

## Cure de jouvence pour appareils de mesure avec écran à tube cathodique

Les radioamateurs qui veulent se constituer un petit laboratoire d'instruments de mesures radiofréquences ont souvent recours à des appareils de seconde main acquis à prix OM. La plupart de ces instruments électroniques ont été dans leur première vie des appareils de légende dans l'industrie et dans de nombreux laboratoires des sociétés de télécommunications. Depuis l'avènement d'Internet, les radioamateurs peuvent avoir beaucoup d'informations sur des revendeurs spécialisés (sociétés ou particuliers) dans le matériel de seconde main. Il faut toutefois être prudent avant de se lancer dans l'achat en ligne d'un appareil électronique. Vous trouverez bien des conseils sur plusieurs sites ou blogs de radioamateurs au sujet de l'achat en ligne.

Les appareils de mesure dont la date de fabrication se situe entre le milieu des années '80 jusqu'aux années 2000 (même au-delà) et qui sont toujours fonctionnels en 2017 sont en général des appareils robustes, increvables et d'une excellente conception à toute épreuve. C'était une époque où l'on construisait du solide pour durer longtemps. Actuellement ces appareils ne sont pas trop « *vintage* » et certainement pas du tout obsolète pour un usage OM. Un radioamateur averti pourra facilement assurer la maintenance et même le dépannage de ces appareils. En effet, les sous-ensembles électroniques sont parfaitement accessibles et assemblés avec des composants que l'on peut facilement remplacer ou substituer. Tous ces appareils de légende ont été mis sur le marché avec des larges documentations techniques, manuels de service et de maintenance avec schémas détaillés et complets, manuels de calibrage et de programmation, etc. Tous ces documents sont disponibles dans le domaine public et peuvent être téléchargés gratuitement pour la grande majorité.

Plusieurs instruments de mesures radiofréquences sont équipés d'un écran à tube cathodique. Comme tout tube radio, les écrans cathodiques ont une durée de vie limitée alors qu'un transistor est pratiquement éternel. Un grand nombre d'instruments de mesure ont été déclassés de l'industrie ou des sociétés professionnelles à cause du vieillissement avéré de leur écran. Celui-ci accuse un défaut de luminosité, manque en général de contraste et parfois les traces demeurent relativement floues. Soit on peut faire l'acquisition d'un appareil à l'écran irréprochable pour un prix élevé, soit on peut tomber sur un appareil à très bas prix, mais dont l'écran est devenu à peine lisible. Que c'est dommage que toute la précieuse électronique d'un instrument de mesure soit en excellent état de fonctionnement mais que l'appareil soit rendu peu utilisable à cause d'un écran à tube cathodique au bord de la défaillance !

Heureusement nous vivons une époque formidable où des petites sociétés d'électronique de génie ont mis au point une panoplie de kits pour les appareils de mesure les plus populaires afin de substituer les écrans à tube cathodique par des écrans LCD monochromes ou des écrans LCD couleurs qui sont tous à haute résolution (HD, haute définition). Le prix d'un tel kit est relativement raisonnable et cela vaut la peine de donner une cure de jouvence à votre appareil de mesure radiofréquence dont l'écran cathodique est à l'agonie.



Dans cet article, nous vous donnerons deux exemples de remplacement du tube cathodique, le premier avec un LCD couleur, le second avec un LCD monochrome et cela sur deux instruments de mesure très populaires et parfois bien connu de nombreux radioamateurs qui en ont fait l'acquisition à un prix OM.

Le premier instrument de mesure qui a subi une cure de jouvence est l'analyseur de réseau vectoriel HP 3577A très utile pour des applications en moyenne fréquence et basse fréquence : bande passante de 5 Hz à 200 MHz.

**Avant :**

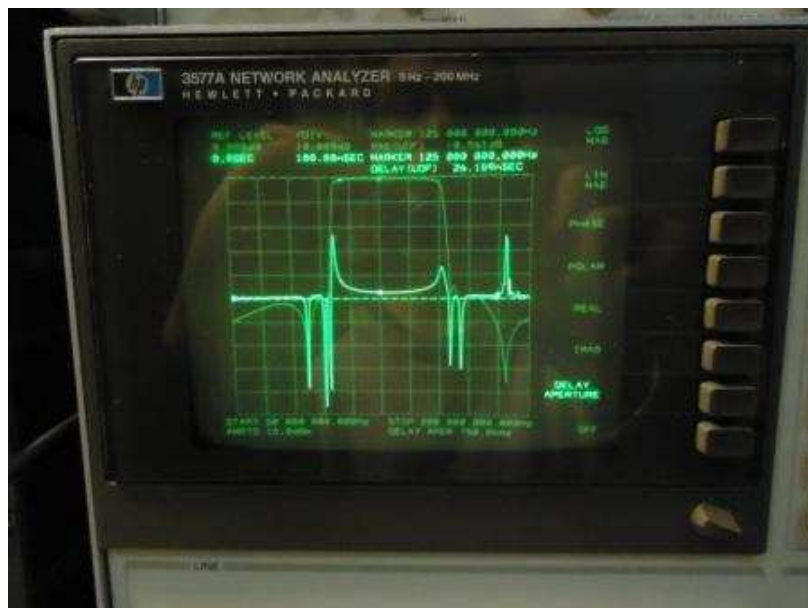


Fig. 1 : Écran à tube cathodique vieilli d'un analyseur de réseau vectoriel HP 3577A en excellent état de fonctionnement. La photo a été prise dans un local relativement occulté.

**Après :**

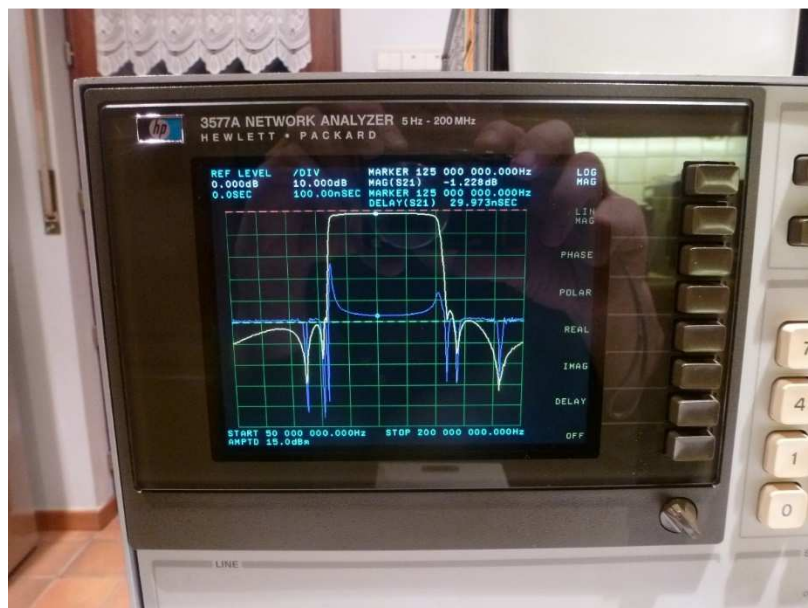


Fig. 2 : Remplacement de l'écran à tube par un LCD couleur sur le même appareil de la figure ci-dessus. La photo a été prise dans un local en pleine lumière. Vous constaterez la finesse des traces !



Le kit LCD couleur, modèle NewScope-5 est fourni par la société SIMMCONN LABS, LLC, San Jose, California, USA. Ce modèle remplace le moniteur à tube cathodique HP 1345A qui est intégré dans l'analyseur de réseau vectoriel HP 3577A et aussi dans quelques autres modèles d'appareils Hewlett Packard.

Passons à la pratique. Le kit est fourni avec un manuel complet d'installation largement agrémenté de figures explicatives. Il y a lieu toutefois de consulter conjointement le manuel de service de l'analyseur HP 3577A.



Fig. 3 : Vue générale de l'appareil de mesure avec capot supérieur enlevé ; à l'avant plan on peut observer le kit LCD couleur avec écran monté sur un support mécanique de montage et avec un sous-ensemble électronique d'interface muni des câbles et connecteurs de raccordement.



Fig. 4 : Le moniteur monochrome à tube cathodique est extrait comme un tiroir par l'avant de l'appareil. Les potentiomètres de réglage d'origine du moniteur sont déposés de la face arrière. Les connexions entre le moniteur et l'appareil de mesure ont été débrochées (câble plat et connecteur d'alimentation).



Pour le démontage du moniteur d'origine et pour l'installation du kit, quelques tournevis suffisent, il n'y a même pas besoin d'un fer à braser (fer à souder).



Fig. 5 : Vue du moniteur monochrome d'origine qui est déposé et où l'on peut observer le canon à électron du tube cathodique, l'alimentation THT et l'électronique d'interface.



Fig. 6 : Fenêtre de protection frontale du moniteur d'origine ; celle-ci sera remplacée ultérieurement. On peut observer à l'avant plan le LCD couleur et son interface électronique tous deux sur cadres de montage livrés avec le kit.



Quelques joints plats de teinte noire en caoutchouc adhésifs sont apposés sur le périmètre de l'écran LCD afin de masquer les parties brillantes du contour métallique de celui-ci. Le tout est prêt à être intégré à l'intérieur de la fenêtre de protection frontale du moniteur d'origine.

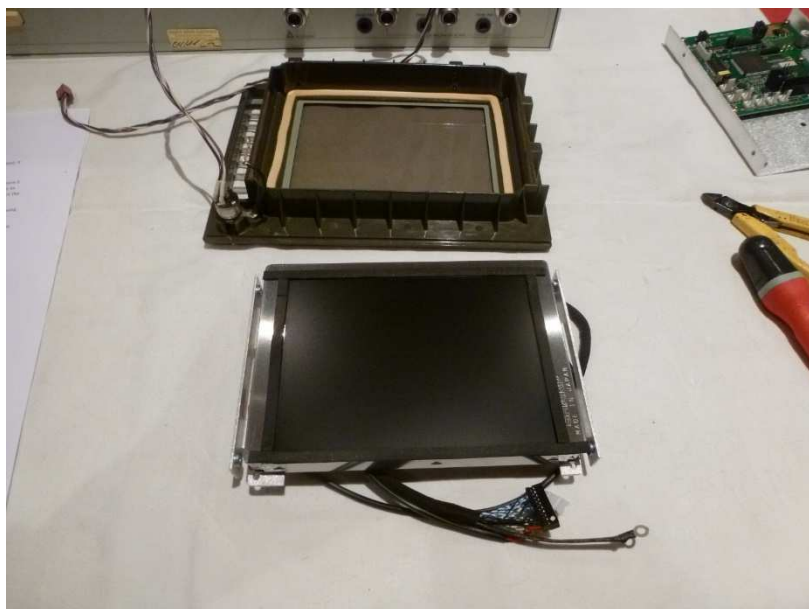


Fig. 7 : Fenêtre de protection frontale et écran LCD.



Fig. 8 : Vue arrière de l'écran LCD lorsque la fenêtre de protection est replacée sur l'appareil au-devant de la cavité qui contenait le volumineux moniteur à tube cathodique.



L'interface électronique de l'écran LCD est fixée dans le fond de la cavité du logement du moniteur d'origine.



Fig. 9 : Interface électronique de pilotage de l'écran LCD.

Le câble plat de liaison entre la carte CPU de l'appareil de mesure et le moniteur est à présent raccordé sur la nouvelle interface électronique de l'écran LCD. Parmi les potentiomètres de réglage du moniteur d'origine, un seul est conservé : celui du réglage de focus qui va être substitué par un nouveau type de commande. En effet, le réglage de focus d'un écran à LCD n'a aucun sens, en revanche ce potentiomètre va permettre de choisir un *lay-out* de l'afficheur parmi quatre possibilités :

1. Affichage couleur avec polices de caractères vectorisées,
2. Affichage couleur avec polices de caractères ASCII bitmap et caractères spéciaux vectorisés,
3. Affichage monochrome d'origine avec polices de caractères ASCII bitmap et caractères spéciaux vectorisés,
4. Affichage monochrome d'origine avec polices de caractères vectorisées.

Le *lay-out* choisi est le n° 2 : affichage couleur avec polices de caractères *bitmap* offrant la meilleure clarté de lecture (*hand-optimized glyphs*) et avec caractères spéciaux vectorisés.



Le cadre de montage de l'interface électronique de l'écran LCD est prévu avec une découpe permettant le logement du connecteur d'alimentation du nouvel écran en substitution de celui du moniteur d'origine.

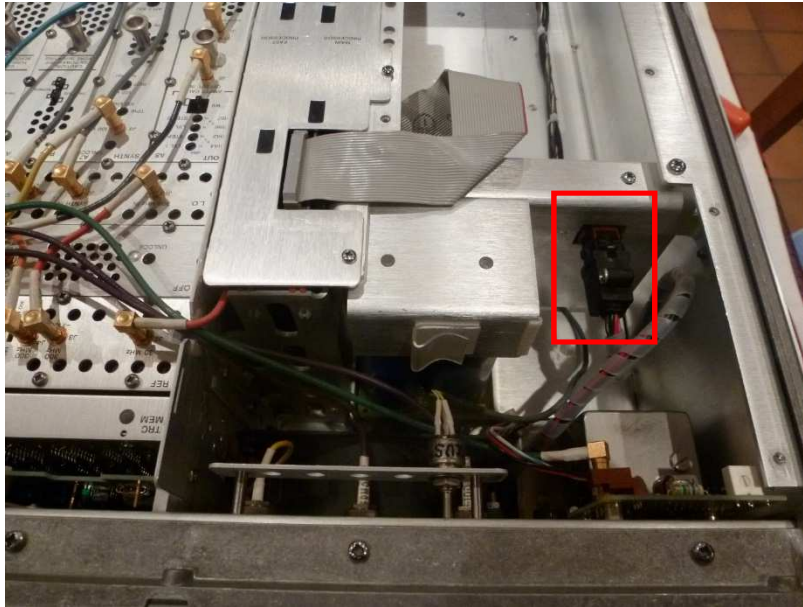


Fig. 10 : Alimentation de l'interface électronique et du nouvel écran LCD.

Tous les capots de fermeture de l'appareil sont remontés et on procède à la première mise sous tension après transformation de l'instrument de mesure avec écran LCD. Le bon fonctionnement est immédiat et suffit de régler le potentiomètre de sélection du *lay-out* d'affichage.



Fig. 11 : Analyseur de réseau vectoriel HP 3577A équipé d'un écran LCD couleur. On peut observer l'ancien moniteur HP 1345A déposé sur le dessus de l'appareil. L'analyseur est raccordé sur un *Test-Set* HP 35677A. Le calibrage est effectué au moyen des calibres type N du kit HP 35678A. Un filtre passe-bande sous test est raccordé aux ports de mesure.



Pour être certain que l'instrument de mesure est en parfait état de fonctionnement il y a lieu d'activer un autotest complet : il s'agit du « *Confidence Test* » (test de confiance). Ensuite on active la fonction de visualisation d'une mire de test (*Test Pattern*) pour vérifier que l'affichage est correct et exempt de distorsion.



Fig. 12 : Mire de test du moniteur HP 1345A reproduit ici sur le nouvel écran LCD couleur (NewScope-5).

Après calibrage de l'analyseur de réseau vectoriel, le filtre passe-bande sous test est raccordé aux ports de mesure. On peut profiter à présent d'un affichage en couleur à haute définition avec un merveilleux contraste.

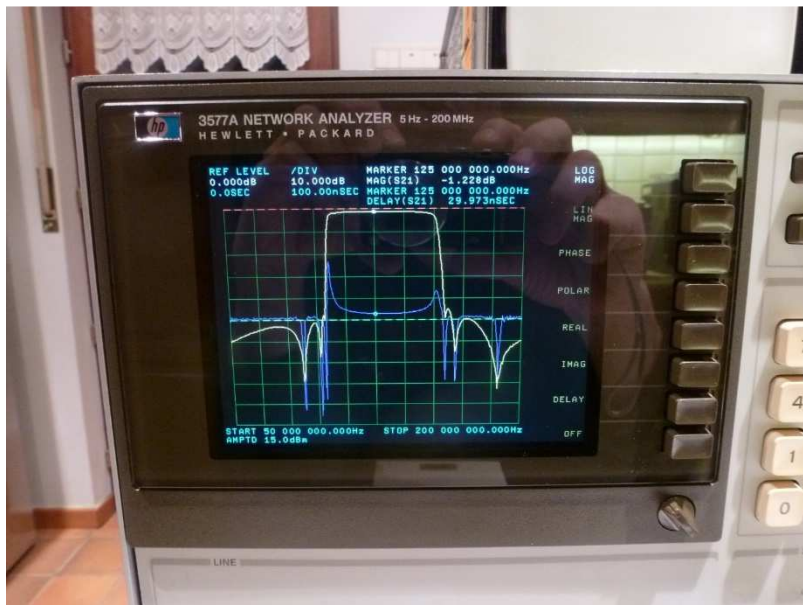


Fig. 13 : Trace 1 active (en jaune) pour la mesure du  $S_{21}$  et visualisation de la trace 2 (magenta estompé) pour la mesure du délai de groupe du filtre passe-bande sous test.



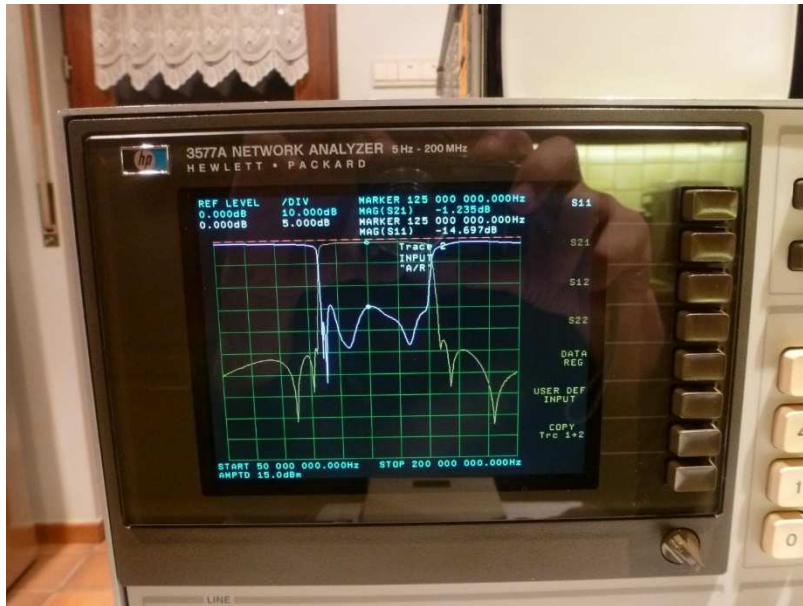


Fig. 14 : Trace 2 active (en magenta) pour la mesure du  $S_{11}$  et visualisation de la trace 1 (jaune estompé) pour la mesure du  $S_{21}$  du filtre passe-bande sous test.

L'analyseur de réseau vectoriel HP 3577A est particulièrement populaire auprès des amateurs d'électroniques en basse-fréquence (audio) car sa bande passante démarre à 5 Hz. Toutefois, pour accéder à ce début de bande passante, il faut substituer le *Test-Set* HP 35677A par un diviseur de signal HP 35676A (voir figure 15). La sortie du diviseur permet d'avoir une source de signal à une impédance de 50  $\Omega$ .

Si vous voulez tester la sortie de votre montage audio sans devoir le charger sur une basse impédance de 50  $\Omega$  mais bien sur une haute impédance, par exemple 1 M $\Omega$ , alors vous pouvez raccorder sur l'entrée de mesure de l'analyseur un convertisseur d'impédance de 1 M $\Omega$  vers 50  $\Omega$ , modèle HP 41802A (bande passante de 5 Hz à 100 MHz). Le convertisseur d'impédance (voir figure 15) sera alimenté par l'appareil de mesure lui-même par l'intermédiaire des prises disponibles sur la face avant de l'analyseur. Vous pourrez raccorder à l'entrée du convertisseur vos sondes d'oscilloscope x1 ou x10.

Vous pourrez ainsi tester vos montages de filtres actifs à amplificateurs opérationnels, vos amplificateurs audio, ou bien relever les caractéristiques de vos haut-parleurs placés dans des enceintes acoustiques. Un analyseur de réseau vectoriel permet en effet de mesurer non seulement l'amplitude mais aussi la phase. Vous pourrez entre autre mesurer l'effet de l'inductance *motionnelle* d'un haut-parleur (effet de la force contre-électromotrice induite).



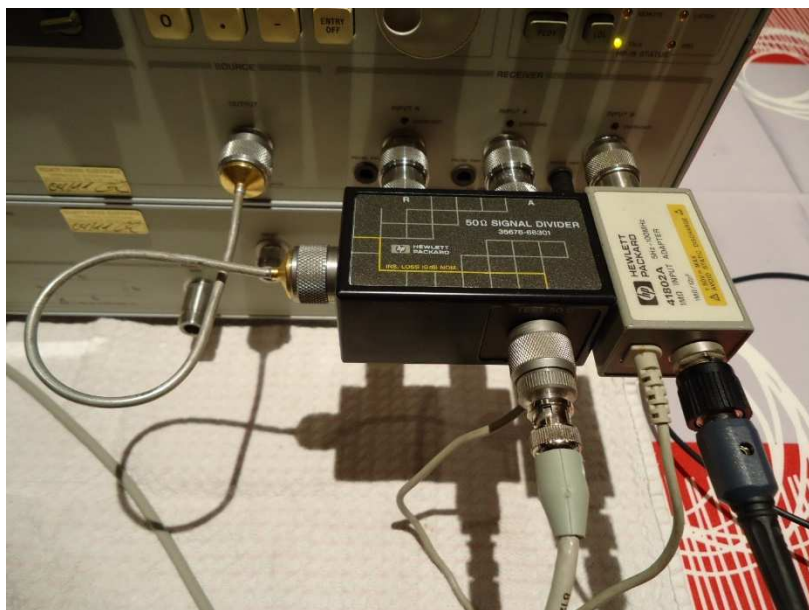


Fig. 15 : Diviseur de signal HP 35676A raccordé sur un analyseur de réseau vectoriel HP 3577A permettant ainsi d'étendre le début de bande passante à partir de 5 Hz. Un convertisseur d'impédance de 1 M $\Omega$  vers 50  $\Omega$  HP 41802A est raccordé sur l'entrée de mesure de l'analyseur pour effectuer des mesures de tension de signaux à la sortie des dispositifs sous tests sans charger leur sortie.

Vous avez pu constater que la modification d'un appareil de mesure pour remplacer un tube cathodique par un kit écran LCD n'est pas bien compliquée et est abordable pour un radioamateur.

Dans la suite de cet article, nous vous proposons la modification d'un autre appareil de mesure de légende bien connu de nombreux OM's.



Le deuxième appareil qui a été rénové est l'analyseur de réseau vectoriel HP 8753B qui est particulièrement populaire chez les radioamateurs (comme le HP 8753C).

**Avant :**



Fig. 16 : Analyseur de réseau vectoriel HP 8753B avec moniteur d'origine à tube cathodique.

**Après :**



Fig. 17 : Le même analyseur avec un nouvel écran LCD monochrome à haute définition.



Avant :

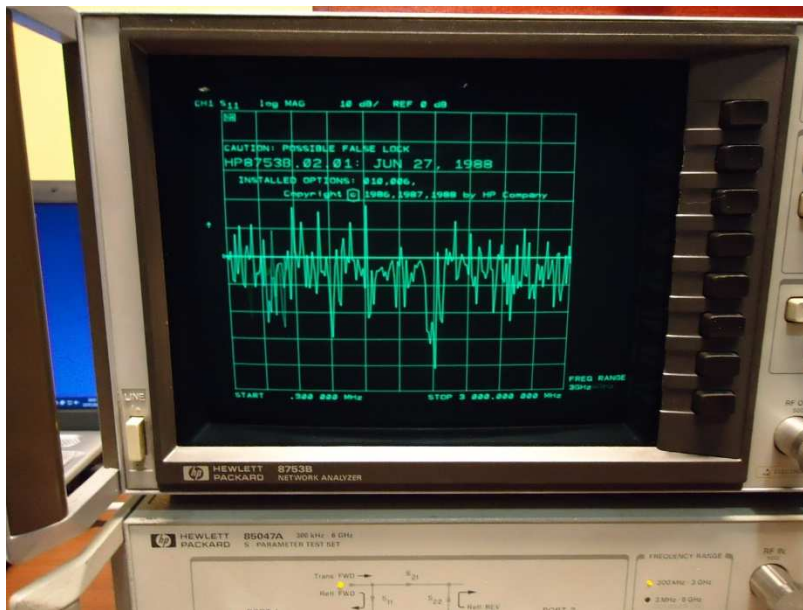


Fig. 18 : Vue de l'écran à tube cathodique de l'analyseur HP 8753B. On peut constater un niveau de bruit relativement élevé de l'appareil en l'absence de signal. La cause est un rayonnement parasite d'intensité assez élevée de l'électronique du moniteur d'origine avec ses sous-ensembles associés, en particulier son alimentation très haute tension pour le tube cathodique.

Après :

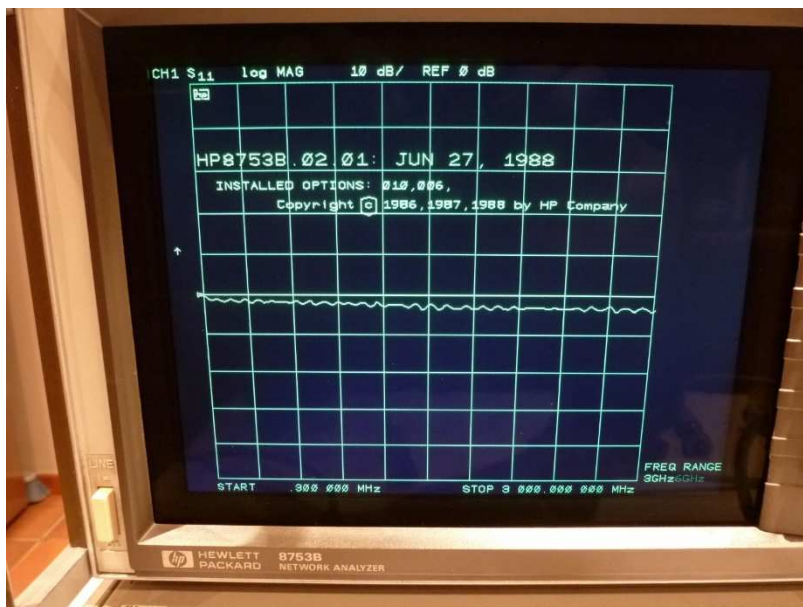


Fig. 19 : Vue de l'écran LCD monochrome qui est substitué à l'écran à tube cathodique d'origine. Ce qui peut surprendre, c'est le niveau de bruit pratiquement devenu inexistant de l'appareil de mesure une fois qu'il a été équipé du nouvel écran LCD ! Ceci ne peut donc qu'améliorer l'appareil de mesure ; autant savoir !



Commençons par le début : avant de s'attaquer à un tel appareil, il y a lieu de bien scruter le manuel de service de celui-ci.



Fig. 20 : Voici le bénéfice de ces appareils de légende : disposer d'une documentation qui n'est pas avare de détails techniques bien utiles ; ceci constitue une aide bien précieuse. Ce cliché illustre un manuel de service bien étoffé et qui accompagne l'instrument de mesure. Vous pouvez vous procurer un manuel original à petit prix en déployant vos antennes ou bien enregistrer une copie informatique.

Faut-il vous convaincre de scruter attentivement la notice d'installation du kit LCD ?



Fig. 21 : La notice d'installation du kit du nouvel écran LCD est à portée de main. On peut observer sur ce cliché, juste derrière la notice, l'écran LCD livré sur un cadre de montage en aluminium anodisé de teinte noire.



Le kit LCD monochrome PRG-1349AD est livré par la société National Tech Equipment Inc. (NTE-USA), Plaza Real, Oceanside, California, USA. Il existe toutefois un autre kit LCD couleur pour le même appareil qui est fourni par la société SIMMCONN LABS, LLC, (modèle Newscope-9).

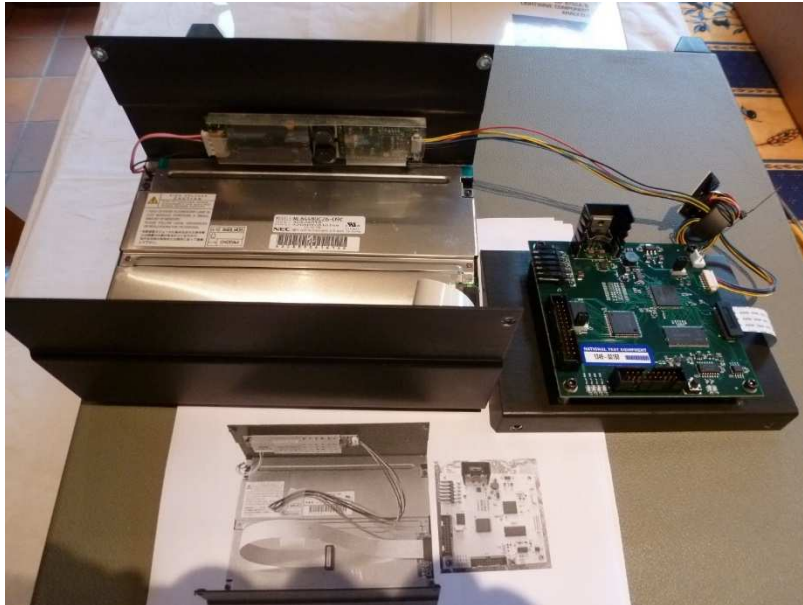


Fig. 22 : Le kit est constitué d'un LCD monochrome, d'une interface électronique de pilotage et d'une alimentation. L'écran LCD est monté sur un cadre de montage en aluminium anodisé de teinte noire.

Le manuel de service de l'appareil est consulté attentivement avant de procéder à la dépose du moniteur à écran cathodique.

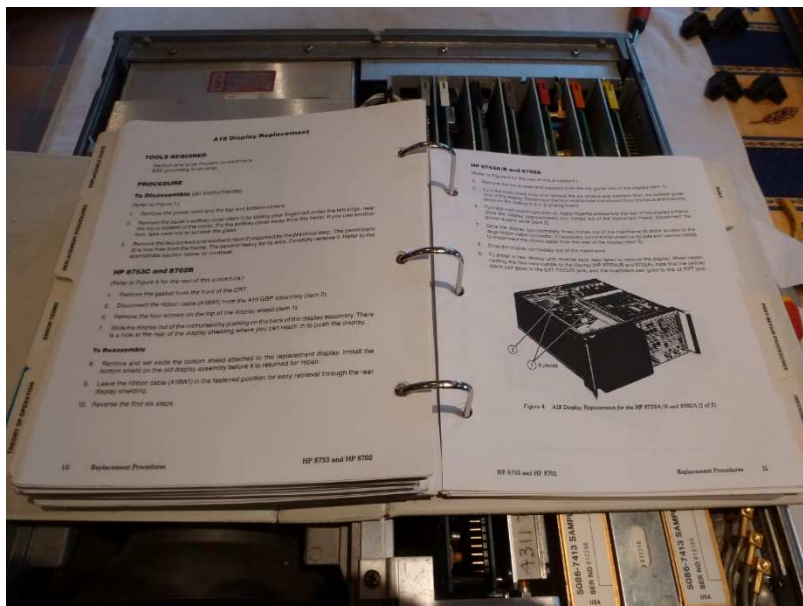


Fig. 23 : Le fait de consulter le manuel de service de l'appareil permet de bien effectuer la procédure de dépose du moniteur à écran cathodique d'origine.



Le moniteur est constitué d'un tiroir complet qui vient s'insérer par coulissement dans une cavité du rack de l'appareil.

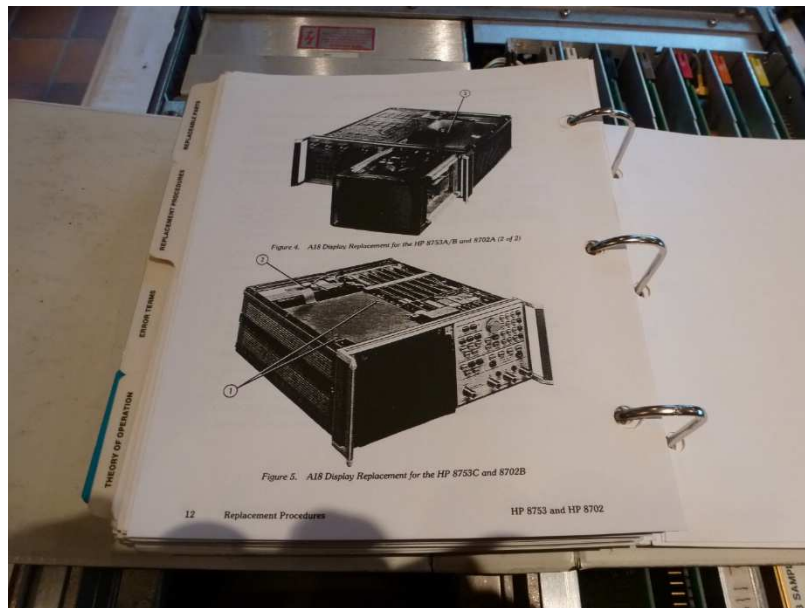


Fig. 24 : Illustrations dans le manuel de service sur la procédure d'extraction du moniteur.

Pour accéder au tiroir du moniteur, il faut procéder à la dépose de la fenêtre de protection de l'écran.

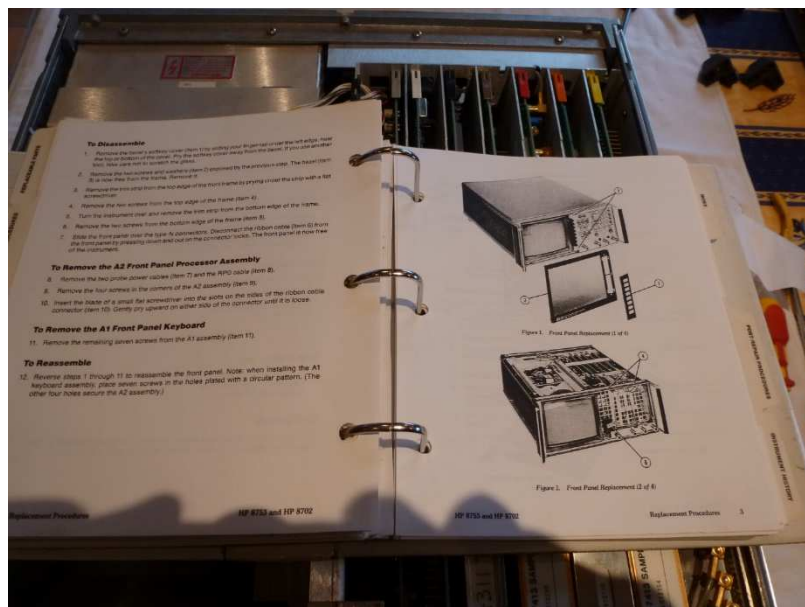


Fig. 25 : Illustrations dans le manuel de service pour la dépose de la fenêtre de protection de l'écran.



Passons à la pratique.



Fig. 26 : Dépose de la garniture des touches de fonctions adjacentes à l'écran. La garniture est fixée par une bande adhésive double face ; celle-ci sera remplacée par une neuve. Les surfaces de contact des pièces en vue du collage adhésif auront été nettoyées avec de l'alcool isopropylique (isopropanol) avant d'apposer la nouvelle bande adhésive.



Fig. 27 : Dépose de la fenêtre de protection de l'écran. L'écran du tube cathodique est à présent apparent.



On effectue l'extraction du moniteur selon la procédure décrite dans le manuel de service.



Fig. 28 : Début d'extraction du tiroir moniteur à tube cathodique.

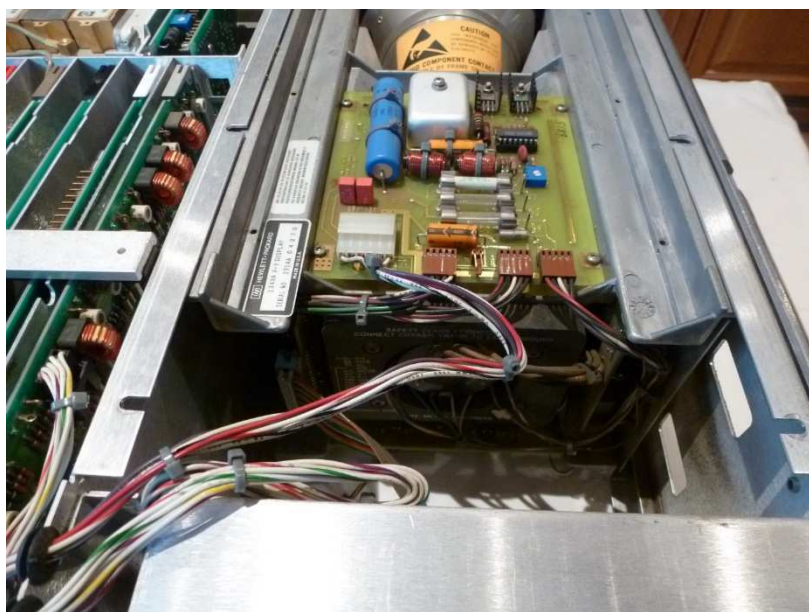


Fig. 29 : L'arrière du tiroir étant dégagé, on a un meilleur accès pour débrocher les connecteurs de raccordement, au-dessus le câble d'alimentation, en dessous le câble plat des signaux de pilotage.



Le moniteur est libéré de ses raccordements et on peut procéder à son extraction complète.



Fig. 30 : Vue arrière du moniteur en cours d'extraction.



Fig. 31 : Vue avant du moniteur en cours d'extraction.



Le nouvel écran LCD et son cadre de montage est présenté à l'avant de la cavité du tiroir du moniteur.

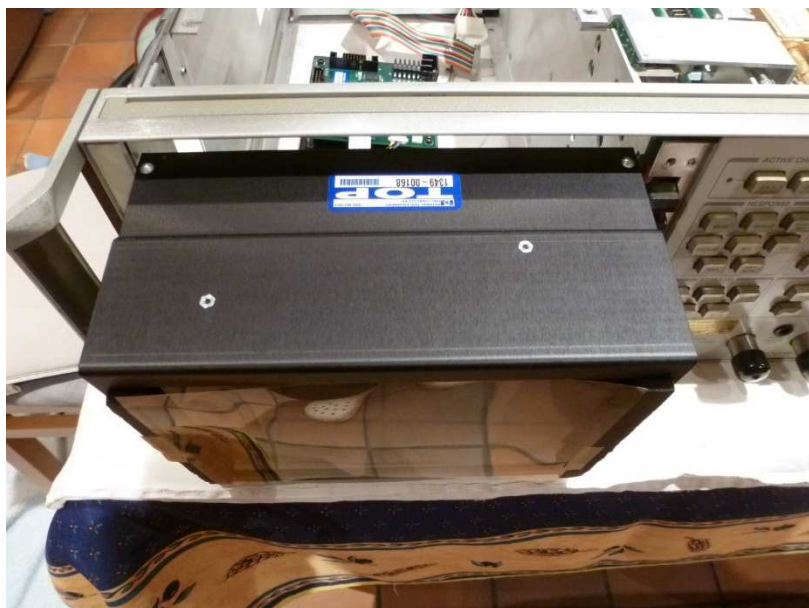


Fig. 32 : Écran LCD et son cadre de montage prêt à être installé.



Fig. 33 : Le cadre de montage de l'écran LCD est fixé aux mêmes points d'ancrage de l'ancien moniteur.



La carte d'interface de l'écran LCD est fixée latéralement dans la cavité du moniteur par l'intermédiaire d'un élément de tôlerie fixé sur les points d'ancrage du tiroir du moniteur.

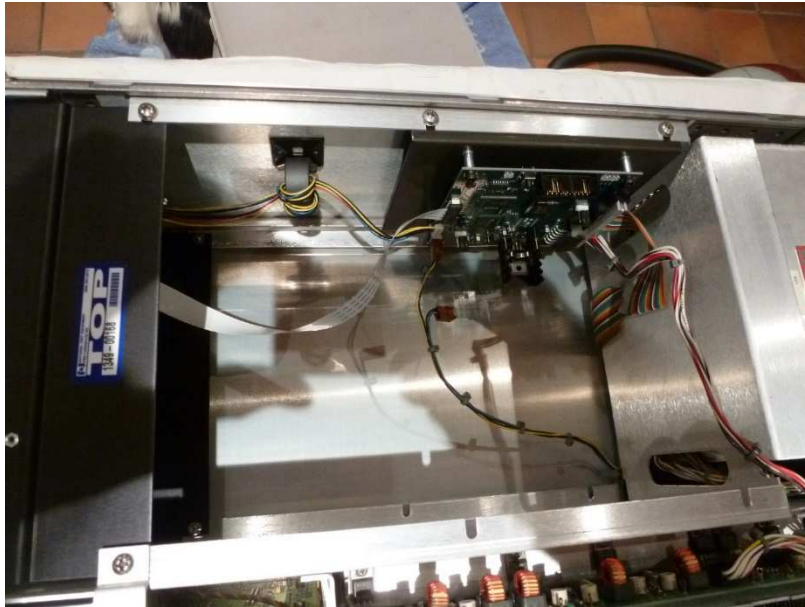


Fig. 34 : Logement de la carte d'interface électronique de l'écran LCD dans la cavité du moniteur.

La carte d'interface vient accueillir toutes les connexions qui reliaient le moniteur d'origine : connecteur d'alimentation, connecteur du câble plat des signaux de pilotage de l'affichage, connexion du réglage de l'intensité lumineuse de l'afficheur. Seul le connecteur de réglage de focus d'origine est laissé non connecté. En effet, le réglage de focus n'a plus de raison d'être pour un écran LCD à la place de celui d'un tube cathodique.

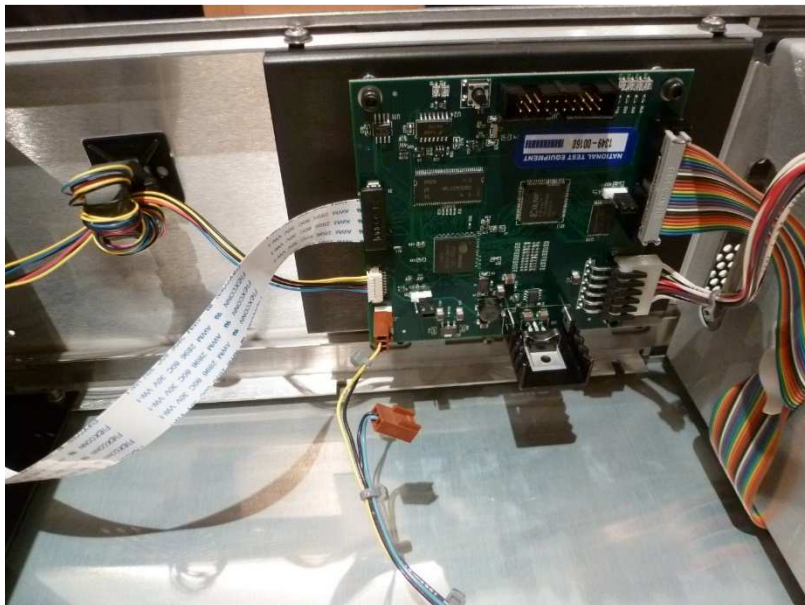


Fig. 35 : Raccordements sur la carte d'interface électronique de l'écran LCD.



Les conducteurs entre l'interface électronique et l'écran LCD sont enroulés sur un tore en ferrite afin de minimiser au maximum tous rayonnements parasites à l'intérieur de l'instrument de mesure.



Fig. 36 : Vue arrière de l'écran LCD avec sur la droite un tore ferrite placé sur les fils conducteurs de raccordement entre l'interface électronique et l'écran LCD.

Et voici un appareil de mesure avec un écran tout neuf offrant une netteté et un contraste étonnant.



Fig. 37 : Analyseur de réseau vectoriel HP 8753B dont le moniteur à tube cathodique que l'on peut observer déposé au-dessus de l'appareil a été remplacé par un écran LCD.



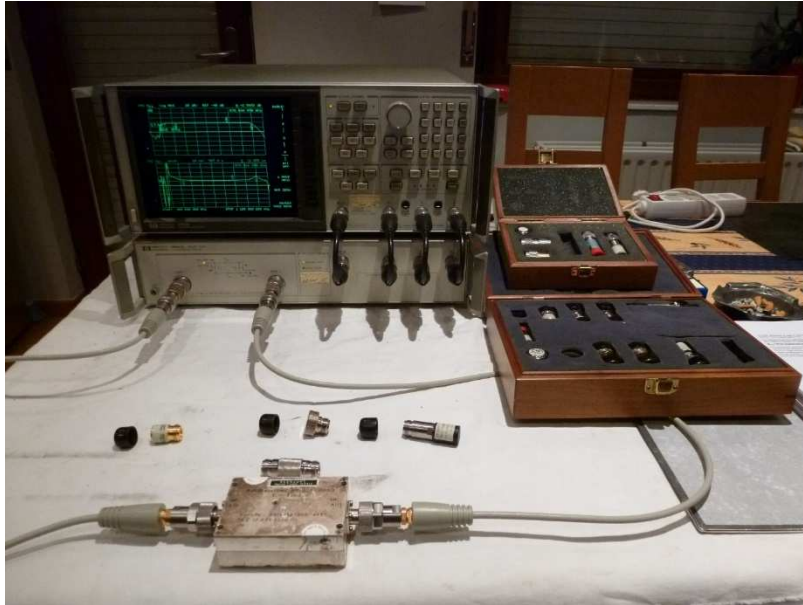


Fig. 38 : Mise en service de l'instrument de mesure rénové. L'affichage à l'écran LCD est parfait et particulièrement lisible avec grand confort, même sur une paillasse (banc de travail) éclairée d'une lumière vive et intense.

Nous n'allons pas nous arrêter en si bon chemin et allons apporter à cet appareil une nouvelle amélioration : il s'agit d'y intégrer une interface USB (*Universal Serial Bus*) qui sera bien plus facile à utiliser que celle d'une liaison GPIB (*General Purpose Interface Bus*) vers un ordinateur portable pour relever des clichés de mesure.

Cette interface fait partie d'un kit électronique à microprocesseur et est à l'origine un émulateur du moniteur HP 1349A (écran cathodique de l'analyseur de réseau vectoriel HP 8753B). Le kit (achat par Ebay) est fourni par une petite entreprise du nom de « Kitztech » (Kitz Technologies) située à Eagle River dans le Wisconsin aux USA. Cet émulateur est parfaitement compatible avec le nouvel écran LCD installé sur l'instrument de mesure.

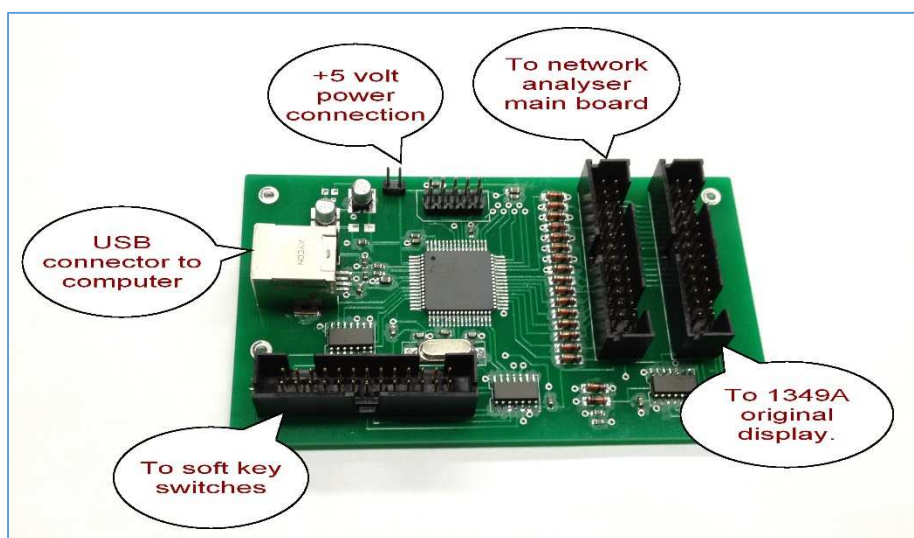


Fig. 39 : Carte électronique à microprocesseur pour l'interfaçage de l'écran de l'instrument de mesure vers un ordinateur portable par l'intermédiaire d'une liaison USB.



La carte électronique d'interface dispose d'une option qui permet de bénéficier de l'action des touches de fonction de l'analyseur. Les contacts de ces touches sont câblés en dérivation vers l'interface par un câble plat.

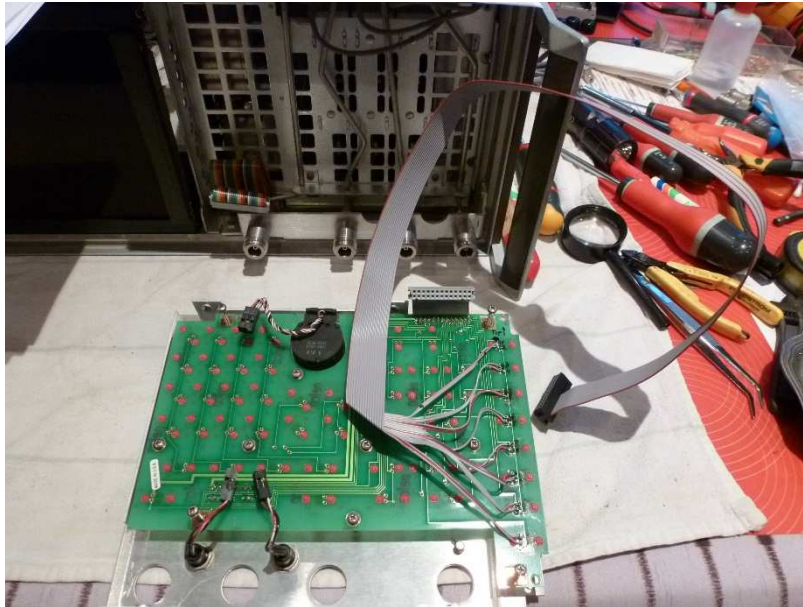


Fig. 40 : Le sous-ensemble des touches de fonction de l'appareil de mesure est déposé afin d'avoir accès aux contacts des touches pour y raccorder les extrémités du câble plat.



Fig. 41 : La carte électronique d'interface du clavier de l'instrument de mesure est remontée.



Nous avons adapté la fixation de la carte électronique du kit d'interface USB en profitant de la tôle de montage de l'interface électronique de l'écran LCD. Une plaque époxy (*Vero Board*) est fixée sur la tôle par quatre entretoises. La carte électronique d'interface USB est fixée sur la plaque époxy par quatre autres entretoises. La plaque époxy peut tout aussi bien être substituée par une tôle en aluminium ou une plaque d'une autre matière.



Fig. 42 : Montage de l'interface USB sur la tôle de montage de la carte de pilotage de l'écran LCD.

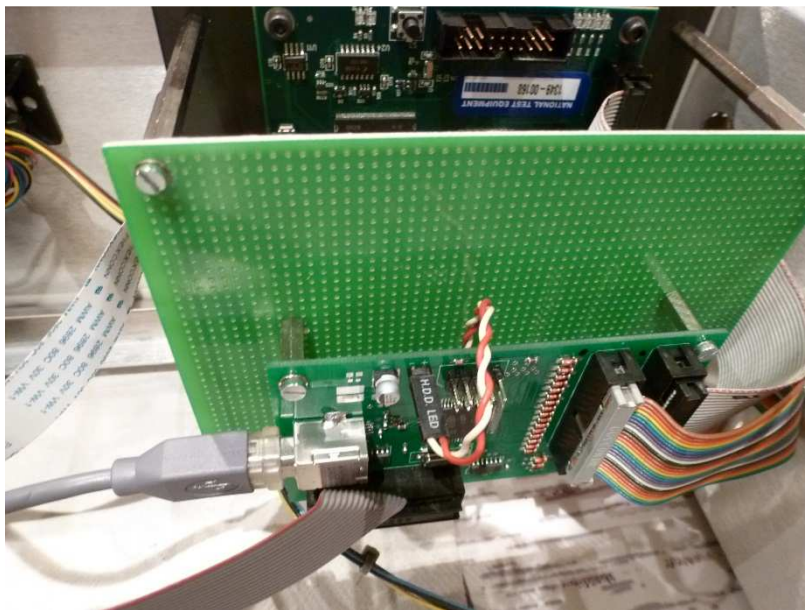


Fig. 43 : Détail de la figure précédente. L'alimentation 5 V<sub>DC</sub> de l'interface électronique est raccordée par un connecteur de récupération d'un vieux PC (HDD LED). Un câble USB, type A-B, est raccordé à l'interface pour effectuer les premiers essais.





Fig. 44 : Vue d'ensemble d'un analyseur de réseau vectoriel HP 8753B avec un nouvel écran LCD et une interface USB pour l'émulation de l'affichage sur un ordinateur.

La connexion USB doit être présentée depuis l'intérieur de l'appareil vers une face du rack de l'instrument de mesure. Plusieurs solutions de positionnement d'un connecteur USB ont été examinées dont une idéale aurait été de placer cette connexion sur le panneau arrière de l'appareil. Hélas, il n'y a pratiquement aucune place disponible sur le panneau arrière. Il en est de même de la face avant du rack : il n'y a pas la moindre place pour loger décemment un connecteur USB. Nous avons donc opté pour un connecteur USB de traversée situé sur la partie latérale gauche vers l'avant du rack. Le raccordement d'un ordinateur portable est ainsi facile d'accès.



Fig. 45 : Connecteur USB de traversée fixé sur le panneau latéral gauche du rack de l'analyseur.





Fig. 46 : Câble USB prolongateur où l'on peut observer le connecteur de traversée sur la partie de droite.



Fig. 47 : Ordinateur portable raccordé sur un analyseur de réseau vectoriel HP 8753B par l'intermédiaire d'une interface USB émulateur du moniteur HP 1349A.



Un petit logiciel est livré avec le kit pour pouvoir émuler l'écran de l'appareil de mesure sur l'écran d'un ordinateur portable. Le logiciel fonctionne parfaitement sur le système d'exploitation Windows 10. L'affichage des mesures sur l'ordinateur est immédiat. Une barre de menu est affichée sur le dessus de l'écran de l'ordinateur et propose quelques fonctions essentielles dont deux d'entre elles sont bien pratiques : le gel de l'affichage sur l'ordinateur (*Toggle Display*) et l'enregistrement de ce qui est affiché à l'écran (*Save Image*) directement dans un fichier sur le disque dur de l'ordinateur.

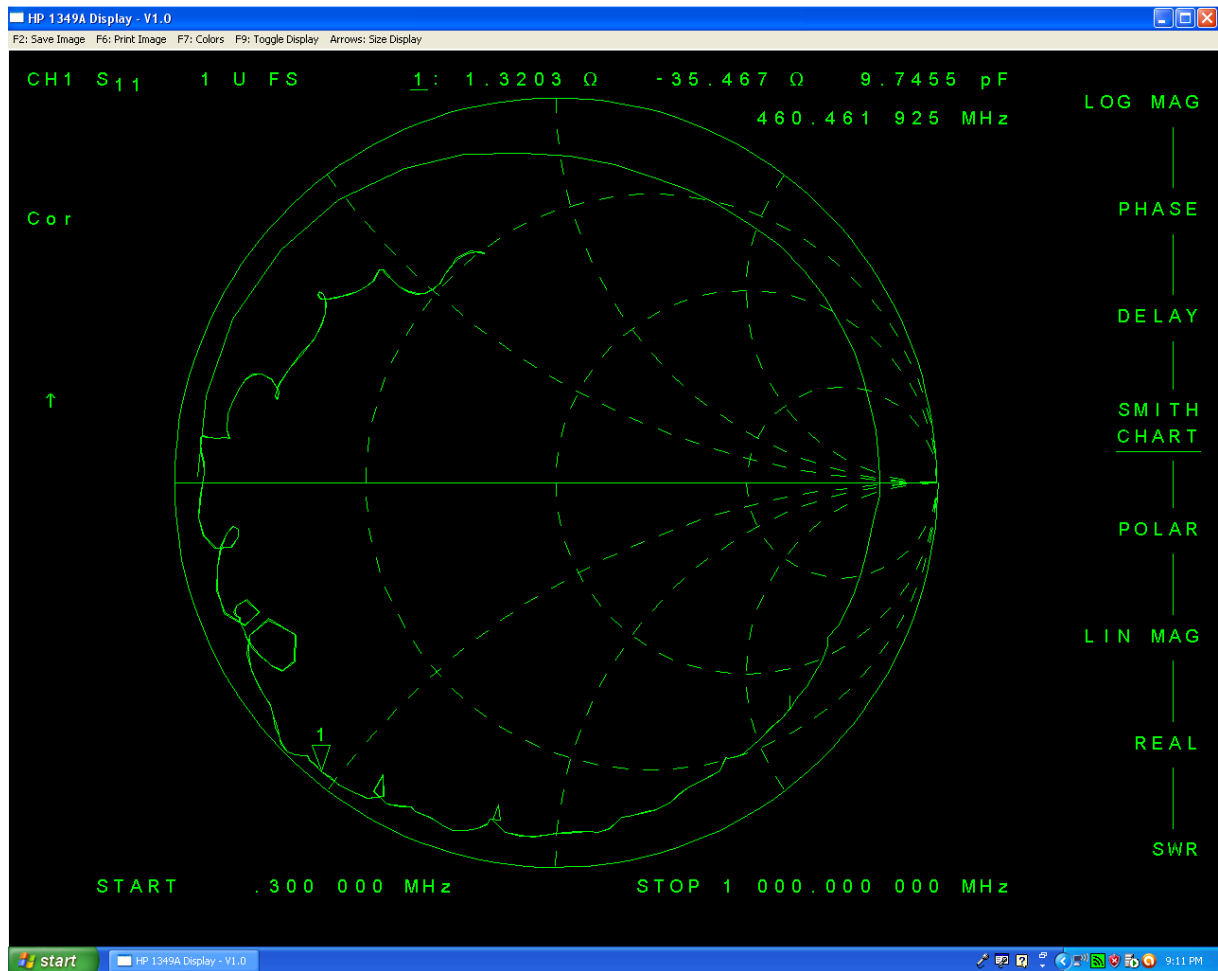


Fig. 48 : Cliché d'écran affiché sur ordinateur portable des mesures effectuées sur un analyseur de réseau vectoriel HP 8753B grâce à une interface d'émulation du moniteur HP 1349A sur ordinateur.

En conclusion : n'hésitez pas à rentrer dans les entrailles de votre appareil de mesure pour lui donner une cure de jouvence ; vous en retirerez beaucoup de satisfaction par cette nouvelle expérience.