

Utilisation d'un analyseur de spectres



Objectifs : être capable d'effectuer des mesures sur des signaux modulés (modulations analogiques et numériques) avec un analyseur de spectres.

On trouvera un formulaire en annexe.

Présentation

Pour effectuer des mesures sur des signaux de fréquences élevées (> quelques dizaines de 10 MHz), on utilise généralement un analyseur de spectres. En effet, à ces fréquences, la mesure des signaux à l'oscilloscope est difficile.

Au cours de ce TP, vous allez faire dans un premier temps des mesures à l'oscilloscope en parallèle avec un analyseur de spectre à des fréquences « basses » (<50 MHz). Vous effectuerez ensuite des mesures à des fréquences plus élevées, utilisées en radiocommunications : FM autour de 100 MHz puis dans la bande UHF et des mesures sur un modulateur TNT.

Liste du matériel nécessaire :

Générateur « BF » Agilent 33220 A (50MHz)
Oscilloscope numérique Tektronics TDS1002B
Analyseur de spectre Agilent E4402B
Générateur RF Agilent E4432B
Modulateur TNT Promax

Mesure sur signal non modulé

Description du banc de mesure :

La sortie du générateur "basse fréquence" attaque l'entrée RF de l'analyseur de spectre Agilent. En parallèle, le signal est observé à l'oscilloscope à l'aide d'un Té BNC.

!! Avant toute mesure, si l'analyseur de spectre affiche « System, Alignments, Align Now, All required », cela signifie que l'appareil doit être calibré : il faut donc le calibrer en utilisant la procédure décrite : touches system, alignements, ...Un câble doit relier la sortie AMPTD REF OUT à INPUT 50 Ω)



Travail demandé 1

Régler le générateur en sinus, $f=5$ MHz, Amplitude = 1 V crête (2 V crête à crête).
Régler l'oscilloscope pour pouvoir observer la forme du signal, vérifier son amplitude et sa fréquence.
Régler l'analyseur de spectre pour un balayage (frequency) entre $f=0$ et 50 MHz. (Touches frequency, puis start 0Hz, stop 50MHz).

Régler le "ref level" pour placer la plus haute raie à 1 ou 2 carreaux en dessous du haut de l'écran.

Indiquez ce que vous observez. Relevez la valeur de l'amplitude de la raie (en dBm) ainsi que sa fréquence. Pour cela, vous utiliserez la fonction Marker puis Peak Search.

Est-ce conforme à la théorie ? Justifier et conclure



Travail demandé 2

On modifie maintenant uniquement la forme du signal : signal carré ($f = 5$ MHz et Amplitude 1V crête : inchangés).

Indiquez ce que vous observez.

Relevez les valeurs des amplitudes (en dBm) et les fréquences des raies les plus significatives. Est-ce conforme à la théorie ? Justifier et Conclure



Travail demandé 3

On génère maintenant du bruit (NOISE) sans modifier l'amplitude.

Indiquez ce que vous observez à l'oscilloscope.

Pour observer le spectre, effectuer un moyennage sur 100 acquisitions (Average).

Le bruit est-il blanc ? Dans quelle bande peut-on considérer que le bruit est blanc (à -3dB près).

Mesure sur un signal modulé en amplitude

On remplace maintenant le générateur BF (basse fréquence) par le générateur RF (radio fréquence). L'oscilloscope n'est plus utilisé. Le générateur RF est donc relié directement à l'analyseur de spectres.

On règle le générateur avec les paramètres suivants :

Fréquence porteuse = 100 MHz	Amplitude = 0dBm
Modulation AM	Fréquence de modulation = 10 kHz
Taux de modulation = 50%	

On règle l'analyseur de spectres avec Center frequency = 100 MHz, frequency span = 100 kHz. Cela signifie que la fréquence centrale de l'écran est égale à 100 MHz et que la largeur de l'écran représente 100 kHz, soit 10 kHz par carreau.



Travail demandé 4

Indiquez ce que vous observez.

Le spectre obtenu est-il conforme à la théorie ?

Mesurez la différence en dB entre la raie centrale et une des raies latérales. Pour cela, utilisez la fonction marker, Δ .

Est-ce conforme à la théorie ? Justifier et conclure.

Mesure sur signal modulé en fréquence

On règle le générateur avec les paramètres suivants :

Fréquence porteuse = 100 MHz Amplitude = 0dBm

Modulation FM $\Delta F = 100$ kHz Fréquence de modulation fm = 10 kHz



Travail demandé 5

Indiquez ce que vous observez.

Est-il possible de mesurer facilement la puissance du signal ?

Évaluez la largeur de la bande du signal

Pour mesurer la puissance sur une bande « étalée », il existe une fonction appelée « Channel Power ».

Configurez l'analyseur pour mesurer la puissance du signal modulé.

Est-ce conforme à la théorie ? On rappelle la règle de Carson : la bande utile d'un signal modulé en fréquence est $B = 2(\Delta f + f_m)$

La mesure de la bande occupée par le signal est possible par la fonction « Occupied BW »

Configurez l'analyseur pour mesurer la bande occupée par le signal modulé.

Observation radios FM

À l'aide d'un raccord BNC-Banane, relier l'entrée de l'analyseur à un fil banane.



Travail demandé 6

Réglez le balayage de l'analyseur entre 88 MHz et 108 MHz. Réglez le « Ref Level » pour « sortir du bruit » les raies les plus significatives.

Indiquez ce que vous observez.

Choisir une raie plus forte que les autres et centrez le balayage sur sa fréquence centrale.

Indiquez ce que vous observez.

Mesure sur modulateur TNT

Vous allez travailler sur un modulateur TNT. Celui-ci est relié à une source HDMI (disque dur multimédia).



Travail demandé 7

Observer le spectre émis par le modulateur.

On demande : la fréquence centrale du signal, la puissance du signal et la bande occupée par le signal.

Vous utiliserez les fonctions de mesure l'analyseur « Occupied Bandwith » et « Channel Power »

Vérifiez la conformité avec les indications fournies par le modulateur TNT.

Bonus : démodulation AM

S'il vous reste du temps...

L'analyseur de spectre permet d'effectuer une démodulation AM du signal et d'entendre le résultat de la démodulation.



Travail demandé 8

On règle le générateur avec les paramètres suivants :

Fréquence porteuse = 100 MHz Amplitude = 0dBm Modulation AM

Fréquence de modulation = 1 kHz Taux de modulation = 50 %

Régalez le balayage pour observer le signal modulé et utiliser la fonction « demod », écoutez le signal démodulé. Faites varier sa fréquence et son amplitude. Que constatez-vous ?

Bien que l'analyseur utilise une démodulation d'amplitude, il est possible d'effectuer une démodulation de fréquence, il suffit pour cela d'utiliser une bande de résolution large et de décaler la fréquence porteuse d'environ la moitié de la bande de résolution.

Régalez l'analyseur pour écouter la radio.

Super Bonus : configurez le générateur HF pour émettre un signal FM que vous recevrez sur un poste de radio (demandez le poste à l'enseignant). Repérez le signal émis sur l'analyseur de spectre.

Annexes

Annexe 1 : conversions dBm - mV

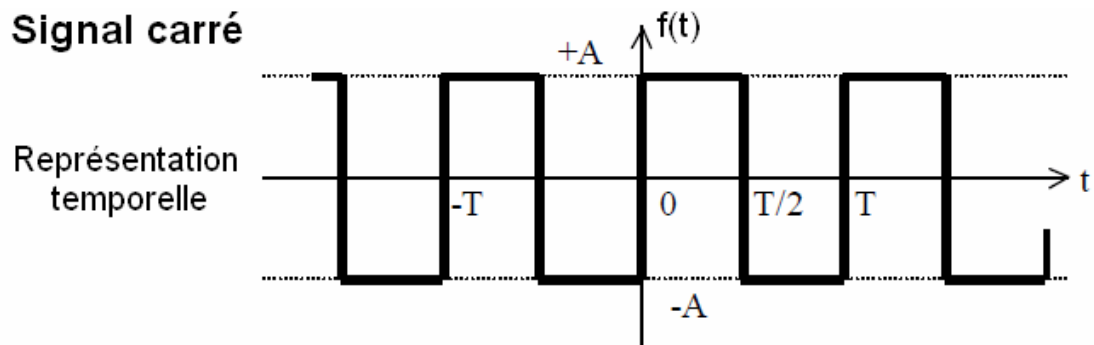
Conversion dBm – mV

R = 50 Ohms

P(dBm)	V eff (mV)	V crête (mV)	V crête à crête (mV)
-12	56,17	79,43	158,87
-11	63,02	89,13	178,25
-10	70,71	100,00	200
-9	79,34	112,20	224,4
-8	89,02	125,89	251,79
-7	99,88	141,25	282,51
-6	112,07	158,49	316,98
-5	125,74	177,83	355,66
-4	141,09	199,53	399,05
-3	158,30	223,87	447,74
-2	177,62	251,19	502,38
-1	199,29	281,84	563,68
0	223,61	316,23	632,46
1	250,89	354,81	709,63
2	281,50	398,11	796,21
3	315,85	446,68	893,37
4	354,39	501,19	1002,37
5	397,64	562,34	1124,68
6	446,15	630,96	1261,91
7	500,59	707,95	1415,89
8	561,67	794,33	1588,66
9	630,21	891,25	1782,5
10	707,11	1000,00	2000

Annexe 2 : signal carré

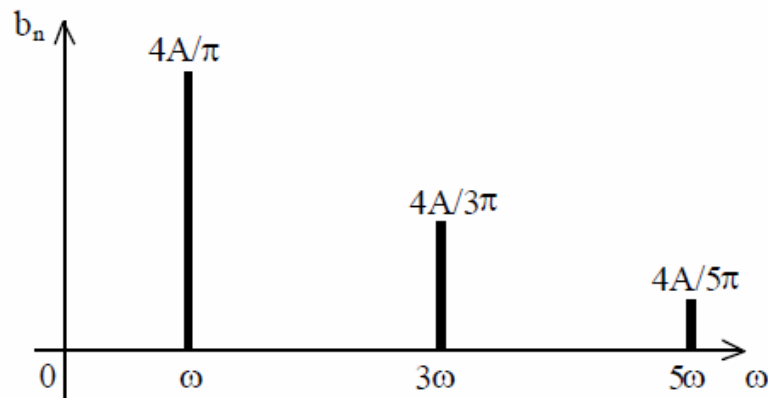
Signal carré



Décomposition en série de Fourier

$$f(t) = \frac{4A}{\pi} \left[\sin \omega t + \frac{1}{3} \sin 3\omega t + \frac{1}{5} \sin 5\omega t + \dots \right]$$

Représentation fréquentielle (spectre)

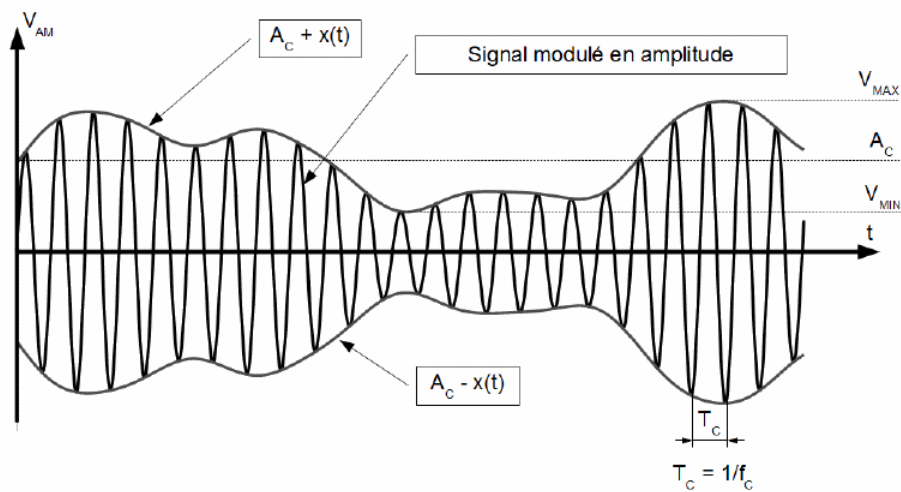


$$20 \cdot \log(4/\pi) = 2,1 \text{ dB}$$

$$20 \cdot \log(1/3) = -9,5 \text{ dB}$$

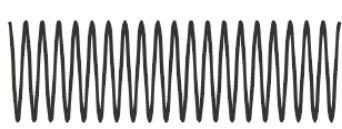
$$20 \cdot \log(1/5) = -14 \text{ dB}$$

Annexe3 : signal modulé en amplitude

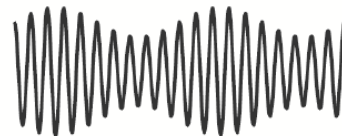


Signal modulé en amplitude : représentation temporelle dans le cas général

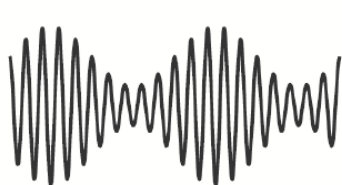
$$m = \frac{V_{MAX} - V_{MIN}}{V_{MAX} + V_{MIN}}$$



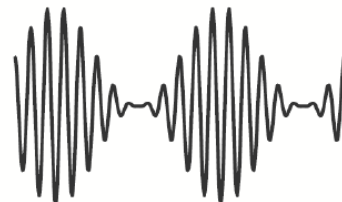
$m = 0$



$m = 0,3$

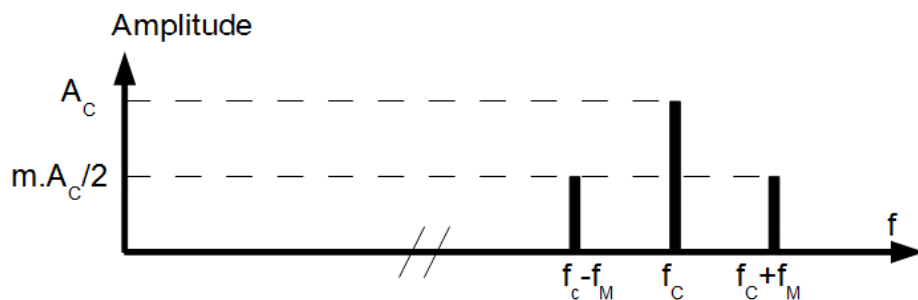


$m = 0,6$



$m = 1$

Allure de signaux modulés AM pour différentes valeurs de m (modulation sinusoïdale)



Spectre du signal modulé AM (modulation sinusoïdale)