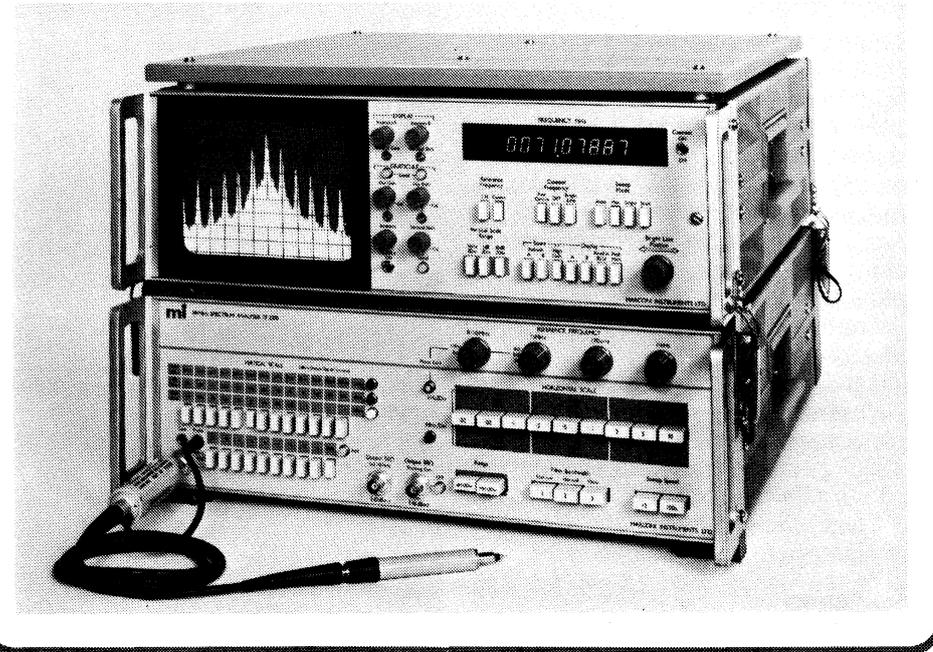


# L'analyse de spectre en H.F.

Par S. GLEDHILL et M. LAILLIER (\*)

*L'analyse des signaux électriques est importante pour tous les ingénieurs, quel que soit le type d'analyseur utilisé. Un signal électrique sinusoïdal peut être caractérisé de trois façons: amplitude, temps et fréquence. Comme il n'est pas facile de faire une analyse dans les trois dimensions, il est nécessaire de décider lesquels des divers paramètres sont les plus importants pour une application spécifique. Ce sont ces critères qui détermineront de l'utilisation d'un analyseur de spectre.*



veau et fréquence, au moyen des échelles d'amplitude et de fréquence. La fréquence 2B montre le même signal que celui de la figure 1B, signal entaché d'une forte distorsion.

Pour ce type d'application, l'analyseur de spectre est bien supérieur à l'oscilloscope. Les oscilloscopes ont leur propre limitation en gamme de fréquence et de sensibilité. Les analyseurs de spectre permettent de voir des signaux jusqu'à 325 GHz, et ceux-ci peuvent être mesurés à des niveaux inférieurs à 0,1 microvolt, performance que les oscilloscopes ne peuvent actuellement atteindre.

Un analyseur de spectre est pratiquement un récepteur H.F. vobulable avec un écran de visualisation comme indiqué sur le schéma de la figure 3. Le générateur de dents de scie qui contrôle l'oscillateur variable, ainsi que la position du spot sur l'écran de façon synchrone, permet de connaître la fréquence analysée. Un tel bloc diagramme simplifié montre uniquement le concept de l'analyseur; en pratique, il y a plusieurs conversions de fréquences pour assurer une grande sélectivité et éliminer les signaux parasites. La plupart des blocs sont variables. La fréquence vobulée au centre de l'écran, la largeur de vobulation, la bande passante des filtres intermédiaires (F.I.) peuvent être modifiées pour permettre à l'instrument d'avoir des performances optimales.

## Réglages utilisés sur l'analyseur de spectre

La possibilité de changer la fréquence centrale, la dispersion en fréquence, la largeur des filtres F.I. et la sensibilité sont essentielles, mais des résultats erronés peuvent être obtenus, si ceux-

Nous nous sommes familiarisés avec un type d'analyseur de signaux, l'oscilloscope, qui présente l'amplitude du signal par rapport au temps. L'oscilloscope permet de montrer une sinusoïde avec ou sans distorsion (figure 1). Un oscilloscope peut aussi montrer des différences de phases entre signaux, ainsi que des phénomènes transitoires.

Un analyseur de spectre est un appareil différent. Il présente l'amplitude d'un signal par rapport à la fréquence. La figure 2 montre deux représentations du spectre correspondant aux signaux de la figure 1.

La figure 2A met en évidence la faible distorsion du signal qui apparaît sur la figure 1A. Les deux harmoniques peuvent être facilement évaluées en ni-

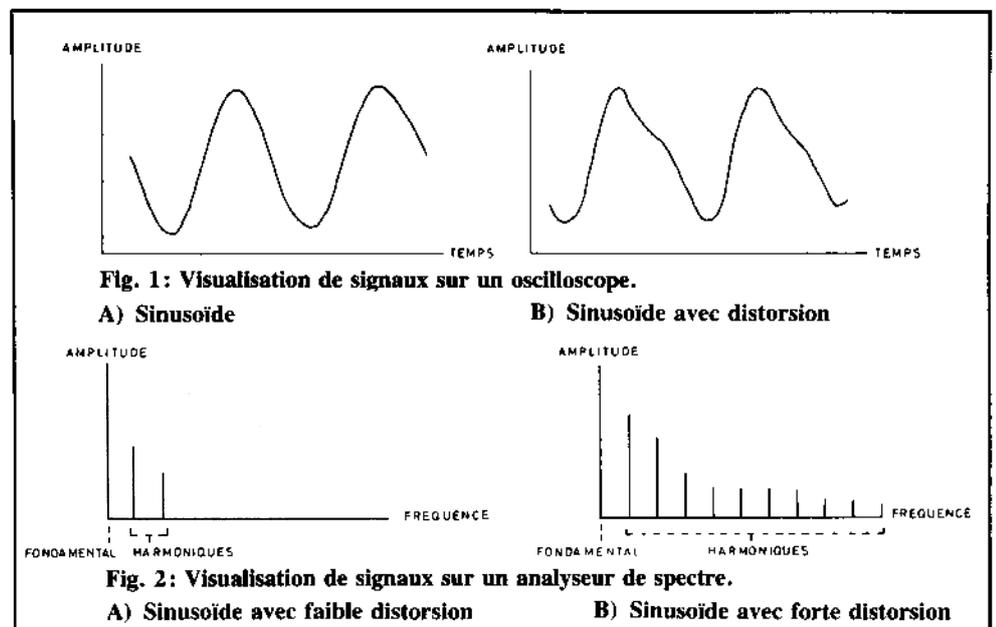


Fig. 1: Visualisation de signaux sur un oscilloscope.

A) Sinusoïde

B) Sinusoïde avec distorsion

Fig. 2: Visualisation de signaux sur un analyseur de spectre.

A) Sinusoïde avec faible distorsion

B) Sinusoïde avec forte distorsion

(\*) Marconi Instruments

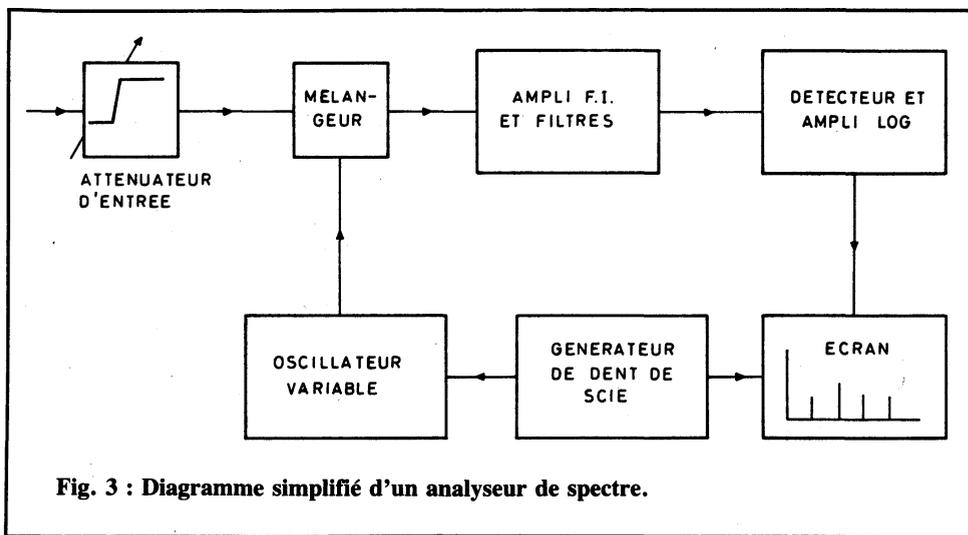


Fig. 3 : Diagramme simplifié d'un analyseur de spectre.

ci sont incorrectement établis. Lorsque la dispersion en fréquence et la résolution sont changées, il est essentiel de modifier la vitesse de balayage jusqu'à des valeurs de 1 à 2 minutes pour des analyses à très haute résolution. Pour contourner ce problème, les analyseurs de spectre modernes changent automatiquement la vitesse de balayage pour assurer l'étalonnage et l'affichage cohérents du signal. Des mémoires numériques sont incorporées, ce qui permet d'éviter la dégradation de l'image sur l'écran dans le cas de vitesse de balayage lente.

Le changement de sensibilité peut aussi créer des problèmes parce qu'il peut être fait en jouant, soit sur l'atténuateur d'entrée, soit sur le gain de l'amplificateur de fréquence intermédiaire. Si l'atténuation du signal d'entrée est trop faible celui-ci peut alors avoir un niveau trop élevé à l'entrée du premier mélangeur. Dans ce cas, une distorsion du signal et une intermodulation peuvent se produire. Si le gain F.I. est trop élevé, le bruit peut atteindre un niveau inacceptable. Les analyseurs de spectres modernes ont un système automatique qui optimise ces deux critères pour avoir la plus grande dynamique sur l'écran et la meilleure représentation du signal.

## Application de l'analyseur de spectre

### Modulation d'amplitude

La figure 4 montre un signal porteur d'une modulation d'amplitude à 900 Hertz, profondeur de modulation 3%, échelle verticale 100 dB, échelle horizontale 5 kHz. Le marqueur lumineux peut être utilisé pour mesurer la fréquence de modulation avec un 1 Hz de résolution. Les possibilités en amplitude de l'appareil permettent de mesurer une large gamme de profondeur de modulation jusqu'à des valeurs de

0,1 %. Le bruit parasite et les interférences peuvent être facilement identifiés à moins de 80 dB en-dessous de la porteuse.

### Mesure du spectre radio-électrique

Un analyseur de spectre peut mesurer des signaux inférieurs à 0,1 microvolt, ce qui permet, avec une antenne adaptée de visualiser les signaux radio-électriques. La figure 5 montre grâce à l'utilisation des deux mémoires le spectre d'un émetteur stéréo F.M. Une trace montre le spectre occupé pendant une période de 5 minutes en utilisant la fonction « peak memory » qui donne les valeurs crêtes successives à chaque balayage; l'autre trace montrant les pilotes à 19 kHz. La fonction « peak memory » est aussi très utilisée pour identifier des signaux parasites qui peuvent être générés de façon intermittente par des commutations, des alimentations ou des moteurs électriques.

### Surveillance électro-magnétique

Un analyseur de spectre est idéal pour visualiser et mesurer des émissions parasites, qu'elles soient électrique, ou électro-magnétique. La figure 6 montre un spectre typique d'une émission devant être évaluée. Un marqueur réglable est très important pour identifier la fréquence de chaque élément. Un point important de la famille 2370, d'analyseur de spectre, est le marqueur qui permet d'analyser en temps réel une image, c'est-à-dire la fréquence et le niveau. Le mode réel avec deux images superposées est très utile pour comparer le spectre avant et après réglage et apprécier les modifications effectuées.

### D'autres applications de l'analyseur de spectre

Il n'est pas possible de détailler les applications de l'analyseur de spectre,

mais il est intéressant d'examiner quelques-unes de ses diverses utilisations. Les utilisateurs traditionnels de l'analyseur de spectre sont les ingénieurs de radio-diffusion qui mesure les niveaux d'émission, la distorsion harmonique, l'inter-modulation, le bruit et les signaux parasites.

L'évolution de la technologie des alimentations stabilisées va vers des alimentations à découpage qui ont beaucoup d'avantages en efficacité et dimensions, mais qui sont également sources de bruits radio-électriques. Un analyseur de spectre peut être utilisé pour mesurer les signaux radio-électriques émis par celles-ci. Ces signaux seront mesurés en utilisant une antenne adaptée. Les fabricants de micro-processeurs et de circuits logiques utilisent cet instrument de la même façon pour minimiser les signaux perturbateurs et pouvoir satisfaire aux recommandations internationales E.M.C.

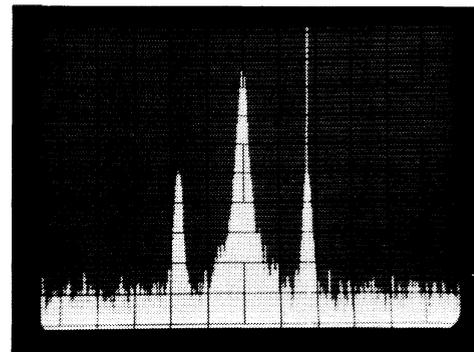


Fig. 4: Spectre d'une porteuse modulée en amplitude.

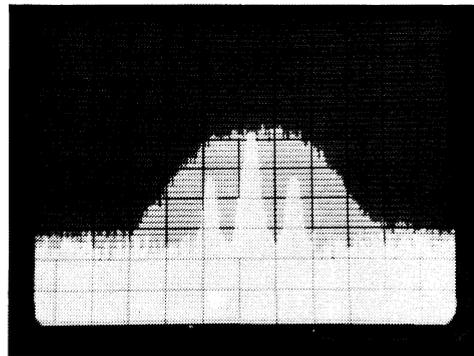


Fig. 5: Spectre d'un émetteur FM stéréo.

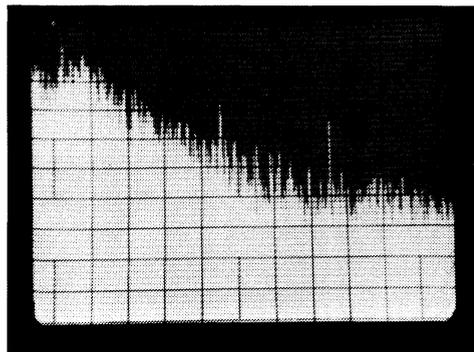


Fig. 6: Visualisation d'un spectre R.F.

La liste des utilisations de l'analyseur de spectre, est très intéressante car elle montre une diversification des applications telles que le domaine de l'électronique, de l'électricité, de la recherche, de la physique incluant les mesures ultra-soniques et médicales, les utilisations somar militaires, etc.

Une utilisation importante de l'analyseur pour les P.T.T. concerne la maintenance des faisceaux analogiques où les mesures de canaux, de pilote, de bandes de base sont effectuées à la fréquence intermédiaire. Un dérivé du 2370 a été développé pour ces applications: le 2371, qui couvre la gamme de fréquence jusqu'à 200 MHz, permettant ainsi les mesures sur les F.I. à 140 MHz, des faisceaux hyperfréquences.

## Générateurs de poursuite

Beaucoup d'analyseurs de spectre possèdent leur générateur de poursuite pour augmenter les possibilités

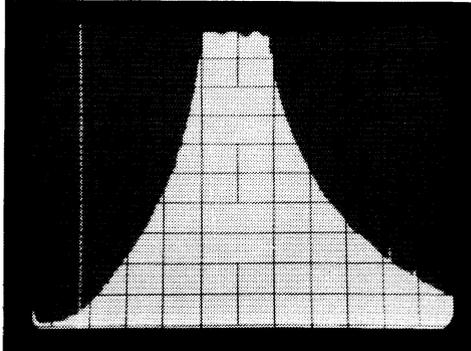


Fig. 8: Spectre d'un filtre F.I. à 10,7 MHz.

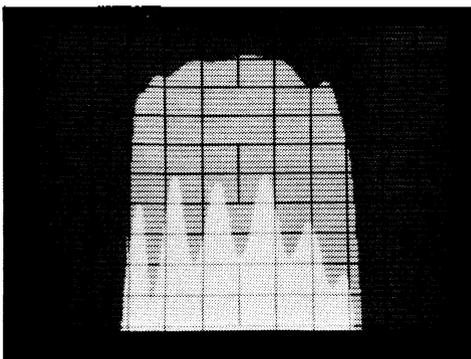


Fig. 9: Réponse du même filtre avec une dynamique de 10 dB.

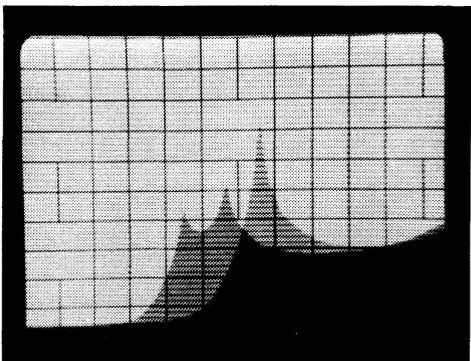


Fig. 10: Réponse en fréquence d'un filtre passe-haut avant et après réglage.

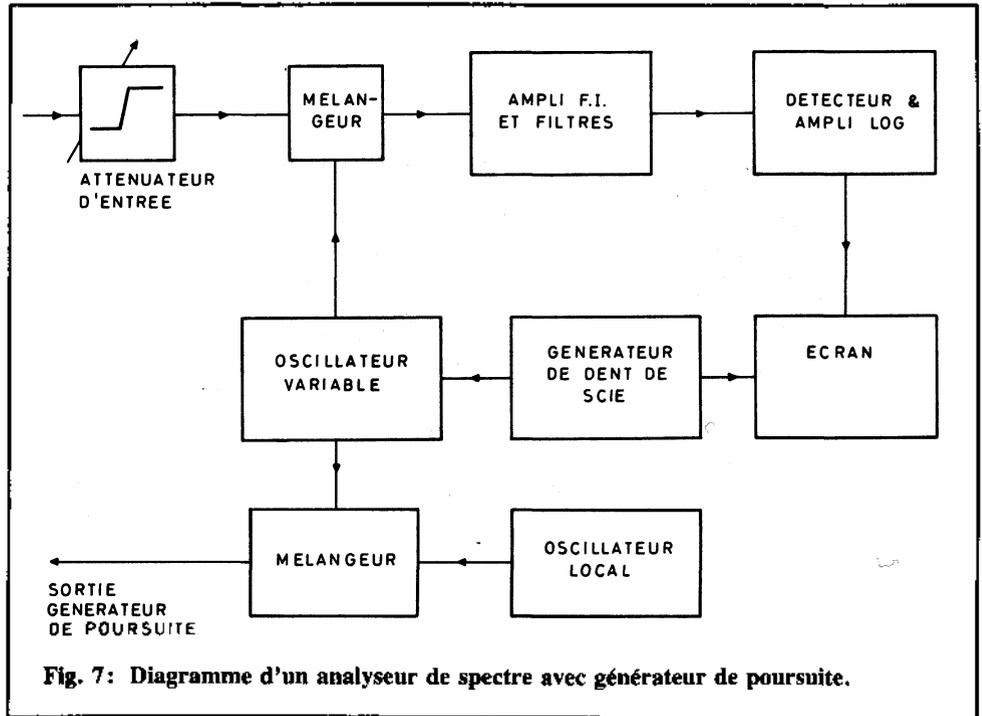


Fig. 7: Diagramme d'un analyseur de spectre avec générateur de poursuite.

de l'instrument. Le générateur de poursuite fournit un signal vobulé qui suit la fréquence de réception de l'analyseur.

Cette technique permet avec avantage de mesurer la réponse en fréquence de filtres et autres. Le principal intérêt étant la grande dynamique possible pour ces mesures. Un système de vobulation avec un détecteur large bande a une dynamique limitée autour de 50 à 60 dB, parce que le détecteur reçoit aussi les harmoniques, le bruit et les interférences des signaux. Le générateur de poursuite permet avec l'analyseur d'atteindre une dynamique de 120 dB.

## Mesure de filtres F.I.

La figure 8 montre la réponse d'un filtre F.I. à 10,7 MHz qui est utilisé pour les radio-téléphones V.H.F. L'échelle verticale de 100 dB montre facilement l'excellente réjection de celui-ci vers les basses fréquences et la réjection moins grande vers les autres fréquences de l'ordre de 90 dB. Le marqueur lumineux peut être utilisé pour caractériser cette réponse avec une résolution de 1 Hertz.

Le même filtre est mesuré à la figure avec une échelle de 10 dB. La visualisation de deux traces permet de montrer la réponse avant égalisation et après égalisation et de comparer les deux. Chaque ligne principale du réticule représente une échelle de 1 dB. Les lignes intermédiaires sont séparées de 0,2 dB. La réponse montrée sur l'écran est de 1,2 dB dans la majorité de la bande passante.

## Comparaison de deux réponses de filtres

La figure 10 montre la réponse en fréquence de deux filtres différents

de l'instrument. La visualisation de deux images est de nouveau utilisée pour comparer ces deux réponses. Cette technique est essentiellement utilisée pour aligner des filtres en production. La réponse d'un filtre standard étalon est mise en mémoire sur une image et les autres filtres sont alignés par comparaison avec l'image étalon visualisée sur l'écran.

## Autres applications du générateur de poursuite

Les applications du générateur de poursuite couvrent de nombreux domaines. La plus importante application est, bien sûr, pour les mesures de filtre ayant une grande dynamique, les filtres à quartz et les filtres à ondes de surface. Le générateur de poursuite est aussi souvent utilisé pour effectuer des mesures de taux d'ondes stationnaires, en utilisant le générateur de poursuite en tant que générateur et l'analyseur comme détecteur.

## Conclusion

L'analyseur de spectre est déjà utilisé dans bien des domaines d'activité, recherche, développement, fabrication, recette et maintenance. La génération actuelle d'instruments est beaucoup plus facile à utiliser, précise, sophistiquée, et possède une plus grande résolution que la précédente.

L'évolution constante des analyseurs de spectre contribue à la généralisation de leurs emplois et ils remplacent peu à peu les oscilloscopes dans bien des applications.

S.G. et M.L.