

(XVI) PRATIQUE DE LA MESURE

COMPTEURS

ET FREQUENCEMETRES

Après avoir étudié, dans les numéros précédents, les problèmes de mesure de fréquence, liés d'une part à la précision de la base de temps et d'autre part à l'erreur technologique de ± 1 point, nous avons montré que, pour les valeurs basses, il fallait mesurer la période, même si ce type de mesure n'est pas sans soulever d'autres difficultés.

Abordons maintenant les problèmes liés au fonctionnement des étages d'entrée du compteur. Nous l'avons vu, ce compteur interne est constitué de circuits logiques, soit MECL, soit CMOS, soit plus souvent TTL ou LSTTL ! Chaque famille a ses impératifs de fonctionnement ! Ainsi, pour la LSTTL, dont la tension de fonctionnement doit être impérativement de $5\text{ V} \pm 5\%$, les signaux d'entrée doivent être inférieurs à $+0,7\text{ V}$ pour être interprétés comme au niveau 0, et supérieurs à $+2\text{ V}$ pour correspondre au niveau 1. Tout niveau d'entrée compris entre ces seuils, donc entre $+0,7$ et $+2\text{ V}$, ne donne pas un état défini de la sortie. Or il est facile de comprendre qu'un niveau ne peut pas passer d'une valeur à une autre sans franchir inexorablement les valeurs intermédiaires. Ainsi, pour passer de $+0,2\text{ V}$ à $+3\text{ V}$, il faut passer successivement par $+0,3$, $+0,4$, $+0,5$... $+2,8$, $+2,9$ et $+3\text{ V}$! Si l'on désire que ce passage « progressif », d'une valeur à une autre, ne crée pas de « bafouillage » en sortie de la partie logique, il ne faut pas lui en laisser le temps ! C'est-à-dire qu'il faut effectuer la transition à une vitesse telle que le circuit n'ait pas le temps de rester dans l'in-

certitude de la zone intermédiaire. Dans ces conditions, la sortie réagit sagement et ne donne pas d'oscillations anarchiques !

C'est bien ce qui se passe quand tel circuit logique est alimenté par tel autre de la même famille. Les sorties sont en effet conçues pour délivrer des signaux à fronts assez raides pour satisfaire aux bonnes exigences du fonctionnement. Les montages réagissent alors correctement.

Hélas, dans le cas du fréquencemètre, il faut mettre l'entrée logique de comptage en liaison avec les signaux à mesurer, et ceux-ci sont toujours, ou presque, en dehors des normes définies pour la famille utilisée.

- Ou ces signaux n'ont pas l'amplitude désirée, celle-ci étant trop faible, et aucun déclenchement ne se produit, ou bien elle est trop forte et l'on risque de claquer les étages d'entrée du compteur.

- Ou les tensions de crête du signal ne sont pas bien « placées » ; par exemple, trop haute pour le niveau 0, ou trop basse pour le niveau 1. Ainsi, un signal évoluant entre $+1\text{ V}$ et $+4\text{ V}$, tout en ayant une amplitude suffisante ($4 - 1 = 3\text{ Vcc}$), ne donnera aucun basculement, étant toujours interprété comme au niveau 1. (Il ne descend jamais en dessous de $+0,7\text{ V}$.) Il en serait de même pour un autre signal évoluant entre 0 V et $+2\text{ V}$. Il serait toujours considéré comme à 0.

- Ou les temps de transition sont beaucoup trop longs. Dans ce cas, le compteur a un fonctionnement erratique. Il indique des résultats essentielle-

ment variables, mais toujours trop grands. En effet, il compte toutes les impulsions parasites naissant dans la fenêtre d'incertitude, et il les ajoute aux impulsions utiles.

Dans la pratique de la mesure de fréquence, la variété des signaux appliqués à l'entrée de comptage est très grande. Elle va de ceux ayant une amplitude de quelques millivolts à ceux de plusieurs dizaines de volts ! Elle va des rectangulaires aux sinusoïdes, en passant par toutes les formes imaginables. Nous allons voir comment ces divers problèmes peuvent être résolus.

- Pour les signaux faibles, on conçoit très vite qu'une amplification est indispensable.

- Pour les signaux à forte amplitude, ce serait, cette fois, un atténuateur qui rendrait service !

- Pour ce qui concerne la forme, il faudra que le signal traverse un conformateur pour le rendre compatible avec la logique du compteur.

Reste encore un point non soulevé : celui de l'impédance d'entrée ! Les circuits logiques LSTTL ont en effet une impédance d'entrée fort basse. Il n'est pas question de les connecter directement n'importe où, même si les contraintes ci-dessus n'existaient pas. Le montage sous test serait généralement très perturbé ! L'étage adaptateur d'entrée doit donc être de surcroît à haute impédance. On choisit souvent $1\text{ M}\Omega$ sous 20 à 30 pF , comme pour les oscilloscopes.

Les considérations développées ci-dessus laissent d'ailleurs supposer que la réalisation d'un bon circuit d'entrée

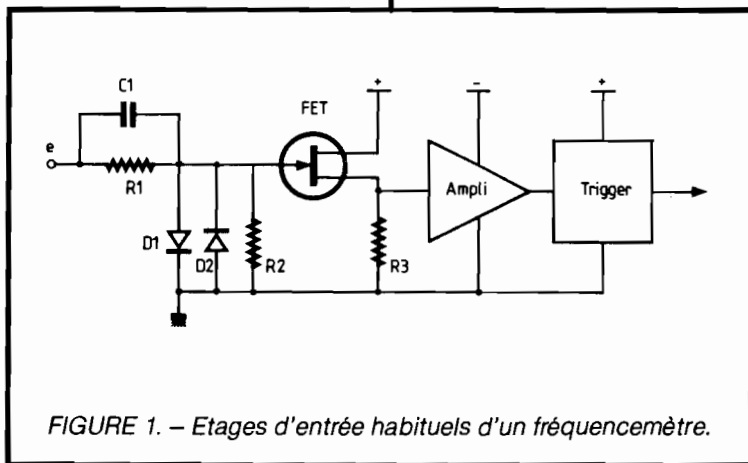


FIGURE 1. – Etages d'entrée habituels d'un fréquencemètre.

de fréquencemètre n'est pas chose aisée. S'il est facile de concevoir la partie logique, il n'en est pas de même de l'interface entre les signaux et celle-ci !

La figure 1 donne une idée de la solution retenue dans de nombreux cas. On y distingue tout d'abord un étage à FET, donnant la haute impédance nécessaire. Cet étage est suivi d'un amplificateur à large bande, car il faut passer des signaux faisant plu-

sieurs dizaines de mégahertz. Puis on remarque un trigger de Schmitt, transformant toutes les transitions lentes en basculements rapides.

Enfin, le problème des signaux à fort niveau est résolu sommairement par écrêtage. Les diodes tête-bêche, D₁ et D₂, ramènent tout signal de tension crête/crête excessive à quelque 600 mVcc, sans danger pour le FET d'entrée. Bien sûr, dans ces conditions,

c'est R₁ qui constitue la résistance d'entrée du système. Cette résistance limite le courant d'entrée à une valeur compatible avec les possibilités des diodes de protection. Le condensateur C₁ compense l'étage aux fréquences élevées.

Bien sûr, cette solution est loin de l'idéal. L'amplificateur est à gain fixe, l'« atténuateur » brutal ! Des problèmes particuliers à certains types de signaux ne manquent pas d'apparaître. En fait, l'étage d'entrée d'un fréquencemètre devrait être traité exactement comme celui d'un bon oscilloscope, avec un véritable atténuateur compensé. Hélas, cette solution coûteuse et volumineuse n'est pratiquement jamais retenue dans les appareils de classe moyenne.

Nous allons maintenant examiner quelques difficultés de mesure liées aux considérations précédentes. Nous admettrons que, pour un déclenchement effectif du comptage, le signal doit se situer au-delà des seuils bas et haut du trigger de l'entrée, seuils définissant une « fenêtre » d'hystérésis. Ainsi, le signal de la figure 2 donne un comptage parfait, ses crêtes « crevant » nettement les deux seuils.

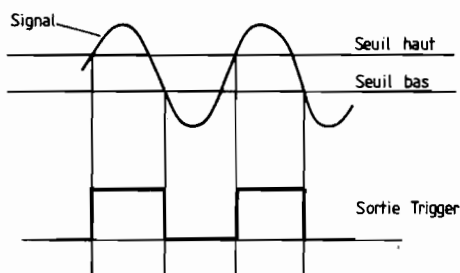


FIGURE 2
Signal correct donnant un bon déclenchement.

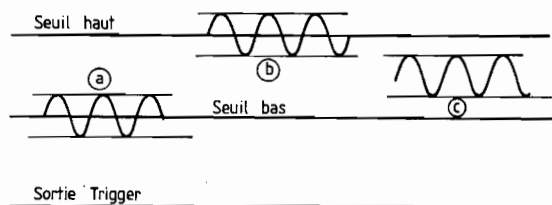


FIGURE 3
Jamais de déclenchement avec un niveau insuffisant.

1° Amplitude insuffisante

Quelle que soit sa position, le signal de la figure 3 ne peut activer le compteur : 0 sans 1 en a, 1 sans 0 en b, ni 1, ni 0 en c !

2° Signal déformé par les harmoniques

Si l'amplitude des harmoniques est grande par rapport à celle de la fondamentale, les perturbations de la forme peuvent être interprétées comme transitions de période, d'où comptage excessif, souvent double ou triple du résultat à obtenir (voir figure 4). Un tel défaut est très fréquent. Ne pas oublier en effet que, si le signal est à forte amplitude, avec entrée à gain élevé, toute perturbation de forme est quasiment amenée à écrêtage et donne ainsi, à tout coup, un comptage anormal, double ou triple ! La seule solution, dans ce cas, consiste à atténuer. Si l'impédance d'entrée du fréquencemètre est de 1 MΩ/30 pF, il suffit, en général, d'utiliser une sonde 1/10 d'oscilloscope. Le défaut disparaît alors !

3° Signal avec suroscillations

La même difficulté apparaît souvent avec les signaux rectangulaires dont les transitions sont « agrémentées » de suroscillations parasites, parfois importantes et généralement provoquées par des ruptures d'impédances (voir figure 5). Le même remède, soit l'atténuation, produit les mêmes effets, c'est-à-dire une meilleure mesure. Parfois, si les suroscillations sont très importantes, il faut appliquer un remède plus énergique : découpler l'entrée du fréquencemètre, ou le point de prélèvement, par un condensateur de valeur juste assez grande pour éliminer le phénomène. On doit souvent appliquer cette méthode avec les circuits CMOS, qui suroscillent parfois spontanément. C'est par exemple courant dans le montage de la figure 6, représentant un banal oscillateur RC, très employé dans les circuits économiques. La sortie doit être découplée par C_2 , pour un signal « propre » !

De toute manière, les figures précédentes montrent qu'il serait souvent utile de pouvoir faire varier la position continue du signal, par rapport à la fenêtre d'hystérésis, ou celle de cette dernière par rapport au signal ! Le montage de la figure 7 constitue donc, en principe, une très bonne solution pour un étage d'entrée de compteur. L'ampli OP est en fait un comparateur, dont l'hystérésis (écart entre les deux seuils) est réglée par le rapport des résistances R_2 et R_3 . Le potentiomètre P déplace la fenêtre en niveau continu. Le signal est appliqué à l'entrée e^- , la résistance R_1 constitue l'essentiel de l'impédance d'entrée. Avec ce montage, il est possible de « placer » le signal à mesurer dans les meilleures conditions, donnant une lecture stable (voir figures 4 et 5).

4° Bruit sur le signal

Si l'étage d'entrée du compteur est à grand gain, le moindre défaut du signal, accident, parasite, bruit ou souffle, peut être considéré comme transition et, de ce fait, perturber le comptage correct. Dans ce cas, veiller à faire le prélèvement avec un câble blindé. La sonde de l'oscilloscope est encore la bienvenue, en l'utilisant sur sa position 1/1. On est assuré de ne pas ajouter trop de perturbation au signal prélevé.

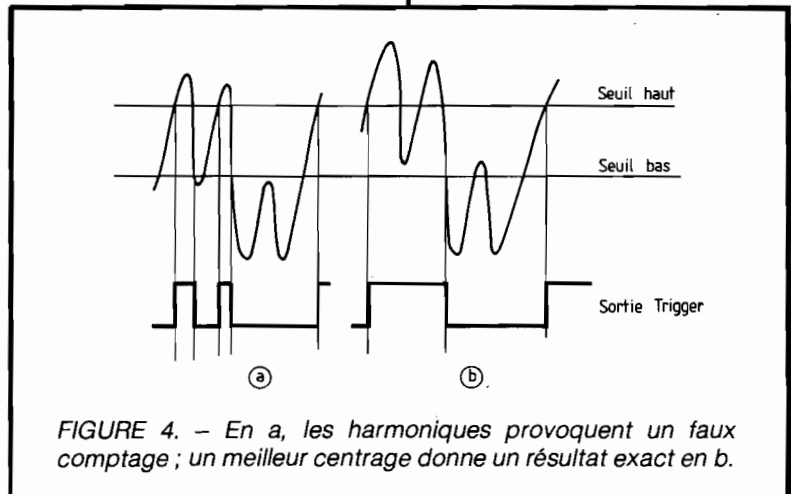


FIGURE 4. — En a, les harmoniques provoquent un faux comptage ; un meilleur centrage donne un résultat exact en b.

Dans les cas désespérés, on peut encore recourir au condensateur de découplage.

5° Modulation d'amplitude

Le fréquencemètre mesure très mal les signaux modulés en amplitude, comme le montre la figure 8. Si la modulation est faible, il est possible de

faire une mesure correcte, en centrant convenablement le signal. Mais cela n'est possible que si l'appareil dispose du réglage de niveau continu. Dans les autres cas, une augmentation de l'amplitude injectée peut être une solution, dans la mesure où cela n'apporte pas les perturbations étudiées dans les paragraphes précédents.

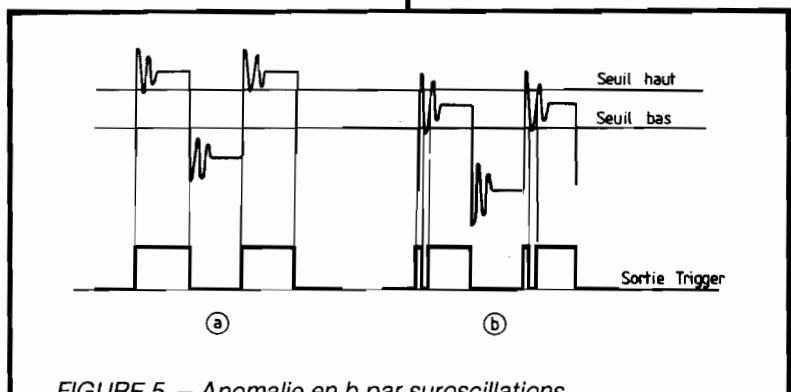


FIGURE 5. — Anomalie en b par suroscillations.

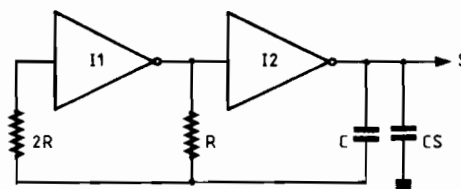


FIGURE 6. — Cet oscillateur CMOS donne souvent des suroscillations, supprimées par C_s .

Si la modulation d'amplitude est profonde, pire, si elle est de 100 %, la mesure s'avère impossible ! C'est le cas, par exemple, des émetteurs de radiocommande modulés de cette manière. La modulation y est en effet de type tout ou rien, donc à 100 %, sans doute possible ! Il est alors impossible de mesurer la fréquence de la porteuse modulée. Une mesure donne toujours un résultat très inférieur à la réalité. Une seule solution possible : prélever la porteuse, dans l'appareil, avant modulation, souvent au niveau du pilote.

Ces lignes nous amènent à parler d'un problème très pratique, qui est celui de la méthode de prélèvement des signaux à envoyer vers le fréquencemètre.

Prélèvement du signal

1° Signal BF

Il s'agit, le plus souvent, de signaux d'amplitude moyenne et de fréquence inférieure à 100 kHz, disons même 500 kHz ! Ces signaux sont généralement disponibles sous des impédances très variées, allant du très faible (sortie de collecteur commun, d'ampli de puissance, de transformateur...) au plus élevé (sources à haute impédance, micro ou cellules piézo, par exemple circuits avec transistors FET...).

Le mieux, dans tous les cas, est d'utiliser la sonde d'oscilloscope, soit en rapport 1/1 si les signaux ont une faible amplitude, soit 1/10 s'ils ont, au contraire, une tension crête-crête élevée. La sonde a de plus l'avantage d'éliminer les perturbations captées éventuellement par un cordon mal blindé, nous l'avons déjà dit. Bien entendu, le fréquencemètre doit disposer d'une entrée à impédance normalisée 1 M Ω /30 pF. Il est très souhaitable que cette entrée soit compensable de manière à corriger la réponse sonde/entrée, comme cela se fait avec l'oscillo. Ainsi, la même sonde peut passer d'un appareil à l'autre, sans nécessiter de retouche au niveau du réglage de correction. Un défaut à ce niveau est cependant sans grande importance pour le fréquencemètre, sauf si la modification de forme entraîne de fausses lectures ou une perte de sensibilité importante aux fréquences élevées.

2° Signaux logiques

Ces signaux ont des amplitudes importantes, de plusieurs volts crête-crête. Envoyés vers l'entrée normale du fréquencemètre, il n'est pas rare qu'ils donnent des comptages erronés. En effet, leur transmission entraîne souvent des déformations, avec dépassements des paliers ou oscillations dans les transitions. D'où des anomalies de comptage.

Quand on le peut, le mieux est d'utiliser une entrée logique du fréquencemètre. Ainsi les réalisateurs du TFX3 ignorent peut-être que l'entrée C peut servir d'entrée logique pour la voie A. Bien sûr, il s'agit d'une entrée LSTTL. De plus, il faut veiller à placer le réglage extérieur de sensibilité au minimum, pour bloquer à 0 la sortie de com-

mande A₁ (10 MHz) de comptage, faute de quoi l'entrée A normale a tendance à perturber la mesure.

Cette parenthèse fermée, pour les fréquencemètres sans entrée logique, ou simplement pour des mesures sur logiques incompatibles, il faut bien revenir au prélèvement classique par cordon. Dans ce cas, la sonde atténuatrice, déjà préconisée, est de rigueur. Les fréquencemètres déclenchent souvent pour moins de 50 mVcc ; une tension de 5 Vcc est donc 100 fois trop importante, et toutes les perturbations qui l'accompagnent aussi. D'où ennuis en perspective ! La sonde élimine aussi les perturbations à la source, des suroscillations apparaissant souvent dans le générateur lui-même, lorsqu'il est perturbé par le prélèvement.

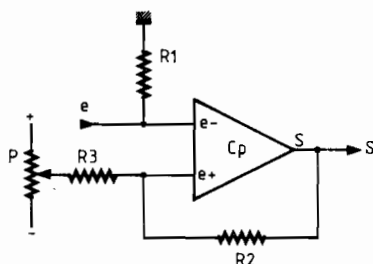


FIGURE 7
Une bonne solution : le comparateur.

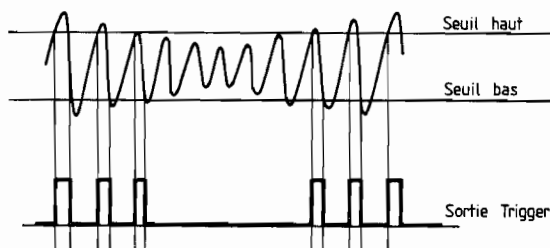


FIGURE 8. - Les porteuses modulées en amplitude posent de gros problèmes.

3° Signaux HF

La mesure en HF est à la fois plus difficile et... plus facile !

Plus facile parce que la HF rayonne et que, de ce fait, il est possible de faire de nombreuses mesures sans liaison directe avec l'appareil sous test, mais simplement par prélèvement inductif.

La solution idéale consiste donc à munir le coaxial d'entrée du fréquences-mètre d'une boucle de prélèvement : 4 ou 5 spires de fil rigide et isolé, formées sur une tige de 7 à 8 mm de diamètre et soudées, après coup, entre conducteur central et blindage du coaxial. Il suffit alors d'approcher cette boucle d'un bobinage non blindé du système pour prélever une HF suffisante pour assurer un bon déclenchement. La distance entre la boucle et le bobinage est aussi grande que possible, ce qui cor-

respond à un couplage entre les deux, dit « lâche ». Eviter une trop grande proximité donnant un couplage « serré », ce qui conduit à perturber le système. Partir ainsi de 5 à 6 cm de distance et s'approcher lentement jusqu'à déclenchement satisfaisant du compteur. Cette méthode convient de quelque 100 kHz jusqu'à plusieurs centaines de mégahertz ! C'est dire son intérêt.

Hélas, il est parfois impossible de l'appliquer, par exemple parce que toutes les bobines sont blindées et donc ne rayonnent pas. Il faut alors revenir au prélèvement direct. Toujours se brancher sur des points à basse impédance. Par exemple, sur le secondaire d'un transfo FI, et jamais sur le primaire.

Il arrive que l'on veuille mesurer la fréquence d'un oscillateur de très faible

énergie (oscillateur local de récepteur, par exemple). Pour le perturber le moins possible, d'abord essayer la méthode suivante.

– Ne pas relier les masses montage/fréquences-mètre.

– Connecter le conducteur central du coaxial seul sur un point chaud de l'oscillateur (base ou collecteur).

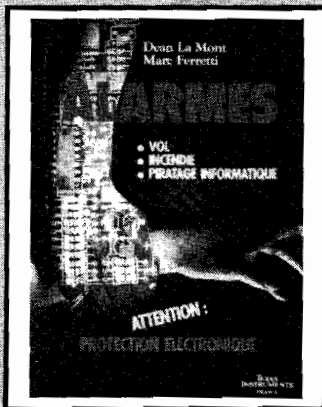
Dans de nombreux cas, avec un fréquences-mètre sensible, cela suffit pour un déclenchement correct.

Si le déclenchement ne se produit pas, reprendre la sonde classique si la fréquence à mesurer est dans le domaine HF. Prendre le coaxial pour les VHF. Connecter les masses. Mais il est fort à craindre que ces branchements fassent décrocher l'oscillateur et que la mesure soit de toute manière impossible.

F. THOBOIS

BLOC-NOTES

« ALARMES » LA PROTECTION ELECTRONIQUE CONTRE LE VOL L'INCENDIE ET LE PIRATAGE INFORMATIQUE



Texas Instruments France vient d'éditer, sous le titre « Alarmes », un ouvrage consacré à la protection électronique contre le vol, l'incendie et le piratage informatique. Pragmatique et documenté, « Alarmes » passe en revue des solutions et des matériels mis en œuvre dans le domaine de la protection électronique contre le vol et l'incendie. Ce livre, prenant en

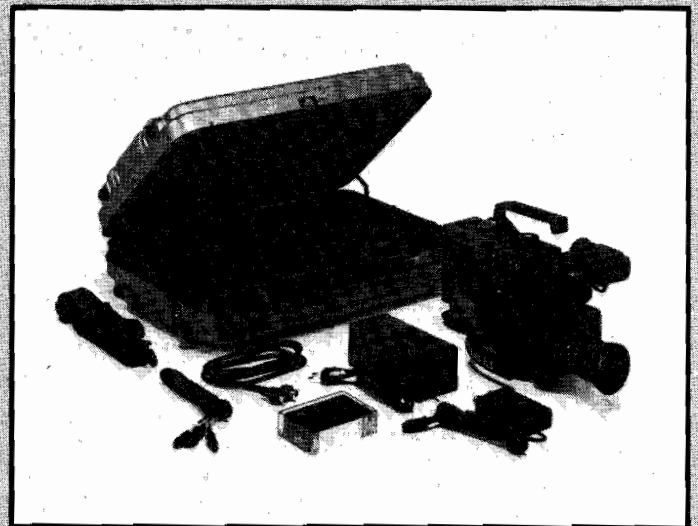
compte les normes en vigueur, délimite les domaines d'utilisation respectifs des équipements et des techniques actuellement disponibles sur le marché, précise les conditions d'une protection efficace.

Le piratage informatique n'est pas oublié non plus, et le lecteur apprendra également comment protéger l'accès aux données informatiques dont il a la charge, à l'usine comme au bureau.

« Alarmes » s'adresse d'abord au particulier, auquel il fournit de précieuses informations sur les voies et moyens d'assurer la protection la plus efficace possible des personnes et des biens. Il intéressera également l'installateur et le professionnel de la sécurité qui disposeront ainsi d'un manuel brochant un panorama d'armes de dissuasion contre la malveillance et de la protection contre l'incendie.

Editeur : Texas Instruments France (Diffusion Bordas).

LA VIDEOMOVIE D'AKAI



Le caméscope VHS-C d'Akai ne pèse que 1,9 kg. La section caméra est équipée d'un tube sation d'une sensibilité de 15 lux, d'un viseur électronique 1/2 pouce et d'un zoom électrique 6 fois avec position macro. La balance des blancs et le réglage du diaphragme sont automatiques. La section magnéto-cope fonctionne par accu-

mulateur rechargeable ou sur adaptateur secteur. Ce caméscope PVS-C35 est livré dans sa valise avec un chargeur de batteries, une batterie, un modulateur RF, un câble audio-vidéo, une épaulière et une cassette EC-30.

Distributeur : Akai France, 46 à 52, rue Arago, 92800 Puteaux. Tél. : (1) 47.76.42.00.