

La Perspective Pour Débutant des Communications Via la Lune...



Par Bertrand Zauhar, VE2ZAZ
Ve2zaz @ rac.ca
<http://ve2zaz.net>

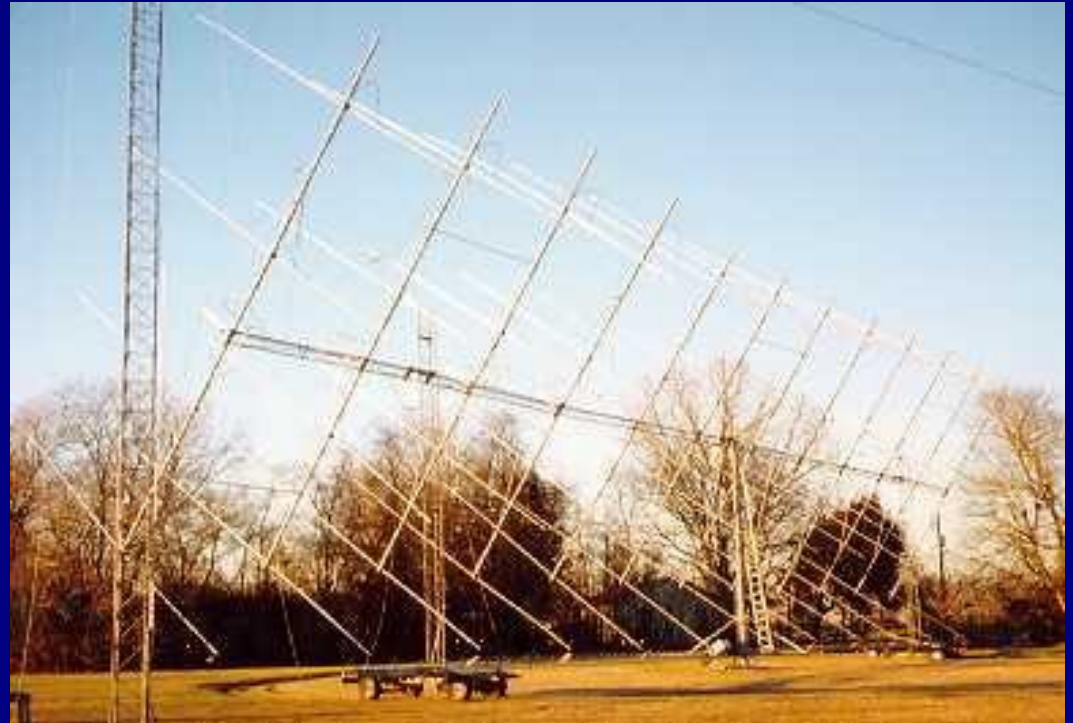
Mon Objectif

- **VOUS MOTIVER À ESSAYER UN QSO VIA LA EME.**
 - La plupart des radioamateurs croient qu'il est nécessaire d'avoir des antennes monstres et des amplis très haute puissance pour faire de la EME (Moonbounce).
 - Vous pouvez vivre l'excitation d'un contact via la lune avec une station relativement modeste.
 - Tout simplement en utilisant l'équipement que vous possédez peut-être déjà.



Cette Présentation

- Pourquoi la EME?
- Un Peu d'Histoire
- Un Vrai Défi
- Les Fréquences
- Comment Petite, la Station?
- Visite de VE2ZAZ EME sur 432MHz
- Des Trucs et Conseils
- JT65
- Les Logiciels
- Suivi de la Lune
- Références Web



W5UN – Mighty Big Antenna. 32 x 17 el. Yagis sur 2m

Pourquoi la EME?

- **C'EST EXCITANT!**
 - Un des grands plaisirs en radio amateur c'est de compléter un QSO rare, difficile ou spécial. La EME est considérée comme un grand accomplissement en radio amateur.
- **PERMET DE COMMUNIQUER PARTOUT DANS LE MONDE SUR N'IMPORTE QUELLE BANDE VHF ou UHF**
 - Aucun autre mode de communication passif ne permet d'accomplir celà en VHF/UHF/Micro-Ondes.
- **UNE MOTIVATION POUR APPROFONDIR LA THÉORIE DES COMMUNICATIONS**
 - La propagation, le bruit, le phasage d'antennes, la polarisation, le suivi d'orbite d'objets spatiaux, etc.
- **REPRÉSENTE UN INCITATIF POUR CONSTRUIRE DE MEILLEURES ANTENNES**
 - Les arrangements d'antennes EME ne sont pratiquement pas disponibles commercialement.

Un Peu d'Histoire EME

- **1946:** Premières expérimentations par l'Armée U.S. dans le Projet Diana. 3,000 watts à 111.5 MHz dans une matrice de dipôles (gain 24dBi)
- **Les années suivantes:** La Lune utilisée pour le Télétype entre le continent et Pearl Harbor
- **1953:** La première détection amateur entre W4AO et W3GK sur 2 m
- **1960:** Premier QSO EME sur 1296 MHz par le club W1BU au Massachusetts.
- **1965:** L'Observatoire d'Arecibo fait du Mounbounce sur 430 MHz avec des dizaines de Kilo-Watts!



L'Anatomie d'un QSO EME

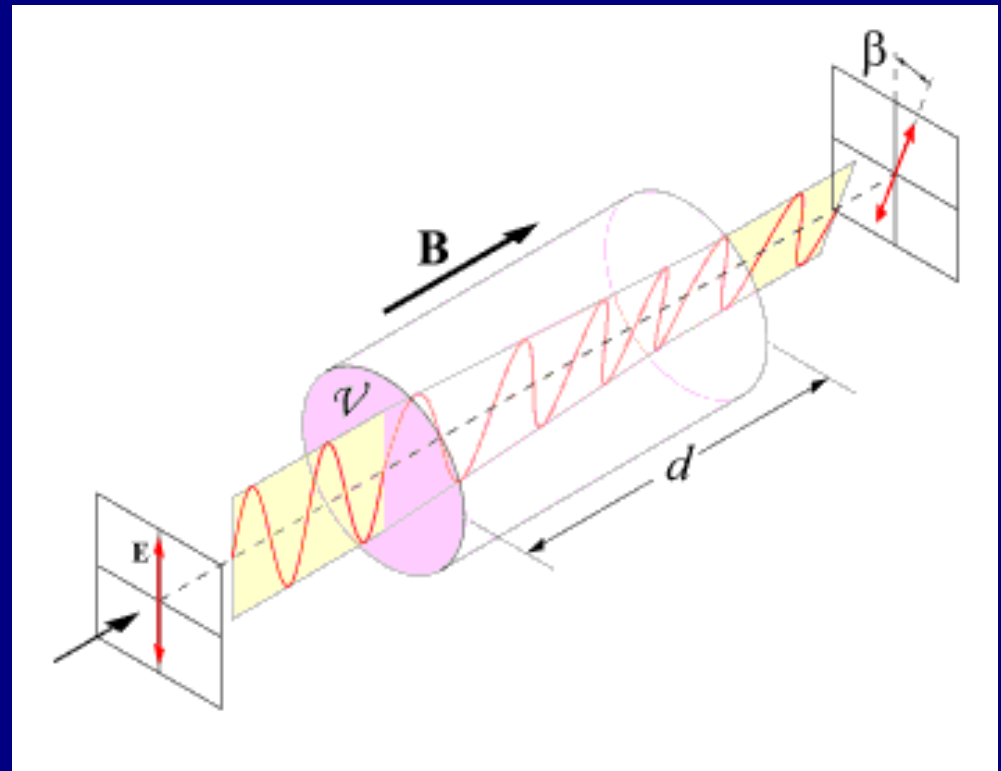
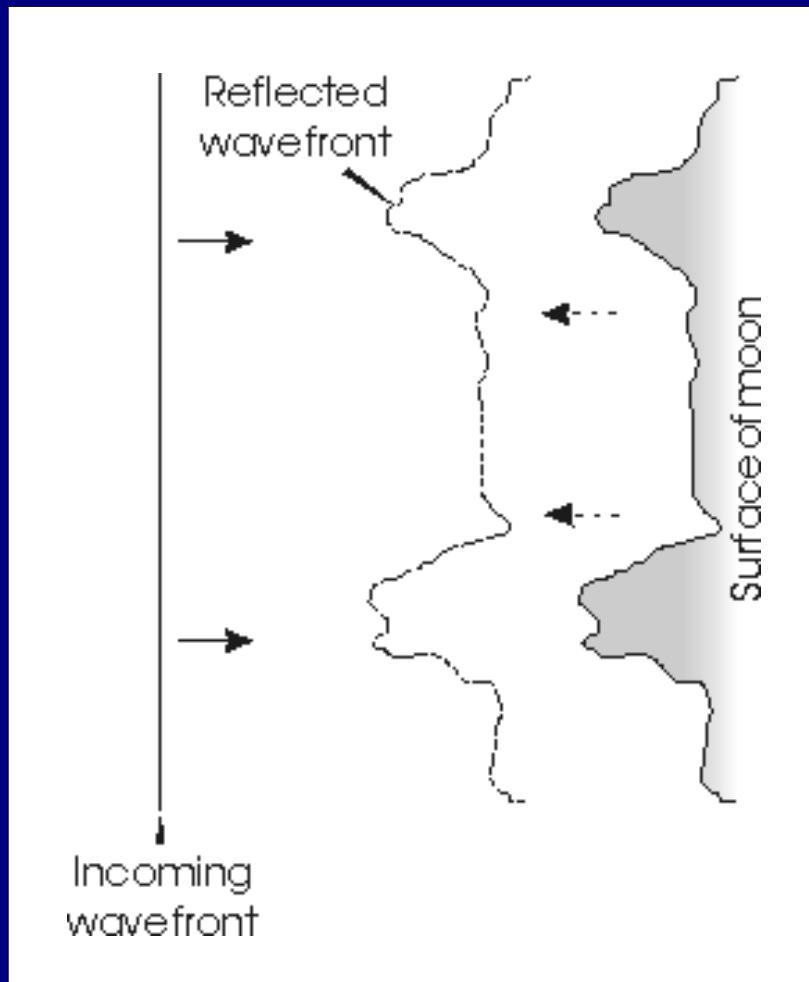
- **LA DISTANCE MOYENNE DE LA LUNE :**
384,000 Km
 - Voyage aller-retour Moyen: 770,000 Km!
 - Pertes de Propagation: 250+ dB!
 - Retard d'écho: ~ 2.4 Seconds
- **93 % D'ABSORPTION D'ONDE PAR LA LUNE**
 - Réflexion d'onde seulement de 7 %
- **ANGLES ET LARGEUR DE FAISCEAU (BEAMWIDTH)**
 - La lune est large de ~ 1 degré lorsque vue de la terre
 - L'antenne est large de 0.00....1 degré quand vue de la lune!



Les Détériorations Du Signal EME

- **DIFFERENCES DE POLARISATION**
 - Si la différence de polarisation est de 90 degrés entre les stations, oubliez-ça!
 - ROTATION de FARADAY : la rotation de Polarisation en raison de l'ionosphère et le champ magnétique de la terre. À 432 MHz, jusqu'à 1.5 rotation complète, à 1296 MHz 0.25 rotation. Négligeable à plus haut F.
 - DIFFERENCES SPATIALES : la géométrie du parcours entre deux stations.
- **ATTÉNUATION DE LIBRATION**
 - Atténuation de signal provoquée par le mouvement des imperfections de lune et de surface par rapport à la terre.
 - Plus haute la fréquence, plus rapide le cycle d'atténuation.
- **BRUIT COSMIQUE, BRUIT DU SOLEIL**
 - Quand la Lune a un ciel bruyant en arrière-plan, remettez-ça!
 - Quand le Soleil et la Lune s'alignent, oubliez-ça!

Libration Et Rotation De Faraday



Quelle Bande Utiliser ?

- **50MHz:** Peu populaire : Des grosses antennes, beaucoup de QRN, aucun préampli requis, KW de puissance. Difficile.
- **144MHz:** La bande la plus populaire, tonnes de stations travaillent JT-65 au hasard. Une paire de long yagis et 500-1000W vous garderont actif.
- **432MHz:** Moins de stations, plus difficiles de travailler au hasard. Périodes d'Activité. Une paire de long Yagis ou 4 yagis un bon point de départ. 300W+ un atout. Préampli de rigueur. Zéro QRN!
- **1296MHz:** De plus en plus de stations, sans doute plus que sur 432 MHz. Une parabolique de plus de 8 pieds est la bonne façon d'y aller. 100W et plus nécessaires.
- **2304MHz:** Moins de stations, doit planifier des cédules. Matériel plus exotique pour produire la haute puissance RF requise.
- **>2304MHz:** Des expériences, beaucoup d'expériences! TWTs, trucs sophistiqués, guide d'ondes. Peu d'activité. Cédules seulement.

Les Gros Canons Sont Des Atouts!

- ILS FONT PRESQUE TOUT LE TRAVAIL!
- IL Y A PLUSIEURS D'ENTRE EUX, SURTOUT EN EUROPE.



Club HB9Q – Parab.15m (70cm, 23cm, 13cm), 8 x 19 el. Yagis (2m), 11 el. Yagi (6M)

Comment Petite Une Station EME ?

- Un Yagi à long boom
- 80W
- Pas de Preampi
- Pas de Rotor d'Élévation

Succès en JT-65!

- 4 x Yagis à long boom
- 45W
- Préampli à bas bruit

Succès en CW!



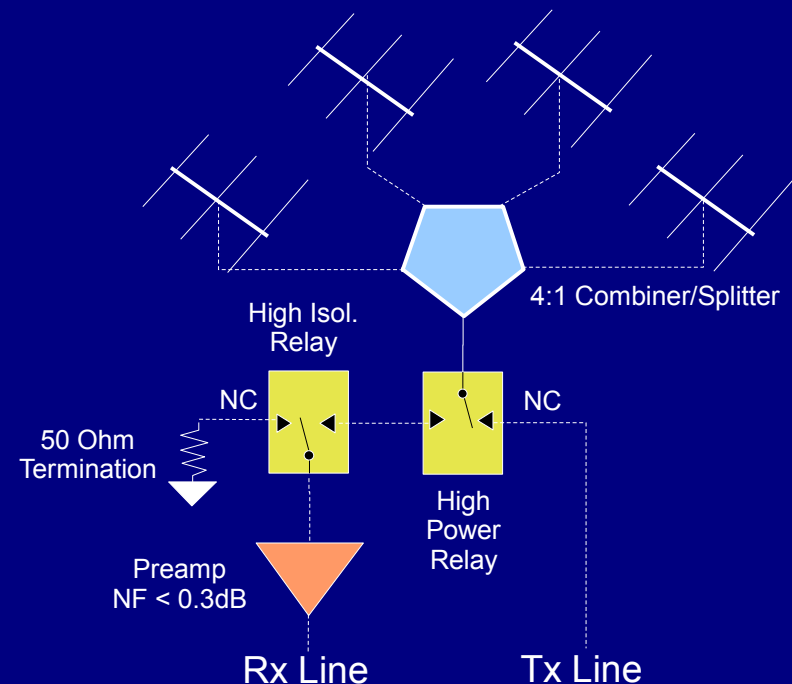
QSOs Simples - PAS DE CHIQUAGE DE GUENILLE!

VA3TO – 2M EME, 112 Pays

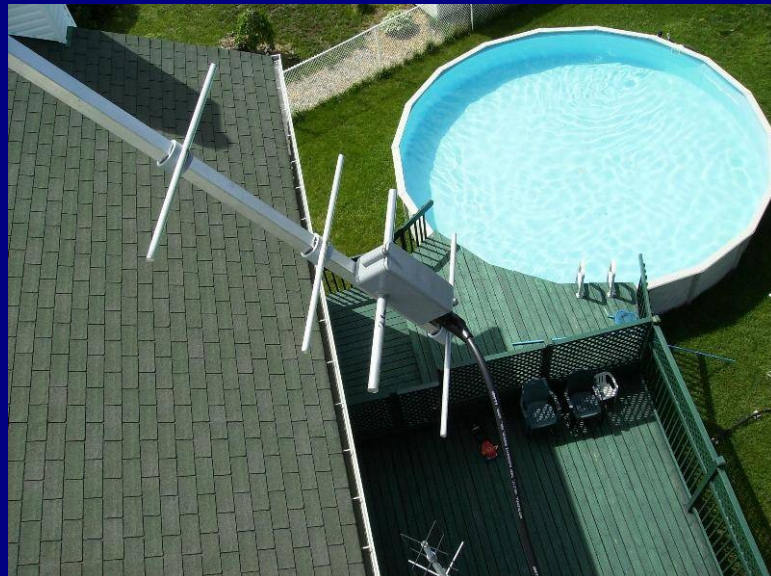


EME 432MHz VE2ZAZ... Extérieur

- **ANTENNE:** 4 x Yagis 13 élément DK7ZB (Gain ~20 dBd), fabrication maison
- **PRÉAMPI:** Gain 20dB, NF <0.3dB (ATF-54143), fabrication maison
- **LIGNES:** Andrew LDF4-50 1/2" Heliax (Tx), RG-214 (Rx)
- **SPLITTER:** Transfo coaxial rond-carré 4:1 diél. Air, fabrication maison
- **ROTORS:** Hy-Gain Tailtwister (azimuth), Yaesu G-550 (élévation)
- **RELAIS T/R:** Un de puissance, un avec isolation élevée, terminaison

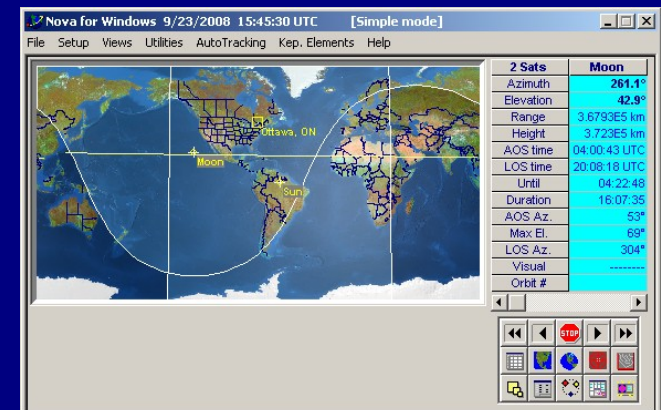
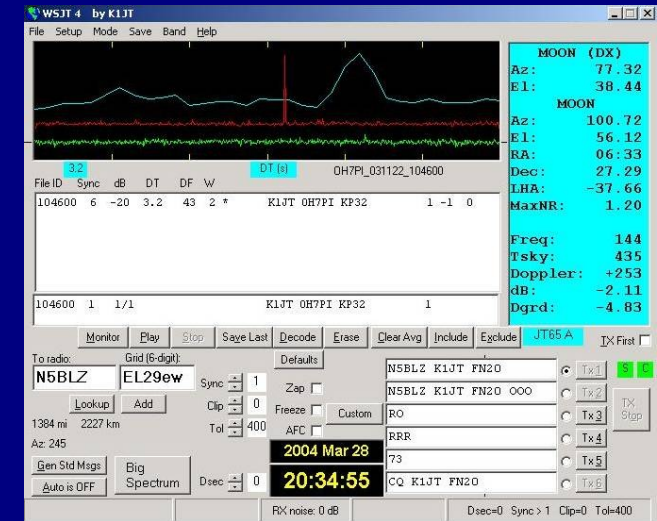


EME 432MHz VE2ZAZ... Extérieur



EME 432MHz VE2ZAZ... Intérieur

- **Radio:** TS-790A (ports Tx et Rx séparés)
- **Ampli:** AM-6155 FAA (~300W)
- **Séquenceur:** Séquenceur "At Last" (VE2ZAZ)
- **Filtre Audio:** JPS NIR-10 DSP
- **PC and Carte de Son:**
 - Logiciel WSJT
 - Logiciel Spectran d'analyse et de filtration
 - Logiciel Nova For Windows de Suivi
 - Site Web N0UK JT-65 EME Logger
 - Logiciel MultiKeyer CW / Keyer



Quelques Conseils pour une Petite Station EME

- **Minimisez les Pertes Entre l'Antenne et le Préampli.**
 - Toute atténuation est une détérioration directe du Noise Figure.
 - Meilleur câble coaxial possible. RG-214 pas assez bon. Série LMR mieux.
 - Utilisez des connexions de type N partout, même à 144 MHz.
- **Excluez les vieux designs de Yagis**
 - L'espacement d'éléments constant est une bonne indication de design ancien.
 - Les designs d'antenne moderne sont simulés; ils sont bien meilleurs. Le Yagi K1FO est un bon design de base. Il existe encore mieux.
- **Chaque Watt compte. Utilisez la meilleure ligne de transmission (Tx).**
 - À 432MHz, le Heliax ou equiv. est un MUST!

D'autres Conseils pour une Petite Station EME

- À 432 MHz et au dessus, utilisez un préampli avec NF très bas.
 - NF < 0.5B recommandé.
- Les Transverters Fonctionnent Très Bien
 - Moins Chers que des radios.
 - Peuvent être placés près de l'antenne pour minimiser des pertes de ligne de transmission.
- Opérez Quand les Conditions de Lune sont les Meilleures
 - La différence de 2 décibels dans la perte de propagation peut faire échouer un QSO.
 - Évitez les zones de haut bruit du ciel.
- Exploitez le Gain de Sol, jusqu'à 6 dB généré par les réflexions du sol.
 - Applicable surtout à 50MHz et 144 MHz

Conseils pour la EME...

- **Soyez Conscient du Surmenage d'Amplificateur en JT65.**
 - Le cycle Tx/Rx de JT65 est de 50 secs en Tx pleine puissance et 70 secs en Rx.
 - Utilisez un ventilateur sur les amplis de style “brique”. Alimenter un ventilateur 24V avec 13.8V est efficace et silencieux.
 - Diminuez la puissance de sortie sur les amplis à lampes.
- **Évitez de commuter les Relais Coaxiaux Portant de la Puissance RF (Hot-Switching).**
 - Use les contacts prématurément.
- **Soyez sur la bonne Fréquence**
 - Mesurez votre fréquence TX et compensez sur votre VFO.
 - Utilisez un Compteur de Fréquence avec une Référence par GPS.
 - Surtout applicable au dessus de 432MHz
 - Souvenez-vous de compenser pour l'effet Doppler en Rx...
 - Plus la F est élevée, plus grand sera le Doppler (proportionnel)
 - À 432MHz Doppler varie de +/- 1KHz.

Encore des Conseils pour la EME.....

- Synchronisez votre ordinateur au Temps UTC
 - À la seconde la plus proche.
 - Win2K, WinXP, Vista Win7 ont cette capacité.
- Le Contrôle de Polarisation est un Avantage
 - Rotation de Feedpoint sur les paraboliques.
 - Arrangement de Yagis Croisés.
 - Rotation de Yagis.
- Attention aux limites de puissance du Cable Coaxial
 - À 432MHz, étonnamment bas.
 - RG-214 = ~ 300W
 - 9913 = ~ 400W
 - Une autre raison d'utiliser le câble coaxial Heliax.

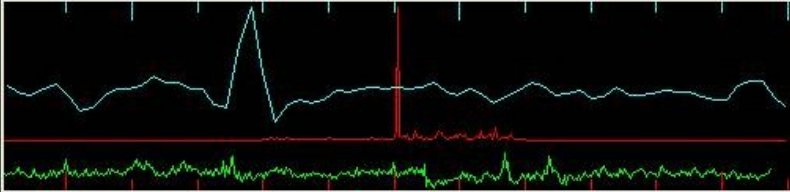
JT65 – le Meilleur Ami de la Petite Station

- Mode de modulation créé par Joe Taylor – K1JT en 2003
- Nom du Logiciel: WSJT.
- Utilise un ordinateur et sa carte son sous Windows.
- Techniques de DSP optimisées pour les signaux extrêmement faibles mais lentement variables (par ex.EME moonbounce)
- Utilise 63 fréquences audio en FSK avec phase constante
 - Tonalité unique et phase continue: Utilisable sur un émetteur et un amplificateur de puissance non linéaires! Classe C, FM, etc.
- Décode des signaux de plusieurs décibels au-dessous du seuil de bruit, même sans être audible à l'oreille humaine.
 - Utilise la Forward Error Correction (FEC).
 - Le format de message est fixe et attendu: Indicatif, Grille, rapport de signal: “CQ VE2ZAZ FN25”
 - Utilise une table de recherche de façon exhaustive (une liste des stations reconnues comme faisant de la EME)

WSJT - JT65

WSJT 6 by K1JT

File Setup View Mode Decode Save Band Help



Moon
Az: 162.52
El: 42.44
Dop: 3
Dgrd: -2.3

6.0 Time (s) UT1PA_070514_075500

FileID	Sync	dB	DT	DF	W			
075000	7	-7	0.3	229	1	#		
075100	4	-12	1.2	5	3	*	CQ UT1PA KO21	1 0
075300	7	-11	1.2	5	3	*	CQ UT1PA KO21	1 0
075500	6	-11	1.8	5	3	#	OZ1PIF UT1PA KO21 000	1 0

075500 2 2/2 CQ UT1PA KO21 1 0

Log QSO Stop Monitor Save Decode Erase Clear Avg Include Exclude TxStop

To radio: UT1PA Lookup
Grid: KO21fc Add
Az: 116 962 km

2007 May 14
07:56:32

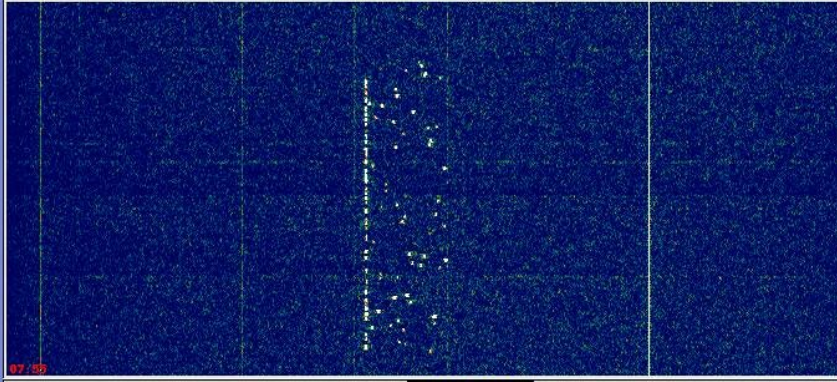
Sync 0 Zap
Clip 0 NB
Tol 200 Freeze
Defaults AFC
Dsec 0.0 Shift 0.0

Tx First UT1PA OZ1PIF R-11 Tx1
28 Rpt UT1PA OZ1PIF JO65 000 Tx2
 Sh Msg R-11 Tx3
TxDF = 0 RRR Tx4
GenStdMsgs 73 Tx5
Auto is DN CQ OZ1PIF JO65 Tx6

0.9999 0.9999 JT65A Freeze DF: 0 Rx noise: 0 dB TR Period: 60 s Txing: UT1PA OZ1PIF R-11

SpecJT by K1JT

Options Freq: 1454 DF: 183 (Hz) BW < | > Speed: 1 2 3 4 5

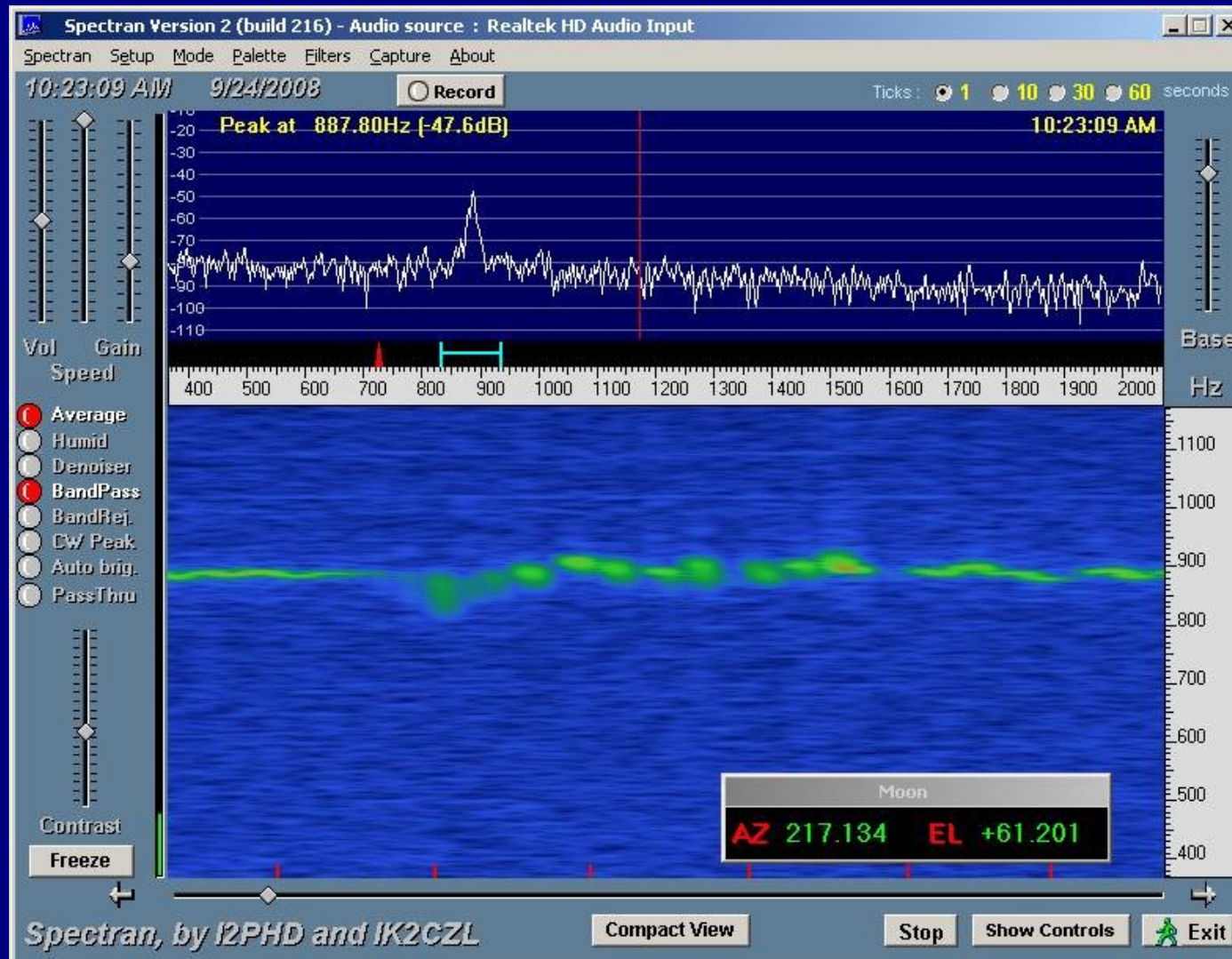


07:56:32

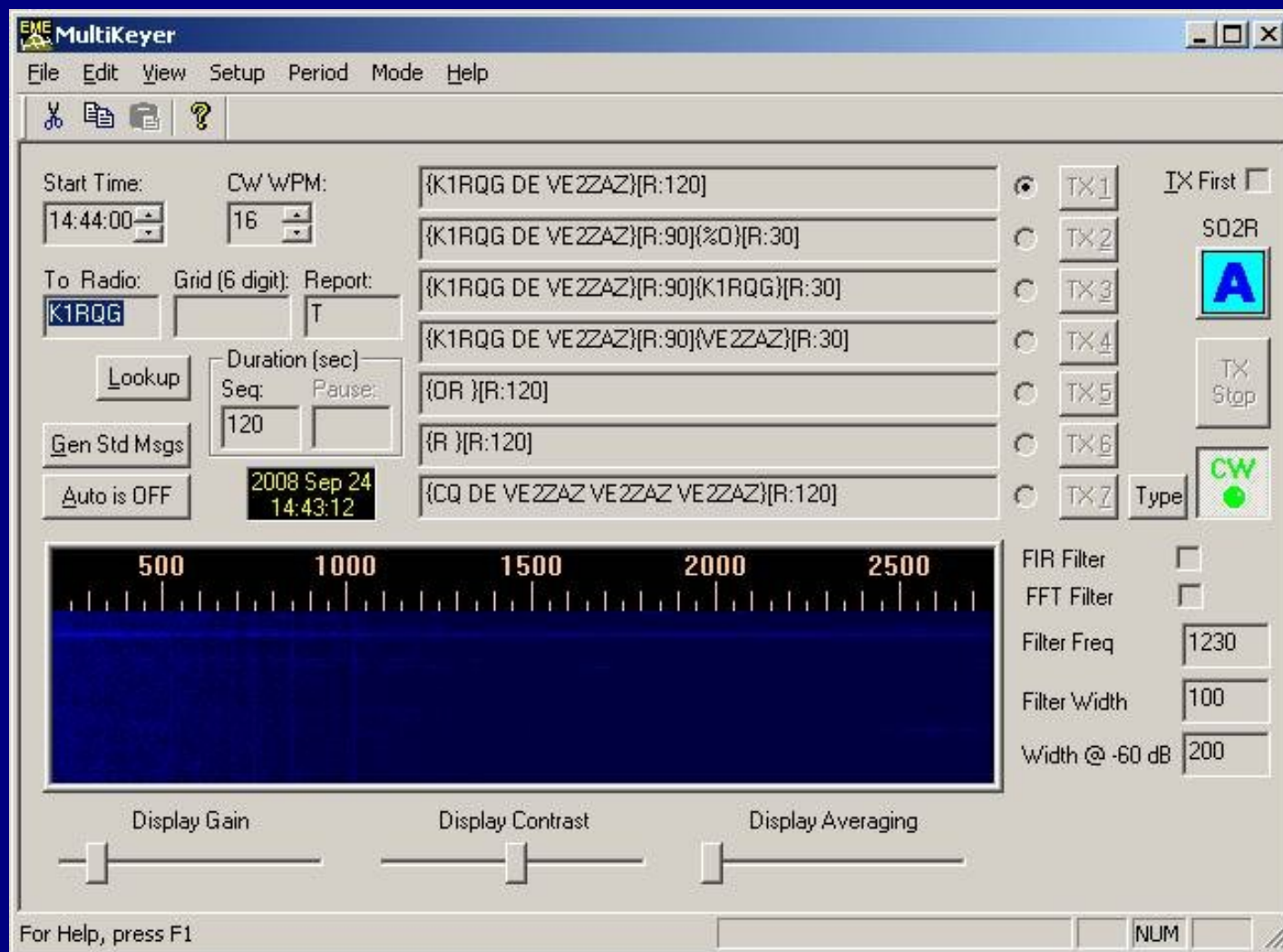
La Controverse JT65...

- **L'Utilisation de la Table de Recherche Exhaustive**
 - Est-ce un QSO valide si l'information n'a pas été complètement reçue et décodée?
- **Trop Facile! Pas un Vrai QSO EME ?**
 - Débat interminable
 - La solution est de produire des classes spécifiques de “Awards” pour la EME en mode numérique assisté.

Spectran – Analyseur Spectral et Filtre Audio

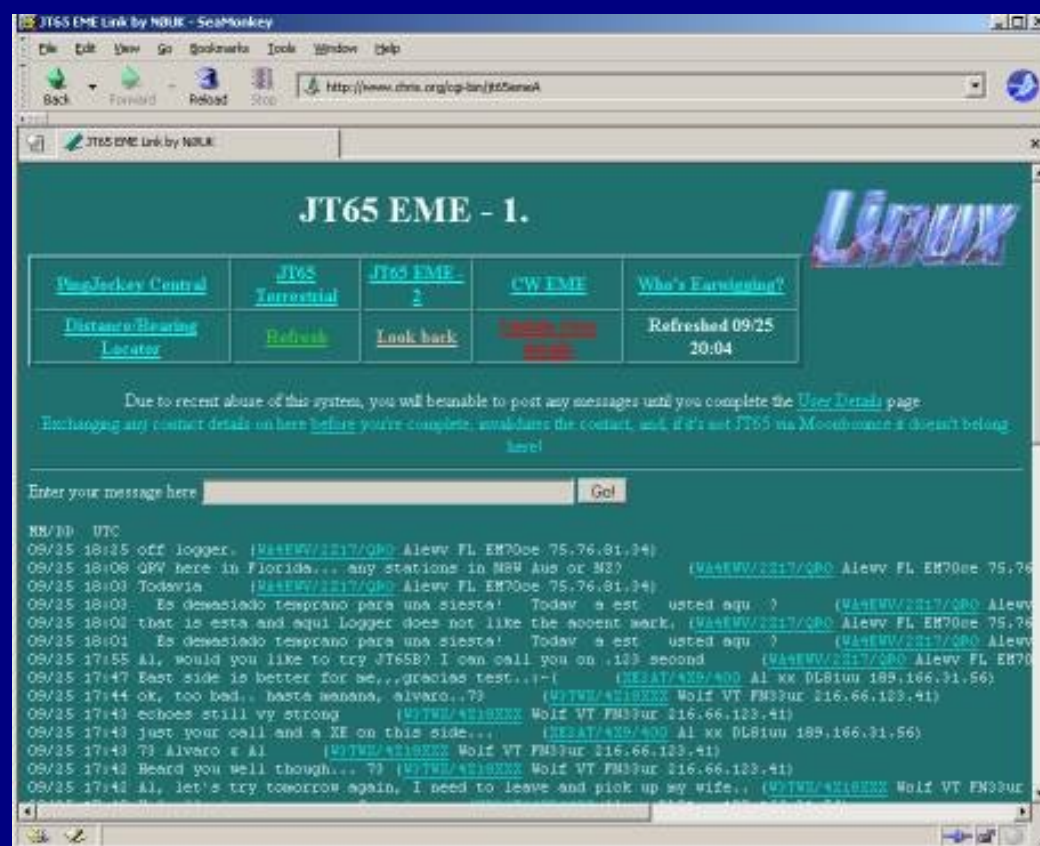


MultiKeyer – Programme Keyer CW Automatique



NOUK JT-65 EME Logger

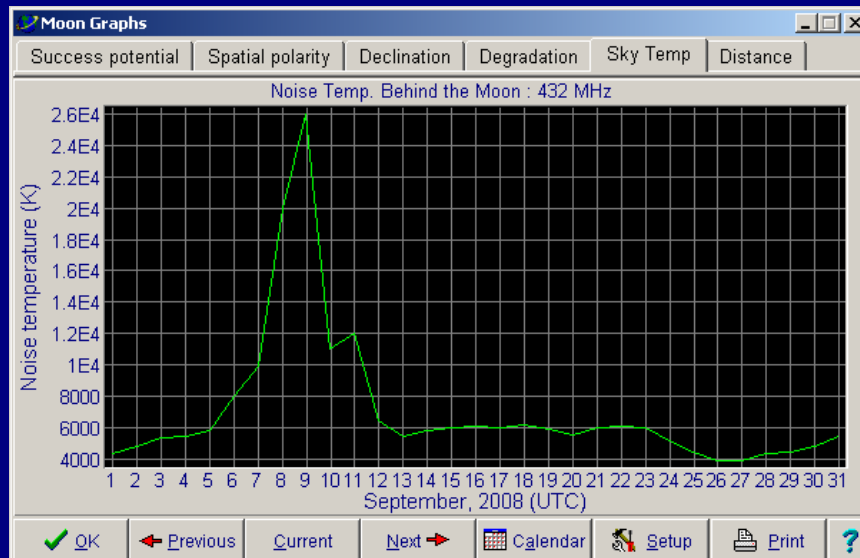
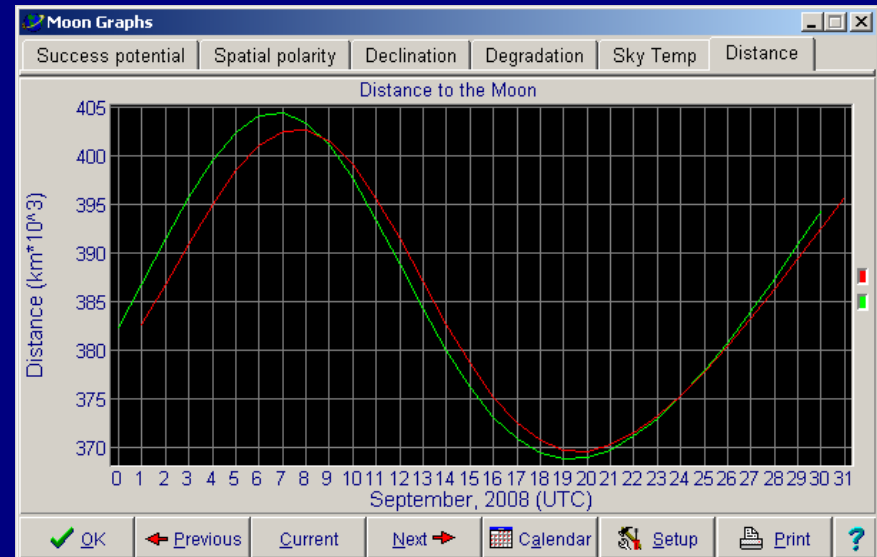
- Un plus pour les cédules et les QSOs au hasard.
- L'activité surtout à 144 MHz, mais toutes les bandes sont représentées.
- Autres sites Logger disponibles:
 - HB9Q EME Logger
 - ON4KST EME Chat



Prédiction d'Orbite de la Lune

- Par Logiciel (Position Actuelle, Prédiction, Planif. de Cédule, Visibilité Mutuelle, Doppler)
 - MoonSked \$
 - Nova \$
 - EME Systems
 - SatTrack (Linux)
 - Winorbit
 - ...
- Par Internet (Position Actuelle)
 - Soleil, Terre et Lune
 - <http://www.jgiesen.de/SME/>
 - Calculateur de Position de Soleil, Terre et Lune
 - <http://www.satellite-calculations.com/Satellite/suncalc.htm>
 - ...

Prédiction de la Lune – Nova



Listing Data for Sun

Date (Z)	One Observer		One Observer AOS/LOS		Two Observers Az/EI	
	Start (Z)	End (Z)	Duration	Between	Ottawa, ON	Washington, DC
Sun position on Tuesday, September 23, 2008 (UTC)						
9/23/08	11:01:17	22:52:41	11:51:23	-----	091°/001°	269°/000° 090°/000° 268°/001°
Sun position on Wednesday, September 24, 2008 (UTC)						
9/24/08	11:02:12	22:50:45	11:48:33	12:09:31	092°/001°	269°/000° 091°/000° 268°/001°
Sun position on Thursday, September 25, 2008 (UTC)						
9/25/08	11:03:07	22:48:50	11:45:43	12:12:21	092°/001°	268°/000° 091°/000° 267°/001°
Sun position on Friday, September 26, 2008 (UTC)						
9/26/08	11:04:02	22:46:55	11:42:53	12:15:11	093°/001°	268°/000° 092°/000° 267°/001°
Sun position on Saturday, September 27, 2008 (UTC)						
9/27/08	11:04:57	22:45:00	11:40:02	12:18:02	093°/001°	267°/000° 092°/000° 266°/001°
Sun position on Sunday, September 28, 2008 (UTC)						
9/28/08	11:05:52	22:43:05	11:37:12	12:20:52	094°/001°	267°/000° 093°/000° 266°/001°
Sun position on Monday, September 29, 2008 (UTC)						

Close ReCalc Stop Visible? Setup Print ?

Les QSLs Sont de Rigueur en EME

- C'est le moment de rafraîchir votre design de QSL
- Les QSLs en carton sont toujours très populaires dans la communauté EME
- Sont de beaux trophées pour une petite Station!
- Sont envoyées "Direct", pas "Via Bureau".



Des Références Web

- **Reflecteur de Courriel Moon-Net**
 - http://list-serv.davidv.net/mailman/listinfo/moon-net_list-serv.davidv.net
- **144MHz EME Newsletter**
 - <http://www.df2zc.de/newsletter/index.html>
- **432 and Above EME Newsletter par K2UYH.**
 - <http://www.nitehawk.com/rasmit/em70cm.html>
- **Calendrier de la Lune DUBUS**
 - <http://www.marsport.org.uk/dubus/eme.htm>
- **Description du Protocole JT-65**
 - <http://www.physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/JT65.pdf>
- **VE2ZAZ Site Web Radioamateur**
 - <http://ve2zaz.net>

Le WWW regorge d'info sur la EME!

Annexe

Optimisez votre Noise Figure

- Un arrangement “typique”

The screenshot shows the AppCAD - [NoiseCalc] application window. The 'Set Number of Stages' is set to 5. The main table displays the following data:

Stage Data	Units	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4	Stage 5
Stage Name:		4 x Coax	Coupler+ Relays	Preamp	Coax	Radio
Noise Figure	dB	0.5	0.2	0.9	1.5	5
Gain	dB	-0.5	-0.2	20	-1.5	150
Output IP3	dBm	0	0	0	0	0
dNF/dTemp	dB/°C	0	0	0	0	0
dG/dTemp	dB/°C	0	0	0	0	0
Stage Analysis:		0	0	0	0	0
NF (Temp corr)	dB	0.50	0.20	0.90	1.50	5.00
Gain (Temp corr)	dB	-0.50	-0.20	20.00	-1.50	150.00
Input Power	dBm	0.00	-0.50	-0.70	19.30	17.80
Output Power	dBm	-0.50	-0.70	19.30	17.80	167.80
d NF/d NF	dB/dB	0.78	0.81	0.98	0.01	0.04
d NF/d Gain	dB/dB	-0.22	-0.19	-0.02	-0.02	0.00
d IP3/d IP3	dBm/dBm	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

System Analysis Summary:

Parameter	Value	Unit
Gain	167.80	dB
Noise Figure	1.72	dB
Noise Temp	140.99	°K
SNR	112.25	dB
MDS	-112.25	dBm
Sensitivity	-112.25	dBm
Noise Floor	-172.25	dBm/Hz
Input IP3	-167.80	dBm
Output IP3	0.00	dBm
Input IM level	335.60	dBm
Input IM level	335.60	dBc
Output IM level	503.40	dBm
Output IM level	335.60	dBc
SFDR	-37.03	dB

Optimisez votre Noise Figure

- Un arrangement meilleur

AppCAD - [NoiseCalc]

File Calculate Application Examples Options Help

NoiseCalc Set Number of Stages = 5 Calculate [F4] Clear Main Menu [F8]

Stage Data	Units	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4	Stage 5
Stage Name:		4 x Coax	Coupler+ Relays	Preamp	Coax	Radio
Noise Figure	dB	0.2	0.2	0.9	1.5	5
Gain	dB	-0.2	-0.2	20	-1.5	150
Output IP3	dBm	0	0	0	0	0
dNF/dTemp	dB/°C	0	0	0	0	0
dG/dTemp	dB/°C	0	0	0	0	0
Stage Analysis:		0	0	0	0	0
NF (Temp corr)	dB	0.20	0.20	0.90	1.50	5.00
Gain (Temp corr)	dB	-0.20	-0.20	20.00	-1.50	150.00
Input Power	dBm	0.00	-0.20	-0.40	19.60	18.10
Output Power	dBm	-0.20	-0.40	19.60	18.10	168.10
d NF/d NF	dB/dB	0.78	0.81	0.98	0.01	0.04
d NF/d Gain	dB/dB	-0.22	-0.19	-0.02	-0.02	0.00
d IP3/d IP3	dBm/dBm	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

Enter System Parameters:

Input Power	0	dBm
Analysis Temperature	25	°C
Noise BW	1	MHz
Ref Temperature	25	°C
S/N (for sensitivity)	0	dB
Noise Source (Ref)	290	°K

System Analysis:

Gain	168.10	dB
Noise Figure	1.42	dB
Noise Temp	112.22	°K
SNR	112.55	dB
MDS	-112.55	dBm
Sensitivity	-112.55	dBm
Noise Floor	-172.55	dBm/Hz

Input IP3	-168.10	dBm
Output IP3	0.00	dBm
Input IM level	336.20	dBm
Input IM level	336.20	dBc
Output IM level	504.30	dBm
Output IM level	336.20	dBc
SFDR	-37.03	dB

Normal Click for Web: APPLICATION NOTES - MODELS - DESIGN TIPS - DATA SHEETS - S-PARAMETERS

Optimisez votre Noise Figure

- Un arrangement bien meilleur

AppCAD - [NoiseCalc]

File Calculate Application Examples Options Help

NoiseCalc Set Number of Stages = 5 Calculate [F4] Clear Main Menu [F8]

		Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4	Stage 5
Stage Data	Units					
Stage Name:		4 x Coax	Coupler+ Relays	Preamp	Coax	Radio
Noise Figure	dB	0.2	0.2	0.3	1.5	5
Gain	dB	-0.2	-0.2	20	-1.5	150
Output IP3	dBm	0	0	0	0	0
dNF/dTemp	dB/°C	0	0	0	0	0
dG/dTemp	dB/°C	0	0	0	0	0
Stage Analysis:		0	0	0	0	0
NF (Temp corr)	dB	0.20	0.20	0.30	1.50	5.00
Gain (Temp corr)	dB	-0.20	-0.20	20.00	-1.50	150.00
Input Power	dBm	0.00	-0.20	-0.40	19.60	18.10
Output Power	dBm	-0.20	-0.40	19.60	18.10	168.10
d NF/d NF	dB/dB	0.88	0.91	0.97	0.01	0.05
d NF/d Gain	dB/dB	-0.12	-0.09	-0.03	-0.02	0.00
d IP3/d IP3	dBm/dBm	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

Enter System Parameters:

Input Power	0	dBm
Analysis Temperature	25	°C
Noise BW	1	MHz
Ref Temperature	25	°C
S/N (for sensitivity)	0	dB
Noise Source (Ref)	290	°K

System Analysis:

Gain	168.10	dB
Noise Figure	0.84	dB
Noise Temp	61.74	°K
SNR	113.14	dB
MDS	-113.14	dBm
Sensitivity	-113.14	dBm
Noise Floor	-173.14	dBm/Hz

Input IP3	-168.10	dBm
Output IP3	0.00	dBm
Input IM level	336.20	dBm
Input IM level	336.20	dBc
Output IM level	504.30	dBm
Output IM level	336.20	dBc
SFDR	-36.64	dB

Normal Click for Web: APPLICATION NOTES - MODELS - DESIGN TIPS - DATA SHEETS - S-PARAMETERS

$$F_{\text{sys}} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 G_2} + \dots + \frac{F_n - 1}{G_1 G_2 \dots G_{n-1}}$$