

UNE REALISATION EXCEPTIONNELLE

# UN ANALYSEUR DE SPECTRE 0-500 MHz PERFORMANT

Nous avons le grand plaisir de vous proposer, dans les pages du *Haut-Parleur*, la réalisation détaillée d'un analyseur de spectre HF.

Cet appareil, sur lequel nous travaillons depuis plusieurs mois, a été étudié pour obtenir une fabrication aisée, avec une bonne reproductibilité, des performances quasi professionnelles, même si elles ne peuvent atteindre celles des appareils similaires des prestigieux fabricants que chacun connaît, un prix de revient aussi réduit que possible, encore qu'il soit impossible d'obtenir de bons résultats sans un minimum de sacrifices financiers.

Nous pensons que la présente description est la première du genre, non seulement dans une revue française, mais aussi dans les revues étrangères que nous connaissons ! Bien sûr, quelques excellents articles ont été publiés sur le sujet, que ce soit, par exemple,

# LE AS87

dans *Ham-Radio* ou *VHF-Communications*, mais ces articles n'allaient jamais beaucoup plus loin que le schéma, quel-

ques vagues indications pratiques, croquis ou photos ne permettant guère à un amateur isolé d'entreprendre une réalisation et de la mener à bien. Cette fois, comme nous en avons l'habitude et comme les habitués de nos articles le savent bien, nous allons vous proposer une description aussi détaillée que possible, avec toutes indications électriques, mécaniques et de mise au point ! Non content de cela, ce qui est déjà beaucoup plus que généralement proposé par une revue, nous assurerons une sorte d'assurance technique, laquelle, sans engager en aucune manière notre responsabilité, vous donne la certitude de ne pas être abandonné en pleine nature avec vos difficultés, mais de trouver une aide effective, que ce soit pour un conseil ou même une mise au point !

L'analyseur de spectre HF/VHF est un appareil très recherché par les amateurs. Or, à l'état neuf, il est inaccessible à la plupart des budgets. Ceux qui se sont un peu penchés sur la question savent que rien n'existe en dessous de quelque 50 000 F. Par ailleurs, il est aussi très difficile de trouver ces appareils d'occasion, car, dès que l'une de ces « bêtes » est à vendre, il y a tou-

jours quelqu'un dans le voisinage immédiat qui se porte acquéreur. Autant dire que l'amateur isolé n'a aucune chance ! De toute manière, un analyseur d'occasion n'est jamais bon marché...

Nous pensons donc que la présente description devrait intéresser beaucoup de lecteurs, et c'est évidemment ce que nous souhaitons.

Mais certains de ces lecteurs



ne savent peut-être pas très bien ce qu'est un analyseur de spectre. Nous allons donc commencer par exposer le principe de cet appareil.

En fait, ce n'est pas compliqué : un analyseur de spectre est un simple récepteur. Ainsi, le AS87 que nous vous proposons de réaliser est un récepteur recevant, en une seule bande, tous les signaux HF, de 0 à 500 MHz. Mais c'est un récepteur un peu particulier, puisque la réception se fait par balayage continu de la bande prévue. L'accord varie donc de 0 à 500 MHz de manière cyclique, à raison de 10 à 20 balayages par seconde. Lorsque l'analyseur reçoit, à un instant donné, la porteuse d'un signal HF, la tension de sortie passe par un maximum dont l'amplitude dépend de la puissance reçue. Comme dans un vobuloscope, le balayage de la fréquence d'accord est parfaitement synchrone du balayage horizontal de l'écran du tube cathodique de visualisation. Le niveau de sortie de l'analyseur provoquant la déviation verticale du spot, on se doute que la trace obtenue sera une horizontale agrémentée d'un pip vertical, correspondant au signal reçu (voir photos).

L'analyseur se présente donc comme nous l'avons simplifié en figure 1. Un récepteur à accord variable par tension (varicap) et dont la sortie attaque la voie verticale d'un oscilloscope. Un générateur de balayage provoque simultanément la déviation horizontale du spot et la variation de l'accord du récepteur.

Un tel montage est souvent appelé « récepteur panoramique », car permettant de visualiser tous les émetteurs actifs d'une bande donnée. La différence entre l'analyseur et le récepteur panoramique venant de ce que le premier a vocation d'appareil de mesure et que le second n'est qu'un simple récepteur. L'analyseur devra donc être étalonné. Ainsi, les amplitudes

verticales des pips correspondront-elles à des niveaux précis en dBm. Les déviations horizontales étant calibrées précisément soit en MHz/division, soit en kHz/division. La bande passante du récepteur sera variable et calibrée. La dynamique de réception sera aussi importante que possible (c'est la faculté de recevoir correctement tant les signaux faibles que forts, la dynamique chiffrant précisément l'écart en dB de ces deux extrêmes : 70 dB dans le cas de l'AS87 !). Il est aussi très important que la sensibilité de l'entrée HF soit bonne (aptitude à recevoir les signaux faibles), mais il faut que cette sensibilité soit la plus constante possible, dans toute la gamme reçue.

Comme vous pouvez le constater, faire un récepteur doté de telles qualités n'est pas en soi si banal et permet d'attribuer à l'analyseur ce qualificatif d'appareil de mesure !

Donc, l'analyseur de spectre permet de « voir » tous les signaux parvenant à son entrée HF. Mais s'il est souvent nécessaire d'observer ainsi tout ce qui existe de 0 à 500 MHz,

cas de l'AS87, on comprend que parfois cette vision est un peu trop large, les signaux serrés les uns contre les autres se distinguant très mal. Voir par exemple la photo montrant les signaux de la bande FM (88 à 108 MHz), lors de l'examen 0-500 MHz. Il devient nécessaire, pour une observation plus fine, de réduire la largeur de la bande observée, c'est-à-dire de réduire l'excursion de fréquence. Ainsi, on pourra observer de 80 à 120 MHz seulement, dans le cas de la bande FM. Les signaux seront bien séparés et donc mieux visibles.

L'analyseur doit alors être muni d'une commande d'excursion étalonnée. Si la bande unique 0-500 MHz se développe sur un graticule d'oscillo comptant 10 divisions, on dit que l'excursion est de 50 MHz/div. La commande en question va permettre de la réduire, généralement par pas de 1, 2, 5, jusqu'à des valeurs très basses. Ainsi l'AS87 possède-t-il 12 valeurs d'excursions permettant de « descendre » à 5 kHz/div., ce qui représente 50 MHz/5 kHz, soit 1/10 000 de la bande complète ! Evidemment, il faut

pouvoir placer la « fenêtre » d'observation à l'endroit désiré dans la bande 0-500 MHz. La commande d'excursion doit donc être associée à un réglage continu de la position de la fenêtre : l'accord de l'analyseur est ainsi à la fois vobulé par le générateur de balayage et déterminé par une commande manuelle.

Le schéma utilisé peut se simplifier selon la figure 2.

Le commutateur prélève une fraction précise de la dent de scie du balayage et permet l'excursion de fréquence désirée. Le potentiomètre donne l'accord manuel. Les deux signaux sont additionnés dans un ampli sommateur dont la sortie commande la varicap d'accord de l'analyseur.

Par ailleurs, il est indispensable de savoir exactement où se situe la « fenêtre » observée dans la bande complète. Un fréquencemètre incorporé dans l'appareil est le bienvenu. Lorsque la portion de bande visualisée est relativement large, le marquage exact du point de mesure de la fréquence est nécessaire. L'AS87 possède ces deux compléments faisant la différence entre le montage de bas niveau et le plus performant !

Sur un tout autre plan, il faut parler de la nécessité d'une vobulation lente dans la gamme explorée, pour un fonctionnement correct de l'analyseur. En effet, l'accord étant continuellement variable, on comprend facilement que lors du passage sur un signal HF, il faut que le signal de sortie ait le temps de s'établir. Or, en électricité, rien n'est instantané, même si les choses vont très vite ! Les circuits d'accord ont des constantes de temps non réductibles. Si le glissement de fréquence est trop rapide, le « pip » vertical est non seulement d'amplitude atténuée, mais il est aussi décalé et déformé ! Cela est d'autant plus prononcé que les circuits sont sélectifs. Ainsi,

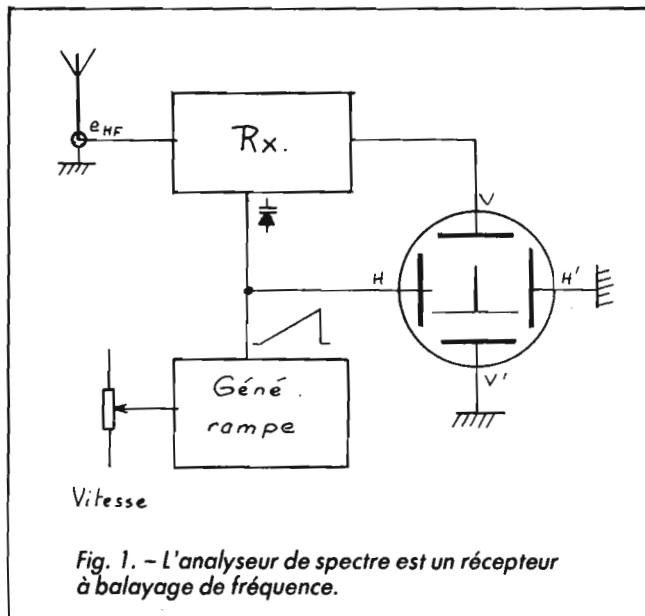


Fig. 1. - L'analyseur de spectre est un récepteur à balayage de fréquence.

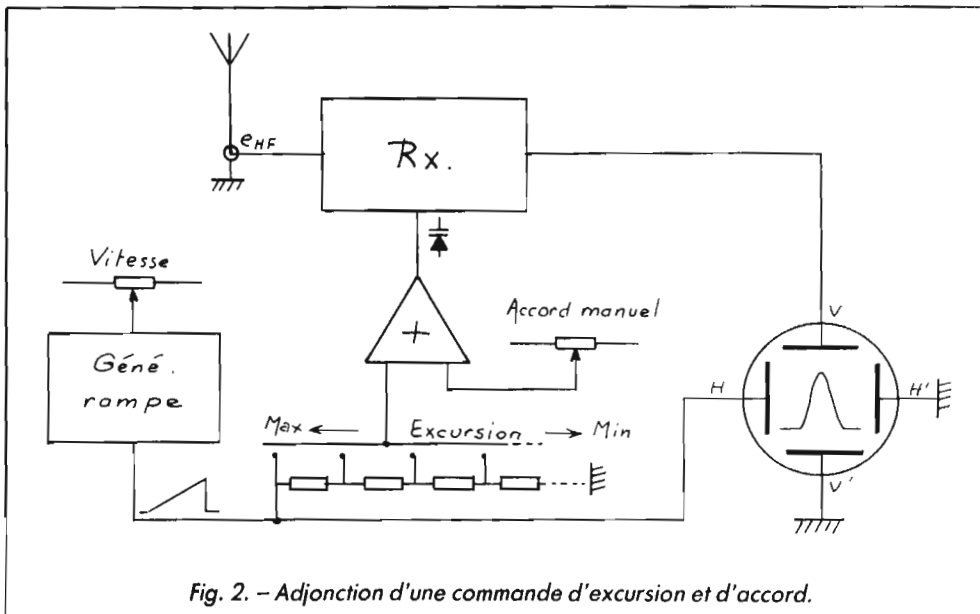


Fig. 2. - Adjonction d'une commande d'excursion et d'accord.

lorsque l'analyseur est commuté en bande étroite, est-il indispensable de réduire la vitesse d'observation au minimum tolérable pour l'œil. Dans l'idéal, il faudrait recourir à un tube cathodique à grande rémanence, voire à un oscilloscope à mémoire. Rassurez-vous cependant, les solutions retenues pour l'AS87 n'obligent pas à de telles extrémités : un tube classique est parfaitement utilisable !

Comme vous l'avez compris, ou le savez, l'analyseur de spectre s'utilise en association étroite avec un oscilloscope. Bien entendu, les deux appareils peuvent être distincts, et c'est une solution économique que vous pourrez retenir. Une seule exigence : il faut que l'oscilloscope possède une voie horizontale passant le continu. Il est en effet hors de question de faire passer les dents de scie très lentes du balayage dans des liaisons capacitives. Il s'ensuivrait un gros défaut de linéarité du balayage.

Pour le proto définitif de l'AS87, nous avons de loin préféré l'oscilloscope intégré. C'est tellement plus agréable : plus de câbles de liai-

sons, de commutations à établir. Suppression d'une foule de réglages d'adaptation et, par conséquent, d'erreurs possibles. Mais nous avons aussi une autre raison majeure justifiant ce choix : nous voulions un analyseur fonctionnant sur batterie de 12 V de manière à en faire un appareil disponible n'importe où, y compris dans la nature... et sur les terrains de modélisme, car nous pratiquons la RC, rappelez-vous ! C'était donc une affaire entendue et le tube cathodique, ses amplis de voies, son alimentation sont partie intégrante de l'analyseur. Nous verrons plus tard que ce choix, contrairement à ce que l'on pourrait supposer, nous a considérablement simplifié la tâche en réduisant certaines difficultés ! Nous ne ferons pas aux lecteurs déjà tentés par la réalisation de l'AS87 l'injure de leur expliquer à quoi sert ce genre d'appareil. En revanche, il est peut-être utile de le faire pour ceux qui seraient moins au fait du problème, ne serait-ce que pour les inciter à entreprendre une telle réalisation. Qu'ils sachent que le possesseur d'un analyseur de

spectre peut très difficilement, par la suite, se passer de ce type d'appareil qui devient vite indispensable à tous ceux qui travaillent sur les générateurs de signaux HF en tout genre. Les radioamateurs qui réalisent encore tout ou partie de leurs installations en auront l'usage pour régler émetteurs et autres oscillateurs. L'exemple typique est le réglage de la pureté spectrale d'un émetteur : l'antenne doit rayonner le signal utile, à la fréquence nominale de l'installation, avec un rendement maximal et, en même temps, délivrer un minimum de signaux harmoniques. En effet, tout générateur de HF a tendance à fournir non seulement la fondamentale de fréquence  $F$ , mais aussi les multiples de cette fréquence,  $2F$ ,  $3F$ ,  $4F$ ... parfois avec des amplitudes non négligeables. Les règlements des télécommunications imposent des normes précises en ce domaine.

Il est donc indispensable de procéder aux réglages convenables. Ainsi, tel émetteur prévu pour le 28 MHz rayonnera cette fréquence, mais aussi plus ou moins de 56, 84 MHz... Seul l'analyseur de

spectre est capable de montrer simultanément toutes ces composantes. Grâce à lui, il devient particulièrement facile de jouer sur les réglages de l'émetteur de manière à réduire les signaux harmoniques, tout en maintenant la fondamentale à son niveau maximal !

Une autre application : l'étude des modulations. En calant l'analyseur sur une radio FM commerciale, on peut très bien observer son excursion de fréquence ! C'est ainsi qu'en examinant les signaux de notre radio « libre » locale, nous avons constaté qu'elle s'étalait très « librement » sur plus de 200 kHz ! Il serait conseillé aux techniciens de ces stations de s'équiper d'un analyseur de spectre, à défaut d'un modulomètre...

Mais après l'examen de ces deux exemples d'utilisation d'un analyseur, nous allons moins nous intéresser à ces appareils en général qu'à notre AS87 en particulier. Et, pour commencer, dressons un tableau de ses caractéristiques.

## CARACTERISTIQUES DE L'AS87

### 1° Couverture HF

- De 0 à 500 MHz en une seule gamme.
- Sensibilité voisine de -85 dBm, soit 10  $\mu$ V.
- Réponse plate à  $\pm 1$  dBm près.
- Dynamique d'entrée de 70 dBm (admissibilité de -15 dBm).
- Atténuateur d'entrée de 40 dB par pas de 10 dB (max. à l'entrée de +25 dBm).

### 2° Excursion de fréquence

- Douze gammes disponibles :
- 500 MHz : 50 MHz/div.
  - 100 MHz : 10 MHz/div.
  - 50 MHz : 5 MHz/div.

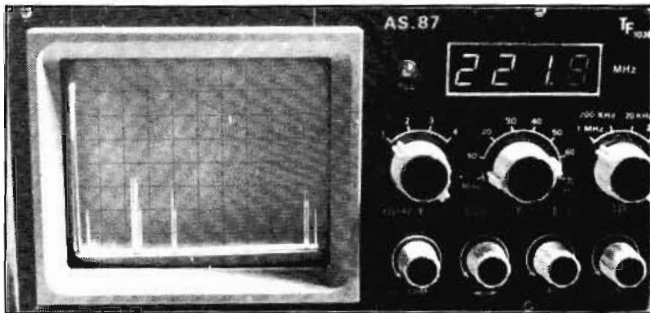


Photo A. — Examen de la bande 0 - 500 MHz. A gauche, le pip 0 MHz, puis des émetteurs décamétriques, la bande FM (troisième carreau), son et image de Canal Plus. A l'extrémité, émetteurs TV UHF ( $\approx 490$  MHz).

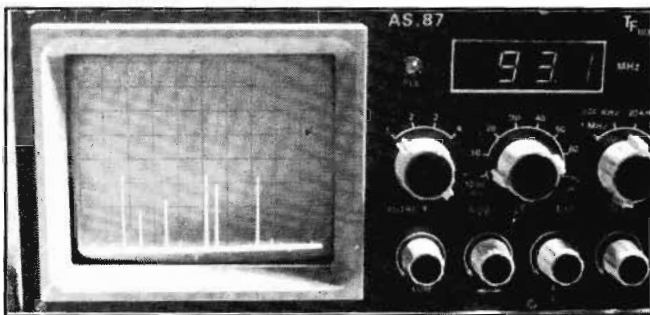


Photo B. — La bande FM ! Noter le petit pip négatif de marquage, sous la trace horizontale. Ce pip donne la position exacte de la fréquence affichée : 93,1 MHz.

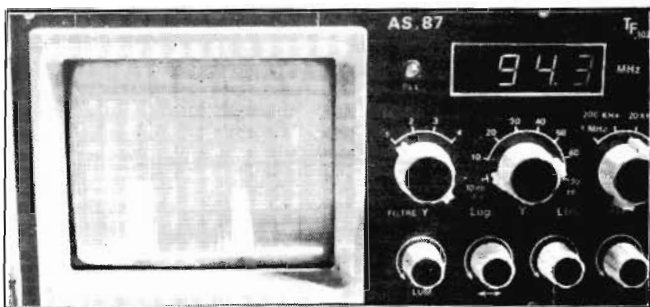


Photo C. — Gros plan sur les deux émetteurs FM situés à droite du pip de marquage de la photo B. Observer l'étalement de chaque émetteur au rythme de sa modulation.

- 20 MHz : 2 MHz/div.
- 10 MHz : 1 MHz/div.
- 5 MHz : 500 kHz/div.
- 2 MHz : 200 kHz/div.
- 1 MHz : 100 kHz/div.
- 500 kHz : 50 kHz/div.
- 200 kHz : 20 kHz/div.
- 100 kHz : 10 kHz/div.
- 50 kHz : 5 kHz/div.

Pour toutes ces gammes, sauf la première, positionnement de la « fenêtre » d'observation par réglage manuel (po-

tentiomètre 10 tours). Pour les cinq dernières gammes, adjonction d'un second multitour servant de vernier de réglage.

### 3° Mesure de la fréquence

Par véritable fréquencemètre numérique incorporé. Résolution de 100 kHz. Pour les sept premières gam-

mes, déplacement du point de mesure par multitour, le long de l'oscillogramme, avec marquage de la trace par pip négatif.

### 4° Bande passante

Quatre bandes passantes disponibles : 1 MHz, 200 kHz, 20 kHz, 2 kHz.

Les trois premières sont obtenues par filtres LC. La dernière par filtre à quartz en échelle. Correction du gain de l'analyseur en fonction du filtre utilisé.

### 5° Niveau de sortie

L'amplitude de sortie peut être visualisée de deux manières :

- **Sortie logarithmique** : dans ce cas, les amplitudes sont de 10 dB/div., soit 7 divisions pour les 70 dB de la dynamique d'entrée.
- **Sortie linéaire** : à 7 positions par paliers de 10 dB, pour couvrir les 70 dB de la dynamique.

### 6° Filtre vidéo

A quatre positions, permettant de réduire le bruit perturbant les oscillogrammes.

### 7° Technologie retenue

Récepteur à triple changement de fréquence.

Le premier changeur est associé au VCO de base, donnant la couverture 0-500 MHz. sortie à 610 MHz.

Le deuxième changeur est à fréquence fixe, son oscillateur associé est synthétisé par PLL. Fréquence de sortie voisine de 65 MHz.

Le troisième changeur est à fréquence fixe pour les sept premières gammes et vobulé pour les dernières. Sortie à 9 MHz environ.

Grande simplification de la réalisation par utilisation d'un module commercial, intégrant les deux premiers changeurs de fréquence. Le réalisateur ne manipule donc que des signaux à 65 MHz maximum. Fabrication en modules séparés, ce qui donne un maximum

de souplesse et de facilité dans la construction, la mise au point et le dépannage éventuel. Toute amélioration future ne nécessiterait que le changement d'un module.

### 8° Alimentation

Par batterie de 12 V, type voiture.

Consommation voisine de 2,8 A.

Module d'alimentation secteur adaptable à l'arrière de l'appareil.

Protection contre les inversions de polarité.

Toutes les tensions nécessaires sont générées par un convertisseur symétrique à transistors.

### 9° Mécanique

L'analyseur AS87 est monté dans un coffret commercial de très bel aspect. Les amateurs allergiques au pliage de la tôle devraient être satisfaits ! Mais qu'ils ne se réjouissent pas trop vite, car tous les boîtiers des modules sont à réaliser (une autre solution sera peut-être envisagée !).

Le tube cathodique utilisé nous a permis l'emploi d'un boîtier aux normes rack, soit 13 x 46 x 35 cm environ. D'autres tubes pourraient imposer une hauteur un peu plus grande.

Comme le montrent les photos, l'AS87 a fière allure et possède un « look » tout à fait professionnel !

Nous vous donnons rendez-vous au mois prochain, pour commencer l'étude et la réalisation de ce projet. Nous envisageons une description « par module », ce qui permettra à chacun d'utiliser chaque mois de parution pour avancer la réalisation. Nous vous proposons donc, pour le mois prochain, tout d'abord une étude générale plus précise de l'AS87 et en même temps la réalisation du bloc d'alimentation.

**F. THOBOIS**