, le choix de la vitesse de mesure à l'aide d'une seule touche (progression par 6,5-5,5-4,5-3,5 digits) permet de choisir la meilleure combinaison de vitesse et résolution en fonction des tâches particulières à exécuter.

Un système de multiplexage utilisant les modules de scrutation *Philips* Système 21, permet de procéder à un balayage particulièrement économique de points de mesure multiples. Un connecteur incorporé au multimètre numéri-

que permet de communiquer directement avec le scrutateurs via le bus IEEE. Il est donc possible de réaliser un système très performant, capable de gérer des mesures allant de 10 voies tétrapolaires à 40 voies unipolaires.

De plus, le multimètre PM 2535 possède un système incorporé de mémorisation, calcul et commande. Ainsi, des calibrages et des mesures relatives sont réalisables sans faire appel à un contrôleur de bus séparé. On peut lire directement les valeurs des paramètres sur l'afficheur à cristaux liquides de l'appareil.

Le PM 2534 permet également d'effectuer des mesures en bloc très rapides, indépendamment des temps de transfert des calculateurs. En variante, cette caractéristique peut servir à réaliser une configuration autonome d'enregistrement des données utilisant la commande directe des modules Système 21 à partir du

Fonction	Application
$Ax + B$	Étalonnage de signaux, avec ou sans zéro actif. Par exemple, pour un capteur de pression de 0 à 10 bars donnant un signal de sortie de 4 à 20 mA, les valeurs de A et B seraient respectivement 0,625 et - 2,5.
dBm	Pour les mesures directes de gain et de perte d'amplificateur. De plus, l'utilisateur peut calculer la valeur de résistance de référence par rapport à laquelle cette mesure est effectuée (toute valeur entre 1 et 10 000 Ohms) ce qui supprime toute nécessité de calculs supplémentaires.
$\Delta \%$	Pour les mesures de tolérances lorsque le pourcentage d'erreur est important. Par exemple : choix des composants et contrôle de qualité.
ZERO	Pour les mesures relatives lorsque la tolérance est définie comme une valeur absolue ou lorsque des zéros actifs sont utilisés.

mobiliser un ordinateur pour cette tâche mineure, le PM 2535 est doté d'un système de calcul incorporé qui permet la lecture directe des résultats sur son afficheur.

Pour faciliter les décisions rapides TOUT ou RIEN dans le domaine de la production, le multimètre possède également une fonction LIMITES (supérieures et inférieures) définies par l'utilisateur. En cas de valeur « hors limite », l'appareil l'indique de façon visuelle en affichant un «  $\Delta$  » (haut) ou un «  $\nabla$  » (bas) de façon audible par un signal sonore intégré et par un SRQ s'il est relié à un ordinateur IEEE.

Dès lors que la fonction et les calculs voulus ont été programmés, l'ensemble des réglages de l'appareil peut être stocké dans l'une des dix mémoires rémanentes disponibles.

La première de celles-ci correspond au réglage prédéfini de l'appareil lors de sa mise sous tension, ce qui veut dire que pour un travail bien précis, le multimètre peut commencer à fonctionner dès la mise sous tension sans qu'un opérateur ait à le programmer.

Pour des tâches variées, il faut actionner quatre touches pour rappeler l'un des neuf réglages pré-programmés.

## Saisie des données

Si les ordinateurs personnels équipés d'une interface IEEE ont, pour des raisons économiques et de souplesse, remplacé les contrôleurs spécialisés, ils présentent l'inconvénient d'avoir une vitesse de transmission des informations beaucoup plus lente par le bus IEEE.

Ceci ralentit la cadence de l'ensemble du système à environ 50 mesures par secondes, alors que le multimètre peut effectuer et sortir 100 mesures par seconde.

Pour permettre des cadences de 150 mesures par seconde, le PM 2535 est doté d'une mémoire-tampon interne de 999 points qui peut être remplie à la cadence maximale, puis lue par l'ordinateur de commande à sa vitesse maximale.

La lecture de cette mémoire-tampon peut s'effectuer soit pour des mesures individuelles, soit pour un ensemble de mesures (bloc) dont

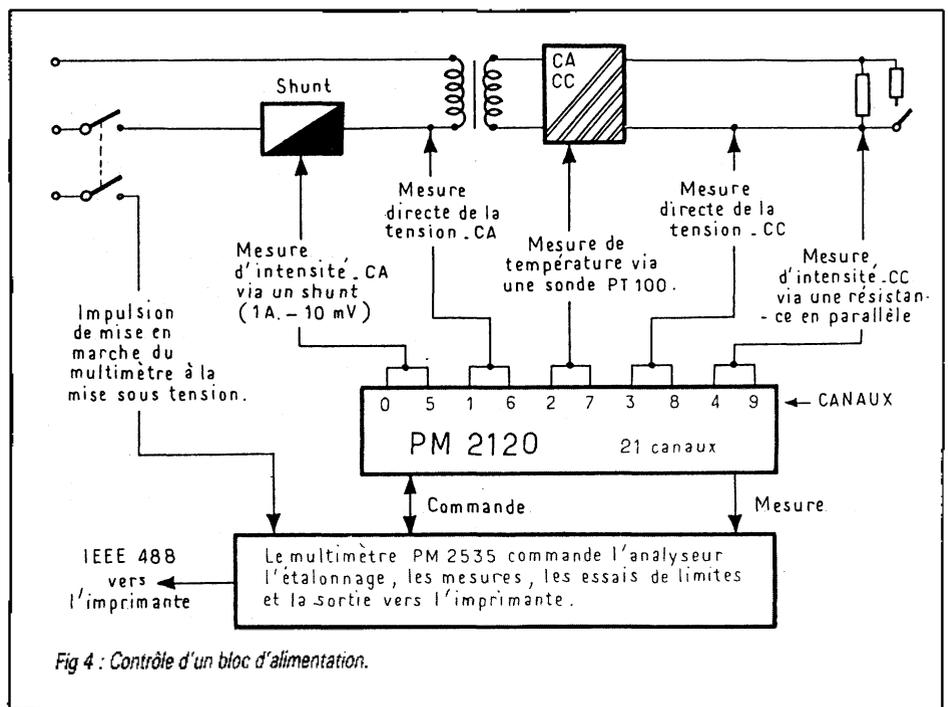


Fig 4 : Contrôle d'un bloc d'alimentation.

la première et la dernière position sont définies par l'utilisateur.

Dans ce dernier mode, le bloc complet est transmis en une seule opération, ce qui accélère la vitesse de transmissions des données puisque la procédure normale du contrôleur consistant à régler le multimètre sur un émetteur et lui-même sur un récepteur chaque fois qu'une mesure est effectuée, est alors limitée à une seule transmission et une seule réception pour le bloc de données tout entier.

La mémoire-tampon présente également plusieurs avantages pour les applications à faible cadence de mesure, puisqu'elle permet de saisir les données sur une longue durée pour que celles-ci soient ensuite lues en une seule brève rafale par un ordinateur, ou envoyées à une simple imprimante via une interface IEEE. Cette caractéristique permet de surveiller des essais pendant le week-end sans devoir affecter un calculateur à cette tâche.

## Multiplexage

La plupart des essais effectués dans le domaine de la recherche et de la production imposent la réalisation de mesures différentes en un certain nombre de points.

On a donc utilisé jusqu'ici un calculateur de commande, un appareil de mesure et des unités de multiplexage par le bus IEEE 488,

ce qui constitue une solution encombrante et coûteuse.

La capacité du PM 2535 à commander directement les scrutateurs Système 21 Philips permet désormais de réaliser, à bien moindres frais, un système équivalent à 20 voies bipolaire dans une baie 19".

Pour comprendre le fonctionnement des scrutateurs, il suffit de jeter un coup d'œil à l'arrière de l'appareil. En plus du connecteur IEEE 488, l'appareil possède un connecteur à 9 broches auquel ces unités multiplexage sont reliées.

Ceux-ci sont commandés par l'intermédiaire de cette interface, à l'aide d'un protocole série de 9 bits avec des lignes de synchronisation signalant les états « prêt » et « déclenchement ». Par ailleurs, une puissance suffisante est prévue pour alimenter deux unités SYS 21.

La programmation de ce système se fait par la touche SEQU (séquence) du multimètre et fait appel aux dix réglages stockés dans la mémoire tampon, permettant ainsi des mesures multiples avec étalonnage et contrôle des valeurs limites.

On peut choisir le mode de balayage 1, 2 et 4 pôles, et pour supprimer les problèmes de rebond des contacts qui perturbent les mesures, une temporisation peut être réglée pour chaque type de mesure. Pour obtenir des ca-

dences de balayage inférieures, on peut également programmer un temps d'arrêt au clavier.

Les valeurs des mesures et étalonnages peuvent être éditées directement par une imprimante ou gardées dans la mémoire-tampon (999 points) pour transmission rapide par blocs à un ordinateur.

Ce dernier mode permet le groupage des résultats qui est plus économique que les coûteux logiciels et bus des systèmes fonctionnant en temps réel.

### Explications d'un contrôle d'alimentation

A la mise sous tension, une impulsion de déclenchement est produite et donne l'ordre au PM 2535 de commencer son programme de contrôle séquentiel.

Les voies 0 et 1 (tension et intensité du secteur) sont mesurées en premier. Tandis que la tension est mesurée directement, l'intensité est mesurée indirectement par l'intermédiaire d'un shunt. Par étalonnage à l'aide de la fonction

A  $X + B$ , cette valeur indirecte est transformée en valeur réelle mesurée, les deux faisant l'objet d'un contrôle des valeurs limites.

La mesure de température sur la voie 2 se fait directement au moyen d'une sonde PT 100. Les tensions et les intensités de sortie en courant continu sont vérifiées sur les voies 3 et 4.

Là aussi, la tension est mesurée directement, tandis que la mesure d'intensité est effectuée en branchant un shunt de résistance élevée en parallèle avec la charge et en mesurant le courant dérivé. Cette mesure d'intensité est également étalonnée pour obtenir des unités correctes ; les deux voies font l'objet d'un contrôle des valeurs limites.

L'analyse de ces cinq premiers paramètres a lieu de façon consécutive. Pour contrôler la stabilité d'un bloc d'alimentation sous une forte charge, une temporisation de 60 secondes a été prévue afin que le bloc atteigne une certaine température.

Puis tous les paramètres sont de nouveau mesurés (voie 5 à 9) et comparés aux valeurs limites.

Les résultats sont directement imprimés sous la forme d'un rapport de contrôle de conformité pour les unités répondant aux spécifications, ou de non-conformité pour les unités ayant dépassé les valeurs limites.

---

## Conclusion

---

Si les multimètres polyvalents comme le *Philips* PM 2534 représentent la solution idéale pour les applications nécessitant un appareillage multiple, les possibilités de calcul, saisie et commande du PM 2535 libèrent les ordinateurs des tâches mineures et permettent à l'utilisateur de réaliser très rapidement des montages de balayages multi-voies à fonctions variables, pour les tâches de surveillance et d'essai.

**SERGE SENEAL**  
*Philips Science et Industrie*