

Les générateurs de signaux synthétisés

Dans un marché très dynamique, l'offre en générateurs RF et hyperfréquences se développe pour faire face aux besoins de test de systèmes de transmission de plus en plus variés, aux performances en augmentation rapide, dont les générations se succèdent à un rythme soutenu. Les plates-formes récentes deviennent donc évolutives et particulièrement ergonomiques pour réaliser des mesures de complexité croissante.

Sous l'impulsion du développement des applications de transmission et de leur perfectionnement effréné, les acteurs présents depuis longtemps sur le marché des générateurs RF et hyper proposent régulièrement de nouveaux produits ou de nouvelles options pour leurs modèles existants. Tandis que quelques professionnels de l'instrumentation, tels Keithley et National Instruments, tentent une incursion dans ce créneau dont ils étaient absents. Ainsi, plus de 50% des appareils mentionnés dans nos tableaux n'existaient pas en septembre 2002, date du précédent Dossier que nous avons consacré à ce sujet (*Electronique* n°128, p.82). Et, pour la plupart, il ne s'agit pas de simples remplacements d'instruments devenus obsolètes du fait de leur technologie ou leurs possibilités d'évolution, mais bel et bien d'architectures matérielles entièrement nouvelles. Parmi les matériels les plus récents, citons la série MXG d'Agilent Technologies en RF et le SMF100A de Rohde & Schwarz, plate-forme

hyperfréquence qui succède à la famille SMP.

Des besoins croissants en débit en bande passante

On ne note pas d'évolution particulière du domaine de fréquences couvert par les générateurs. Si les limites basses se situent habituellement entre 9 et 250 kHz et même à 1 Hz chez Hameg, voire 0,1 Hz en option sur les MG3690B d'Anritsu, les limites hautes approchent les 70 GHz chez le constructeur japonais et Agilent. Il ne semble pas que le besoin se fasse sentir de monter très au-delà, du moins dans un appareil compact et standard; signalons toutefois que les deux dernières sociétés sont à même de délivrer des signaux jusqu'à 325 GHz grâce à l'ajout de modules externes.

De même, la résolution offerte, qui peut descendre à 0,001 Hz, est souvent largement meilleure que ce qui serait strictement nécessaire, sans qu'on puisse dégager de raison objective à un positionnement aussi fin de la fréquence. En revanche, dès que la fréquence s'élève un peu, il est clair que le pas (même s'il



Le modèle SMF100A est la nouvelle plate-forme de synthèse de fréquence hyper de Rohde & Schwarz. Dotée de spécifications supérieures, elle est appelée à remplacer la série haut de gamme SMP de l'allemand. Du fait de son faible coût, elle devrait aussi se substituer à la famille SMR aux performances bien moindres.

n'est « que » de 1 Hz) est largement inférieur à l'incertitude sur ce paramètre. Ce qui permettrait, éventuellement, de positionner celui-ci avec toute la précision requise en liaison avec un fréquencemètre externe. Néanmoins, la disponibilité sur beaucoup de modèles d'options de pilote de haute précision, voire d'entrée pour pilote externe, rend cette manœuvre quelque peu superfétatoire... Par contre, la pression est très importante sur les caractéristiques de modulation de la porteuse. C'est en effet grâce à ces performances qu'il sera possible

de simuler, évaluer, stresser des systèmes et équipements de communication à haut débit, dont le marché est particulièrement avide. Les applications qui font l'actualité sont : la radiotéléphonie (versions 3GPP HSPA et LTE), les liaisons UWB et WiMax et la télévision numérique (DVB-T/H). Outre les modulations analogiques traditionnelles (AM, FM, PM, ϕ M), les possibilités de modulation ainsi que les sauts ou commutations de fréquence et d'amplitude, il est donc impératif que des modulations numériques à large bande soient proposées.

En radiofréquence, de plus en plus d'instruments sont donc dotés d'entrées de modulation I et Q, qui permettent de réaliser n'importe quelle modulation au moyen d'un dispositif externe d'élaboration des signaux en bande de base (PC et/ou générateur arbitraire). C'est la voie royale pour les systèmes les plus complexes, mais cela n'est sans doute ni la plus compacte ni la plus économique. Toutefois, c'est sans aucun doute la plus souple et la caractéristique essentiellement recherchée est une large bande passante de modulation, garante d'une évolution possible vers les systèmes à débits croissants. Bien entendu, il est nécessaire de disposer d'une marge pour assurer la précision requise dans les limites du domaine exploré.

Les générateurs les plus avancés en matière de test de systèmes de radiocommunication intègrent en option un générateur en bande de base, qui fournit les signaux I et Q en interne. Il s'agit le plus souvent d'un générateur de signaux arbitraires à deux voies, et les données de programmation issues des logiciels fournissant des formats de signaux correspondant à des standards, voire développées ou modifiées par l'utilisateur, définissent directement l'application simulée et le protocole de test utilisé. Dans ces conditions, les caractéristiques de ce générateur «auxiliaire» deviennent presque aussi importantes que celles du générateur «principal» (celui qui produit le signal RF/hyperporteur), et son ergonomie est un élément important du confort d'utilisation, de la rapidité de mise en œuvre et du niveau de formation à donner à l'opérateur.

Situer la limite entre RF et hyper

Les générateurs décrits dans ce Dossier utilisent tous la synthèse de fréquence. Ils sont divisés en deux catégories, l'une dite «radiofréquence» et l'autre dite «hyperfréquence». Cette division est traditionnelle mais son caractère artificiel est de plus en plus évident. Le critère se fonde sur la gamme des fréquences de sortie, la limite se situant



Mettant en œuvre un procédé de synthèse analogique directe, le 2218 d'Aeroflex se distingue par son temps de commutation en fréquence inférieur à 1 μ s. Il présente une ergonomie un peu spartiate caractéristique d'un marché de niche.

naguère autour du gigahertz. Néanmoins, une distinction fondée sur ce type de critère est difficile à rationaliser. Par exemple, le Simtec, qui est le syndicat de la mesure électronique, a dû revoir plusieurs fois sa limite de classification, la montant dans un premier temps à 8 GHz, pour finalement la ramener à 3 GHz. Si l'on se base sur les applications visées, là aussi on se rend compte d'une limite fluctuante avec une inflation certaine. Ainsi des technologies de type radio empiètent de plus en plus sur le domaine jadis qualifié d'hyperfréquence. C'est notamment le cas des liaisons sans fil Wi-Fi, qui cohabitent dans la bande des 2,4 GHz avec les fours à micro-ondes et qui ont investi la bande des 5 GHz. Et il ne fait pas de doute que des applications de transmission radio (UWB, WiMax...) vont progressivement coloniser des fréquences plus élevées encore. D'ailleurs, le M de l'acronyme WiMax n'est-il pas pour «Microwave»? D'autre part, l'Etsi prescrit des tests de «blocking», destinés à valider la sensibilité des récepteurs aux signaux externes, allant jusqu'à l'harmonique 5, soit 12,5 GHz pour un fonctionnement nominal à 2500 MHz...

C'est donc plus en fonction des applications que nous avons établi notre classification. Le critère retenu est la présence possible d'entrées I/Q et d'un générateur

arbitraire sur les générateurs dits «radiofréquence», ce qui nous a amenés à adopter une limite voisine de 6 GHz. A trois exceptions près, qui entrent incontestablement dans le domaine hyper: les PSG E8267D d'Agilent qui reprennent les ressources de modulation vectorielle des ESG E4438C et qui vont jusqu'à 44 GHz; un couple de modules LXI classe A, constitué d'un générateur arbitraire associé à un convertisseur-élévateur de fréquence 20 GHz de la même société; et deux modules VXI, eux aussi à 20 GHz, de Phase Matrix.

En hyper, les applications qui requièrent une modulation numérique complexe, encore peu nombreuses, ont trait aux transmissions par satellites et aux techniques radars. Pour obtenir ce type de modulation, en dehors des trois cas précités, Anritsu et Rohde & Schwarz ont équipé certains de leurs modèles d'une entrée FI; après transposition de fréquence, le signal de sortie dispose d'une modulation identique à celle du signal en bande de base issu du générateur placé en amont.

L'écran LCD se généralise

Il existe des modules PXI 3U chez Aeroflex et National Instruments dont la réunion donne naissance à un générateur de signaux vectoriels RF. En VXI de taille C, l'offre se compose

d'un tiroir RF chez Racal et d'une gamme de produits hyper chez Giga-tronics, en plus des deux modèles déjà mentionnés de Phase Matrix (ex EIP). Côté LXI, on note l'offre également évoquée plus haut d'Agilent. Mais, dans leur grande majorité, les générateurs de signaux synthétisés sont des appareils de table, souvent intégrables en armoire 19 pouces, et plus ou moins transportables. Ils possèdent leurs propres alimentations et organes de commande.

A l'inverse de la plupart des autres types d'instruments, les plates-formes PC sont rares: on en trouve sous Windows XP chez Rohde & Schwarz, alors que Keithley a choisi Windows CE pour son 2910; cette option est destinée à optimiser l'interface homme-machine et non à effectuer la création des paires I/Q, réalisée par un logiciel sur micro-ordinateur externe. Quoi qu'il en soit, tous les appareils modernes sont pourvus de ports USB et Ethernet, aujourd'hui incontournables, en sus de l'interface GPIB. Les écrans LCD ont remplacé presque partout l'antique bandeau de visualisation, et l'affichage en couleur devient la règle. A noter que les 3410 d'Aeroflex et le 2910 de Keithley sont munis d'un écran tactile. Par ailleurs, un générateur bien conçu se doit d'être évolutif aux plans matériel et logiciel pour être capable de s'adapter à l'évolution des normes.

Peu exigeant en termes de facteur de forme, le standard LXI, qui repose sur des modules ou instruments communiquant par Ethernet avec un ordinateur central, s'accommode d'instruments à l'ergonomie traditionnelle dès lors qu'ils intègrent un serveur web. Ce standard que beaucoup présentent comme l'héritier du GPIB, avec sa vitesse de transfert très supérieure, va aussi concurrencer le PXI cher à National Instruments. C'est pourquoi les générateurs de signaux vectoriels haut de gamme de Rohde & Schwarz, ainsi que le 2910 et les modèles MXG d'Agilent sont désormais estampillés LXI, après examen par le consortium du même nom.

JEAN-PIERRE LANDRAGIN
ET PHILIPPE SCHWARTZ

Les critères de choix

Ne pas oublier de prévoir l'avenir

La gamme de fréquence, la pureté spectrale, les niveaux de sortie, les types et caractéristiques de modulation comptent parmi les premiers paramètres à prendre en compte. Pour ne pas se tromper sur le prix, on examinera aussi avec soin les spécifications standard et celles qui ne le sont pas. Reste ensuite à anticiper sur les besoins à venir de façon à opter pour un appareil capable d'évoluer dans le bon sens.

La division entre générateurs radiofréquences et hyperfréquences a abouti à la confection de deux tableaux légèrement différents construits sur une base commune. Les colonnes « Fabricant/fournisseur » et « Modèle » permettent d'identifier le produit. On notera une petite particularité à propos du SM300, l'entrée de gamme de Rohde & Schwarz appartenant à sa famille de « smart instruments » : ceux-ci ne sont pas commercialisés par le canal de la filiale française du constructeur munichois mais par la distribution, en l'occurrence Equipements Scientifiques qui est donc fournisseur exclusif de ces matériels dans l'Hexagone.

La gamme de fréquences concerne la sortie RF ou hyper et peut être couverte en plusieurs plages. Il n'est pas rare que la limite inférieure reportée dans les tableaux ne soit en fait disponible qu'en option. Très peu de modèles sont susceptibles d'être équipés de deux sorties indépendantes : c'est le cas des SMU200A et SMATE200A de Rohde & Schwarz, des D310 et D620 de PTS et du 2026 d'Aeroflex, le seul capable d'avoir trois voies en option. La résolution, toujours largement supérieure aux besoins, descend jusqu'à à 0,001 Hz, y compris sur certains



De hauteur limitée à 2U, le générateur de signaux vectoriels MXG N5182A d'Agilent dispose d'une grande qualité de modulation numérique, dont témoigne son erreur vectorielle de 1,2% rms sur signaux W-CDMA et son ACLR qui atteint 71 dB.

appareils hyper comme le SMF100A de Rohde & Schwarz et les PSG d'Agilent. Team Solutions et National Instruments se distinguent en RF avec des résolutions respectives de 1 μ Hz et 355 nHz sur leurs modules PXI TE5100 et 5671. Là encore, il arrive que les valeurs les plus faibles ne soient accessibles qu'en option.

La commutation de fréquence est importante pour les systèmes à saut de fréquence et pour ceux dits « à agilité ». On commence à parler d'agilité lorsque les temps de commutation d'une fréquence à une autre sont notablement inférieurs à 1 ms. Il existe quelques appareils ultrarapides comme ceux d'Aeroflex qui proviennent de l'ancienne société Comstron reprise par l'améri-

cain, crédités de 1 μ s ou 200 ns. De telles vitesses sont aussi proposées par quelques modules d'Elcom Technologies, représenté par Ygitech Microwave. En la matière, on remarque également les 20 μ s des produits PTS.

Par ailleurs, un faible temps de commutation sera apprécié lorsqu'un grand nombre de mesures doivent être effectuées, en particulier dans les applications de production. En mode liste, dans lequel les fréquences de test sont

est communiquée avec un écart différent, l'offset servant à la spécification est alors indiqué ; et les niveaux des raies harmoniques et des raies non harmoniques. Ces dernières bénéficient d'une meilleure réjection, par exemple de -80 dBc pour des harmoniques à -30 dBc. Les valeurs reportées sur les tableaux sont données pour une fréquence de sortie de 1 GHz (sauf mention contraire) pour les produits RF, alors qu'elles le sont à 20 GHz ou en bout de bande pour les générateurs hyperfréquences.

Le niveau élevé des raies harmoniques n'est pas forcément gênant dans la mesure où leur emplacement est connu, et que leur influence peut donc être compensée par filtrage ou par calcul. En outre, les

raies harmoniques (multiples de la fréquence porteuse) sont souvent situées dans une gamme de fréquence à laquelle le dispositif sous test ne présente aucune sensibilité, alors qu'il n'en est pas de même des parasites non harmoniques, à même de se trouver assez près de la raie principale. Du reste, le niveau des raies non harmoniques est fonction de la distance de la porteuse, précision qui figure sur les tableaux (le plus souvent, cette distance est de 10 kHz).

La colonne « Niveau de sortie » mentionne les limites les plus larges possible, sous réserve qu'elles puissent être atteintes simultanément. Une option forte puissance permet d'approcher, voire dépasser 20 dBm, tandis que la limite basse exige l'emploi d'un atténuateur, dispositif qui abaisse de 1 à 2 dB le niveau maximum. Les chiffres des tableaux sont ceux des générateurs qui cumulent les deux options. Deux types d'atténuateurs sont

présélectionnées, les temps de commutation sont couramment inférieurs à 1 ms. Ces temps de commutation varient dans de larges proportions en fonction de l'écart par rapport à la fréquence finale ; c'est pourquoi cet écart est donné dans les tableaux chaque fois qu'il se trouve dans les data sheets. Enfin, il faut savoir que la vitesse est souvent dégradée quand le passage entre les deux fréquences exige un changement de gamme.

Ne pas perdre de vue les caractéristiques de base...

La qualité de la synthèse de fréquence est caractérisée par trois spécifications de pureté spectrale : le bruit de phase à 20 kHz de la porteuse (si cette grandeur

fréquemment proposés: l'atténuateur mécanique, qui autorise les puissances de sortie les plus hautes, et l'atténuateur électronique dont la durée de vie est presque infinie et qui procure des commutations en niveau plus rapides. L'atténuateur électronique est aujourd'hui le plus répandu et une firme comme Rohde & Schwarz a totalement délaissé son alter ego mécanique. Signalons par ailleurs le côté un peu illusoire des atténuations très élevées dont le rapport peut s'avérer nettement supérieur au taux de fuites de l'appareil lui-même.

Une colonne détaille les modulations offertes par les appareils. Il peut s'agir de modulations analogiques en amplitude (AM), fréquence (FM), phase (PM) ou impulsions (PM), et/ou de modulations numériques (ASK, FSK, PSK, QAM). Beaucoup d'instruments autorisent plusieurs modulations en simultanément. La disponibilité d'une modulation numérique à la demande est notée I/Q et l'on a alors affaire à un générateur de signaux vectoriels. La facilité de création des paires I/Q, souvent assurée par un logiciel sur PC externe, devient un critère de choix important, au même titre que l'abondance et la nature des formats radiocom standard disponibles.

Dans le tableau dédié aux produits RF, la qualité de la modulation numérique I/Q est décrite par trois colonnes. La bande passante de modulation exprime l'aptitude à simuler les transmissions à haut débit de symboles.

Pourquoi il faut préférer les valeurs garanties

→ Dans la mesure du possible, nous avons essayé de nous en tenir dans nos tableaux à des valeurs minimales garanties, mais de telles valeurs, dites spécifiées, ne sont pas toujours disponibles ou communiquées par les fabricants. Or comment s'en tenir à des chiffres typiques, quand la différence avec la valeur spécifiée varie d'un paramètre à l'autre pour un même appareil ? Un écart de 5 dB entre valeurs garanties et typiques n'est pas exceptionnel. Dans le cas du niveau des raies non harmoniques des MXG d'Agilent Technologies, il atteint même 14 à 20 dB selon la fréquence !

Pire encore, il existe plusieurs espèces de valeurs typiques. En plus de celles-ci, on parle en effet de valeurs nominales,

caractéristiques, mesurées ou calculées, sans que ces divers intitulés recouvrent nécessairement un mode d'appréciation identique d'un fournisseur à l'autre. Dans un document interne, vieux d'un an, un constructeur réputé sérieux comme Agilent définit ainsi les différents niveaux de « certitude » des chiffres communiqués :

- Les « spécifications » décrivent les performances couvertes par la garantie du produit (dans la gamme de température 0 à 50°C sauf indication différente).

- Les valeurs « typiques » donnent des informations complémentaires qui ne sont pas couvertes par la garantie. Il s'agit de performances qui dépassent les spécifications et sont affichées par

80 % des appareils avec un niveau de confiance de 95 % (NDLR : autrement dit obtenues dans 76 % des cas), et ce dans la plage de température de 20 à 30°C. L'incertitude sur la mesure n'est pas comprise.

- Les valeurs « nominales » indiquent les performances attendues ou fournissent des performances utiles dans l'utilisation du produit, mais en aucun cas couvertes par la garantie. L'obtention de valeurs spécifiées peut être très coûteuse. C'est pourquoi la plupart des paramètres des appareils d'entrée de gamme sont donnés en valeurs « typiques », ce qui ne préjuge par de leur garantie mais permet de faire l'économie de longs et coûteux cycles de qualification.

Cette bande passante est le plus souvent spécifiée à -3 dB (parfois, plus rarement, à -1 dB). Il y a une pression importante sur ce paramètre, qui atteint désormais 200 MHz en RF, ce qui est surdimensionné pour la plupart des applications actuelles. Par exemple le Wi-Fi à 54 Mbits/s (IEEE 802.11 a/g) nécessite 22 MHz, alors que WiMax demande 28 MHz (en fait, 20 MHz suffisent).

On notera que cette bande passante de modulation peut prendre deux valeurs différentes, suivant qu'on utilise les moyens internes au générateur (en l'occurrence un générateur arbitraire à deux voies) ou des entrées analogiques I/Q; dans le second cas, c'est le modulateur numérique interne qui fixe la bande. En hyper, les PSG E8267D et des modules LXI d'Agilent

sont les seuls à être dotés de ressources de modulation numérique avec les tiroirs VXI 1140B et 1141B de Phase Matrix. En servant des entrées en quadrature, les produits Agilent procurent une bande de modulation de 2 GHz ! Le générateur arbitraire LXI fournit, lui, une bande de 1 GHz en interne.

Les deux colonnes suivantes du tableau RF qualifient la qualité de la modulation dans le cas du standard W-CDMA. La première donne l'erreur vectorielle (EVM). Chiffrée en % rms, cette erreur dépend en pratique du type de modulation et du débit de symboles. La seconde fournit la dynamique de mesure de puissance dans le canal adjacent (ACLR), soit à 5 MHz de la porteuse. Elle est habituellement communiquée suivant le modèle de test 1 pour 64 DPCH (ou codes).

L'ACLR du 2910 de Keithley n'est indiqué que pour un signal de test CPICH (Common pilot channel), ce qui ne permet pas d'établir des comparaisons avec ses concurrents. La dynamique dans le canal suivant (à 10 MHz) est aussi mentionnée si elle figure dans les feuilles de spécifications.

... mais examiner attentivement les options

Les valeurs reportées dans les tableaux sont les meilleures possibles pour les différents paramètres considérés. Elles ne sont quasiment jamais toutes disponibles en version de base. Les caractéristiques faisant l'objet d'options ne sont pas identiques d'un modèle à l'autre. Les options peuvent concerner l'ensemble des grandeurs listées de

Suite p.67

“

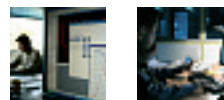
Instrumentation RF et HYPER



”

“

Prestations intellectuelles uniques notamment dans les domaines CEM (Accréditation Cofrac)



”

ELEXO
www.elexo.fr

“

Tous types de composants du DC au millimétrique



”

“

Intégration RF et HYPER 650 ingénieurs à votre service



”

i2e
TECHNOLOGIES
www.i2e.fr

I.- Synthétiseurs pour applications RF

Fabricant (fournisseur)	Modèle	Gamme de fréquence	Résolution (Hz)	Temps de commutation @ distance de la fréquence finale	Bruit de phase @ 20 kHz (dBc/Hz)	Raies harmoniques (dBc)	Raies non harmoniques (dBc) @ distance de la porteuse	Niveau de sortie (dBm)	Modulations disponibles	Bande passante de modulation I/Q à -3 dB	EVM sur signaux W-CDMA	ACLR sur signaux W-CDMA	Prix en version de base (k€)	Observations	
Aeroflex	2023A/B	9 kHz à 1,2/2,05 GHz	1	20 ms	-121 (typ.)	-30 (typ.)	-70 @ 3 kHz	+19 à -140	AM, FM, ϕ M, PM, OOK, FSK				6/7	Hauteur 2U en version rack; options alimentation DC et mesures de SINAD; versions économiques sans atténuateur; sorties jusqu'à +25 dBm à 1,2 GHz.	
	2025	9 kHz à 2,51 GHz											8		
	2026A/B	10 kHz à 2,05/2,51 GHz						+19 à -140						19	2 voies indépendantes ou combinées en standard; 3 ^e voie en option.
	3002	9 kHz à 2,4 GHz						+19 à -137						11	Module VXI de taille C double largeur.
	2030/31/32	10 kHz à 1,35/2,7/5,4 GHz	0,1	50 ms	-116 à 470 MHz	-30	-70 @ 3 kHz	+19/13/13 à -144	AM, FM, LBFM, ϕ M, PM, 2 tons, VOR/ILS, GMSK					13/16/21	
	2040/41/42	10 kHz à 1,35/2,7/5,4 GHz	0,1	50 ms	-140	-30	-90 @ 3 kHz	+19/13/13 à -144	AM, FM, LBFM, ϕ M, PM, 2 tons, VOR/ILS					24/29/35	Très bonne pureté spectrale.
	3412/13/14/16	250 kHz à 2/3/4/6 GHz	1	500 μ s en mode liste @ 0,1 ppm	-118	-30	-70 @ 10 kHz	+19 à -140	AM, FM, ϕ M, PM, ASK, FSK, PSK, QAM, I/Q	20 MHz (interne), 96 MHz (externe)	NC	70 dB	16/17/19/25	Ecran tactile; hauteur 2U en version rack; options sorties I/Q différentielles, générateur arbitraire 66 Méc./s - 14 bits et 23,6 Méc. par voie; formats radiocom W-CDMA/HSPA, WLAN, WiMax...	
	3010 + 3020A	250 MHz à 2,7 GHz	1	250 μ s (typ.) en mode liste @ 0,7 ppm	-115 (typ.) à 2 GHz	-30	-70 (typ.) @ 10 kHz	+5 à -120	AM, FM, ASK, FSK, PSK, QAM, I/Q	28 MHz (interne), 50 MHz (externe)	1,5% rms (typ.)	55 dB (modèle de test 1)	3,5 + 7	3020A et 3025 : modules de génération PXI 3U double largeur; fonctionnement en liaison avec synthétiseur PXI simple largeur 3010 ou 3011; générateur arbitraire 66 Méc./s - 14 bits et mémoire de 32 Méc. par voie en standard; E/S analogiques I/Q en option; formats radiocom W-CDMA, WLAN, WiMax...	
	3010 + 3025	86 MHz à 6 GHz												3,5 + 12	
2202/04	10 MHz à 2,3/4,6 GHz	0,1	1 μ s	-132	-55	-70	+10 à -110	AM, FM, PM					64/75	Châssis 3U; synthèse analogique directe.	
Agilent Technologies	N9310A	9 kHz à 3 GHz	0,1	10 ms @ 0,1 ppm	-95 (typ.)	-30	-50 @ 10 kHz	+13 à -127	AM, FM, ϕ M, PM, I/Q	40 MHz (externe)	NC	NC	6,7	Ecran couleur de 6,5 pouces; hauteur 3U; option interface homme-machine en deux langues.	
	N5181A	250 kHz à 1,3 ou 6 GHz	0,01	900 μ s en mode vobulé ou liste @ 0,1 ppm	-121 (typ.)	-30	-48 @ 10 kHz	+13 à -127	AM, FM, ϕ M, PM					6,2, 8 ou 15	Plate-forme MXG; compatibilité LXI classe C; hauteur 2U en version rack.
	E4428C	250 kHz à 3 ou 6 GHz	0,01	9 ms (typ.) @ 0,1 ppm	-130	-30	-80 @ 10 kHz	+17 ou +14 à -136	AM, FM, ϕ M, PM					18 ou 22,5	Plate-forme ESG-C; hauteur 3U; atténuateur mécanique en standard sur la version 6 GHz, en option sur le modèle 3 GHz.
	E8663B	100 kHz à 3,2 GHz	0,001	11 ms (typ.) @ 0,1 ppm	-130	-30	-80 @ 300 Hz	+15 à -135	AM, FM, ϕ M, PM					41,5	Faible bruit de phase à proximité de la porteuse.
	N5182A	250 kHz à 3 ou 6 GHz	0,01	900 μ s en mode vobulé ou liste @ 0,1 ppm	-121	-30	-48 @ 10 kHz	+13 à -127	AM, FM, ϕ M, PM, I/Q	100 MHz (interne), 160 MHz (externe)	1,2% rms	71 dB @ 64 DPCH (71 dB à 10 MHz)	16 ou 25	Idem N5181A + modulation I/Q et option générateur arbitraire jusqu'à 125 Méc./s - 16 bits et 64 Méc. par voie; formats radiocom W-CDMA, GSM, Edge, W-CDMA, HSPA, WLAN dont 802.11n et technologie Mimo...	
	E4438C	250 kHz à 1/2/3/4 GHz	0,01	9 ms (typ.) @ 0,1 ppm	-130	-30	-80 @ 10 kHz	+17 à -136	AM, LBAM, FM, ϕ M, PM, ASK, FSK, MSK, PSK, QAM, I/Q	80 MHz (interne), 160 MHz (externe)	1,8% rms	63 dB @ 64 DPCH (70 dB à 10 MHz)	17,1/18,9/20,7/22,5	Plate-forme ESG-C; hauteur 3U; atténuateur mécanique en standard sur la version 6 GHz, en option sur les autres; génération multiton (2 à 1024); options générateur arbitraire 100 Méc./s - 16 bits et mémoire jusqu'à 64 Méc.; testeur BER 60 Mbits/s, disque dur de 6 Go, Baseband Studio pour simulation de fading, E/S numériques I/Q, capture et play-back temps réel.	
	250 kHz à 6 GHz		16 ms (typ.) @ 0,1 ppm	-130		-80 @ 10 kHz	+14 à -136						25,6		

Suite p.68

► la limite basse en fréquence à l'ACLR, en passant par la pureté spectrale, les niveaux et les types de modulations.

Les performances essentielles du générateur arbitraire, intégré en option sur tous les générateurs de signaux vectoriels de table du marché, à l'exception du MG3700A d'Anritsu, sont le couple fréquence d'échantillonnage - résolution et la capacité mémoire. Ainsi on doit considérer la vitesse des convertisseurs N/A (qui, en relation avec la bande passante de modulation, détermine le débit de symboles réalisable), leur résolution (habituellement 14 ou 16 bits), qui conditionne la précision avec l'erreur vectorielle, et la capacité de la mémoire qui contient la séquence à dérouler. Celle-ci se chiffre couramment en dizaines de millions de paires I/Q.

Signalons que le MG3700A d'Anritsu, apparemment plus cher que ses rivaux, possède en version de base un générateur arbitraire 160Méch./s - 14 bits doté d'une capacité mémoire record de 256Méch. par voie (extensible à 512Méch.), plus un testeur BER 20Mbits/s, un disque dur de 40Go et des logiciels de test GSM/Edge, W-CDMA, Bluetooth, WLAN et GPS. Moyennant quoi, il est en fait sûrement plus économique à configuration équivalente que ses concurrents.

Une deuxième voie en option est susceptible de s'avérer précieuse pour le test de systèmes à plusieurs antennes (Mimo), comme les évolutions prévues des normes WiMax, 3GPP LTE et IEEE 802.11n. Et ceci même si Agilent conteste l'intérêt d'une telle approche tant que la synchronisation et la cohérence de phase entre les sorties ne sont pas assurées. Autre option utile pour le test de transpondeurs satellites ou d'amplificateurs multiporteuses pour stations de base, la génération multiton. A cet égard les E4438C et E8267D d'Agilent sont capables de produire jusqu'à 1024 porteuses, chiffre qui atteint 8192 sur les SMJ100A, SMU200A et SMATE220A de Rohde & Schwarz.

La richesse des solutions de test pour standard radiocom, qui se présentent sous la forme d'options logicielles, est un atout de poids. A ce propos, les construc-

teurs de générateurs RF se livrent à une véritable course pour être les premiers à fournir une option pour les standards émergents et asseoir ainsi leur crédibilité. Une solution ne se limite pas à la modulation et au débit voulu, il faut aussi être apte à restituer le filtrage et la structure de la trame du standard. Au moment de la parution de notre précédent Dossier, en 2002, le cheval de bataille était W-CDMA. Il y a deux ans, les principaux fabricants se sont focalisés sur la 3,5G, tout d'abord avec HSDPA (High speed downlink packet access) puis HSUPA (High speed uplink packet access). Après quoi, l'attention s'est portée sur WiMax en versions fixe (IEEE 802.16d-2004) et mobile (IEEE 802.16e-2005) et, à ce jour, tous les leaders ont des réponses adaptées à ces normes.

Les enjeux actuels ont trait aux standards IEEE 802.11n (débit réel de 100Mbits/s dans un rayon de 90m et technologie Mimo) et 3GPP LTE (Long term evolution, qualifié de 3,9G), dont les spécifications devraient être finalisées cette année pour un déploiement envisagé en 2009. Concernant 802.11n, Agilent a pris tout le monde de vitesse et affirme être capable de prendre en compte ce standard et même sa technologie Mimo. Rohde & Schwarz proclame pour sa part avoir développé une solution pour LTE. Gageons que, d'ici un an, les principaux acteurs de la génération de signaux auront leurs options 802.11n et LTE. La nouvelle frontière pourrait bien être l'UWB qui requiert une bande de modulation de 500 MHz.

La simulation de fading est rarement intégrée dans les générateurs de signaux. Pour réaliser cette fonction, on fera donc appel à un générateur supplémentaire dédié, comme ceux que commercialisent Elektrobot. Le SMU200A de Rohde & Schwarz est toutefois à même d'embarquer une ou deux cartes permettant chacune une simulation de fading sur vingt trajets. Quant à Agilent, son logiciel Baseband Studio, destiné aux E4438C et E8267D, présente une option qui réalise la simulation de fading avec un bruit blanc calibré.

JEAN-PIERRE LANDRAGIN
ET PHILIPPE SCHWARTZ



2,5 kg lui suffisent pour monter à 18 GHz

R&S® FSHx : Les analyseurs de spectre qui vous suivent partout.

La famille d'analyseurs de spectre portables R&S® FSHx s'agrandit :

Le nouveau R&S® FSH18 est aussi

- ✓ léger (2,5 kg),
- ✓ compact (270 mm),
- ✓ autonome (3 h en fonctionnement sur batterie),
- ✓ économique (15 080 € HT*)

que ses prédécesseurs R&S® FSH3 et R&S® FSH6.

Doté des sondes de mesure de puissance R&S® FSH-Zx, il se transforme aussi en wattmètre de précision.

Décrivez-nous votre besoin et nous vous ferons tester la configuration taillée sur mesure pour y répondre.

contact.rs@rohde-schwarz.com

Tél. 01 41 36 10 00

Venez les découvrir sur :
RF & HYPER EUROPE 2007
Stand C24



ROHDE & SCHWARZ

www.rohde-schwarz.fr/fr/fsh18-ad

I.- Synthétiseurs pour applications RF

Fabricant (fournisseur)	Modèle	Gamme de fréquence	Résolution (Hz)	Temps de commutation @ distance de la fréquence finale	Bruit de phase @ 20 kHz (dBc/Hz)	Taux harmoniques (dBc)	Raies non harmoniques (dBc) @ distance de la porteuse	Niveau de sortie (dBm)	Modulations disponibles	Bande passante de modulation I/Q à -3 dB	EVM sur signaux W-CDMA	ACLR sur signaux W-CDMA	Prix en version de base (k€)	Observations
Anritsu	MG3641/42A	125 kHz à 1,04/2,08 GHz	0,01	40 ms @ 0,1 ppm	-130	-30	-100 @ 15 kHz	+17 à -143	AM, FM, PM				6,3/7,8	Points forts : bruit de phase et niveau des raies parasites très faibles ; résolution en amplitude de 0,01 dB ; jusqu'à 1 000 configurations en mémoire.
	MG3700A	250 kHz à 3 ou 6 GHz	0,01	10 ms @ 0,1 ppm	-110	-30	-60	+19 à -140	PM, I/Q	120 MHz (interne), 150 MHz (externe)	2% rms	62 dB @ 64 DPCH (67 dB à 10 MHz)	22 ou 28,2	Ecran VGA de 8,4 pouces ; en standard : générateur arbitraire 160 Méch/s - 14 bits et mémoire de 256 Méch. par voie (extensible à 512 Méch.), testeur BER 20 Mbits/s, disque dur de 40 Go, logiciels pour GSM/Edge, W-CDMA, WLAN, Bluetooth, GPS ; en option logiciels HSPA, WiMax, DVB-T/H...
Hameg	HM8134-3	1 Hz à 1,2 GHz	1	10 ms	-100	-35	-55 @ 15 kHz	+13 à -127	AM, FM, FM, PM, FSK, PSK				4,4	Dimensions (l x h x p) : 28,5 x 7,5 x 36,5 cm ; poids de 5 kg ; HM8135 : option affichage VFD.
	HM8135	1 Hz à 3 GHz				-40	-60 @ 15 kHz	+13 à -135					4,9	
Keithley Instruments	2910	400 MHz à 2,5 GHz	0,1	1,6 ms (mode vobulé ou liste) @ 0,1 ppm	-120	-40	-55 @ 10 kHz	+13 à -125	AM, FM, FM, PM, 2 tons, bruit, ASK, FSK, GMSK, PSK, QAM, I/Q	40 MHz typ. @ -1 dB (interne), 200 MHz typ. (externe)	1,2% rms (typ.)	67 dB typ. (70 dB typ. à 10 MHz) @ CPICH	13,8	Ecran tactile de 7 pouces ; compatibilité LXI classe C ; option générateur arbitraire 50 Méch/s - 16 bits, mémoire de 64 Méch. par voie.
Laplace Instruments (GEMesure)	RF1000	30 MHz à 1 GHz	0,5% de la valeur affichée					0 à -60	AM, PM				6,4	Piloté par PC via interface USB ; adaptés aux tests d'immunité en CEM.
	RF2000	30 MHz à 2,4 GHz											7,2	
Levear (Equipements Scientifiques)	VP-8131/32/33D	10 kHz à 280 MHz	20	55 ms @ 100 Hz	-30	-30	-60 @ 10 kHz	+19 à -133	AM, FM					VP-8131/33D : modulation FM stéréo ; VP-8132D : modulation AM/FM stéréo ; VP-8133D : synthèse numérique directe.
National Instruments	PXI-5650/51/52	500 kHz à 1,3/3,3/6,6 GHz	1/2/4	5 ms @ 0,1 ppm	-105 @ 10 kHz	-15 (typ.)	-70 @ 100 kHz	+10 à -100	FM, FSK, OOK				2,8/5,2/7,1	Modules PXI 3U simple largeur.
	PXI-5671	250 kHz à 2,7 GHz	355. 10 ⁻⁹	35 ms (typ.) @ 50 Hz	-93 @ 10 kHz	-40	-80 (typ.)	+10 à -145	AM, FM, PM, ASK, FSK, MSK, PSK, QAM, I/Q	20 MHz	NC	NC	15,6	Comprend deux modules PXI 3U : l'élevateur en fréquence PXI-5610 double largeur et le générateur arbitraire simple largeur PXI-5441 (100 Méch/s - 16 bits, jusqu'à 128 Méch.).
PTS (Equipements Scientifiques)	500/620	1 à 500/620 MHz	0,1	20 µs	-120 @ 10 kHz	-30	-70	+13 à +3						Hauteur 3U, largeur 19 pouces ; D310 et D620 : deux voies indépendantes.
	3200	1 MHz à 3,2 GHz	1	20 µs	-116 @ 10 kHz	-30	-60	+13 à +3						
	D310/620	0,1/1 à 310/620 MHz	0,1/0,2	20 µs	-123 @ 10 kHz	-30	-70/65	+13 à +3						
Racal	3271	9 kHz à 2,4 GHz	1		-121 (typ.)	-30 (typ.)	-70 @ 3 kHz	+25 à -137	AM, FM, FM, PM, 2 tons, FSK					Tiroir VXI de taille C double largeur.
Rohde & Schwarz (Equipements Scientifiques)	SM300	9 kHz à 3 GHz	0,1	10 ms @ 0,1 ppm	-95	-30	-50 @ 10 kHz	+13 à -127	AM, FM, FM, PM, I/Q	40 MHz (externe)	3,3% rms (typ.)	54 dB typ. (55 dB typ. à 10 MHz) @ 64 DPCH	7,5	Ecran QVGA de 5,4 pouces ; dimensions (l x h x p) : 21,9 x 14,7 x 35 cm ; poids : 7 kg.
Rohde & Schwarz	SML01/02/03	9 kHz à 1,1/2,2/3,3 GHz	0,1	10 ms @ 0,1 ppm	-122	-30	-70 @ 10 kHz	+13 à -140	AM, FM, FM, PM				6,4/8,4/10,6	Hauteur 2 U ; option codeur stéréo/RDS.
	SMA100A	9 kHz à 3 ou 6 GHz	0,01	450 µs en mode liste @ 0,1 ppm	-136	-30	-90 @ 10 kHz	+18 à -145	AM, FM, FM, PM, VOR/LS				16,5 ou 21,1	Options générateur multifonction 10 MHz, synthèse de signaux d'horloge différentiels jusqu'à 1,5 GHz ; écran QVGA ; hauteur de 2U ; versions économiques sans atténuateur pour une gamme de niveau de 30 dB

Suite p.70

I.- Synthétiseurs pour applications RF

Fabricant (fournisseur)	Modèle	Gamme de fréquence	Résolution (Hz)	Temps de commutation @ distance de la fréquence finale	Bruit de phase @ 20 kHz (dBc/Hz)	Raies harmoniques (dBc)	Raies non harmoniques (dBc) @ distance de la porteuse	Niveau de sortie (dBm)	Modulations disponibles	Bande passante de modulation I/Q à -3 dB	EVM sur signaux W-CDMA	ACLR sur signaux W-CDMA	Prix en version de base (k€)	Observations
Rohde & Schwarz	SMV03	9 kHz à 3,3 GHz	0,1	10 ms @ 0,1 ppm	-122	-30	-70 @ 10 kHz	+13 à -140	AM, FM, Φ M, PM, I/Q	100 MHz (externe)	NC	60 dB typ. (64 dB typ. à 10 MHz) @ 64 DPCH	15,2	Idem SML avec modulation I/Q.
	SMU100A	100 kHz à 3 ou 6 GHz	0,01	450 μ s en mode liste @ 0,1 ppm	-129	-30	-80 @ 10 kHz	+13 à -145	AM, LBAM, FM, Φ M, ASK, FSK, PSK, QAM, I/Q	80 MHz (interne), 200 MHz (externe)	0,8 % rms	66 dB (68 dB à 10 MHz) @ 64 DPCH	29,3 ou 39,1	PC sous Windows XP intégré; écran SVGA de 8,4 pouces; compatibilité LXI classe C; options: générateur arbitraire 100 Méch./s - 16 bits et jusqu'à 128 Méch. par voie, sorties différentielles I/Q, ajout de bruit blanc, génération multiporteuse (de 1 à 8192), test de taux d'erreurs binaires 60 Mbits/s, génération de signaux GSM/Edge, 3GPP, HSPA, 802.11, GPS, DVB, WiMax, LTE...; SMU200A: 2 ^e voie possible à 2,2 ou 3 GHz et 2 ^e générateur arbitraire, option simulation de fading jusqu'à 40 trajets; SMATE200A: outil aveugle dédié production, 2 ^e voie possible à 3 ou 6 GHz et 2 ^e générateur arbitraire.
	SMU200A	100 kHz à 2,2/3/4/6 GHz			-136		-90 @ 10 kHz	+19 à -145				67 dB (72 dB à 10 MHz) @ 64 DPCH	23/24,2/29,3/35,1	
	SMATE200A	100 kHz à 3 ou 6 GHz		400 μ s en mode liste @ 0,1 ppm									23 ou 29,9	
Schomandl (Racal)	SG1000	9 kHz à 1 GHz	0,2	15 μ s	-120 @ 10 kHz	-30	-65	+13 à -137	AM, FM, Φ M, PM					Hauteur 2U.
Team Solutions (Acquisys)	TE5100	1 Hz à 100 MHz	10 ⁻⁶		-140 @ 10 kHz de 5 MHz	-35	-50	+7	FSK				2,4	Module PXI 3U simple largeur ou carte PCI; sortie sinus et signaux TTL en simultané.

II.- Synthétiseurs pour applications hyperfréquences

Fabricant (fournisseur)	Modèle	Gamme de fréquence	Résolution (Hz)	Temps de commutation @ distance de la fréquence finale	Bruit de phase @ 20 kHz (dBc/Hz)	Raies harmoniques (dBc)	Raies non harmoniques (dBc) @ distance de la porteuse	Niveau de sortie (dBm)	Modulations disponibles	Volatilité de fréquence par pas (P) ou continue (C)	Bande passante de modulation I/Q à -3 dB	Prix en version de base (k€)	Observations
Aeroflex	6813/15	10 MHz à 20/46 GHz	1	500 μ s en mode liste @ 1 kHz	-84 @ 10 kHz	-55	-50 (typ.) @ 30 kHz	+7/+2 à -100/80	FM, PM	P		24/49	Ecran couleur de 6,5 pouces.
	2218	10 MHz à 18,4 GHz	0,4	1 μ s	-108	-50	-50	+10 à -110	AM, FM, PM	P		85	Châssis 3U; synthèse analogique directe.
	2513/18	300 MHz à 13,5/18 GHz	1	200 ns	-113 @ 10 kHz	-50	-70/64	+10	AM, FM, LBFM, PM	P		116/121	Châssis 3U; synthèse analogique directe.
	2520/26	300 MHz à 20/26,5 GHz			-113 @ 10 kHz de 18 GHz		-64			P		126/131	
Agilent Technologies	E8663B	100 kHz à 9 GHz	0,001	11 ms (typ.) @ 0,1 ppm	-110 @ 10 kHz	-55	-62 @ 300 Hz	+21 à -135	AM, FM, Φ M, PM	P		47,5	Faible bruit de phase à proximité de la porteuse
	E8257D	250 kHz à 20 GHz 250 kHz à 31,8/40 GHz	0,001	11 ms (typ.) @ 0,1 ppm	-104	-55	-56 @ 3 kHz	+19 à -135 +14 à -135	AM, FM, Φ M, PM	P et C		21,8 33,5/ 39,7	Plate-forme PSG; option balayage synthétisé avec rampe analogique jusqu'à 400 MHz/ms; extension de fréquence possible jusqu'à 325 GHz par têtes millimétriques.

Suite p.72

II.- Synthétiseurs pour applications hyperfréquences

Fabricant (fournisseur)	Modèle	Gamme de fréquence	Résolution (Hz)	Temps de commutation @ distance de la fréquence finale	Bruit de phase @ 20 kHz (dBc/Hz)	Raies harmoniques (dBc)	Raies non harmoniques (dBc) @ distance de la porteuse	Niveau de sortie (dBm)	Modulations disponibles	Modulation de fréquence par PAS (P) ou continue (C)	Bande passante de modulation I/Q à -3 dB	Prix en version de base (k€)	Observations	
Agilent Technologies	E8257D	250 kHz à 50/67 GHz	0,001	11 ms (typ.) @ 0,1 ppm	-104	-55	-56 @ 3kHz	+13 à -110	AM, FM, ϕ M, PM	P et C		53,9/74,5	Plate-forme PSG; option balayage synthétisé avec rampe analogique jusqu'à 400 MHz/ms; extension de fréquence possible jusqu'à 325 GHz par têtes millimétriques.	
	E8267D	250 kHz à 20 GHz	0,001	16 ms (typ.) @ 0,1 ppm	-104	-55	-56 @ 3kHz	+18 à -130	AM, LBAM, FM, ϕ M, PM, FSK, MSK, PSK, QAM, I/Q	P et C	80 MHz (interne), 2 GHz typ. (externe)	64	Idem E8257D + modulation numérique avec entrées I et Q (BP de 2 GHz typ.), options générateur arbitraire 100 Méch./s - 16 bits et jusqu'à 64 Méch. par voie, disque dur de 6 Go, génération multiton (de 2 à 1024), Baseband Studio pour simulation de fading, E/S numériques I/Q, capture et play-back temps réel.	
		250 kHz à 31,8/44 GHz						+14 à -130						102/144
N8241A + N8212A	250 kHz à 20 GHz	0,001	16 ms (typ.) @ 0,1 ppm	-104	-55	-56	+18 à -130	AM, LBAM, FM, ϕ M, PM, I/Q	P et C	1 GHz (interne), 2 GHz (externe)	33 + 73,6	Modules LXI classe A; N8241A: module générateur arbitraire (2U, 1/2 rack) 1,25 Géch./s - 15 bits et jusqu'à 16 Méch. par voie; N8212A: module de conversion en fréquence haute (4U, 1/2 rack).		
Anritsu	MG3691B	0,1 Hz à 10 GHz	0,01	5 ms + 1 ms/GHz	-107 @ 10 kHz	-60	-60	+23 à -105	AM, FM, ϕ M, PM, multi-impulsion	P et C		14,5	Hauteur 3U; options entrée FI 700 MHz avec conversion en fréquence haute jusqu'à 40 GHz, mesure de puissance de +16 à -35 dBm, extension de fréquence jusqu'à 325 GHz par multiplieurs externes (hors 3691B).	
	MG3692/93/94B	0,1 Hz à 20/30/40 GHz			-102 @ 10 kHz			+21 à -105						16,5/24,5/26,4
	MG3695/96B	0,1 Hz à 50/67 GHz						+21 à -95						39,3/54,5
Giga-tronics (Elexience)	2408/2420B-S	10 MHz à 8/20 GHz	0,1	550 μ s en mode liste @ 50 kHz	-92/86 @ 10 kHz	-55	-60/54 @ 300 Hz	+13,5/13 à -110	AM, FM, PM	P et C		17,2/19,4	Hauteur 3U; versions 24xS sans face avant; options sans modulation, sans atténuateur et fréquence basse de 2 GHz.	
	2426/40B-S	10 MHz à 26,5/40 GHz			-86 @ 10 kHz		-54 @ 300 Hz	+8/7 à -100						27,3/29
	2508/20A-AS	100 kHz à 8/20 GHz	0,1	550 μ s en mode liste @ 50 kHz	-112/109 @ 10 kHz	-55	-65/60 @ 300 Hz	+15,5/18 à -110	AM, FM, PM	P et C		De 32 à 45	Série Panther; hauteur 3U; versions 25xAS sans face avant; options sans modulation, sans atténuateur et fréquence basse de 2 GHz.	
	2526/40A-AS	100 kHz à 26,5/40 GHz			-109 @ 10 kHz de 18 GHz		-60 @ 300 Hz	+13 à -100						
	50008/12B	0,01 à 8/12 GHz	1		-77/75 @ 10 kHz	-50	-40 @ 100 kHz	+11 à -90	AM, FM, PM	P		33/35,2	Modules VXI de taille C double largeur; fonctionnement avec tiroir de commande (de 1 à 8 modules) 52000B simple largeur de coût 6 200 €; versions 502xB: idem avec fréquence basse de 2 GHz.	
	50018/20B	0,01 à 18/20 GHz			-72/70 @ 10 kHz		+7 à -90	40/41,5						
Phase Matrix (Racal)	1140/41B	0,001/2 à 20 GHz	1	50 ms	-85 @ 10 kHz de 10 GHz	-40 (typ.)	-60 @ 100 kHz	16 à -90	AM, FM, PM, I/Q	P	40 MHz (externe)		Module VXI de taille C triple largeur; entrée FI; modulation I/Q externe en option (BP 40 MHz).	
Rohde & Schwarz	SMR20	10 MHz à 20 GHz	0,1	10 ms + 2 ms/GHz @ 1 ppm	-83 @ 10 kHz de 10 GHz	-55	-60V @ 50 kHz	+8 à -130	AM, FM, PM, ASK, FSK	P et C		22,9	Hauteur limitée à 2U jusqu'à 40 GHz, à 3U au-delà; options entrée FI et convertisseur en fréquence haute intégré, générateur d'impulsions simples ou doubles, balayage synthétisé avec rampe analogique jusqu'à 1200 MHz/ms à 20 GHz, générateur BF 10 MHz.	
	SMR27/30/40	10 MHz à 27/30/40 GHz					+5 à -130	33,8/36/40,9						
	SMR50/60	10 MHz à 50/60 GHz					+5 à -110	61,5/74,3						
	SMF100A	1 à 22 GHz	0,001	700 μ s en mode liste @ 0,1 ppm	-110 @ 10 kHz	-50	-56 @ 3kHz	+21 à -130	AM, FM, ϕ M, PM, ASK, FSK, PSK	P et C		20	PC intégré sous Windows XP; écran VGA de 8,4 pouces; hauteur 3U; connecteur pour sonde de mesure de puissance NRP; options génération d'impulsions simples ou doubles, 1 ou 2 générateurs de fonctions 10 MHz, source de bruit.	