ELF & VLF

Franck DURAND

Février 2020

F4IEW

franck@f4iew.fr

Avec les remerciement à F6AGR, F5VLB pour leurs participations

- **La propagation et le spectre TLF/ELF/SLF/ULF/VLF**
- **Quelques stations VLF à portée d'antenne**
- **Modification de la propagation: tremblements de Terre et Meteor**
- **Comment recevoir les ELF/VLF**
- **Construction du récepteur « Darjeeling V2. » selon les schémas de F6AGR**
- **Quelques réalisations électronique pour écouter et enregistrer les ELF/VLF**
- **Les différentes antennes de réception**
- **Emissions amateurs en VLF**
- **Les antennes « Earth Probe »**
- **Quelques liens internet utiles**

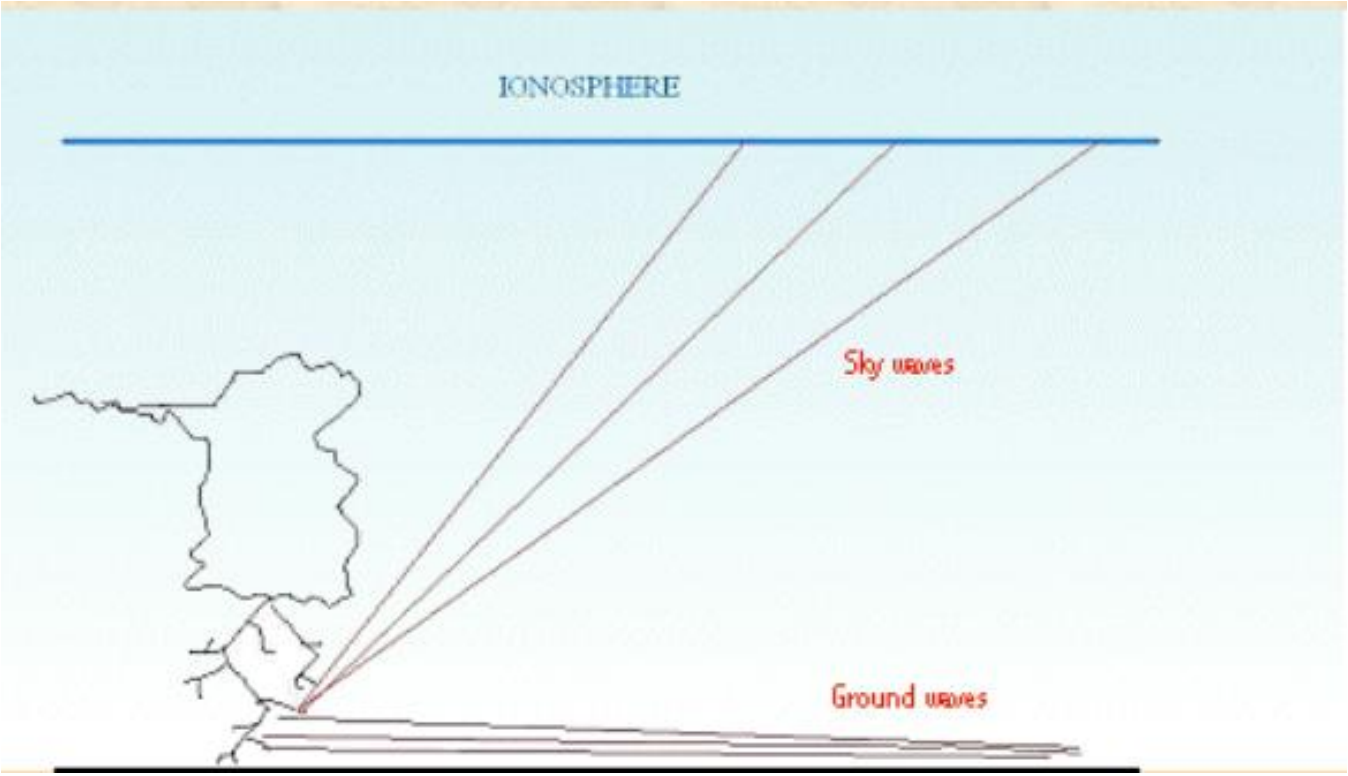
TLF / ELF / VLF ?

Ces ondes se propageant dans l'eau de mer, elles sont utiles pour la navigation et la communication avec les sous-marins.

Ces ondes peuvent aussi pénétrer des distances importantes dans la roche et le sous-sol, ce pourquoi elles sont utilisées par certains systèmes de communication minière et s'utilisent en géophysique dans l'exploration du sous-sol (couches géologiques, cavités, etc.…).

Ces fréquences sont aussi exploitées pour détecter certains phénomènes naturels, générateurs d'impulsions radioélectriques (foudre et certaines perturbations naturelles du champ magnétique terrestre)

PROPAGATION

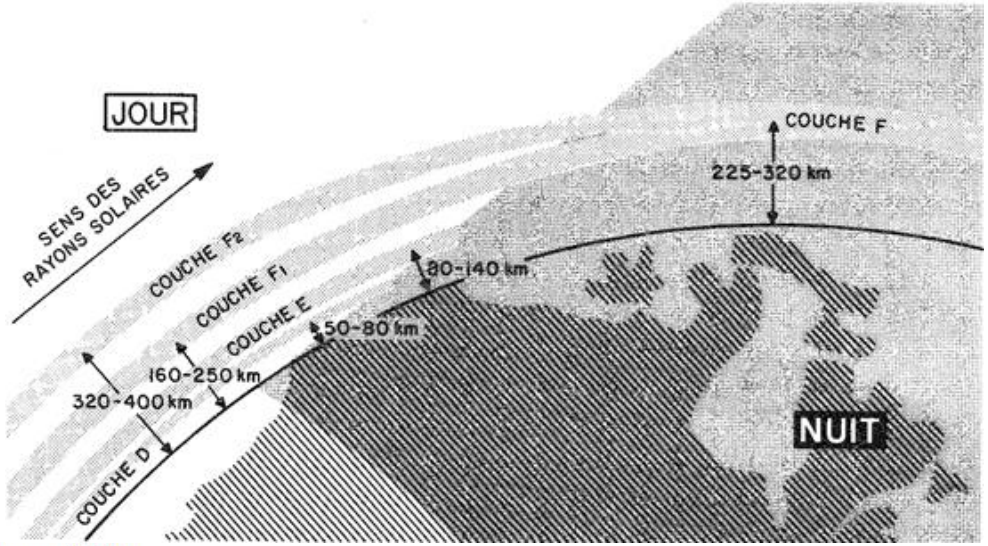


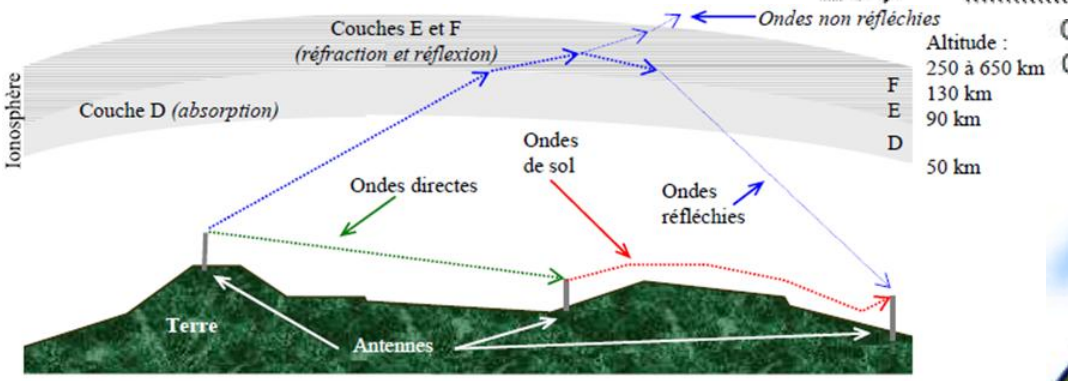
L'ionosphere est composée de molécules d'air ionisées et d'électrons libres dans les différentes couches (D, E, F1 et F2). La modification de la densité électronique et l'altitude des couches ionosphériques modifie la propagation

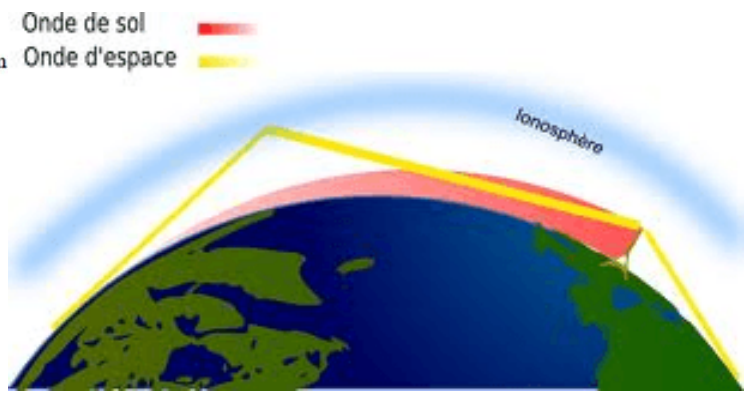
En journée, la base de l'ionosphère est composée de la couche D. Cette couche s'étend entre 60 et 90 km de haut, elle est composée d'électrons libres créés le jour par les rayons ultraviolets du Soleil qui sont responsable de la forte atténuation en transmission BF et HF, inférieure à 6 Mhz.

http://www.vlf.it/thierry/waveguide_propagation.html

PROPAGATION







La nuit, la couche D a disparu et la base de l'ionosphère est donc composée de la fusion des couches E et F. Cette couche s'étend entre 90 et environ 150 km. Cette région est composée de molécules d'air ionisées et d'électrons libres, cette région agit comme une couche réfléchissante.

http://www.vlf.it/thierry/waveguide_propagation.html

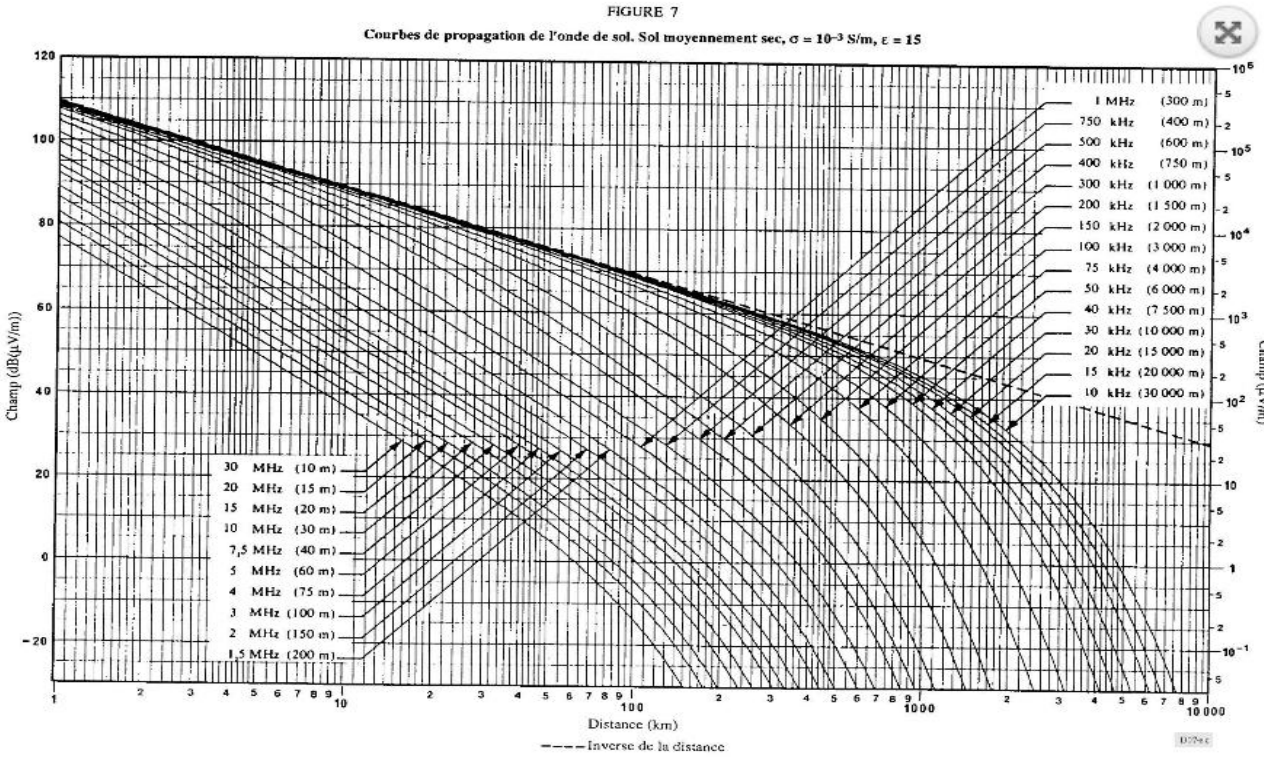
PROPAGATION

Les ELF et VLF se propagent très bien par ondes de Sol

L'onde de sol est une énergie rayonnante qui a la particularité de suivre la courbure terrestre, comme le train suit ses rails.

Cette particularité vaut essentiellement pour les grandes et moyennes longueurs d'onde, c'est à dire les fréquences relativement basses, comprises entre quelques KHz et quelques dizaines de MHz. Au-dessus, même si l'onde de sol existe toujours, elle devient négligeable en regard de l'onde d'espace.

Le tableau, ci-dessous, est un graphique, émanant de l'UIT, et donnant l'atténuation en distance d'une onde de sol, en fonction de sa fréquence et pour un sol moyennement sec :



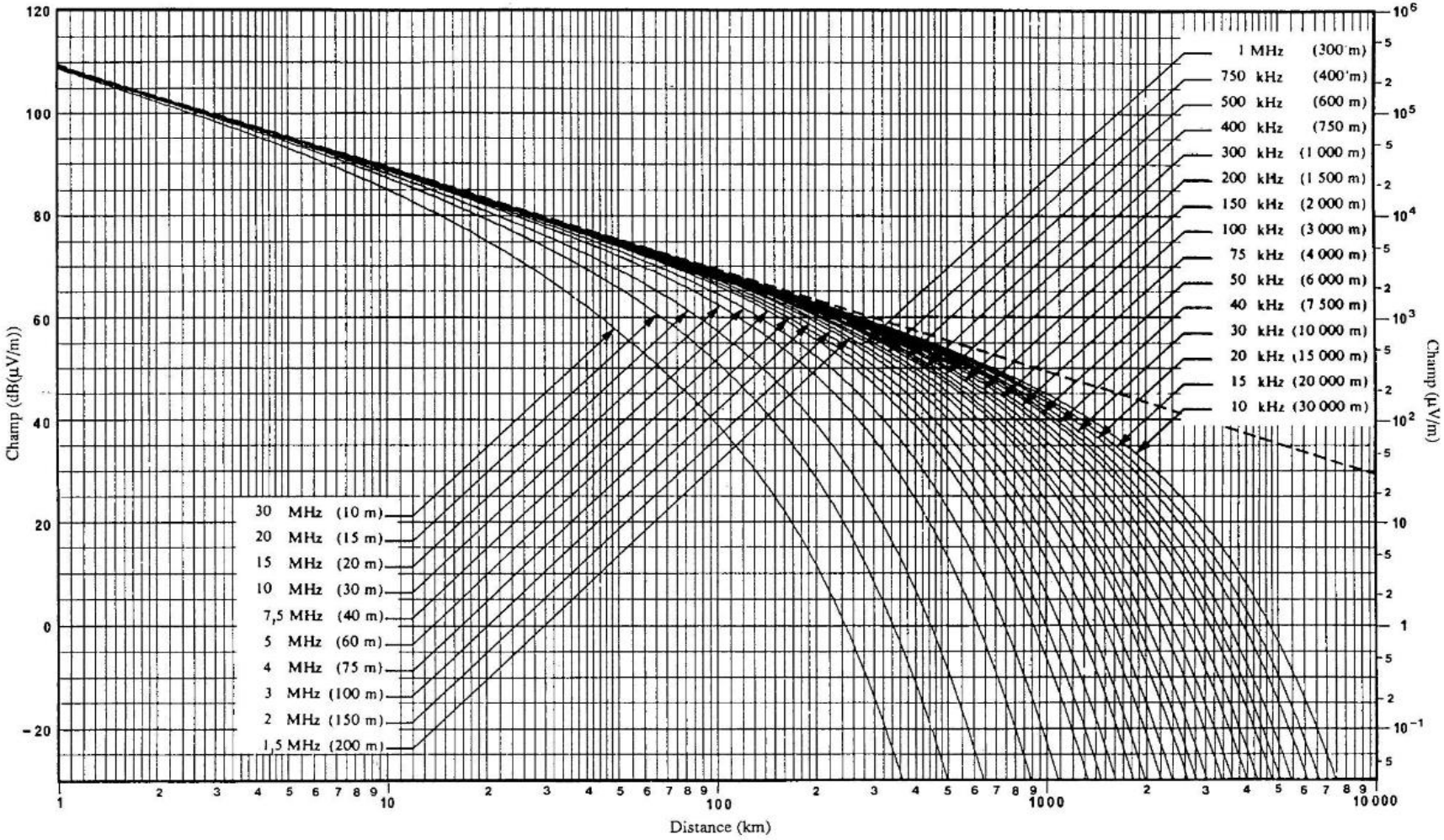
On voit que, pour une fréquence de 1 MHz (λ = 300m) on mesure un signal d'onde de sol de 1 µV/m (*ce qui correspond à un peu plus de « S3 » sous 50 ohms, mesuré sur le S-mètre d'un récepteur = bonne réception*) à seulement 300 km, alors que pour une fréquence de 100 KHz (λ = 3000m) la distance dépasse 1700 km.

PROPAGATION

Cet autre graphique donne les mesures avec une eau de mer, de salinité moyenne

FIGURE 2

Courbes de propagation de l'onde de sol. Eau de mer, salinité moyenne, $\sigma = 5$ S/m, $\varepsilon = 70$



Définitions des bandes

Onde	Description	Fréquences	Lambda
TLF	Tremendously low frequency (fréquence extrêmement basse)	0 à 3 Hz	> 100 000 Km
ELF	Extremely low frequency (fréquence extrêmement basse)	3 Hz à 30 Hz	10 000 Km à 100 000 Km
SLF	Super low frequency (super basse fréquence)	30 Hz à 300 Hz	1 000 Km à 10 000 Km
ULF	Ultra low frequency (ultra basse fréquence)	300 Hz à 3 KHz	100 Km à 1 000 Km
VLF	Very low frequency (très basse fréquence)	3 KHz à 30 KHz	10 Km à 100 Km

longueurs d'onde (Lambda) sont calculées avec l'approximation: $C = 3.10^8\ m.s^{-1}$

Spectre

TLF (tremendously low frequency)
Fréquence extrêmement basse
O Hz 3 Hz

ELF (extremely low frequency)
Fréquence extrêmement basse
30 Hz

Champs magnétiques, ondes et bruits électromagnétiques naturels

La valeur moyenne du champ magnétique terrestre est d'environ 0,5 gauss (soit 5×10^{-5} T)

- **Human electromagnetic emission in the ELF band [Annexe 1]**
- **Telluric Currents… [Annexe 2]**

- **Les résonances Schumann [Annexe 3]**

Signaux naturels

Spectre

SLF (Super low frequency)
Super basse fréquence

ULF (Ultra low frequency)
Ultra basse fréquence

30 Hz — 300 Hz — 3 KHz

- **ZEVS [Annexe 4]** dans les années 1990, qui est aujourd'hui le dispositif d'émission radio le plus bas en fréquence du monde, puisqu'il transmet sur 82Hz, soit 3658 km de longueur d'onde. ZEVS, installé dans la presqu'ile de Kola près de Mourmansk depuis les années 1990, utilise le sol terrestre en guise d'antenne.

- **Tremblements de Terre [Annexe 6]**

Mise en évidence de la perturbation de la propagation des ondes VLF associé à un météor [Annexe 5]

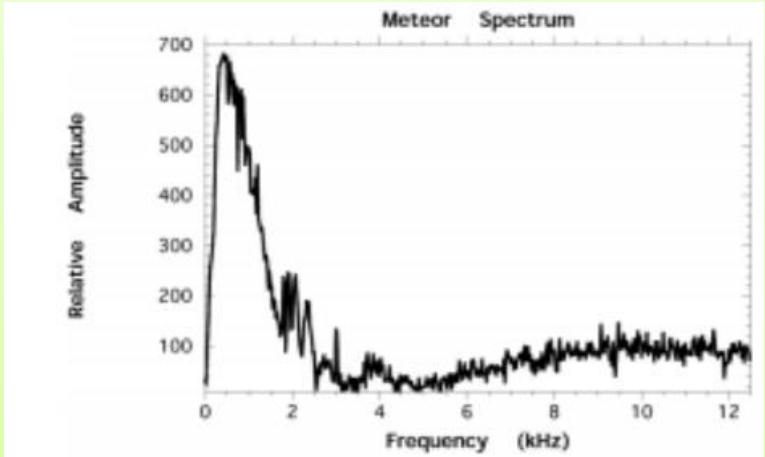


Figure 2b. The mean spectrum of meteor pulses.

Spectre

VLF Very low frequency
(très basse fréquence)

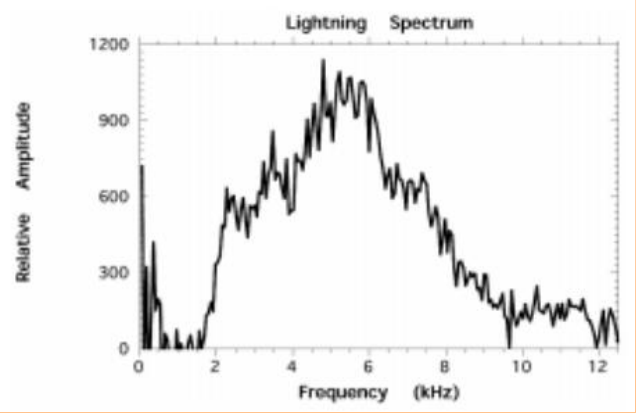
3 KHz 9KHz 30 KHz

Eclaires (orages)

8.2700120 KHz, TX/RX Expérimentations par des radioamateurs en France

8,3 KHz à 11,3 KHz Auxiliaires de la Météorologie

8,760 KHz TX/RX Radioamateurs



9 KHz à 14 KHz Radionavigation
14 KHz à 15 KHz Fixe/Mobile Maritimes
19,95 KHz à 20,05 KHz Signaux Horaires (20 KHz)
20 KHz à 70 KHz Fixe Mobile Maritimes

RSDN-20 - Alpha, radionavigation
F1: 11.904761 kHz, F2: 12.648809 kHz et F3: 14.880952 kHz.

18.100 KHz Russian Navy Russian High Command Naval Radio RDL-Moscow Headquarters (many remote sites) 36/50 Bd encrypted traffic T-600

20.900 KHz FTA Sainte Assise (77)
Loc.JN18GN

21.750 KHz French Navy HWN-Le Blanc, France 200/90 PSK
Loc.JN06OR

Plus d'informations sur la page suivante

3 KHz VLF 9KHz 30 KHz

Indicatif	Notes	Fréquence	Localisation	Latitude	Longitude
VTX1		16300	South Vijayanarayanam, India Locator: MJ88vj	N 08° 23' 13.25" (+08.387015°)	E 077° 45' 9.94" (+077.752762°)
JXN	(1)	16400	Novik, Norway Locator: JP66wx	N 66° 58' 27.67" (+66.974353°)	E 013° 52' 25.02" (+013.873617°)
VTX2		17000	South Vijayanarayanam, India Locator: MJ88vj	N 08° 23' 13.25" (+08.387015°)	E 077° 45' 9.94" (+077.752762°)
SAQ	(2)	17200	Grimeton, Sweden Locator: JO67ec	N 57° 06' 47.42" (+57.113171°)	E 012° 23' 50.20" (+012.397277°)
RDL	(3)	18100	? Locator: ------	- --° --' --.--" (---.------°)	- ---° --' --.--" (----.------°)
VTX3		18200	South Vijayanarayanam, India Locator: MJ88vj	N 08° 23' 13.25" (+08.387015°)	E 077° 45' 9.94" (+077.752762°)
VTX4		19200	South Vijayanarayanam, India Locator: MJ88vj	N 08° 23' 13.25" (+08.387015°)	E 077° 45' 9.94" (+077.752762°)
GBZ		19580	Anthorn, UK Locator: IO84iv	N 54° 54' 41.91" (+54.911643°)	W 003° 16' 42.44" (-003.278456°)
NWC		19800	Harold E. Holt, North West Cape, Exmouth, Australia Locator: OG78be	S 21° 48' 58.78" (-21.816328°)	E 114° 09' 56.11" (+114.165586°)
ICV		20270	Isola di Tavolara, Italy Locator: JN40uw	N 40° 55' 23.26" (+40.923127°)	E 009° 43' 51.64" (+009.731011°)
FTA	(4)	16800 20900	Sainte-Assise, France Locator: JN18gn	N 48° 32' 40.68" (+48.544632°)	E 002° 34' 45.94" (+002.579429°)
NPM		21400	Pearl Harbour, Lualuahei, HI Locator: BL01wk	N 21° 25' 12.60" (+21.420166°)	W 158° 09' 4.10" (-158.151140°)
HWU	(5)	15100 18300 19100 21750 22600	Rosnay, France Locator: JN06or	N 46° 42' 47.26" (+46.713129°)	E 001° 14' 42.89" (+001.245248°)

https://sidstation.loudet.org/stations-list-fr.xhtml?fbclid=IwAR2QR_ItE8H0MBNlgRtH5yvZ-jvxaaM6pwaGQ5mb1PuSI2PUMDnbF44cNDw

VLF

3 KHz 9KHz 30 KHz

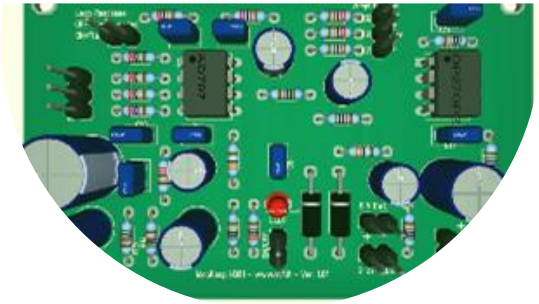
GQD		22100	Skelton, UK Locator: IO84nr	N 54° 43' 54.48" (+54.731799°)	W 002° 52' 58.92" (-002.883033°)
NDT		22200	Ebino, Japan Locator: PM52jb	N 32° 04' 55.50" (+32.082084°)	E 130° 49' 40.66" (+130.827960°)
DHO38	(6)	23400	Rhauderfehn, Germany Locator: JO33tb	N 53° 04' 44.04" (+53.078900°)	E 007° 36' 54.00" (+007.615000°)
NAA		24000	Cutler, ME Locator: FN64ip	N 44° 38' 41.77" (+44.644936°)	W 067° 16' 53.90" (-067.281639°)
NLK		24800	Oso Wash, Jim Creek, WA Locator: CN98ae	N 48° 12' 12.55" (+48.203487°)	W 121° 55' 0.58" (-121.916827°)
unid25		25000	Mokpo, South Korea Locator: PM34fq	N 34° 40' 44.65" (+34.679068°)	E 126° 26' 43.38" (+126.445383°)
NML	(7)	25200	La Moure, ND Locator: EN06ti	N 46° 21' 57.56" (+46.365990°)	W 098° 20' 8.30" (-098.335638°)
TBB		26700	Bafa, Turkey Locator: KM37pj	N 37° 24' 45.81" (+37.412725°)	E 027° 19' 24.03" (+027.323342°)
NRK/TFK		37500	Grindavik, Iceland Locator: HP83su	N 63° 51' 1.31" (+63.850365°)	W 022° 28' 0.38" (-022.466773°)
JJY-40	(8)	40000	Mount Ootakadoya, Fukushima prefecture, Japan Locator: QM07ki	N 37° 22' 21.35" (+37.372598°)	E 140° 50' 56.06" (+140.848906°)
SRC		40400	Varberg, Sweden Locator: JO67ec	N 57° 06' 47.42" (+57.113171°)	E 012° 23' 50.20" (+012.397277°)
NAU		40800	Aguada, Puerto Rico Locator: FK68jj	N 18° 23' 55.54" (+18.398762°)	W 067° 10' 39.36" (-067.177599°)
NSY		45900	Niscemi, Italy Locator: JM77fd	N 37° 07' 32.37" (+37.125660°)	E 014° 26' 11.10" (+014.436416°)

https://sidstation.loudet.org/stations-list-fr.xhtml?fbclid=IwAR2QR_ItE8H0MBNlgRtH5yvZ-jvxaaM6pwaGQ5mb1PuSI2PUMDnbF44cNDw

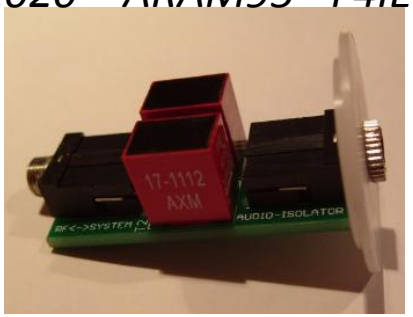
Carte Google des émetteurs VLF

Récéptions

Antenne, exemple F5VLB



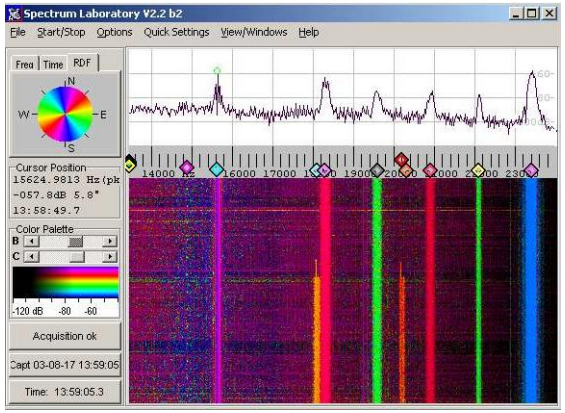
Préamplificateur ELF/VLF



Isolation galvanique (Ne pas utiliser sur les TLF/ELF/SLF)

USB Audio Interface UMC-204

Carte son externe ou interne



Logiciel de traitement

ARGO → https://www.i2phd.org/argo/index.html

SPECTRAN → https://www.i2phd.org/spectran.html

DL4YHF's Amateur Radio Software: → **https://www.qsl.net/dl4yhf/spectra1.html**

Audio Spectrum Analyzer ("Spectrum Lab")

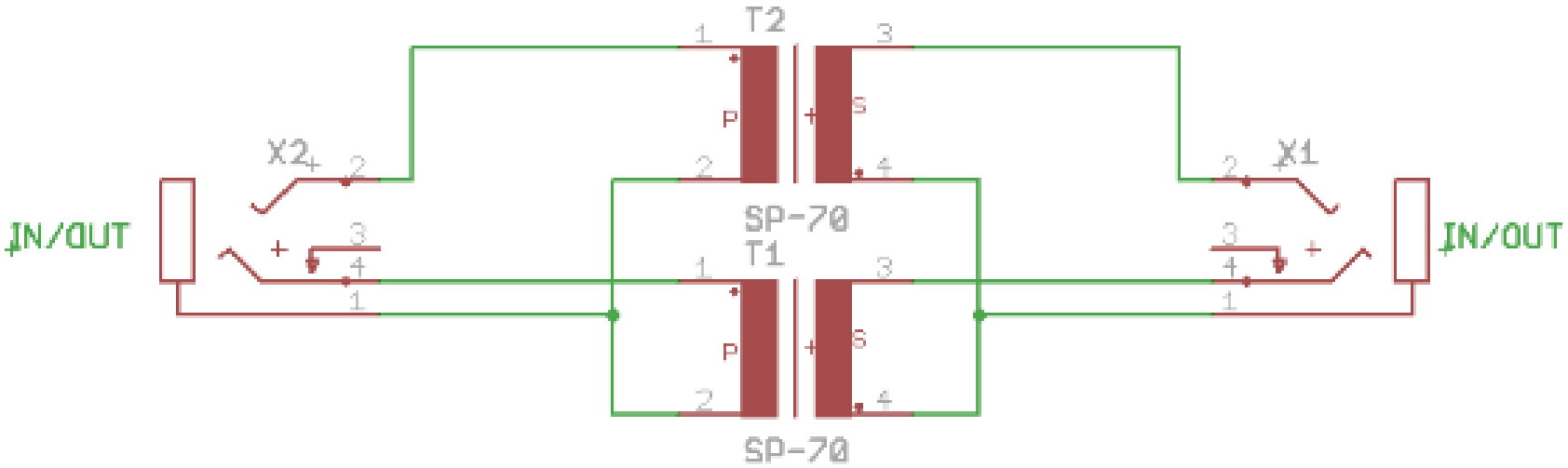
Miniature Antenna UNUN or BALUN Transformer for Receivers

ADTT1-6+ transformer, working from 15 KHZ - 100 MHZ (-3 dB points)

Source:
https://www.sv1afn.com/en/products/miniature-antenna-balun-transformer-for-receivers.html

Isolation galvanique entre la carte son et le préamplificateur VLF

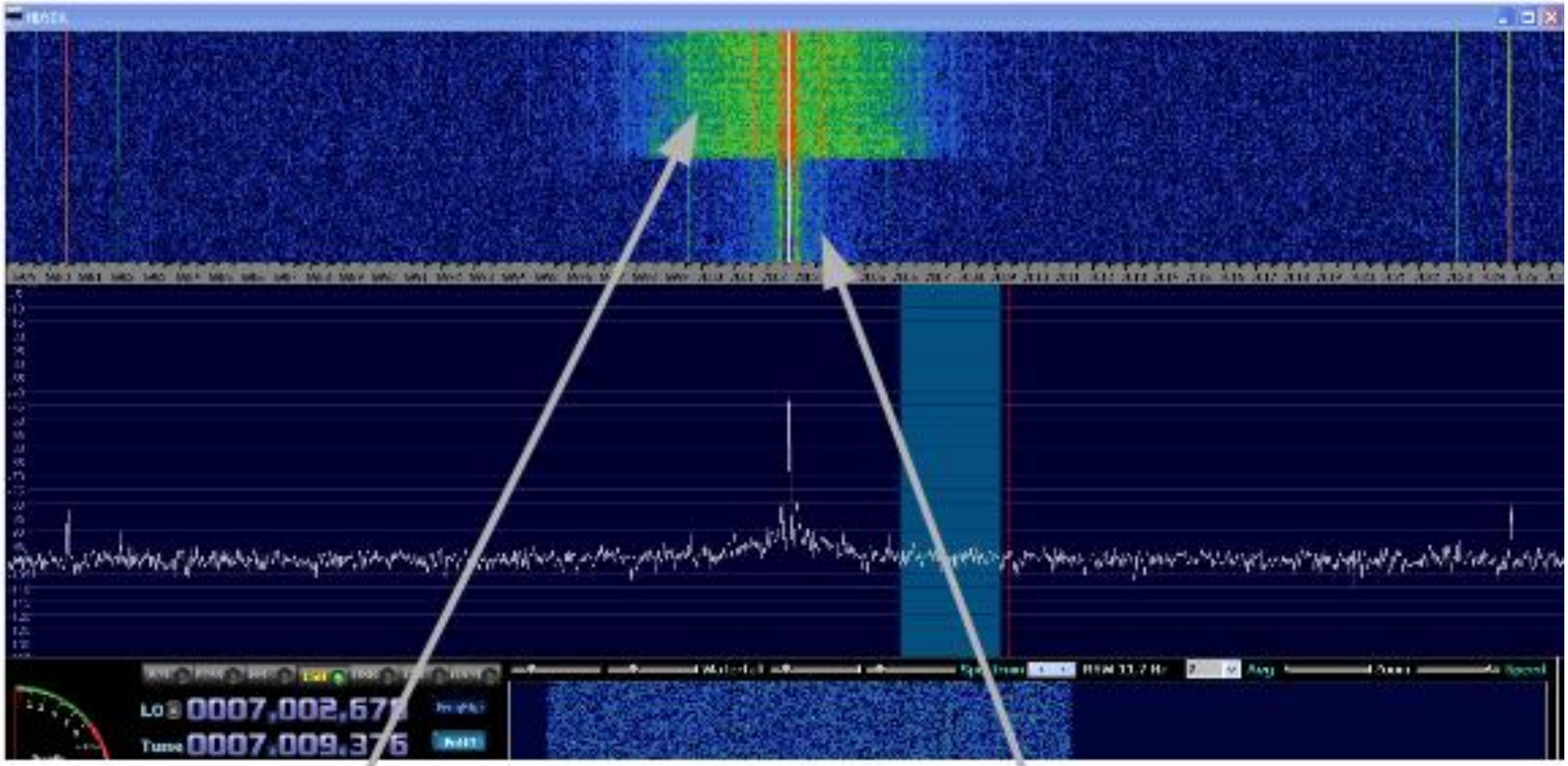
Une boucle de masse entre le récepteur et l'antenne ou la connexion USB et l'entrée de la carte son est très courante avec les récepteurs SDR basés sur l'utilisation d'une carte son, où la carte son est utilisée pour échantillonner les canaux I / Q. Ce type de problème de boucle de masse peut être résolu en utilisant une isolation galvanique appropriée entre la sortie I / Q du récepteur et l'entrée de la carte son:



ATTENTION: l'Isolation galvanique ne pas être utilisée pour la réception des très basses fréquences (TLF/ELF/SLF)

Récéptions

spectre avec une carte son clé USB à faible coût à un taux d'échantillonnage de 48 kHz

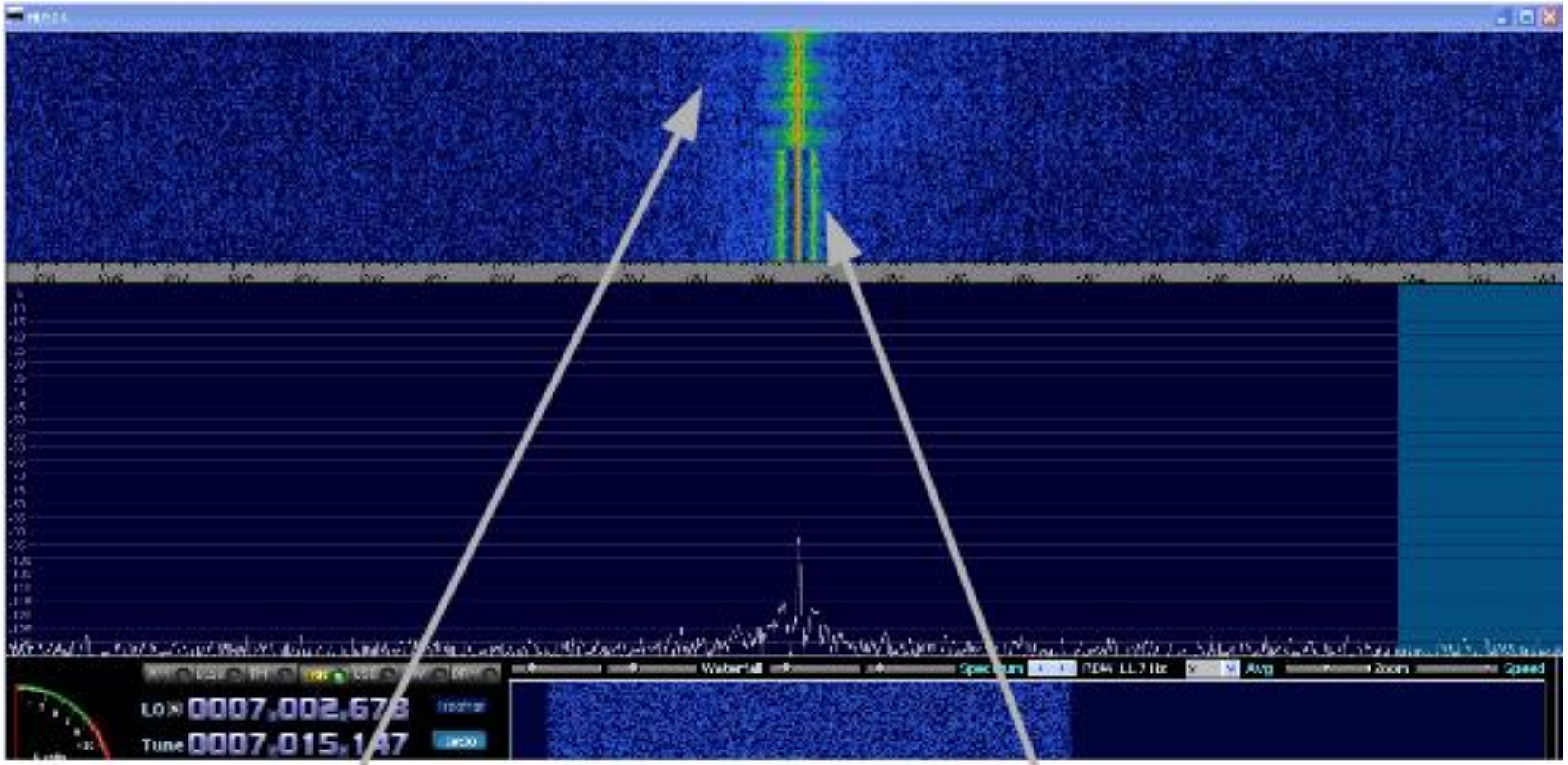


Sortie I / Q directement connectée à l'entrée ligne de la carte son sans isolateur galvanique

Avec isolateur galvanique audio

Récéptions

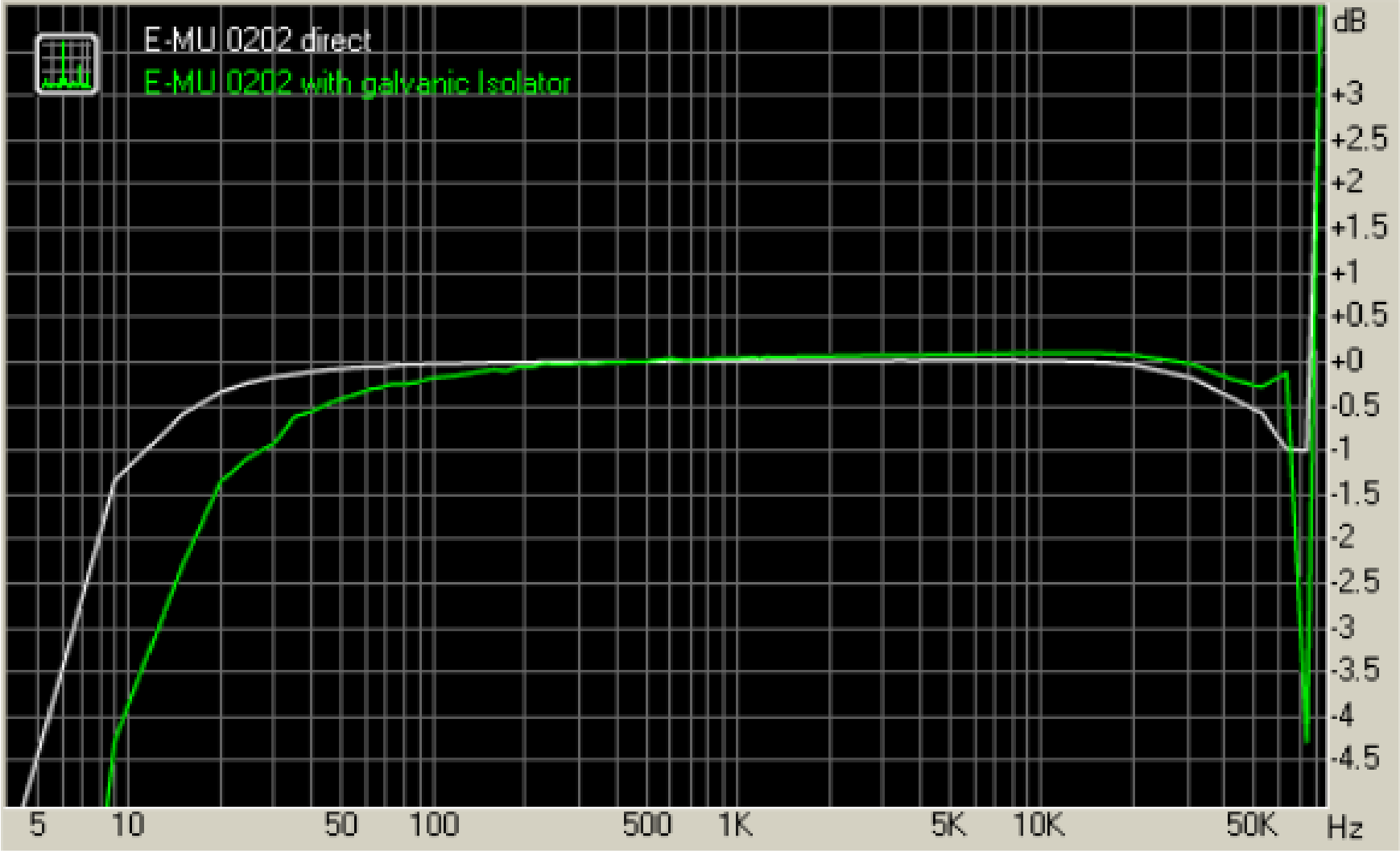
Voici une portion agrandie du spectre de 24 kHz avec une carte son USB externe Creativ E-MU 0202 à un taux d'échantillonnage de 192 kHz



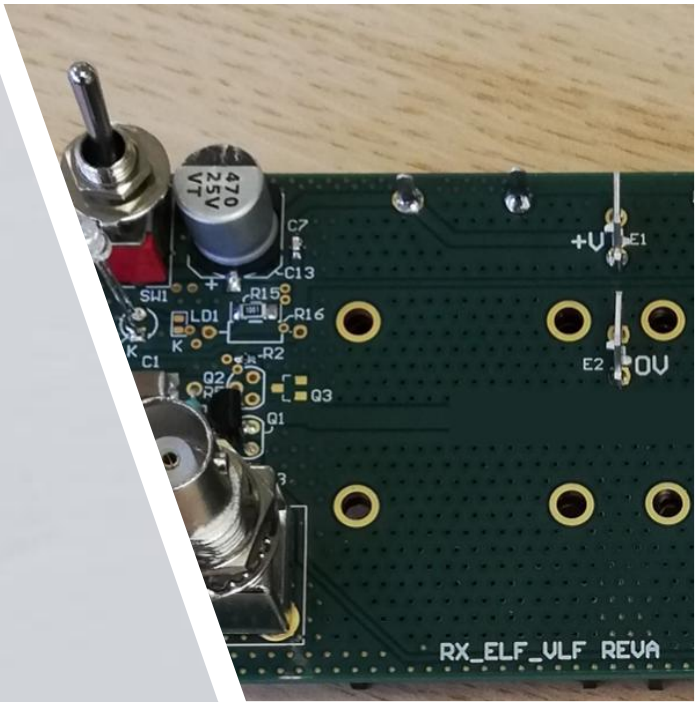
Sortie I / Q directement connectée à l'entrée ligne de la carte son sans isolateur galvanique

Avec isolateur galvanique audio

Comparaison des réponses en fréquence entre deux mesures : avec (vert) et sans (blanc) isolateur galvanique sur une carte son EMU0202



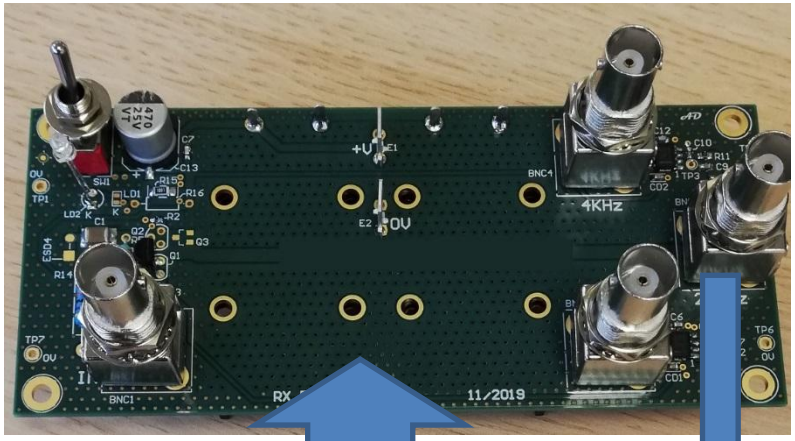
Quelques réceptions avec le récepteur « Darjeeling »



Récéptions

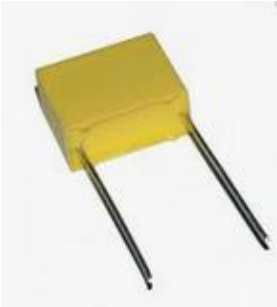
Installation portable de F4IEW

Antenne verticale 1,5m
alimentation par Twin lead
450 Ohms 2m



HN4PRO
Digitalisation
sur carte SD
44Khz à 96kHz 16
bits

Fusible

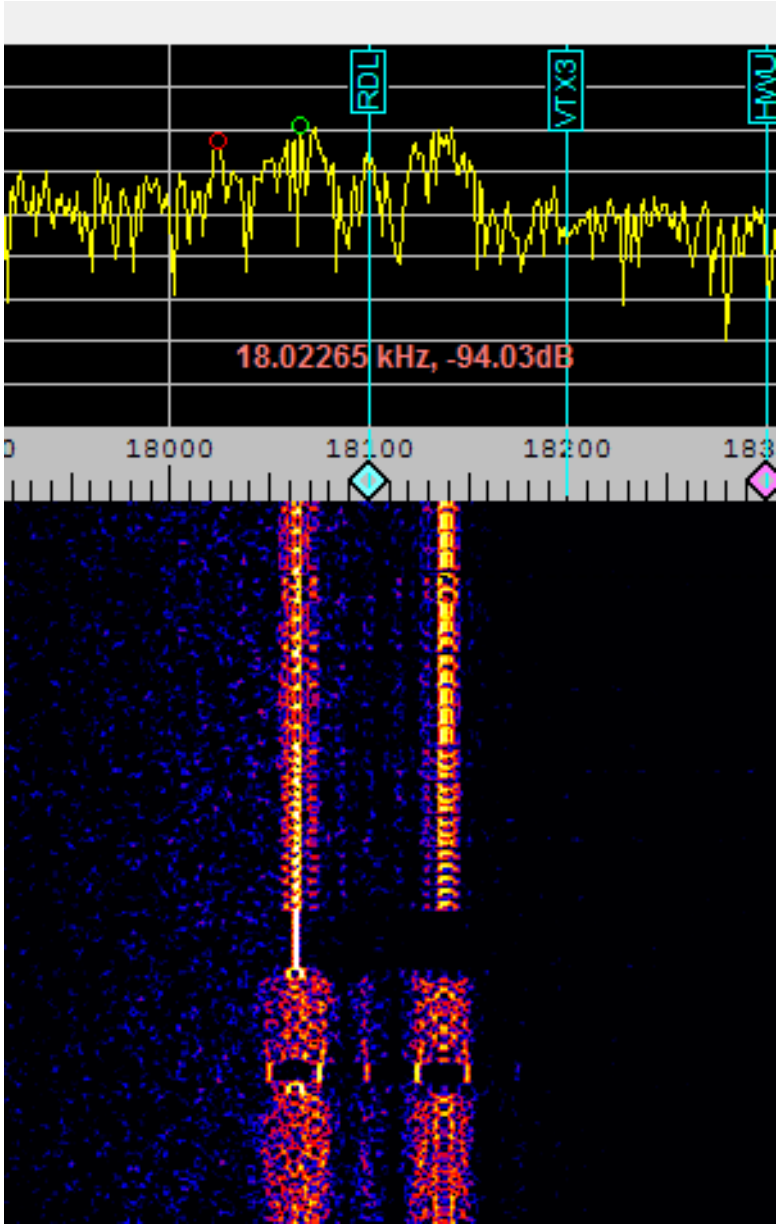


Condensateur de liaison
Pour supprimer la
composante continue

12 x 1,2 V – 8000 mAh

Récéptions

14/02/2020 – ARAM95 - F4IEW

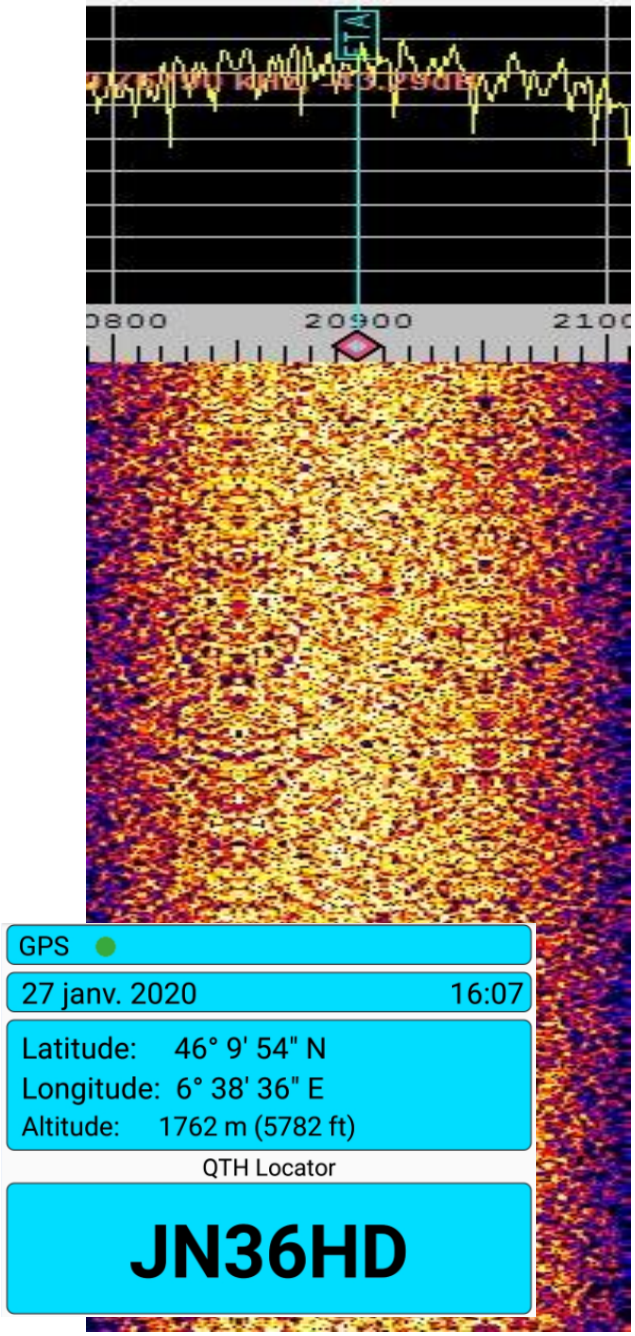


Frequency : 18.100 kHz
Callsign : RDL
Activity : Y
ITU / country: RUS
Station Name : Matotchkinchar

Source: https://www.transmission1.net/viewtopic.php?t=7633

Récéptions

14/02/2020 – ARAM95 - F4IEW

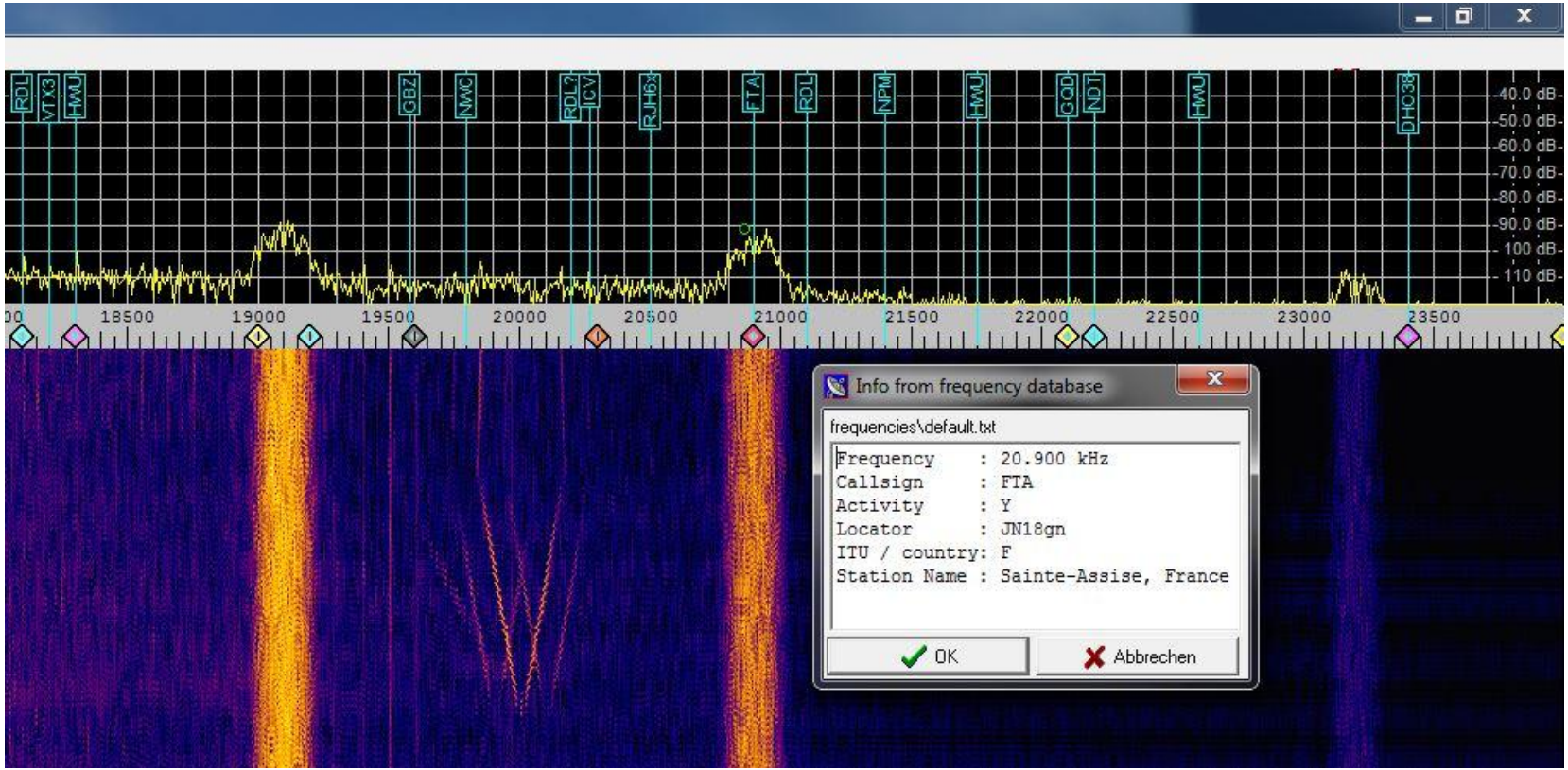


Frequency : 20.900 kHz
Callsign : FTA
Activity : Y
Locator : JN18gn
ITU / country: F
Station Name : Sainte-Assise, France

L'émetteur de Sainte Assise est un émetteur pour les ondes très longues VLF (very low frequency), installé dans le domaine du château de Sainte-Assise à Seine-Port en Seine-et-Marne,
En 1991, une partie de la station est vendue par France Télécom à la Marine nationale, pour devenir le Centre de transmissions marine (CTM) de Sainte-Assise chargé des communications unilatérales avec les sous-marins en plongée. Le site, inauguré en 1998, est devenu un terrain militaire surveillé par une compagnie de fusiliers-marins.

Réception en JN19DA
95330 Domont
Ile de France

Frequency : 20.900 kHz
Callsign : FTA
Activity : Y
Locator : JN18gn
ITU / country: F
Station Name : Sainte-Assise, France



Réception SAQ
Grimeton par F4IEW le
24 Décembre 2019 en
JN04GS - 8H30 UTC

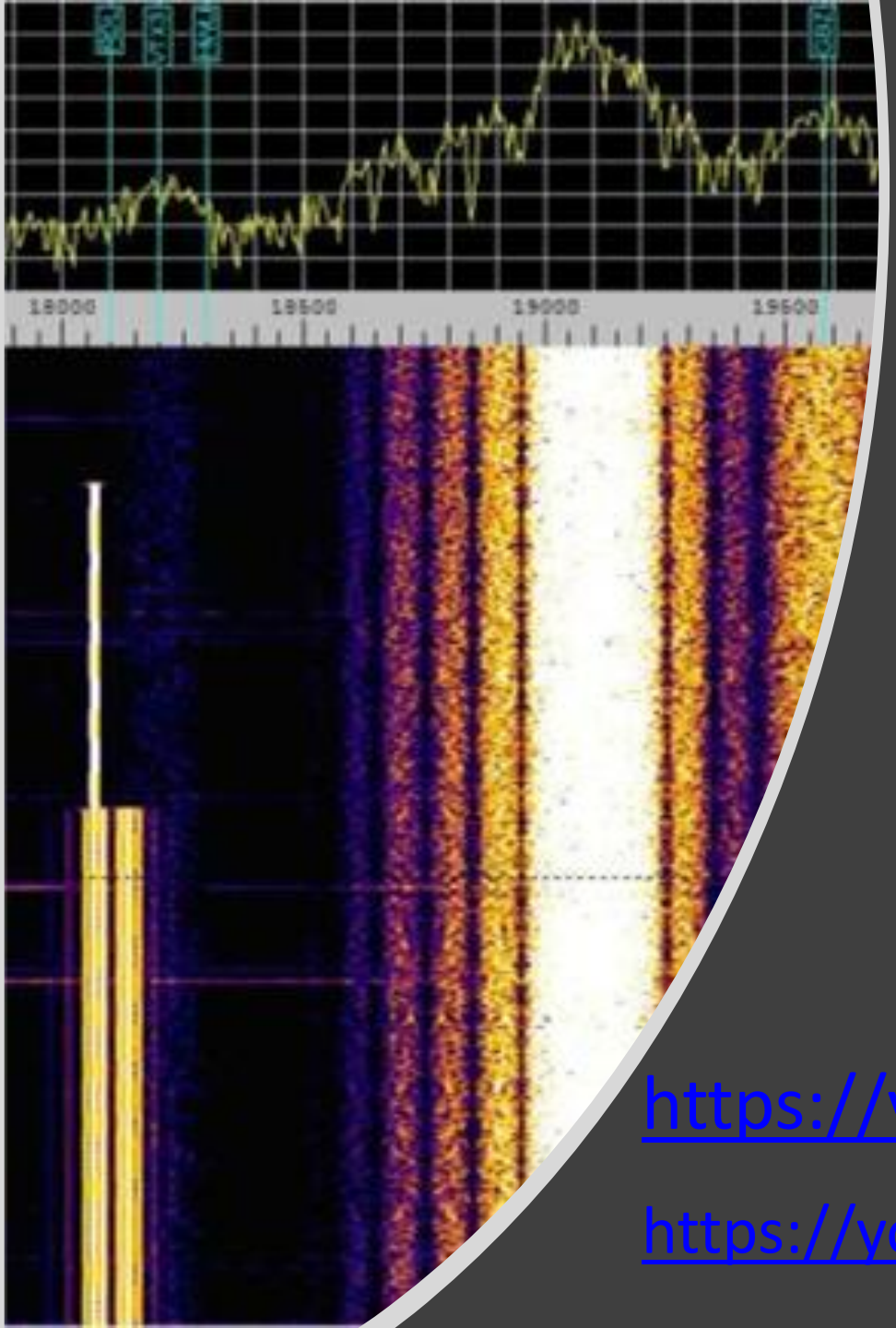
SAQ Grimeton le 24 Décembre 2019 – 8h30 UTC

Dans la matinée de la veille de Noël, le 24 décembre au matin depuis le locator JN04GS, j'ai pu tester avec succès le préamplificateur ELF-VLF « Darjeeling » réalisé selon les plan de F6AGR.

L'ancien émetteur Alexanderson 200 kW a bien voulu démarrer quelques longues minutes après 8:30 heure locale (vers 8h45). Ce transmetteur de 1924 a une nouvelle foi réussi à envoyer un message de Noël sur VLF 17,2 kHz CW. Photographies de l'installation et de la réception réalisée avec le logiciel SAQrx_ V094 et SpectrumLab.

Antenne verticale de 1,5m connectée au préamplificateur VLF par 3m de Twin Lead 450 ohms, la masse est reliée à la terre dès l'entrée avec un petit tube d'aluminium enfoncé sous terre. La sortie du préamplificateur est reliée à la carte son qui digitalise le signal à une fréquence d'échantillonnage de 192K.

Vidéos de l'installation de réception SAQ



Réception SAQ

https://youtu.be/Cz639l9E-7w

https://youtu.be/4ki32CMi9Pk

RSDN-20

Alpha, également connu sous le nom de RSDN-20, est un système russe de radionavigation à longue portée. RSDN en russe signifie "système de navigation radio-technique à longue distance". Alpha a été utilisé pour déterminer les positions des aéronefs, des navires et des sous-marins (dans des positions sous-marines), il fonctionne de façon discontinue.

http://www.vlf.it/alphatrond/alpha.htm

https://pdfs.semanticscholar.org/97e3/a621bfe77409d189527245e8ccb7a022e363.pdf

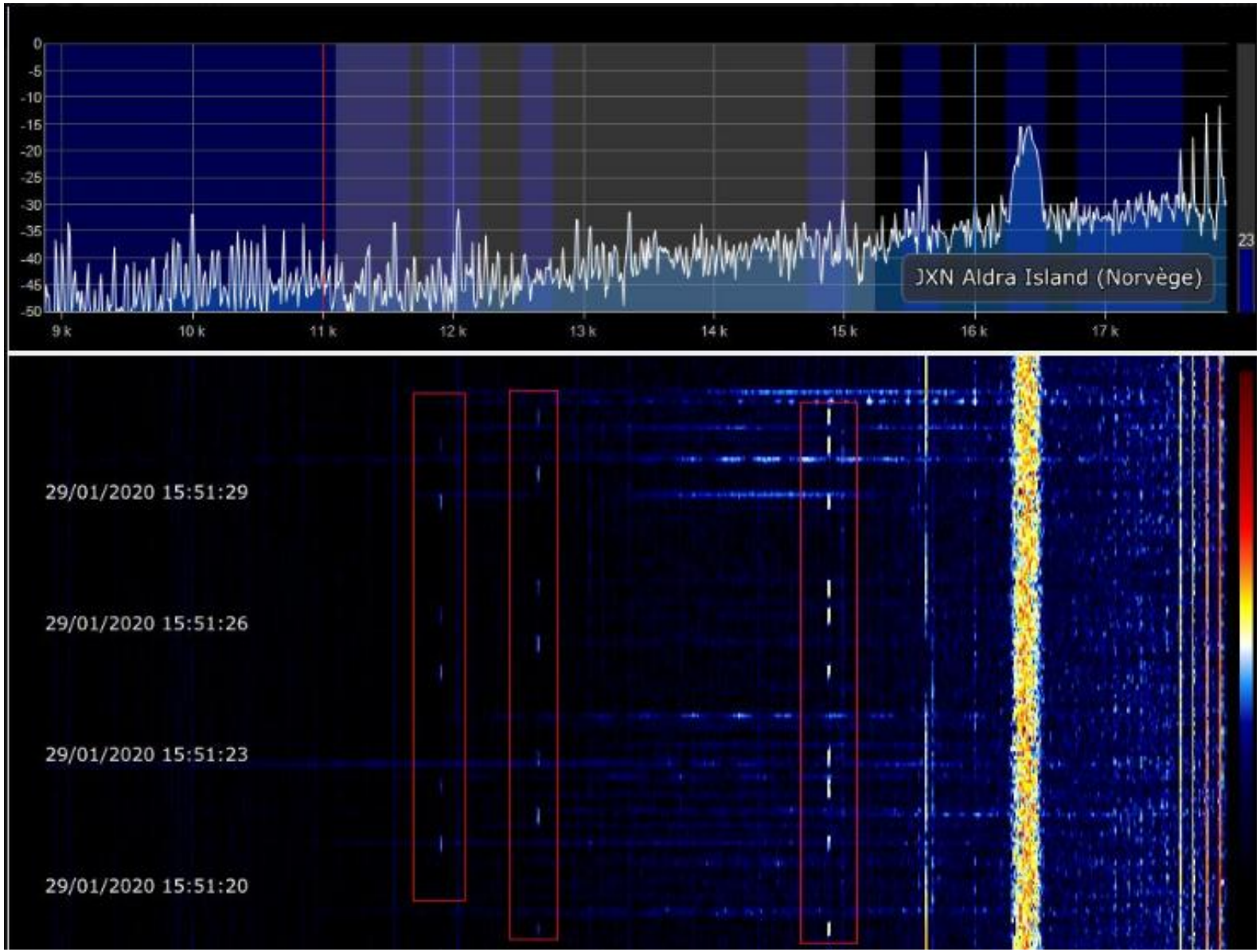
Aalto University
School of Electrical
Engineering

AALTO UNIVERSITY
School of Electrical Engineering
Department of Signal Processing and Acoustics

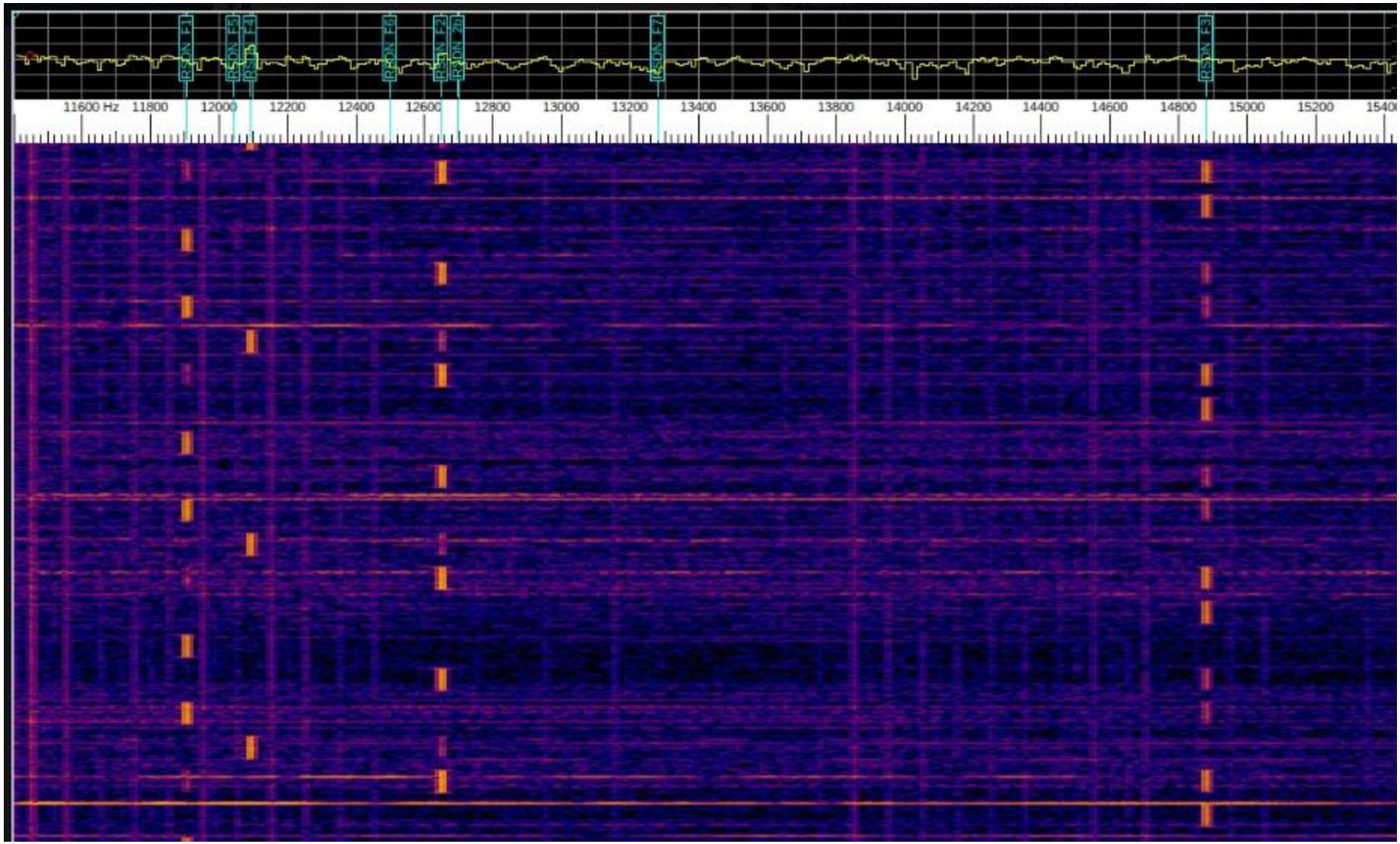
Juhana Jaatinen

PHASE ESTIMATION
IN A NAVIGATION RECEIVER

Récéptions

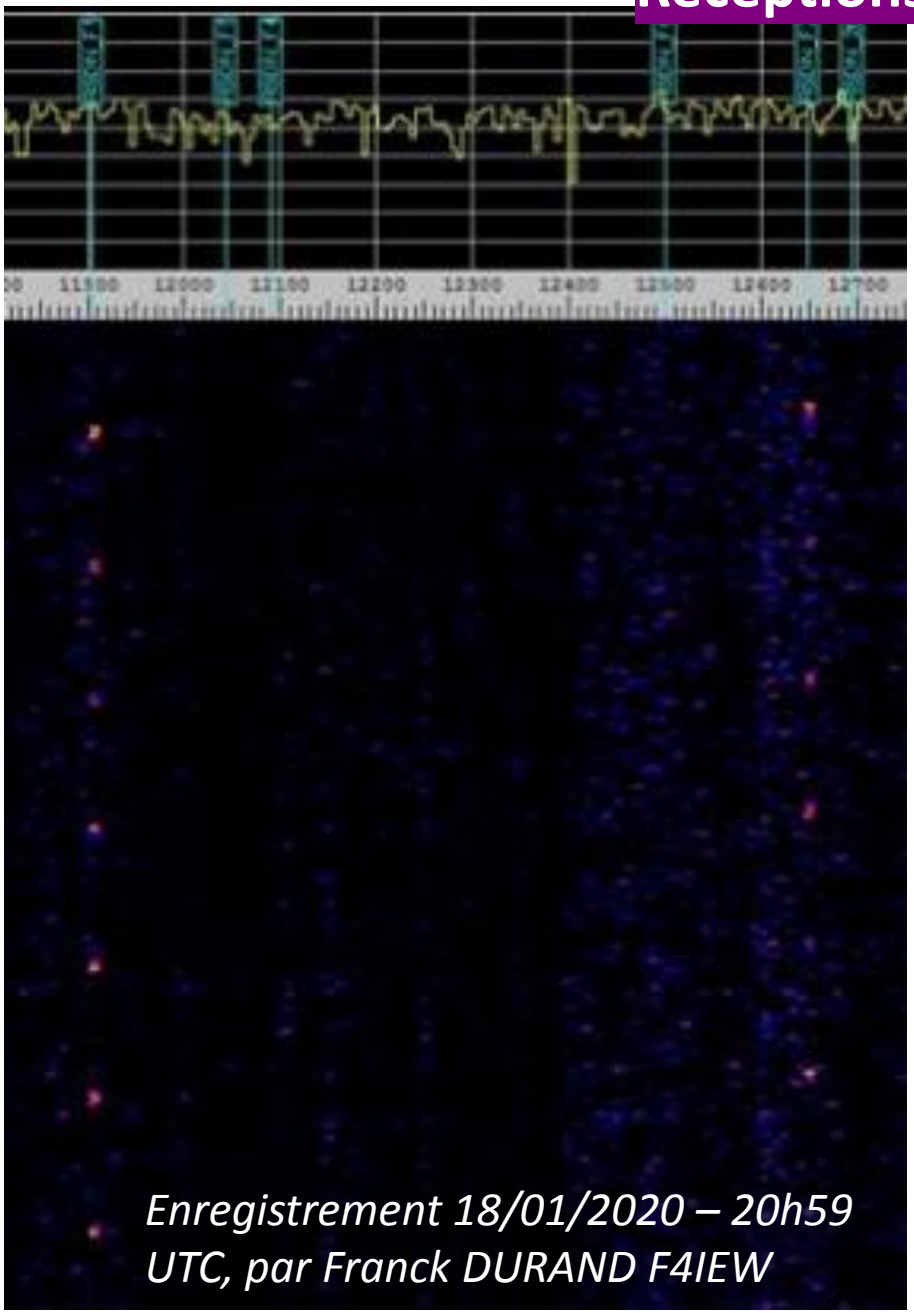


Enregistrement 29/01/2020 par David HAM, Bretagne

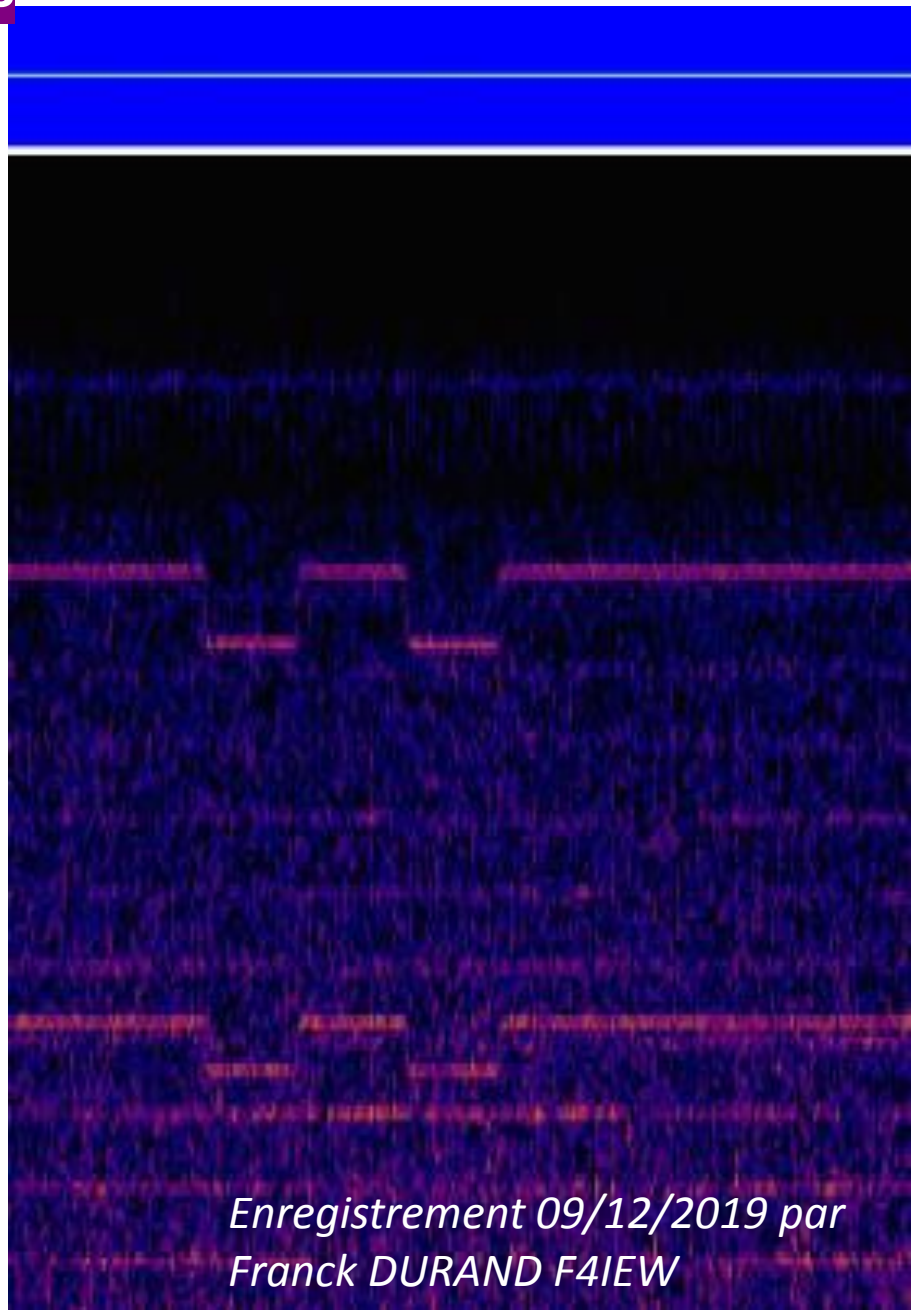


Enregistrement 29/12/2019 par Sabine CREMER, Hattingen Allemagne

Récéptions



Enregistrement 18/01/2020 – 20h59 UTC, par Franck DURAND F4IEW

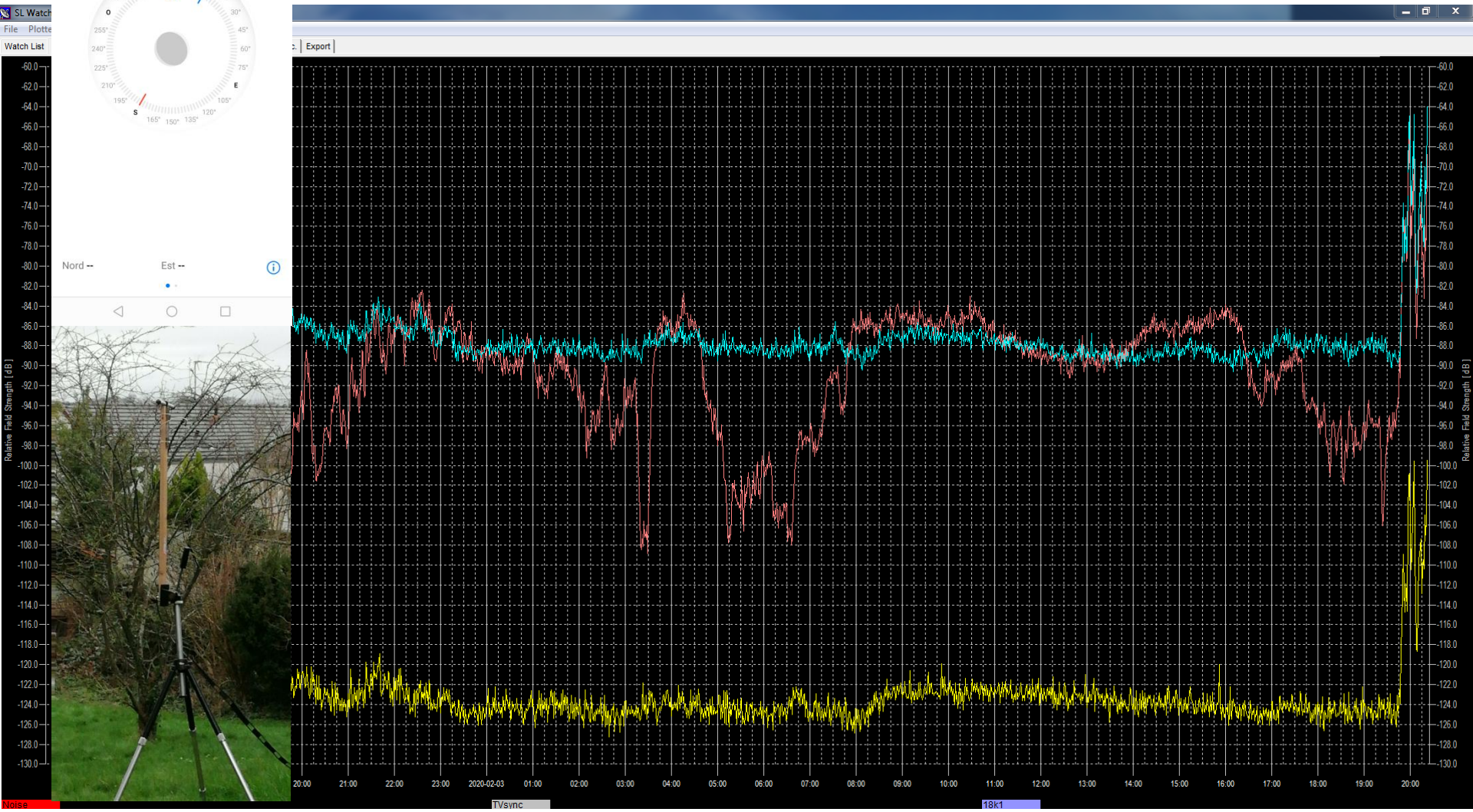


Enregistrement 09/12/2019 par Franck DURAND F4IEW

Récéptions

14/02/2020 – ARAM95 - F4IEW

Nord-Ouest **330°**



Réception Loc. JN19DA sur 24h du 02/02/2020 au 03/02/2020

Darjeeling V2

Etude et réalisation du préamplificateur de signaux ELF-VLF « DARJEELING V2.1 » d'après le schéma proposé par Jean-Louis, F6AGR

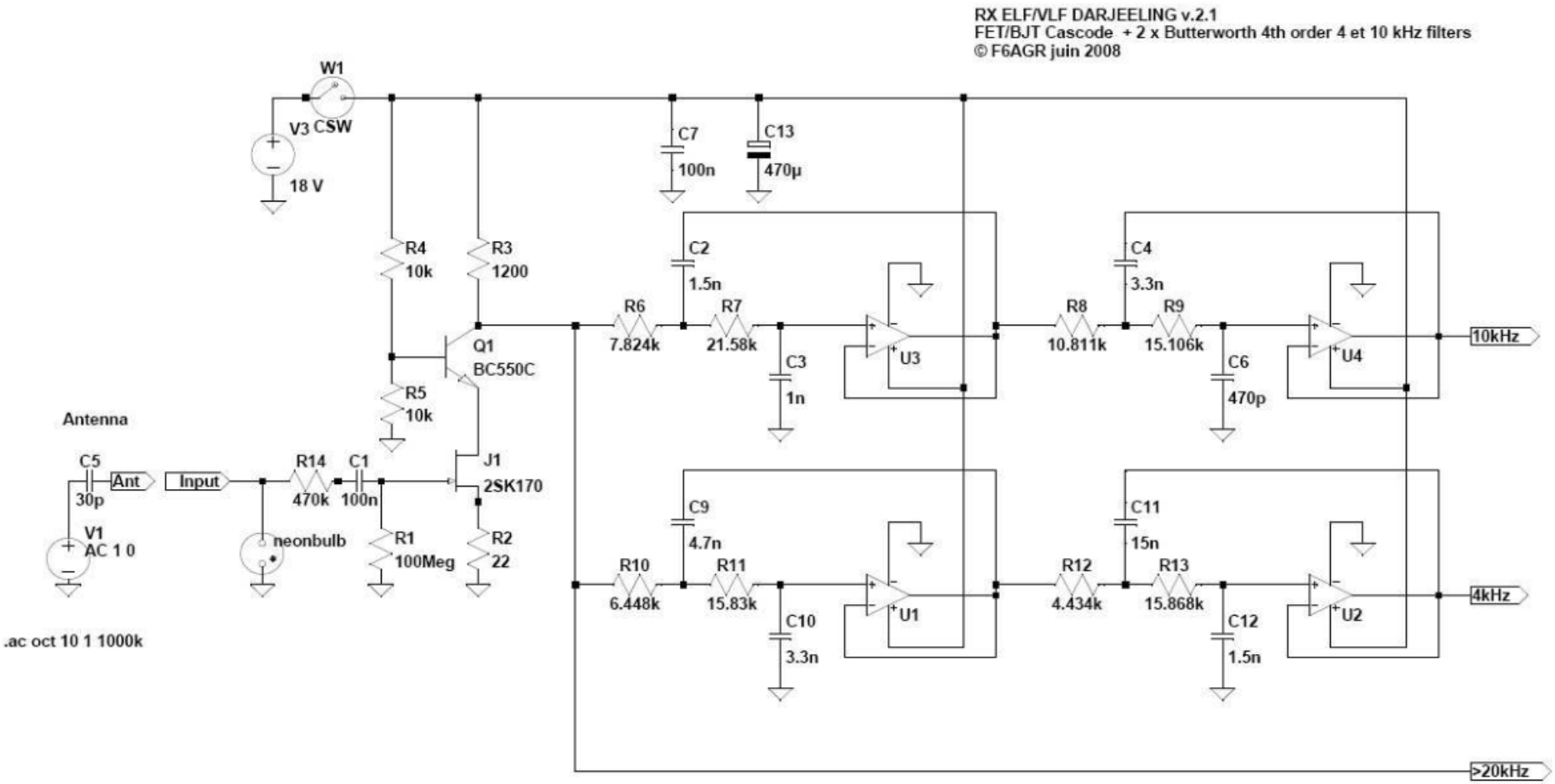
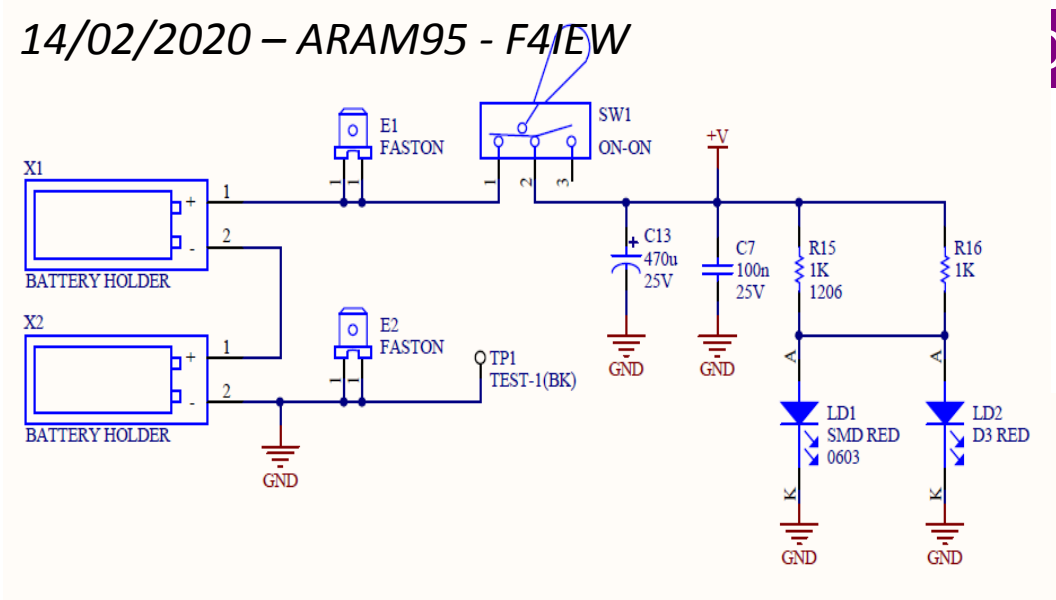
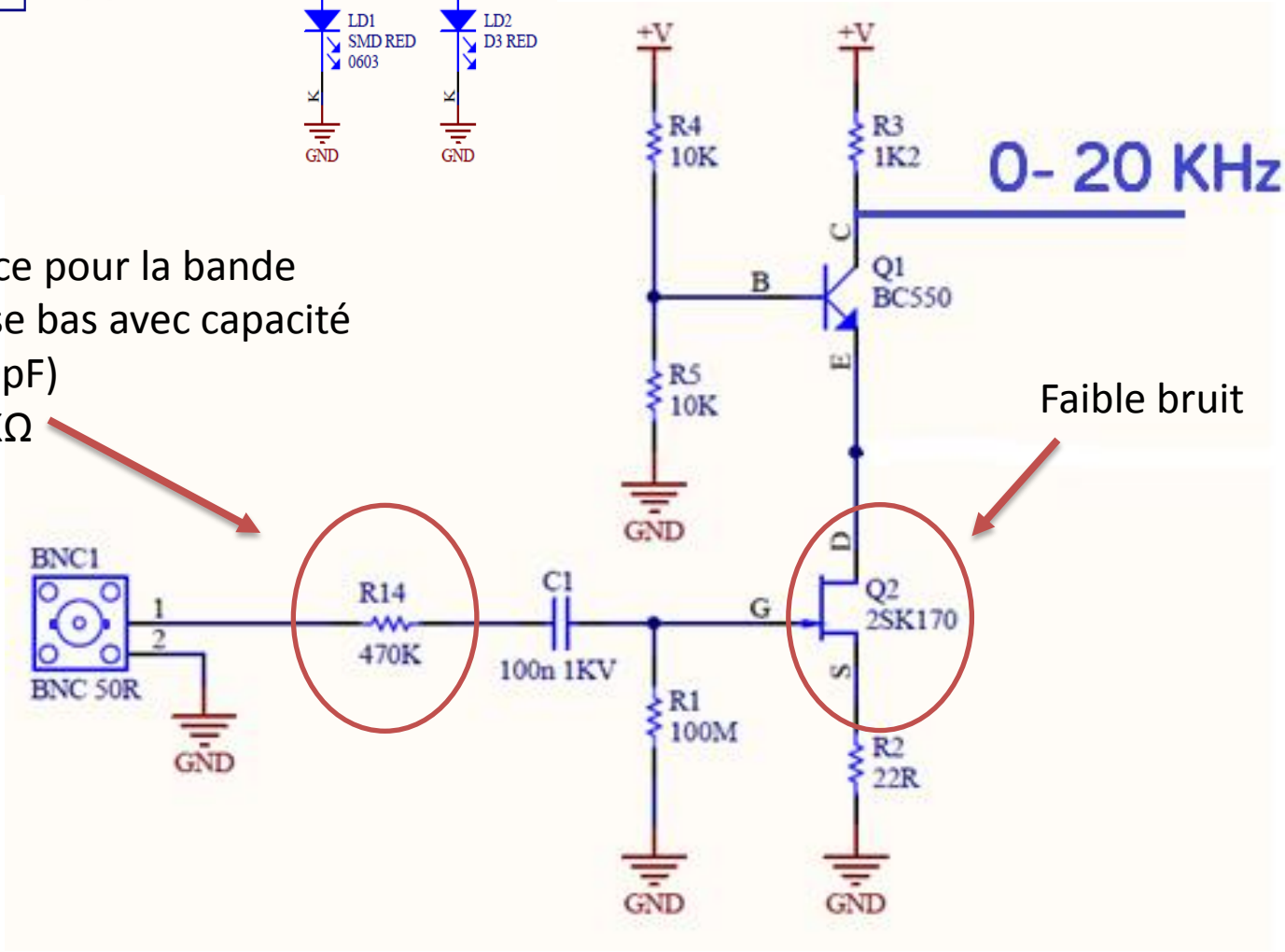


Figure 5 – Diagram of the entire ELF/VLF receiver.

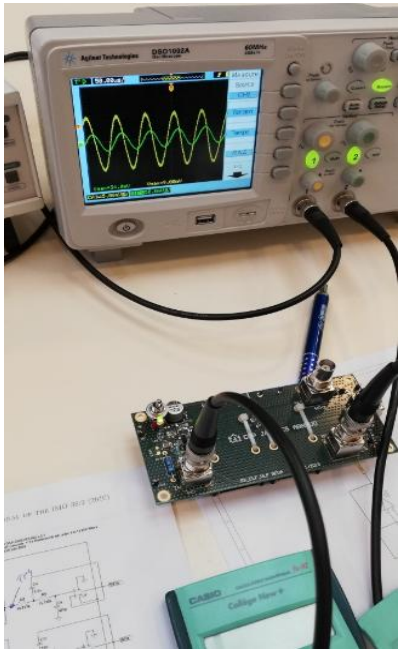
Darjeeling V2



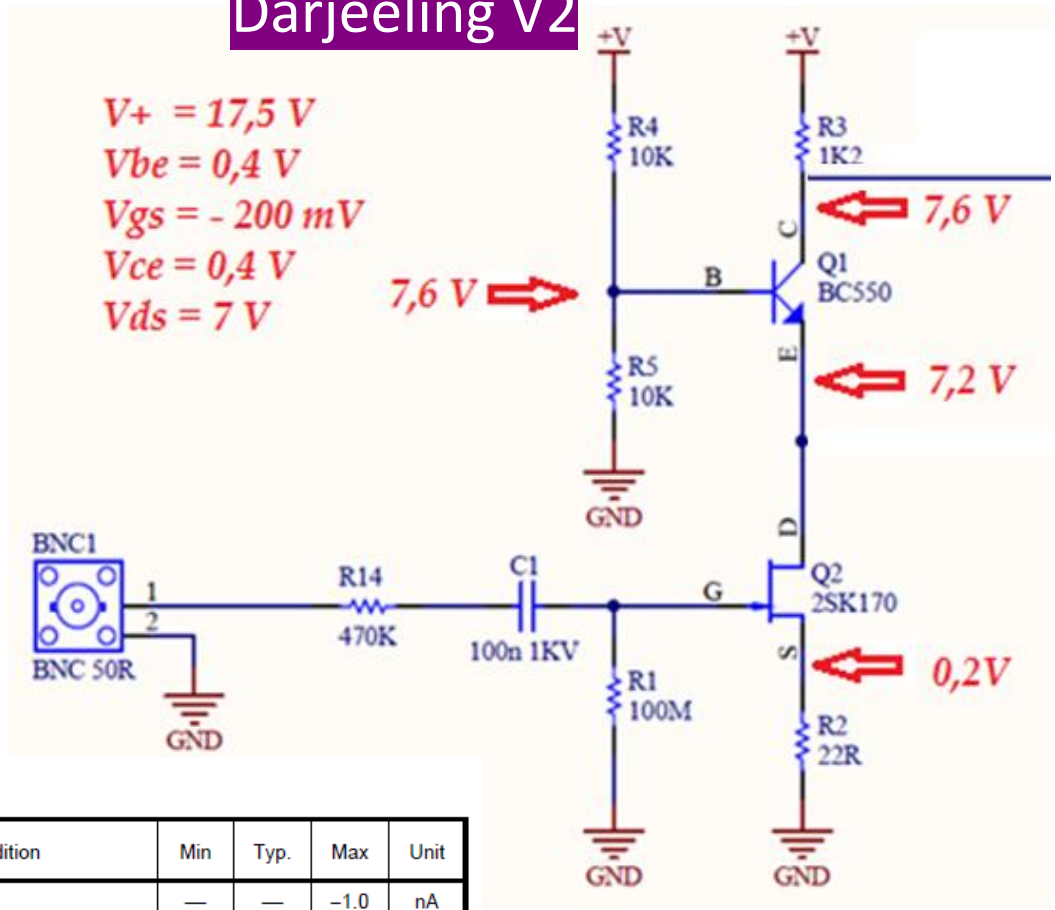
Choix de la résistance pour la bande passante (filtre passe bas avec capacité d'entrée de Q2 – 30pF)
25 KΩ, 50 KΩ, 100 KΩ



14/02/2020 – ARAM95 - F4IEW



Darjeeling V2

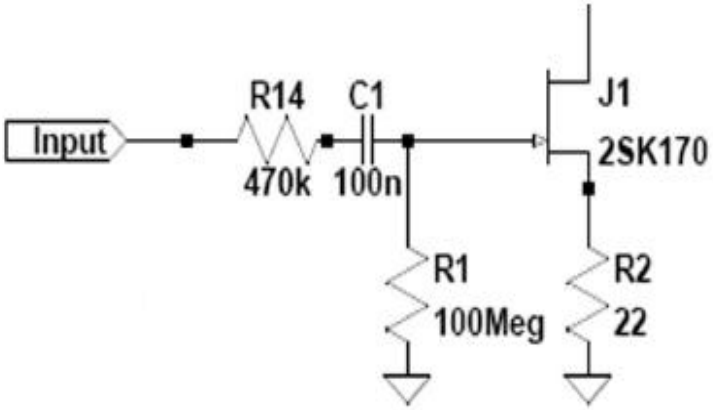


Electrical Characteristics (Ta = 25°C)

Characteristics	Symbol	Test Condition	Min	Typ.	Max	Unit
Gate cut-off current	I_{GSS}	V_{GS} = −30 V, V_{DS} = 0	—	—	−1.0	nA
Gate-drain breakdown voltage	$V_{(BR)GDS}$	V_{DS} = 0, I_G = −100 μA	−40	—	—	V
Drain current	I_{DSS} (Note)	V_{DS} = 10 V, V_{GS} = 0	2.6	—	20	mA
Gate-source cut-off voltage	$V_{GS(OFF)}$	V_{DS} = 10 V, I_D = 0.1 μA	−0.2	—	−1.5	V
Forward transfer admittance	$\|Y_{fs}\|$	V_{DS} = 10 V, V_{GS} = 0, f = 1 kHz	—	22	—	mS
Input capacitance	C_{iss}	V_{DS} = 10 V, V_{GS} = 0, f = 1 MHz	—	30	—	pF
Reverse transfer capacitance	C_{rss}	V_{DG} = 10 V, I_D = 0, f = 1 MHz	—	6	—	pF
Noise figure	NF (1)	V_{DS} = 10 V, I_D = 1.0 mA, R_G = 1 kΩ, f = 1 kHz	—	1.0	10	dB
	NF (2)	V_{DS} = 10 V, I_D = 1.0 mA, R_G = 1 kΩ, f = 1 kHz	—	0.5	2	

Note: I_{DSS} classification GR: 2.6~6.5 mA, BL: 6.0~12 mA, V: 10~20 mA

Après quelques mesures réalisées en laboratoire, l'influence de la résistance R14 et de la capacité d'entrée au niveau de la « Gate » du transistor JFET 2SK170 ont été mise en évidence. Le constructeur donne une valeur de 30 pF. Le circuit d'entré forme un filtre passe bas qui a été dans un premier temps simulé avec le logiciel LTSpice pour différentes fréquences d'entrée et dans un deuxième temps mis en équations afin de tracer la courbe de transfert pour différentes valeurs de R14. La résistance R14 a été mise en place par Jean Louis dans le but de limiter le niveau d'entrée mais nous pouvons nous en passer. Selon Jean-Louis, *« La résistance R14 de 470 kΩ n'est pas indispensable. Sa valeur est à ajuster aux essais, en fonction des perturbations éventuelles qui pourraient provenir d'émetteurs de radiodiffusion proches ou puissants. L'idéal est de s'en passer ! »*



Circuit d'entrée du préamplificateur ELF/VLF

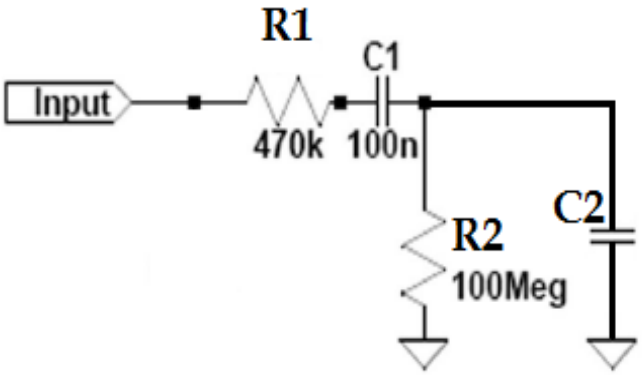
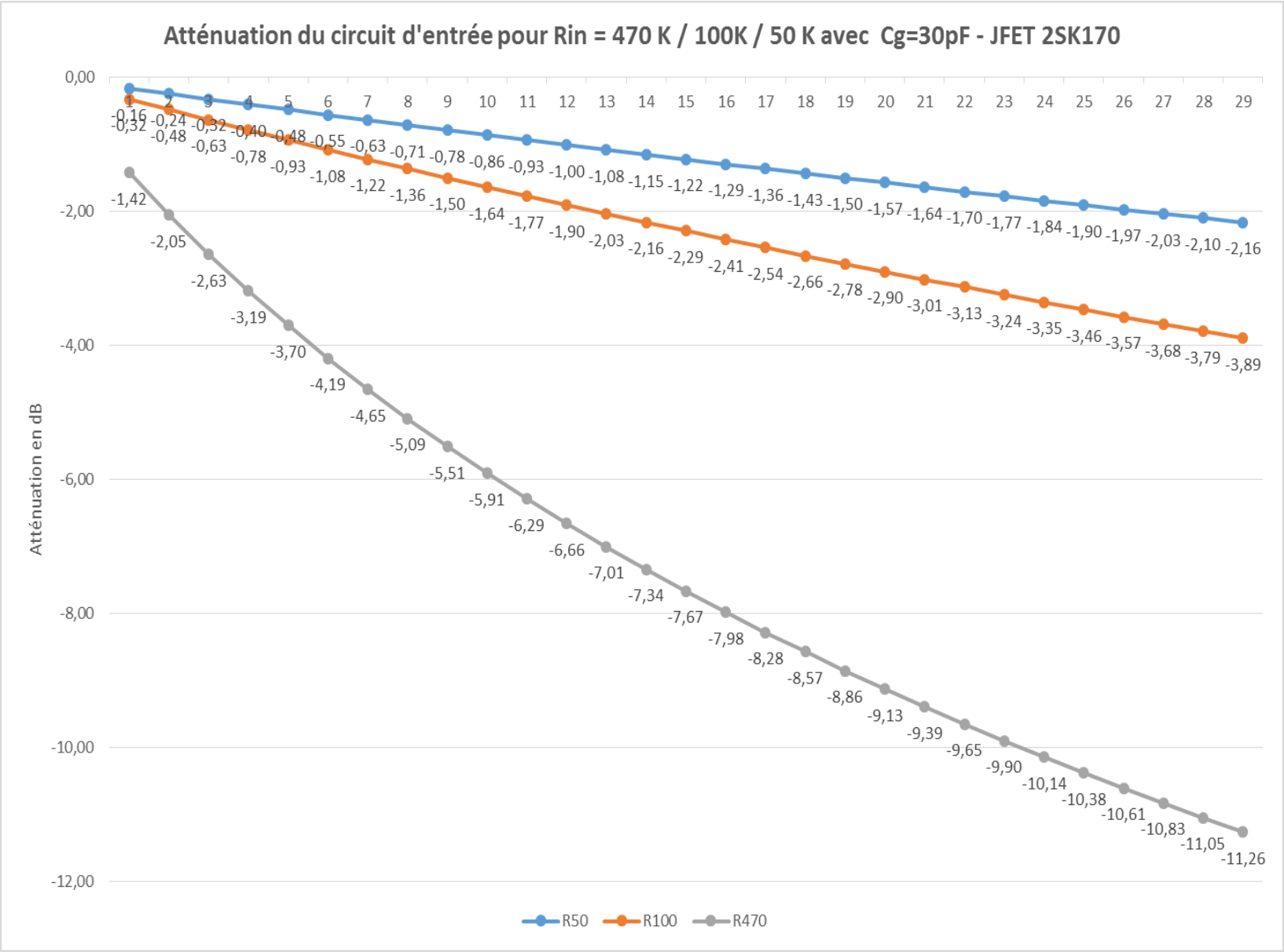


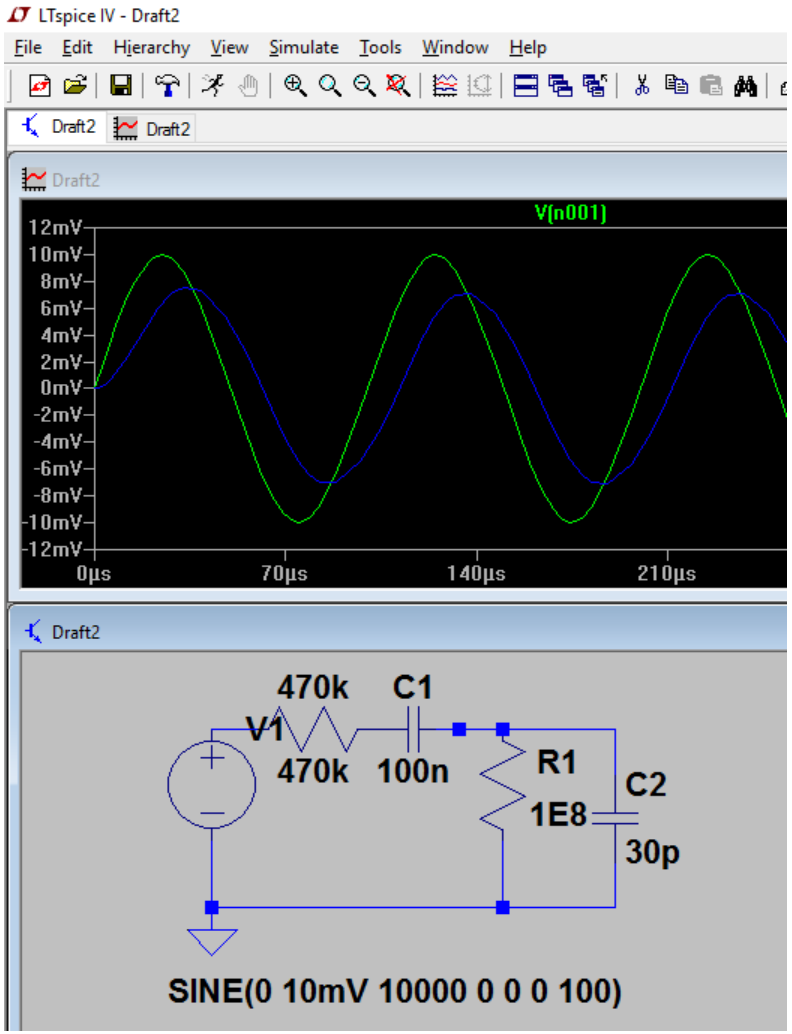
Schéma équivalent utilisé pour les calculs (C2=30 PF)

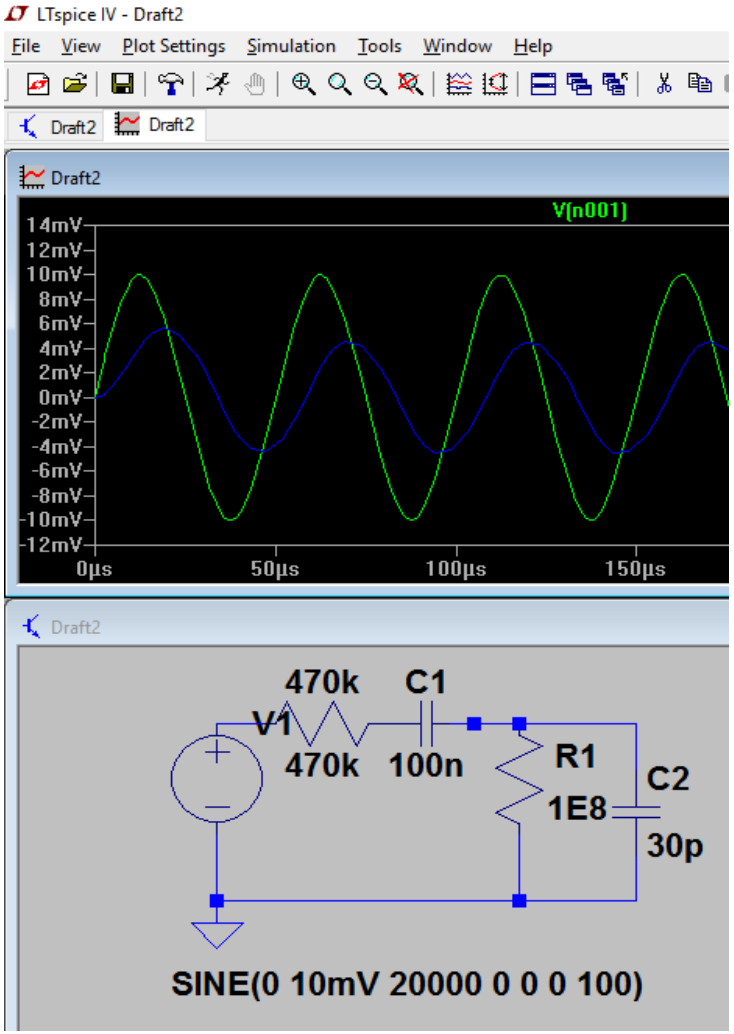
Darjeeling V2



Darjeeling V2

Simulation LTSpice à 10 KHz Entrée en vert et sortie en bleu	Simulation LTSpice à 20 KHz Entrée en vert et sortie en bleu





Darjeeling V2

Mesures du Gain pour l'ensemble du préamplificateur entre l'entrée BNC et la sortie 4 Khz

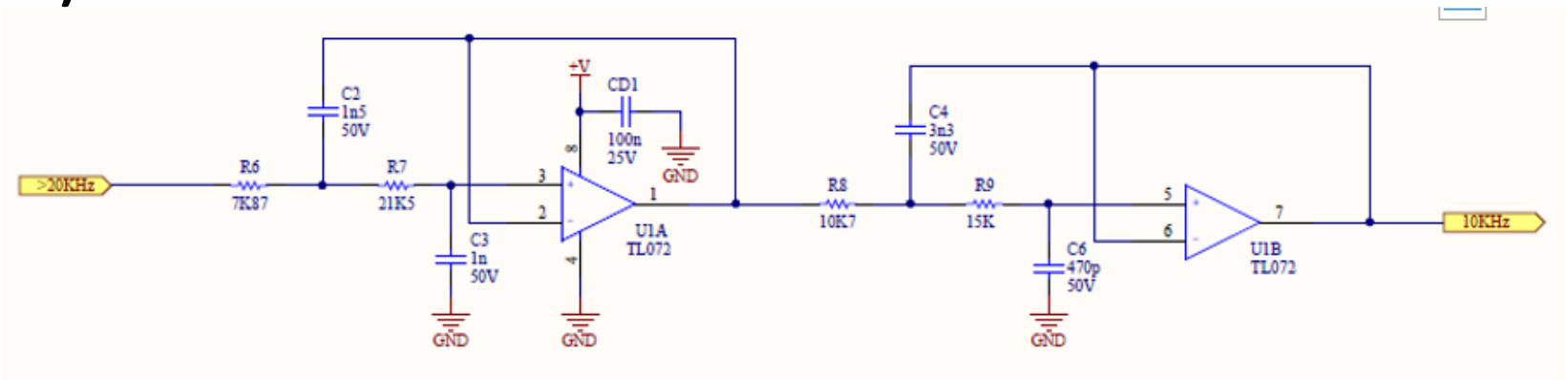
Les appareils utilisés sont :

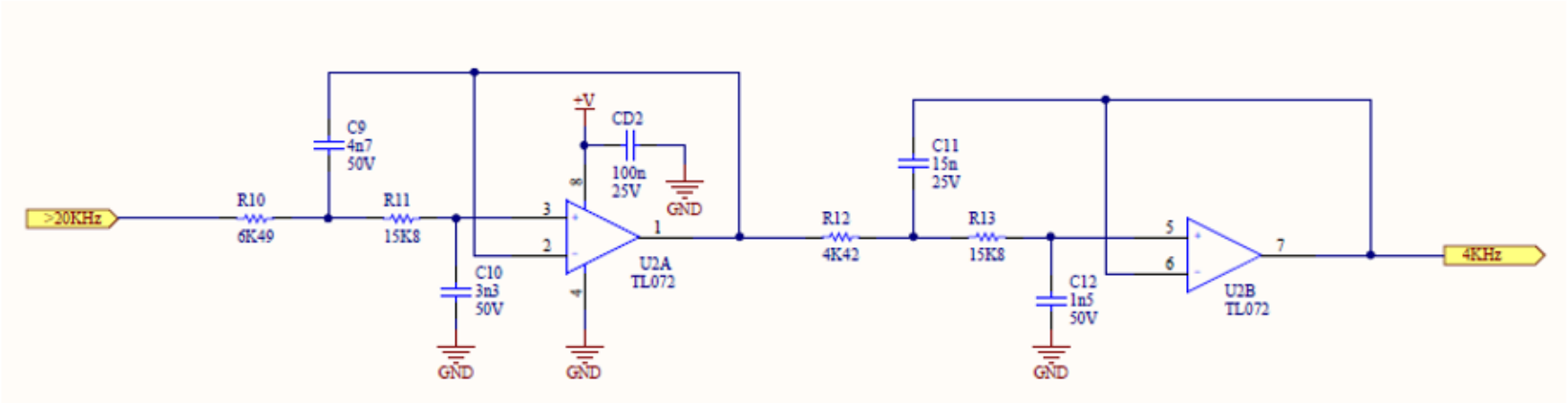
- Générateur de fréquence Centrad GF266
- Oscilloscope Agilent Technologie DSO 1002A (60 MHz)

Fréquence de mesure	Tension d'entrée max	Forme du signal	tension max de sortie BNC 4 KHz	Amplification	Gain en tension (dB)
1KHz	4 mV	Sinus	110 mV	27,5	28,79
3,722 KHz	4 mV	Sinus	77,28 mv	19,32	25,72

Darjeeling V2

Ce circuit utilise 2 circuits composés de 2 filtres passe bas 2éme ordre à structure de Sallen & Key soit un filtrage de 4éme ordre pour chaque sortie (deux pour le filtrage 10KHz et deux pour le filtrage 4 KHz)

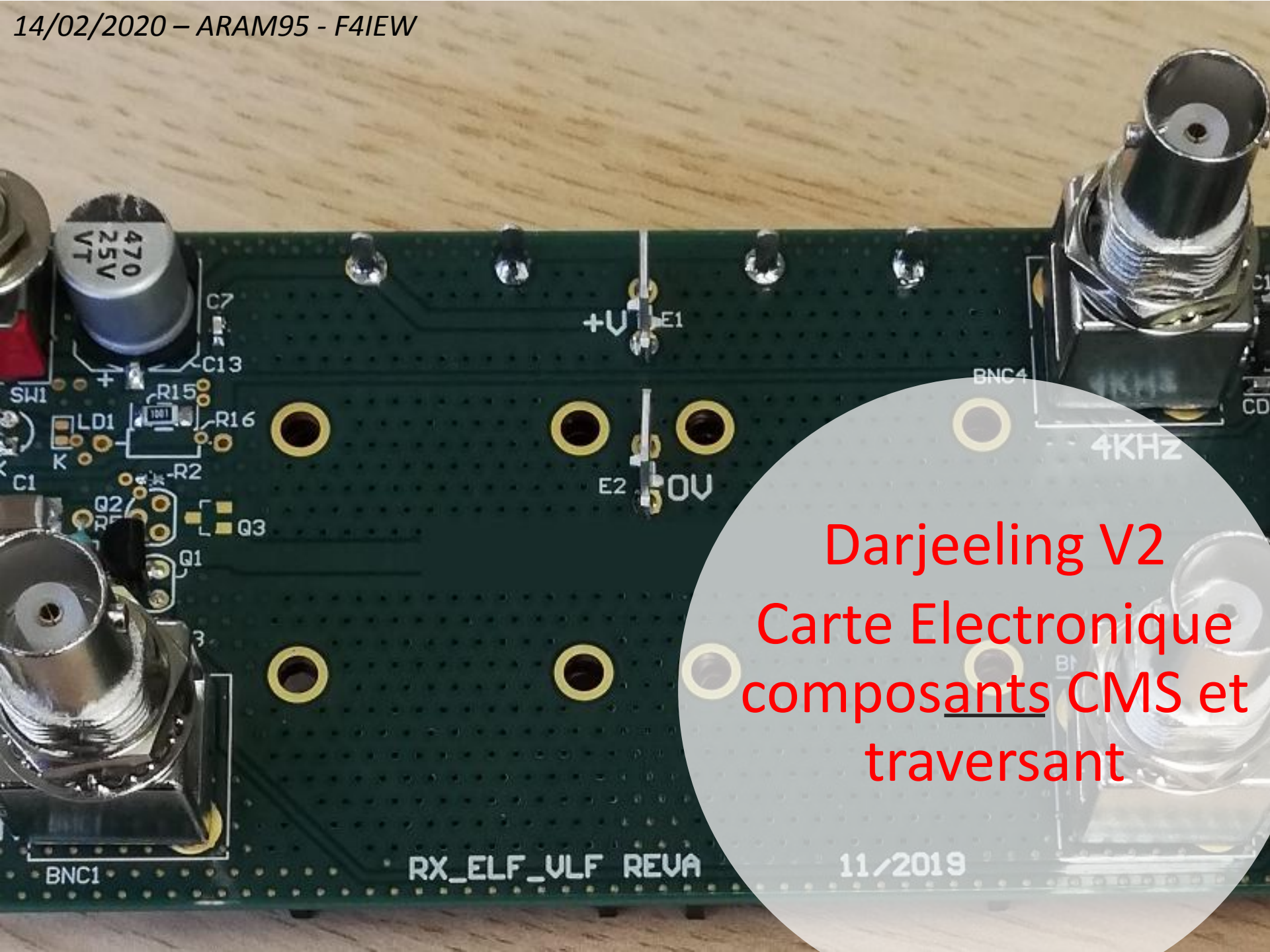




Calculs des fréquences de coupures (Schéma initial et schéma implanté) :

Darjeeling V2

Valeurs théoriques					Valeurs implantées sur la carte			
Filtre passe bas 10 KHz cellule 1					Filtre passe bas 10 KHz cellule 2			
	KΩ et nF		KΩ et nF			KΩ et nF		KΩ et nF
R6	7,824	R8	10,811		R6	7,87	R8	10,7
R7	21,58	R9	15,106		R7	21,5	R9	15
C2	1,5	C4	3,3		C2	1,5	C4	3,3
C3	1	C6	0,47		C3	1	C6	0,47
Fréquence de coupure (KHz):		Fréquence de coupure (KHz):			Fréquence de coupure (KHz):		Fréquence de coupure (KHz):	
10,0008		10,0002			9,9901		10,0873	
Filtre passe bas 4 KHz cellule 1					Filtre passe bas 4 KHz cellule 2			
	KΩ et nF		KΩ et nF			KΩ et nF		KΩ et nF
R6	6,448	R8	4,434		R6	6,49	R8	4,42
R7	15,83	R9	15,868		R7	15,8	R9	15,8
C2	4,7	C4	15		C2	4,7	C4	15
C3	3,3	C6	1,5		C3	3,3	C6	1,5
Fréquence de coupure (KHz):		Fréquence de coupure (KHz):			Fréquence de coupure (KHz):		Fréquence de coupure (KHz):	
4,0000		4,0001			3,9908		4,0150	



Darjeeling V2
Carte Electronique composants CMS et traversant

Darieeling V2 dans la valise étanche

14/02/2020 – ARAM95 - F4IEW

Darjeeling V2

Plus d'informations sur les mesures et simulations réalisées par F4IEW autour du préamplificateur Darjeeling V2 de F6AGR sur le lien suivant:

https://franck.aquarelles.org/wp-content/uploads/2020/01/Essais_mesures_Darjeeling_V2_1_F4IEW.pdf

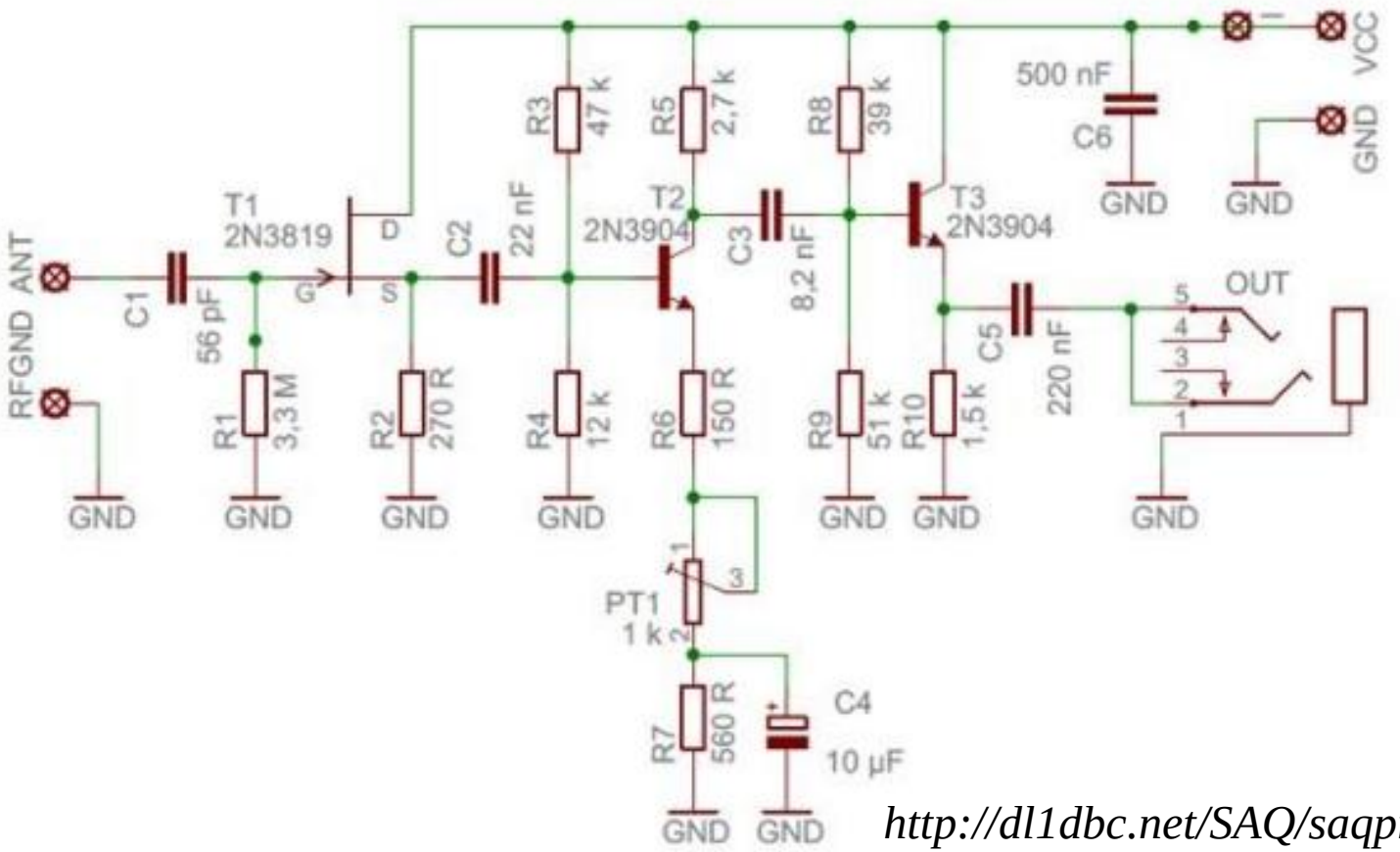
Autres récepteurs VLF

The SAQ preamp

There are three good reasons why you should include a preamplifier between the antenna and the sound card:

- to protect your sound card from damage by static electricity from the atmosphere,
- to achieve high input impedance to preserve weak signals from your antenna,
- because you may appreciate some signal gain if you don't live very close to Grimeton Radio.

To meet all these necessities, you can use the following simple three-stage transistor amplifier:



http://dl1dbc.net/SAQ/saqpreamp.htm

Fig. 2: Simple preamplifier doing both impedance matching and signal amplification

Autres récepteurs VLF

Semiconductors used are common US transistors with noise figures below 4 dB. As well suitable for the JFET T1 isthe European type BF 245, for example. The bipolar transistors T2 and T3 may be replaced by 2N 2219A,2N 2222A, BC 109 or any low noise transistor meeting the general requirements. (Please note: the transistors havedifferent pin connections!!)The preamp can be powered with any supply voltage between 8 V and 14 V DC.The input impedance is determined by R1 as part of the JFET input stage. With 3,3 M chosen here, any weak signaldetected by your random sized VLF antenna will be preserved for further amplification. The next stage, implementedas a grounded emitter circuit, will give a 2- to 20-fold gain controlled by PT1. Finally, the emitter follower outputstage provides a very low output impedance of 20 R suitable for any sound card input type. Choose freely either themicrophone or line-in jack for best performance with your antenna.The coupling capacities, C1, C2, C3 and C5, correspond to a cutoff frequency of 1 kHz to protect the sound cardfrom overloading by power supply hum and other QRM.If you would like to produce a pcb, please feel free to download the schematics and the board file (you may use afree version of CadSoft Eagle)

http://dl1dbc.net/SAQ/saqpreamp.htm

Autres récepteurs VLF

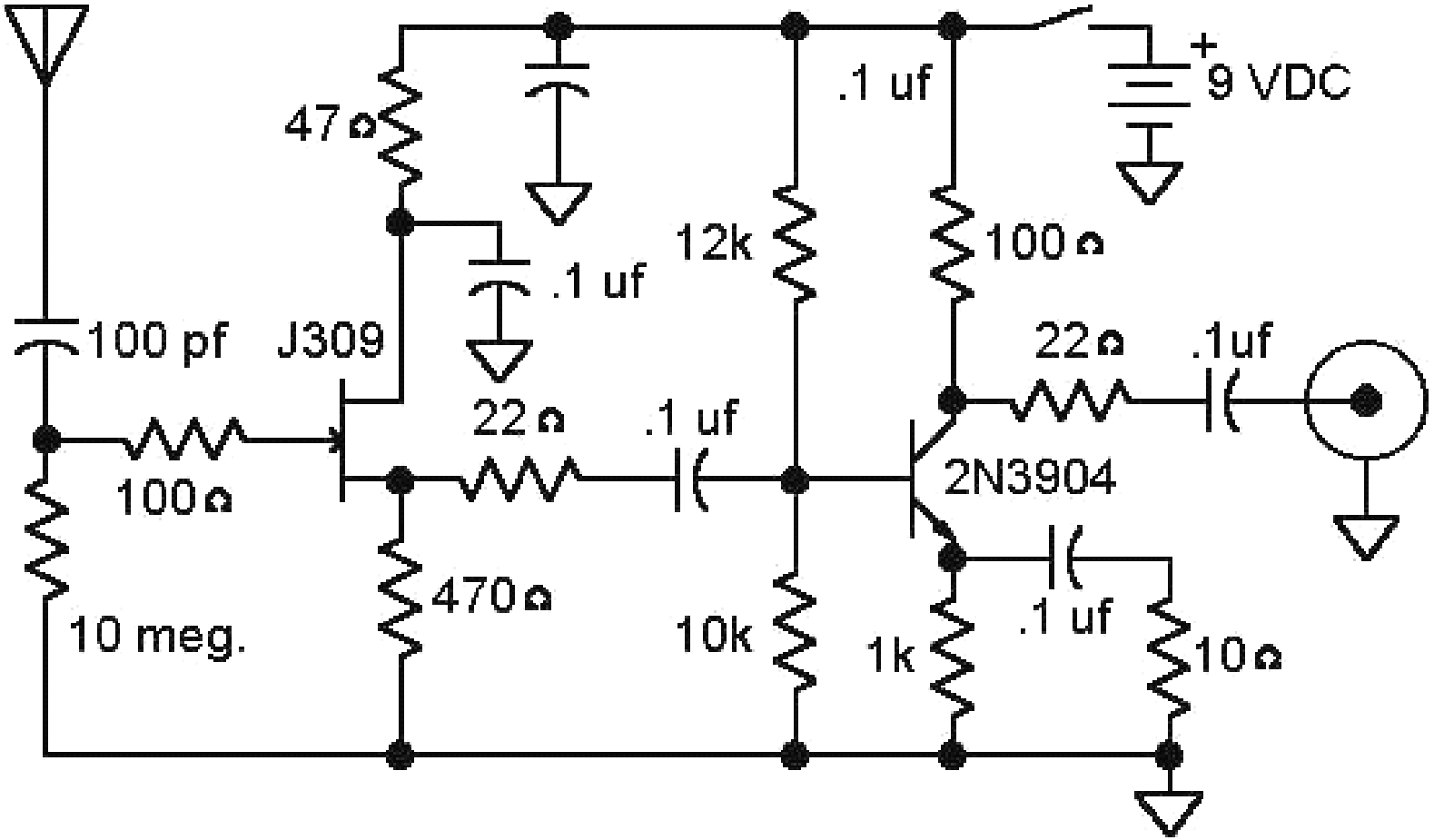


Figure 7: Short antenna buffer/amplifier.

Autres récepteurs VLF

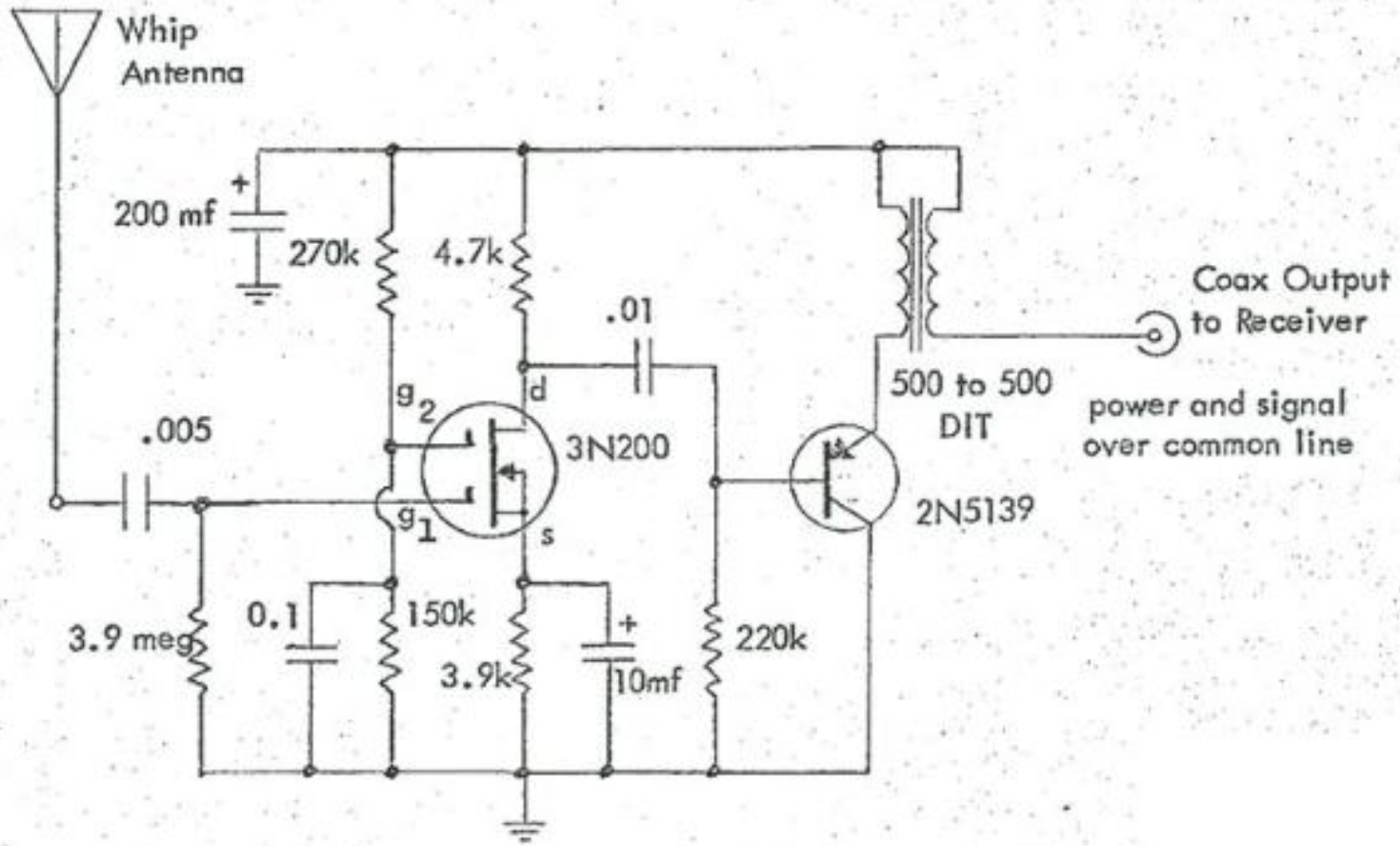
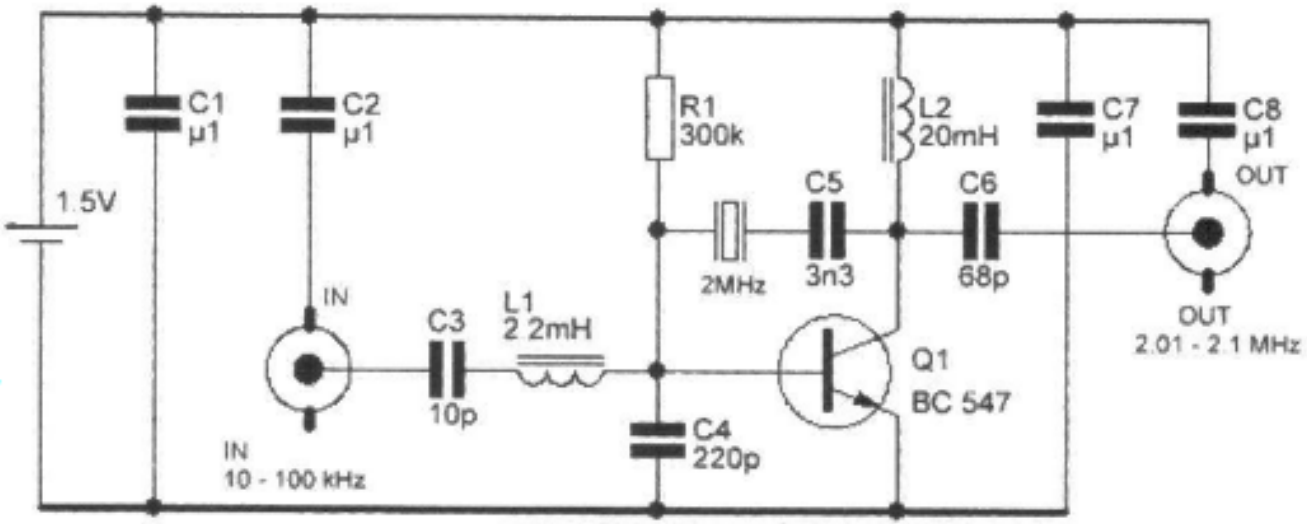


Figure 4. Wide Band Preamplifier. (10db gain, 1.5 - 150 KHz)

Autres récepteurs VLF

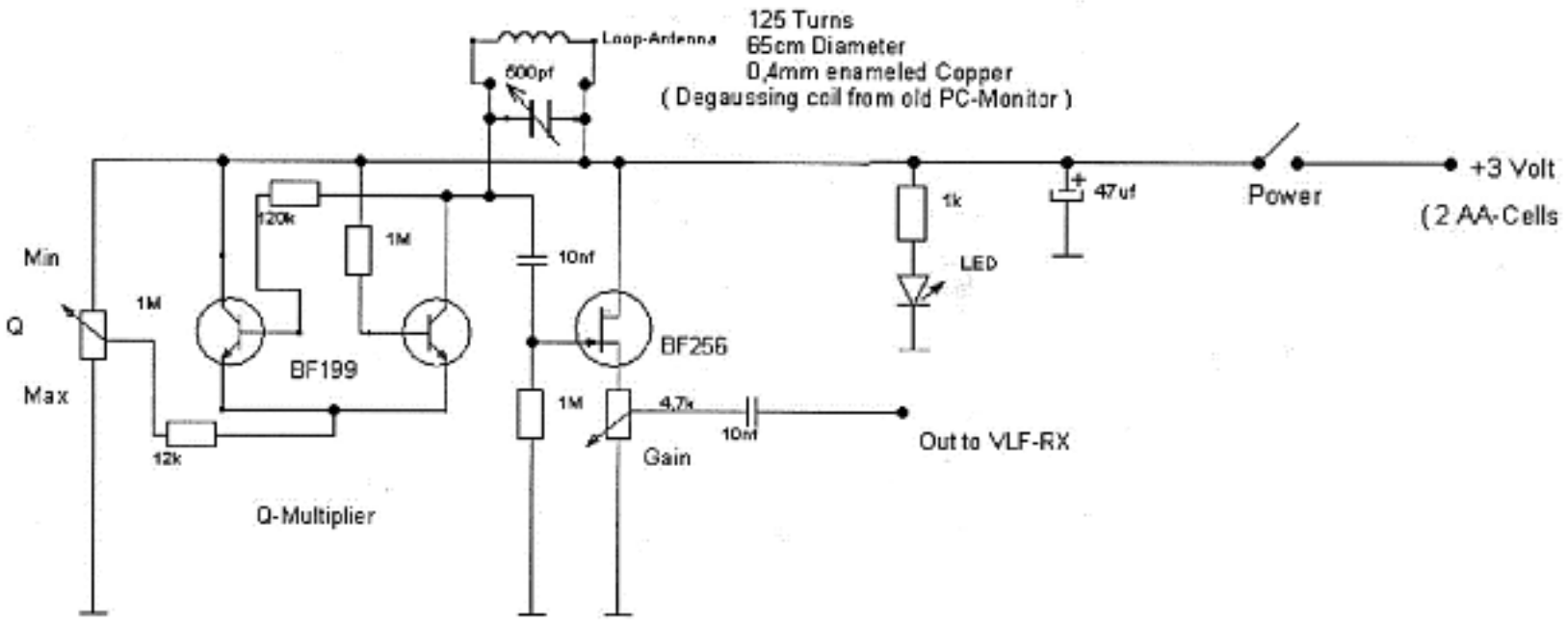
The circuits below give a glimpse of some of the experimenting work done. The VLF converter scheme has been supplied by Johnny Apell, SM7UCZ, and can be used together with several antenna types.

In the combined mixer and local oscillator, crystals for other frequencies will work well, too.



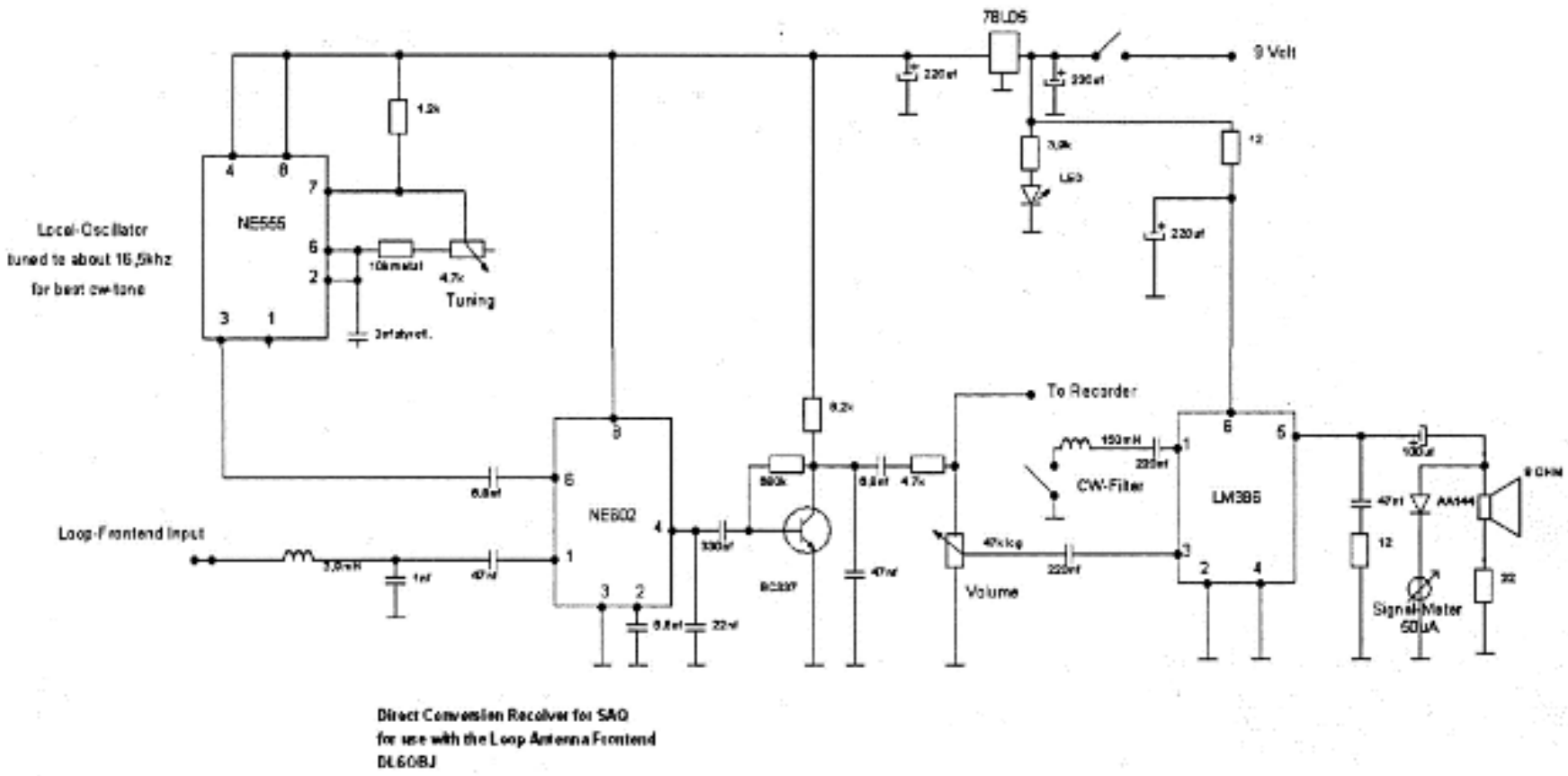
Autres récepteurs VLF

DL6OBJ, Manfred Reimann, has designed the receiver front-end below and the matched direct conversion receiver. The bandwidth of the antenna circuit can be varied by means of the Q-multiplier circuit.



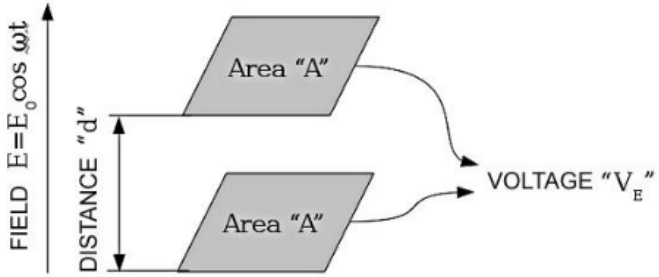
Autres récepteurs VLF

In the direct conversion receiver the timer circuit 555 works as a local oscillator and 602 as a mixer.

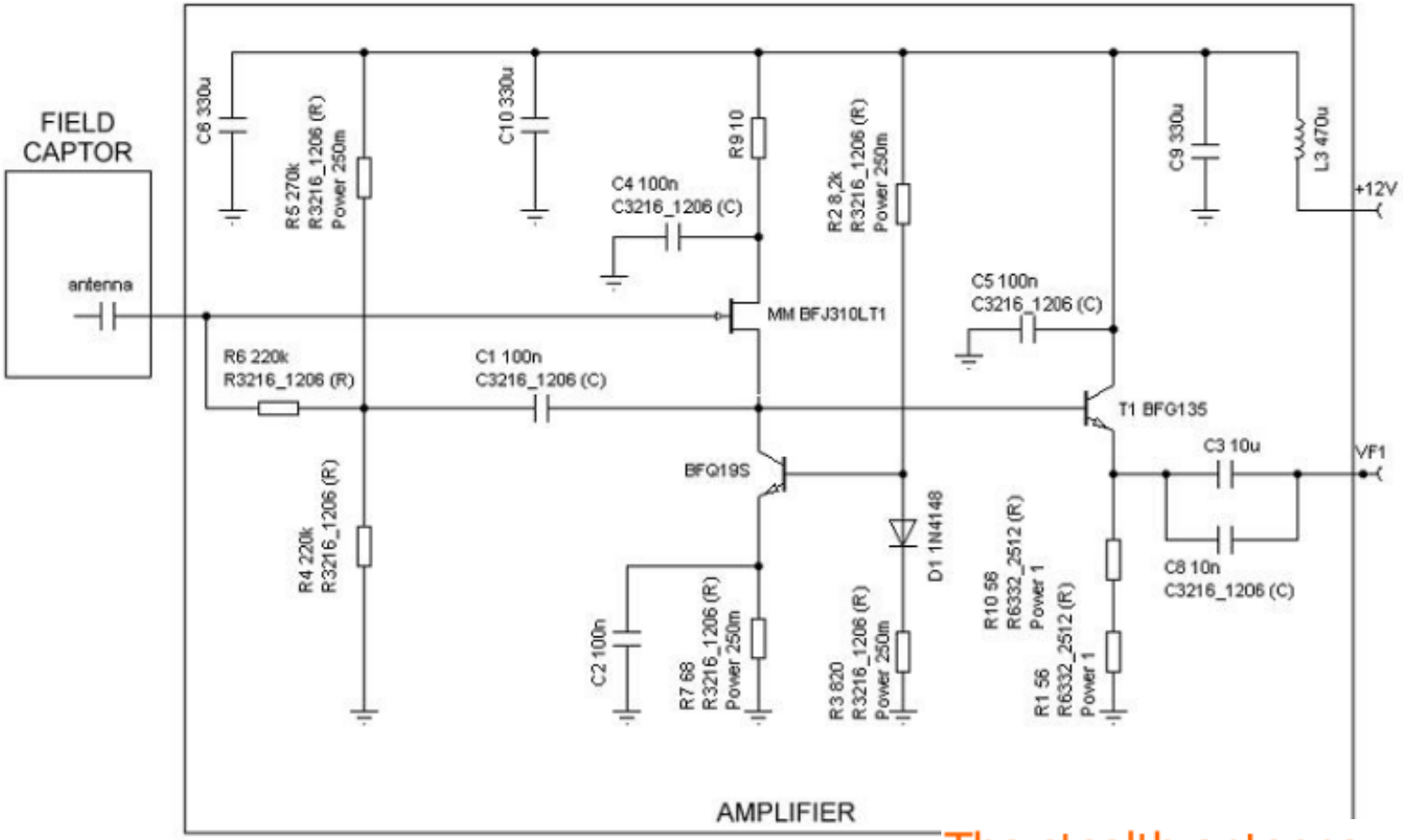


LISTENING TO GRIMETONA radio station, its listeners and its history
The World Heritage of Grimeton Arne Sikö

Autres récepteurs VLF



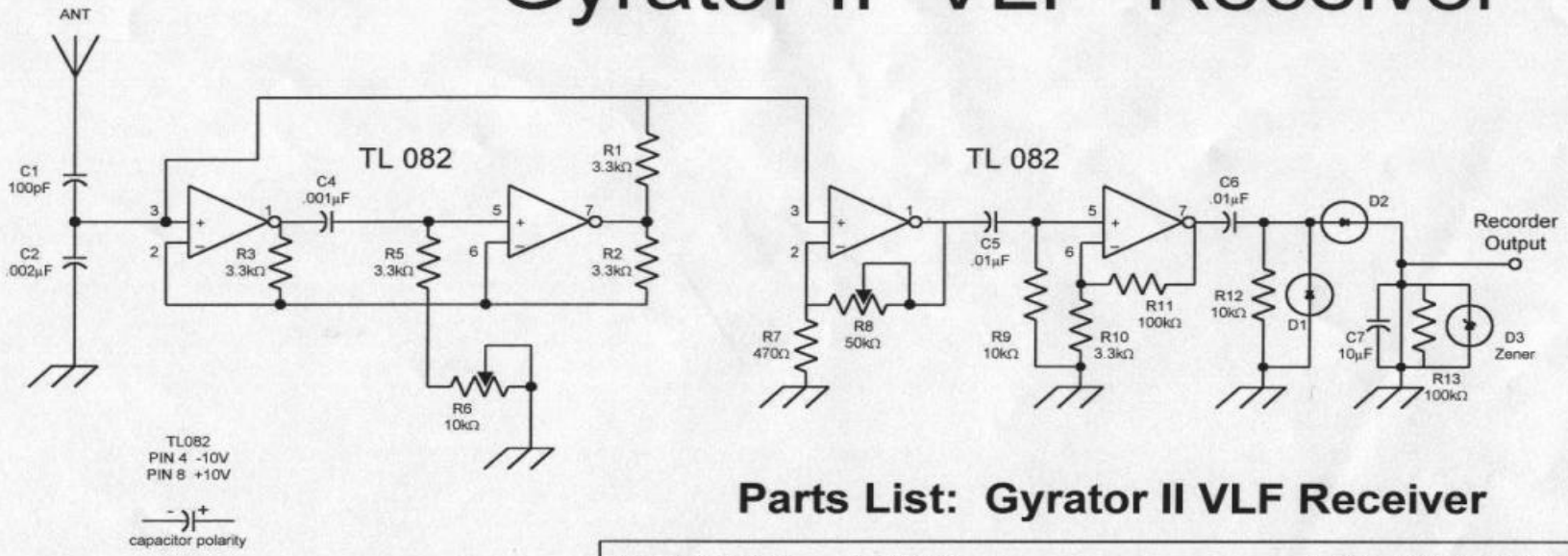
Stealth Antenna



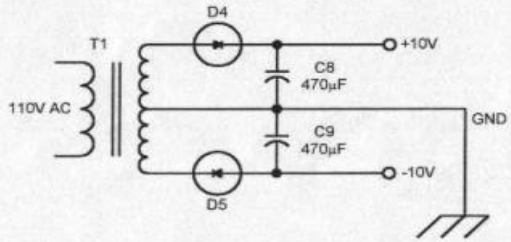
The stealth antenna

by Pierluigi Poggi IW4BLG

Gyrator II VLF Receiver



Bipolar Power Supply

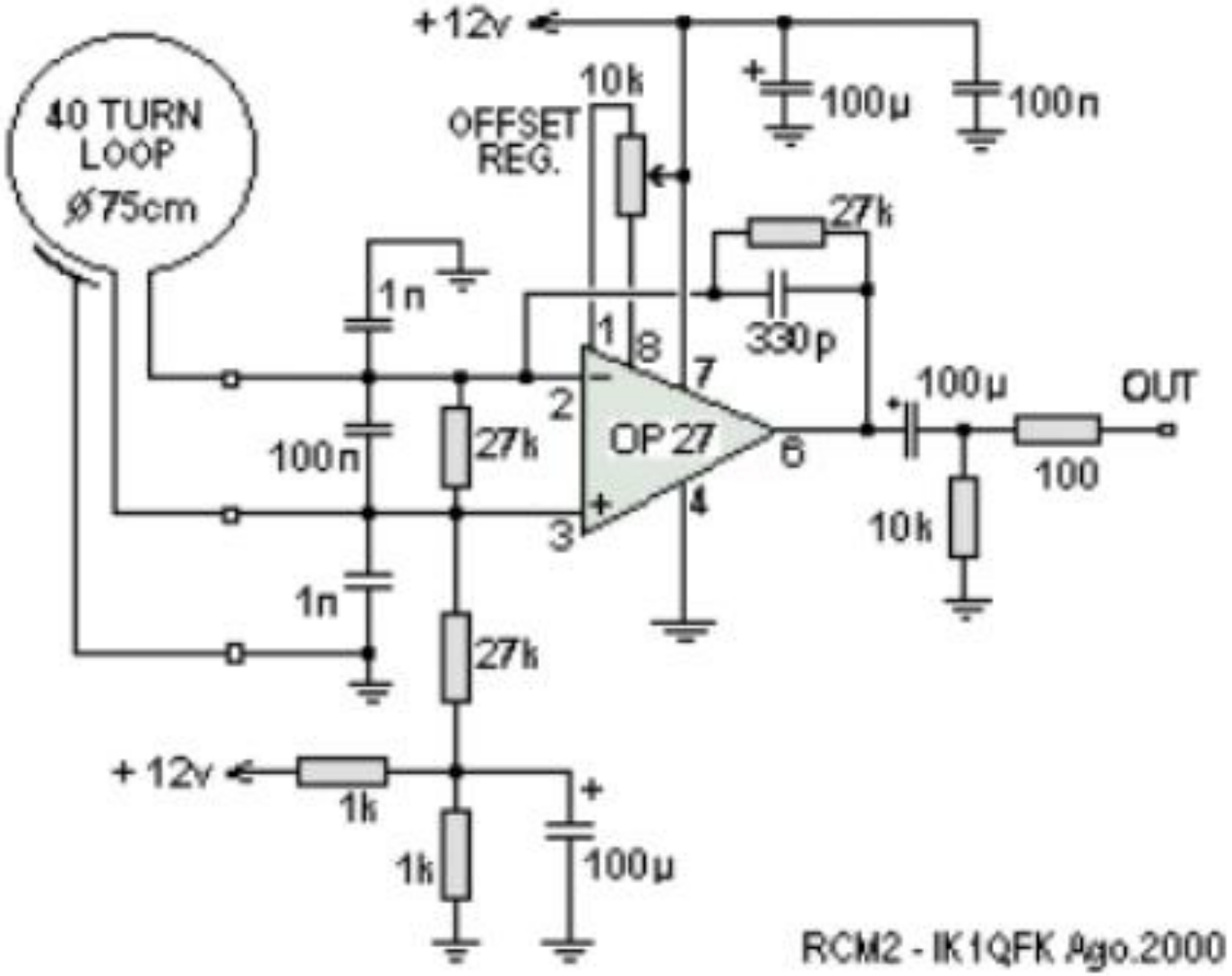


Design By Arthur J. Stokes, 1999

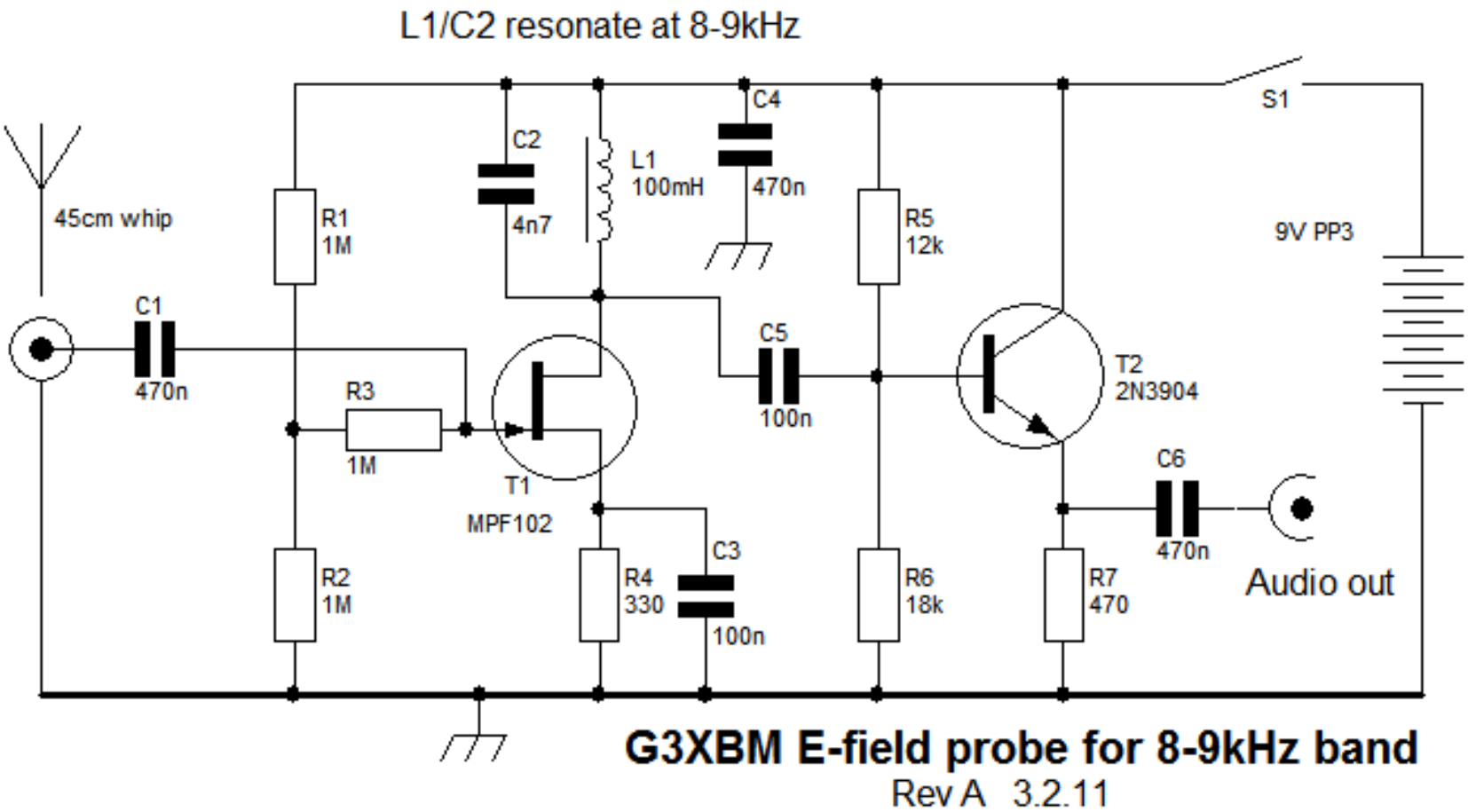
Parts List: Gyrator II VLF Receiver

Schematic Label	Component	Radio Shack Part Number
R1,R2,R3,R4,R10	3.3kΩ, 1/4W	271-1328
R9,R12	10kΩ, 1/4W	271-1335
R11,R13	100kΩ, 1/4W	271-1347
R7	470Ω, 1/4W	271-1317
R6	10kΩ linear pot	271-1715
R8	50kΩ linear pot	271-1716
C1	100pF polypropylene cap	(see Mouser Electronics)
C2	Two parallel .001 µF	-
	polypropylene capacitors	-
C4	.001µF polpypropylene cap	-
C5,C6	.01µF ceramic capacitors	272-131
C7	10µF electrolytic capacitor	272-1013
C8,C9	470µF electrolytic capacitor	272-1030
D1,D2	1N34 diode	276-1123
D3	5.1V Zener diode	276-565
D4,D5	1N4001 silicon diodes	276-1101
TL082	Dual biFET op-amp	276-1715
T1	12 Volt center-tapped transformer	273-1365
	Metal cabinet, BNC connector, 1/8 inch audio connector, knobs, power cord and misc. hardware	

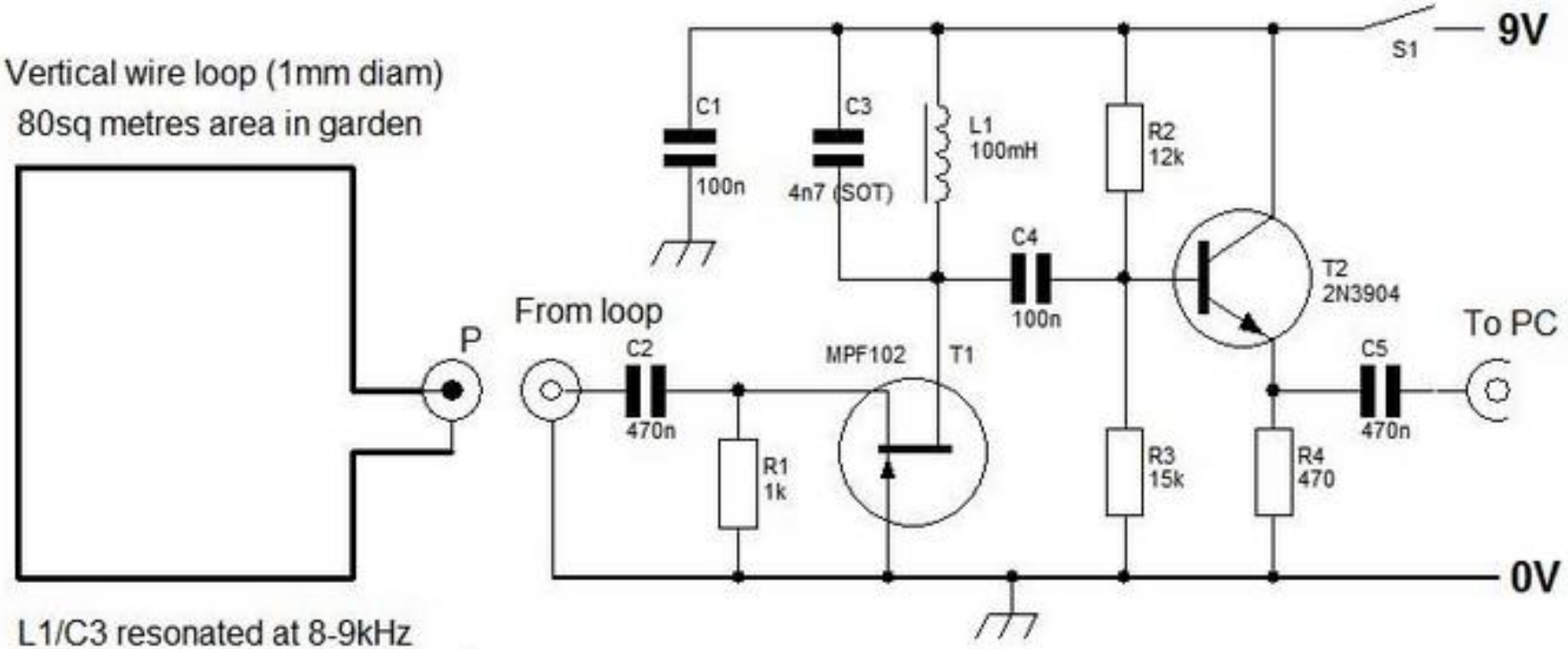
Autres récepteurs VLF



Autres récepteurs VLF



Autres récepteurs VLF



8-9kHz loop preamp G3XBM

Autres récepteurs VLF

A very low noise preamplifier for extremely low frequency magnetic antenna

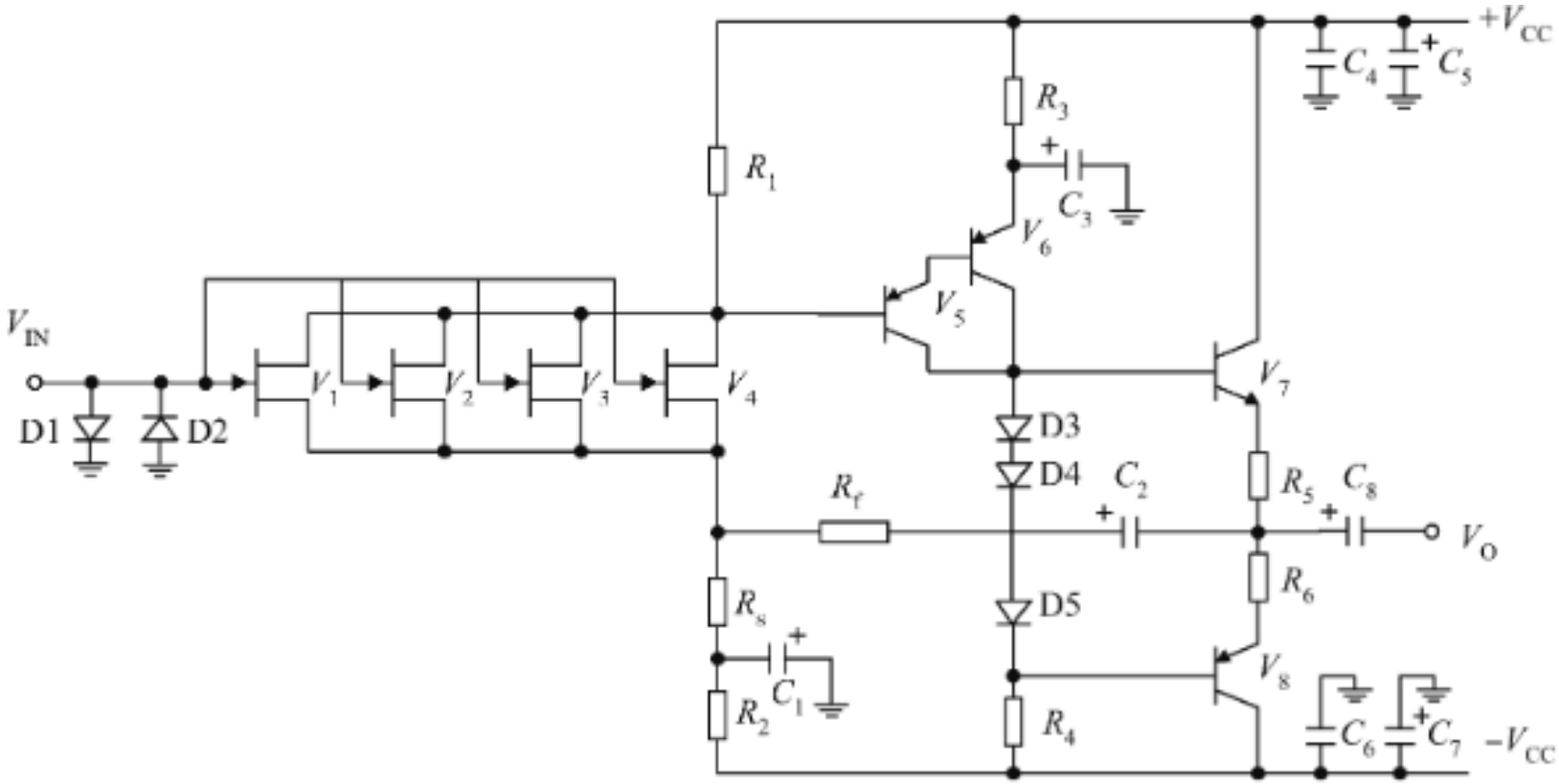
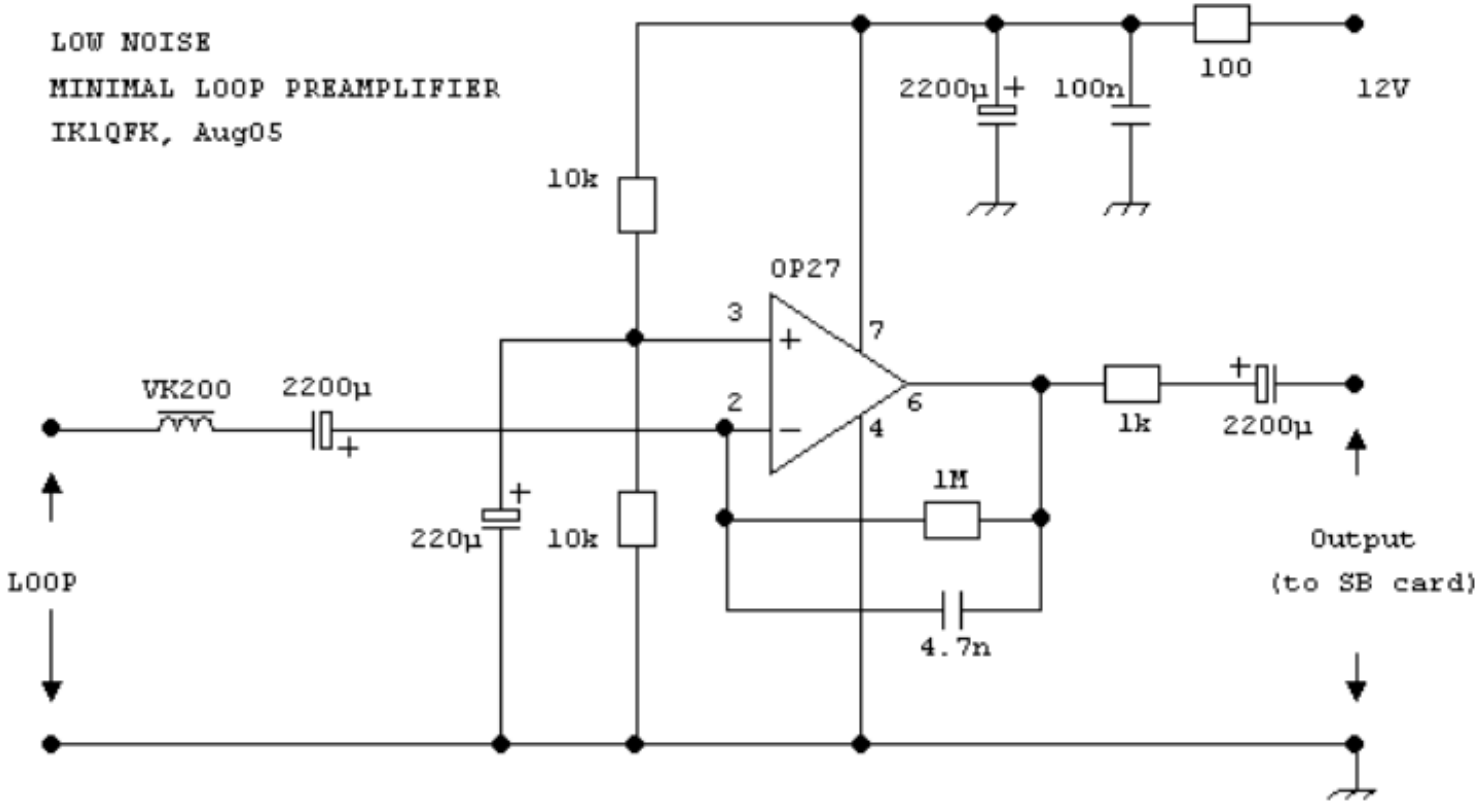


Fig. 3. Circuit diagram of the preamplifier.

Feng Shimin (冯士民)é, Zhou Suihua(周穗华), and Chen Zhiyi(陈志毅) Department of Weaponry Engineering, Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China

Autres récepteurs VLF



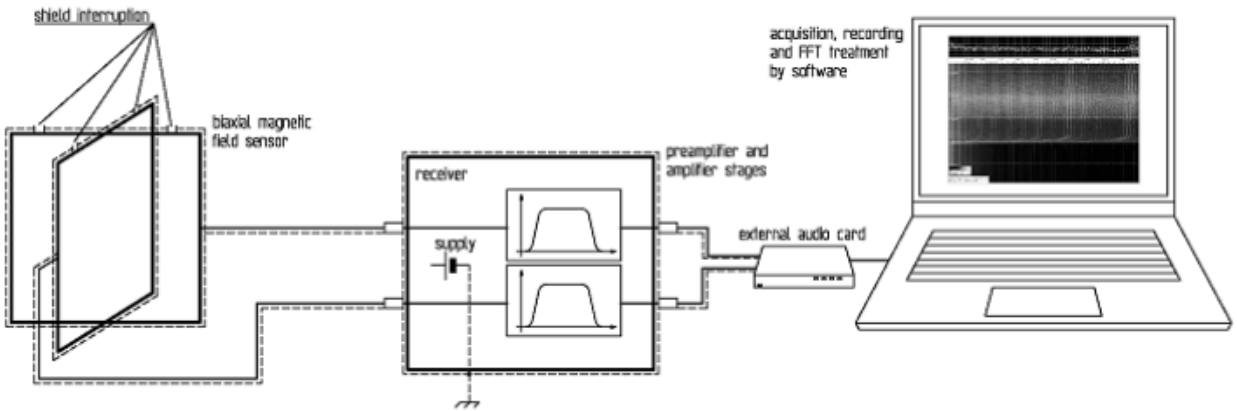
The VK200 is a classical RF block of some µH, to prevent cross modulation by LF and longwave signals on the integrated circuit. The 2200 µF electrolytic capacitor in input couples the loop with the amplifier, cutting the DC current. The 4.7 nF capacitor works as low pass filter.

A Minimal ELF Loop Receiver, by Renato Romero

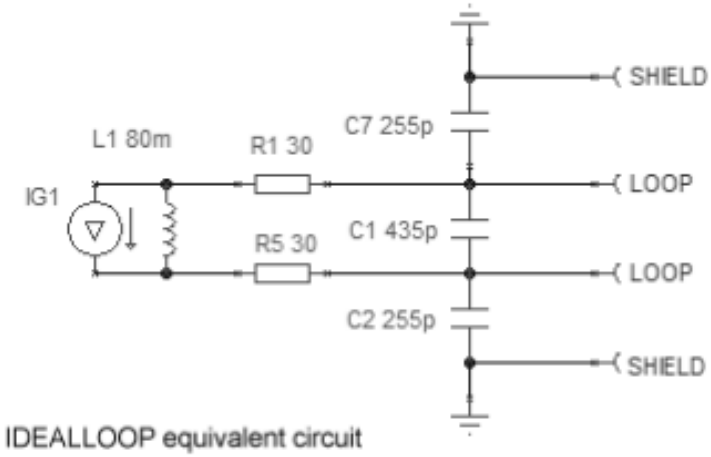
Schumann Resonances reception, by magnetic component, at less of 50,00 Euro. Can it be possible? *http://www.vlf.it/minimal/minimal.htm*

Autres récepteurs VLF

IDEALLOOP H301 - VLF Loop Receiver by Luca Feletti and Renato Romero.
PCB layout by Jochen Richert.



235 tours, auto résonance > 20Khz



IDEALLOOP equivalent circuit

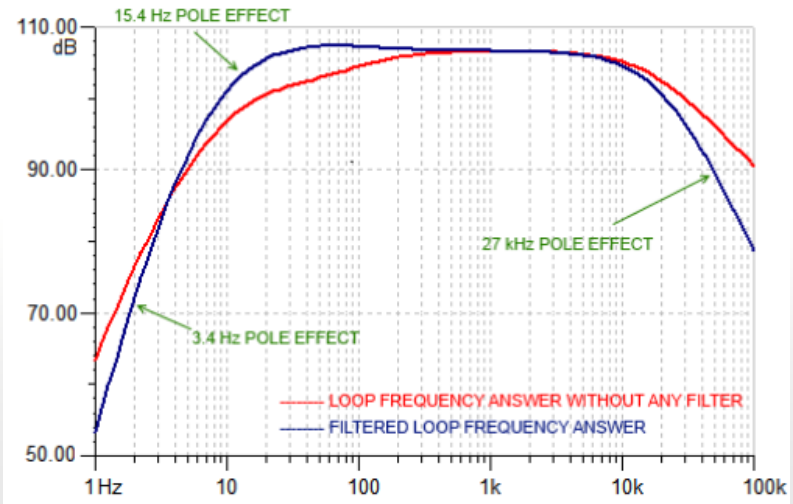
resistance, L1 is the loop inductance, C1 is the parasitic distributed capacitance between the loop turns, and C2 and C7 are the capacitance between loop and shielding.

Ideal Loop Antenna Factor = 5.966 pT/mV

Received Field [pT] = Ideal Loop voltage output [mV] x antenna factor [pT/mV]

http://www.vlf.it/feletti2/idealloop.html

Autres récepteurs VLF



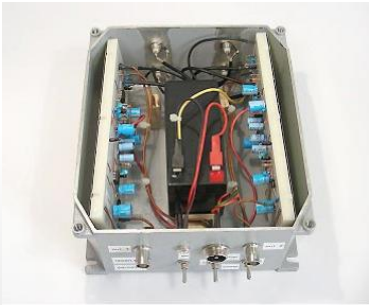
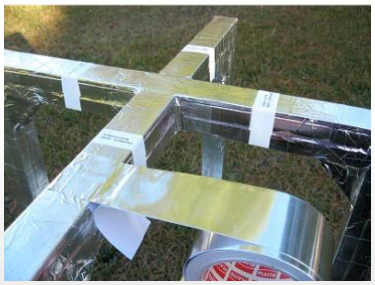
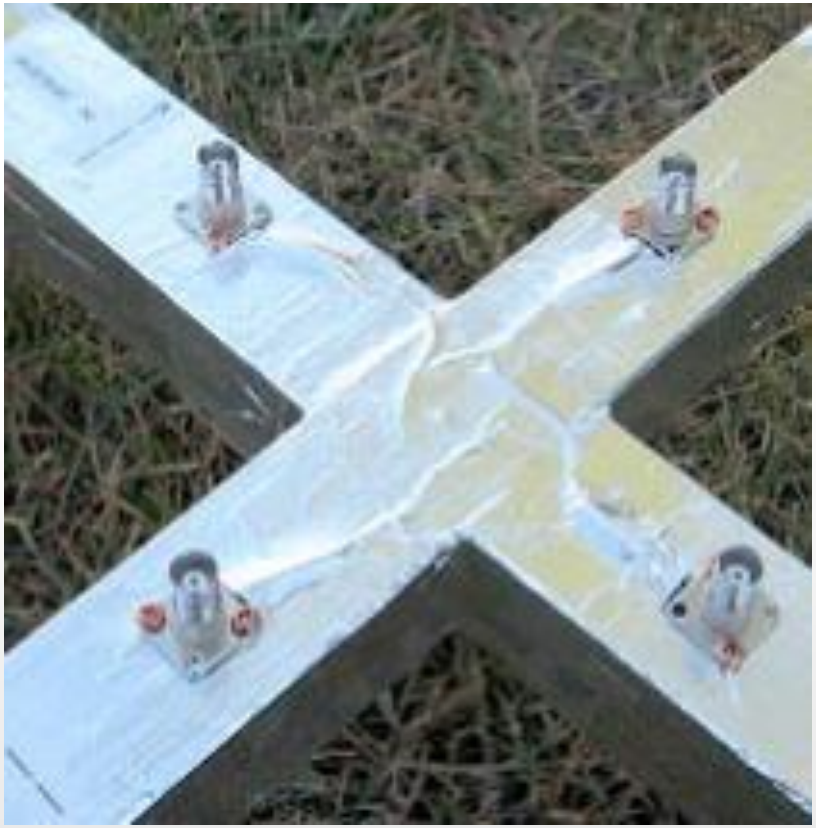


FIG. 6.7 Case containing the preamplifier and amplifier

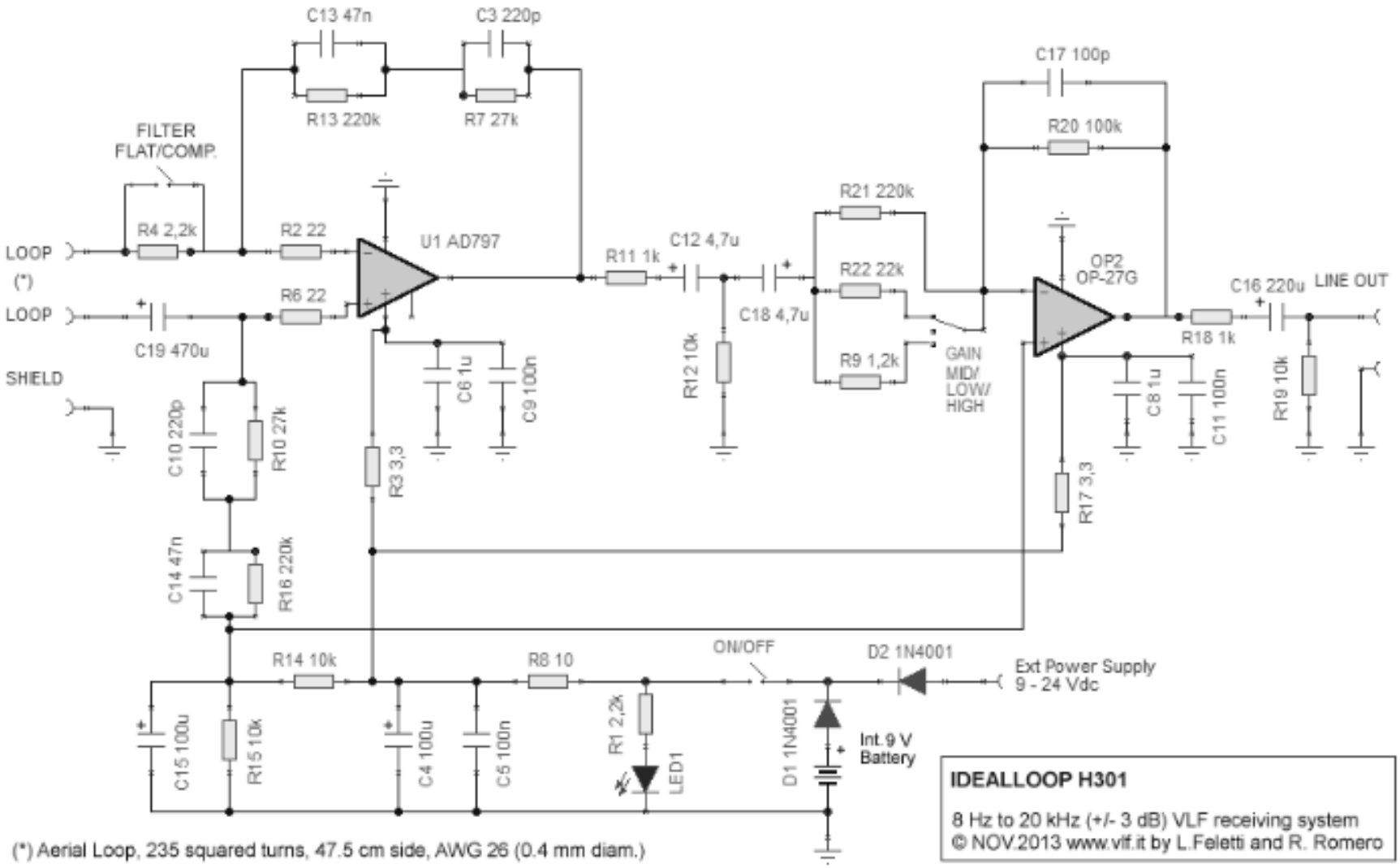




http://www.vlf.it/feletti2/idealloop.html

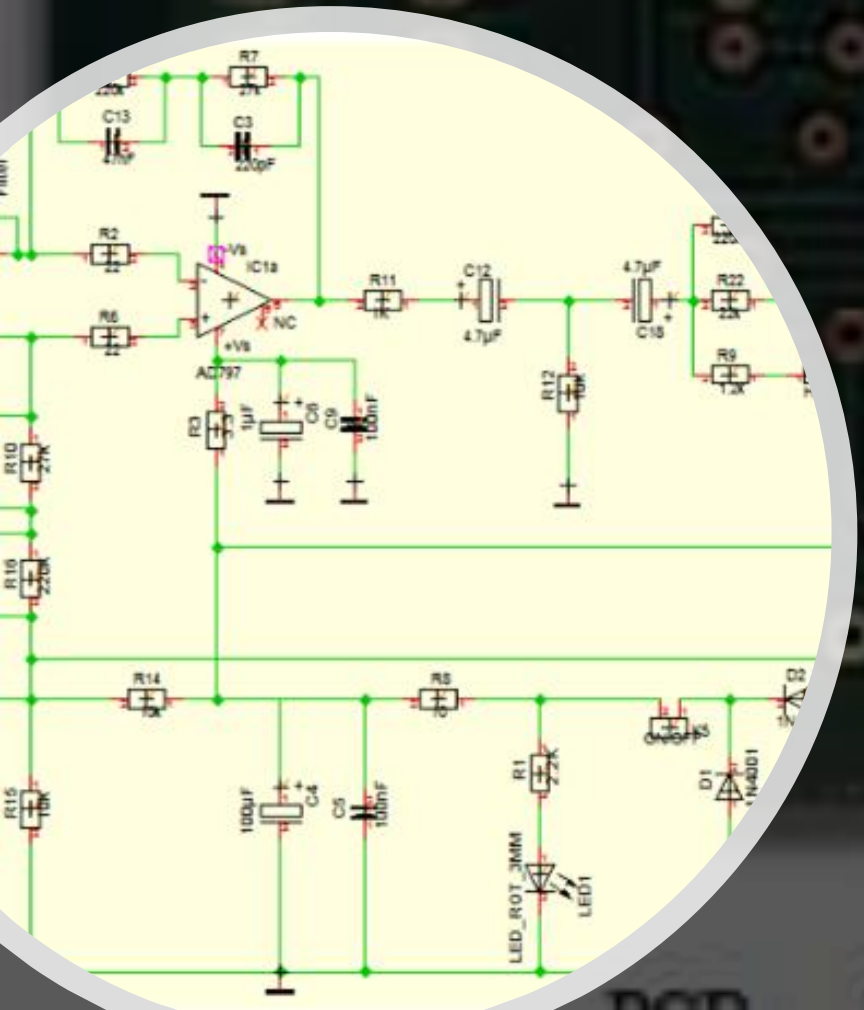
Autres récepteurs VLF

Here is the preamplifier circuit.



http://www.vlf.it/feletti2/idealloop.html

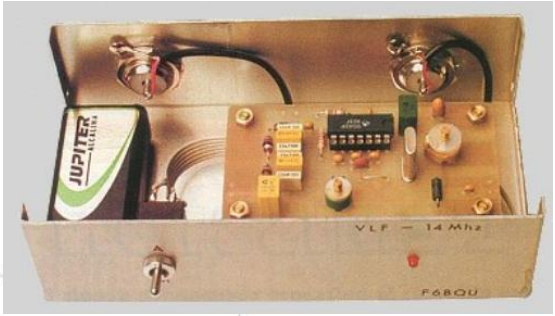
Autres récepteurs VLF

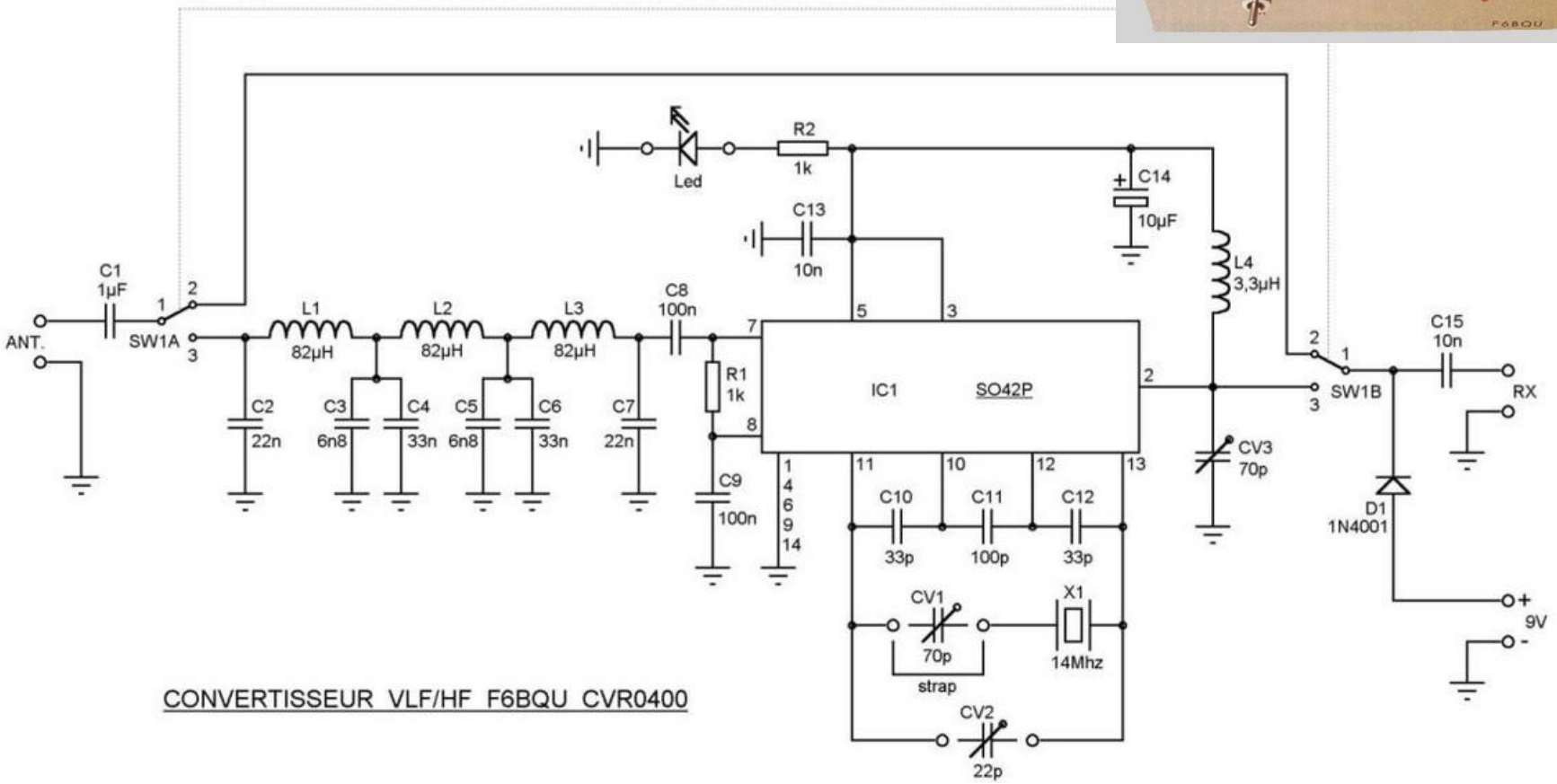


PCB layout par Jochen Richert

http://www.vlf.it/feletti2/idealloop.html

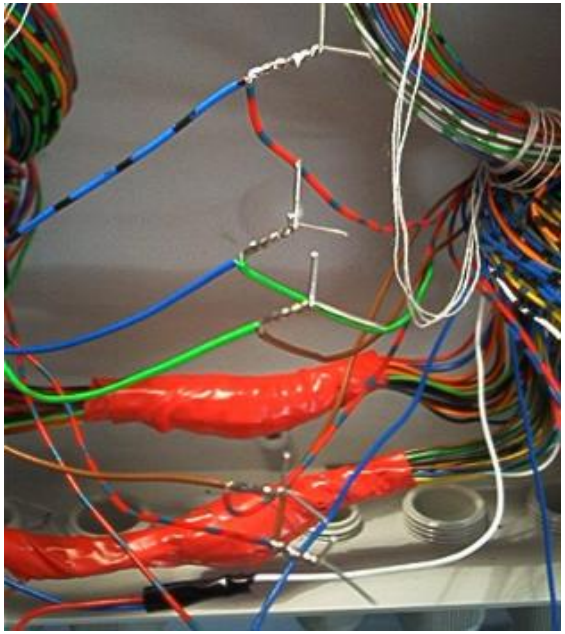
Convertisseur VLF (pour les ondes très longues)...





http://lpistor.chez-alice.fr/convvlf.htm

Antennes de réception



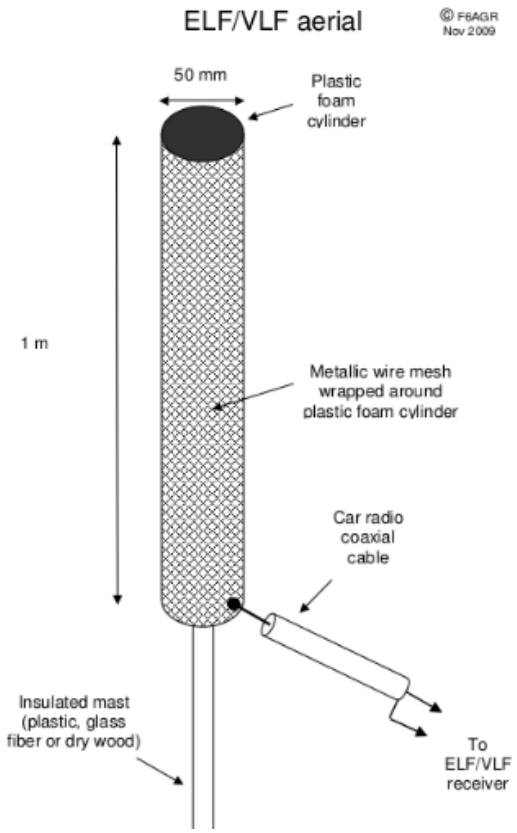
The multiturns loop by Jean-Marie POLARD F5VLB

Antennes de réception

The magnetic field and electric field antenna

Jean-Marie POLARD
F5VLB

Antennes de réception



Electric field antenna - F6AGR

Antennes de réception

First trials of the

ELF VLF aerial at Armagh observatory

(Research Technician position financed by Europlanet funds)

Source Jean-Louis RAULT, F6AGR

Antennes de réception

Une sonde de champ E avec une simple plaque de cuivre, montée sur un balai télescopique

Homebrew E-Field Antenna, http://dl1dbc.net/SAQ/homebrew_e-field.html

Antennes de réception

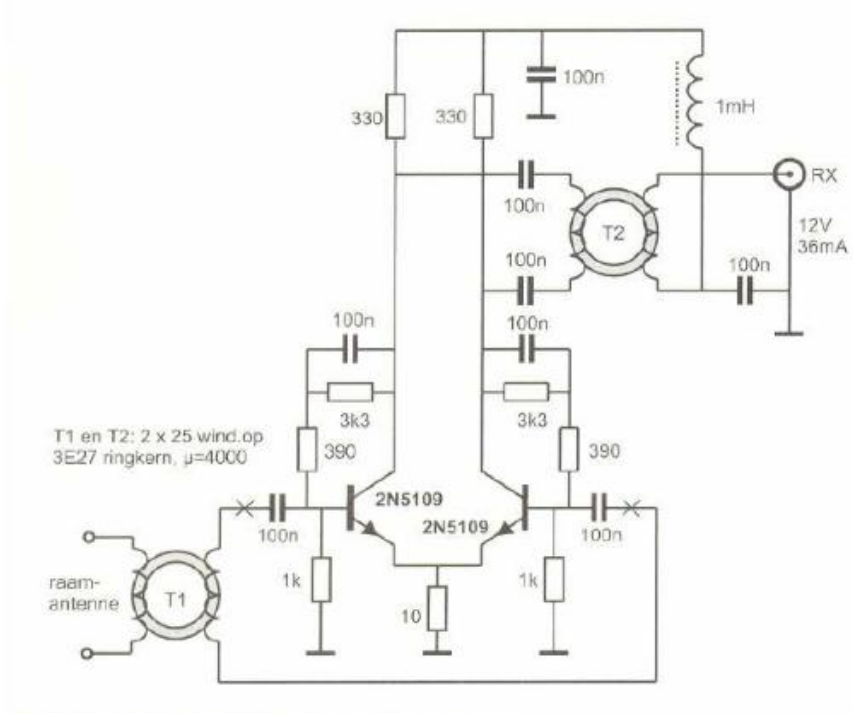


Figure 1 - Balanced active loop antenna.

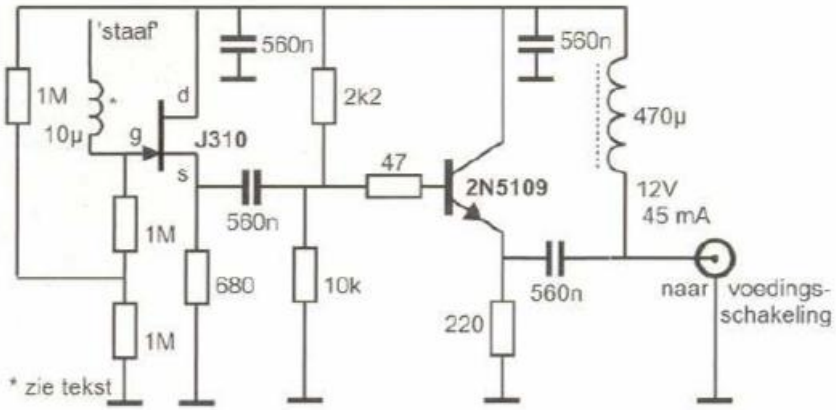


Figure 8 - pa0rdt-Mini-Whip ©

The pa0rdt-Mini-Whip ©, an active receiving antenna for 10 KHz to 20 MHz

http://dl1dbc.net/SAQ/Mwhip/Article_pa0rdt-Mini-Whip_English.pdf

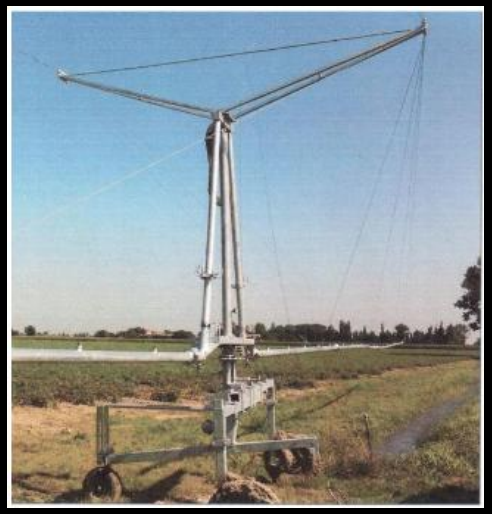
Images et réalisations Paolo Corti

Antennes de réception

- **Environ 350 tours de cuivre émaillé de 0,25 mm sur un ferrite avec une bobine secondaire pour la liaison à une entrée 50 Ohms.**

Réalisation Paolo Corti

Antennes de réception



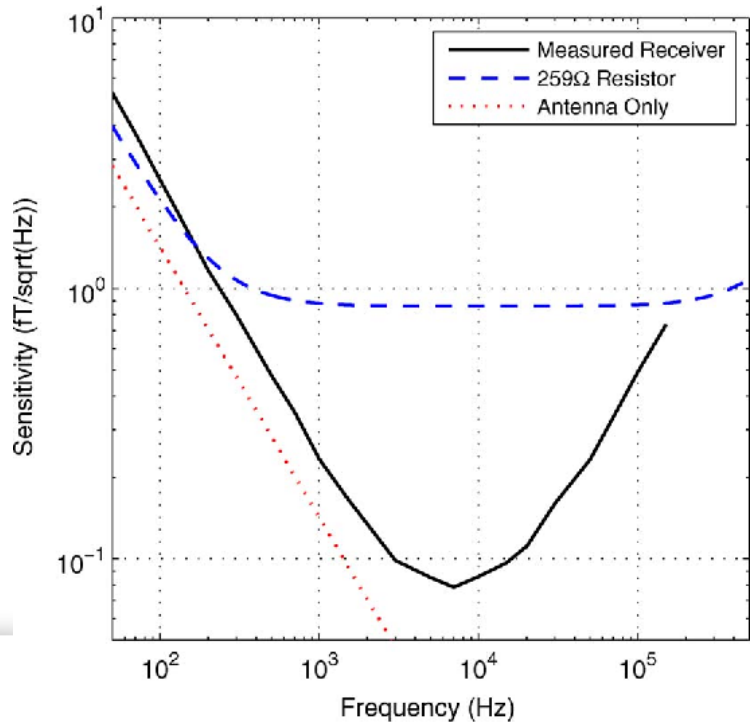
Antennes de réception

Antennes de réception

Magnetic Sensor Design for Femto tesla Low-Frequency Signals

Base (m)	Wire AWG	N_a	R_a (Ω)	L_a (mH)	A_a (m^2)	$\hat{S}_a$ ($V\sqrt{Hz}/m$)
Square Antenna						
0.0160	20	47	1.002	0.998	.02563	5.03×10^{-3}
0.0567	18	21	1.006	0.994	.3219	8.96×10^{-4}
1.70	16	11	0.987	1.013	2.892	1.89×10^{-4}
4.90	14	6	0.972	1.029	24.05	4.13×10^{-5}
Right Isosceles Triangle						
2.60	16	12	0.994	1.005	1.695	2.97×10^{-4}
8.39	14	6	1.004	0.996	17.59	5.74×10^{-5}
27.3	12	3	1.035	0.967	187.0	1.10×10^{-5}
60.7	10	2	0.959	1.043	920.9	3.22×10^{-6}

TABLE II MAGNETIC FIELD ANTENNA DESIGNS WITH 1-Ω–1-mH IMPEDANCE



https://vlf.stanford.edu/sites/default/files/publications/2010-02.pdf

Antennes de réception

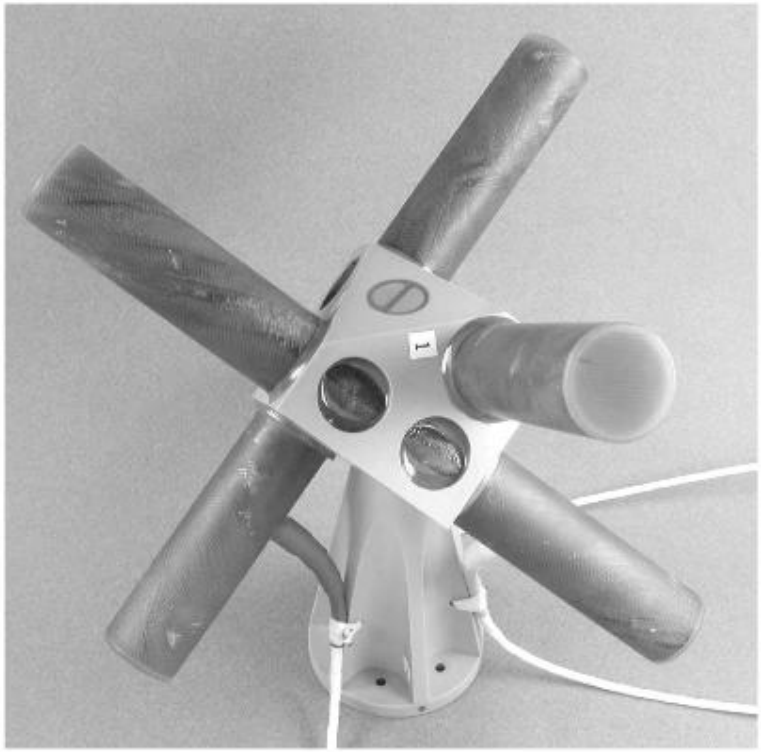
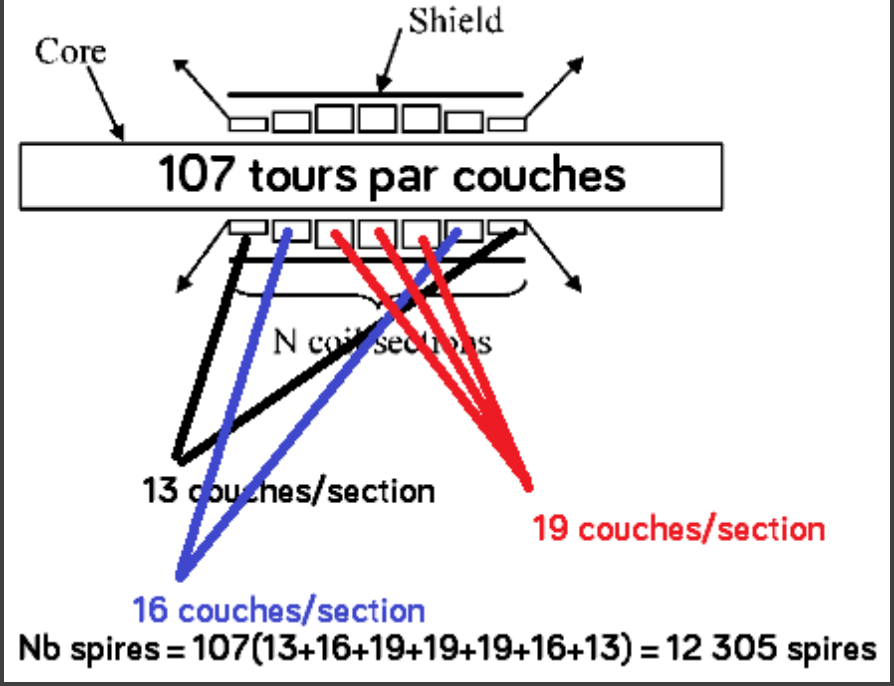
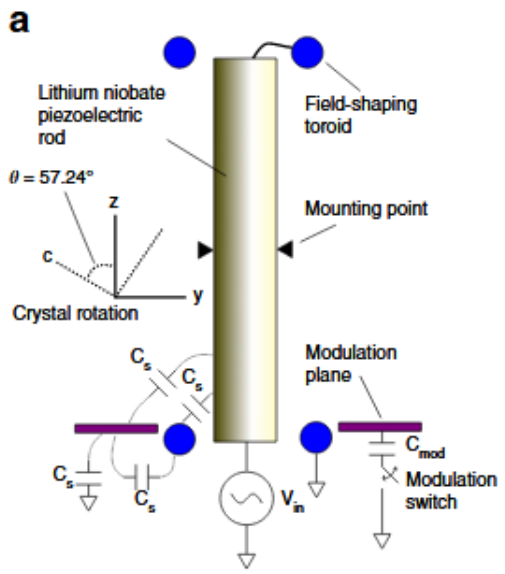


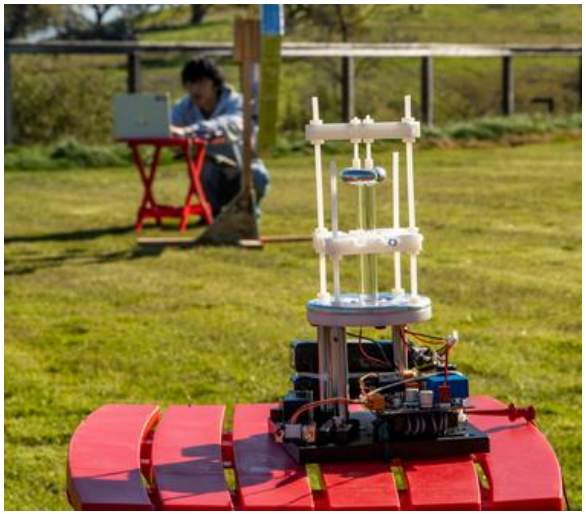
FIG. 2. Three-axis search coil magnetometer.



COIL MAGNETOMETER (3 axes)
Développé pour le satellite DEMETER

- *An optimized low-frequency three-axis search coil magnetometer for space research H. C. Séran and P. Fergeaua! Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement, 3A Avenue de la Recherche Scientifique, 45071Orléans Cedex 2, France*



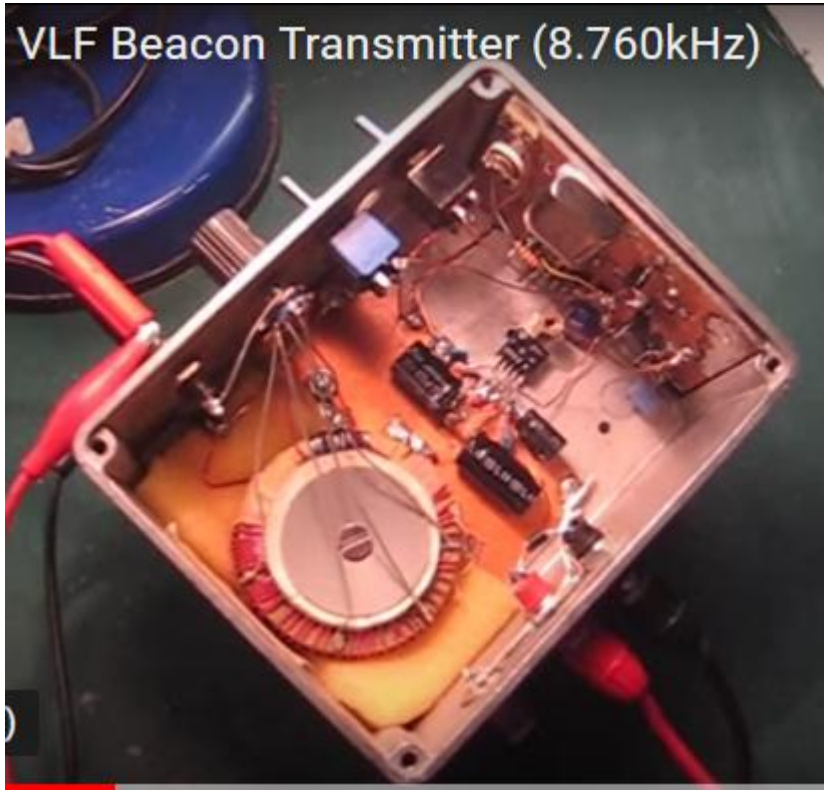


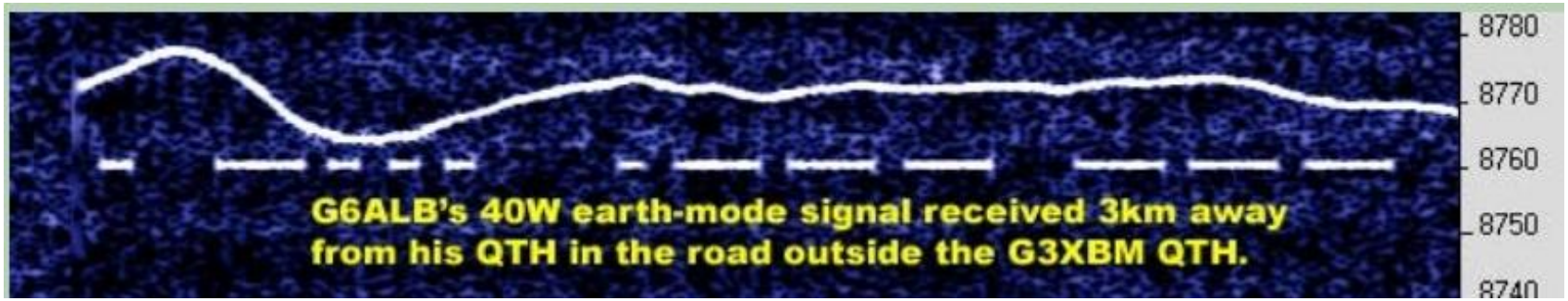
Antenne portable VLF

- A high Q piezoelectric resonator as a portable VLF transmitter
- https://doi.org/10.1038/s41467-019-09680-2

- **SLAC develops novel compact antenna for communicating where radios fail**

Emissions en VLF G3XBM





https://sites.google.com/site/g3xbmqrp/Home/10khz

Emissions

First UK NoVs for 8.7-9.1kHz

have been issued 22.10.10

Autorisation officielle obtenue
par G3XBM pour l'utilisation expérimentale de la bande 8,7 à 9,1 KHz
Puissance 100mW

WIRELESS TELEGRAPHY ACT 2006

NOTICE OF VARIATION OF AMATEUR RADIO (FULL) LICENCE – FOR THE PURPOSE OF CONDUCTING EXPERIMENTS IN THE 9 kHz BAND

Name of Licensee:	Mr Roger Lapthorn
Licensee's Main Station Address:	
	Burwell
	CAMBRIDGE
Postcode:	CB25 0HF
Telephone Number(s):	
Licensee's Call Sign:	G3XBM
Licence reference	1-8510-145370
Date of Issue of this Notice of Variation:	15 October 2010

Ofcom, in exercise of the power conferred by Schedule 1, paragraph 6 of the Wireless Telegraphy Act 2006 ("the Act"), hereby varies the Amateur Radio Full Licence ("the Licence") identified above, in accordance with Schedule 1, paragraph 7 of the Act, as detailed below:

1 Terms and expressions defined in the Licence shall have the same meaning herein except where the context requires otherwise.

2 As and from the Date of Issue, the Licence shall be varied such that the Licence shall be read and construed as if the following table were added to Section 2 Schedule 1 Table C of the Licence:

Emissions

First UK NoVs for 8.7-9.1kHz

have been issued 22.10.10

Frequency Bands in MHz	Status of allocations in UK to the Amateur Service	Status of allocations in UK to the Amateur Satellite Service	Maximum Peak Envelope Power level in Watts (and dB relative to 1 Watt)
0.0087 - 0.0091	Available strictly on the basis of non-interference to other services (inside or outside the United Kingdom)	(Not allocated)	100 mW (-10dBW) e.i.r.p.

Office of Communications | Riverside House 2a Southwark Bridge Road London SE1 9HA | Telephone +44 (0)20 7981 3000 or +44 (0)300 123 3000 Textphone +44 (0)20 7981 3043 or +44 (0)300 123 2024 | Facsimile +44 (0)20 7981 3333 www.ofcom.org.uk

http://1.bp.blogspot.com/_Ot1q36B9jzs/TMHIbwOJsYI/AAAAAAAACCE/R_Y2lv-Pmbs/s1600/9kHz_NoV_permit.jpg

Emissions

Les Bandes ELF et VLF en France:

Extrait du Tableau national de répartition des bandes de fréquences Annexe à l'arrêté du Premier ministre du 14 décembre 2017 (publiée au Journal officiel du 16 décembre 2017) Version consolidée après la modification du 11 avril 2019 (publiée au Journal officiel du 13 avril 2019)

RR				REGION 1				
REGION 1	REGION 2	REGION 3	kHz	France	Ser	Aff	Statut	Notes
Non attribuée 5.53-5.54			f<8,30 8,30					5.53 5.54
AUXILIAIRES DE LA MÉTÉOROLOGIE 5.54A-5.54B-5.54C			9,00		AEO	MTO	EXCL	5.54A A7
AUXILIAIRES DE LA MÉTÉOROLOGIE RADIONAVIGATION 5.54A			11,30		AEO RNV	MTO DEF PNM	EGAL	5.54A A7
RADIONAVIGATION			14,00		RNV	DEF PNM	EGAL	A7
FIXE MOBILE MARITIME 5.55-5.56-5.57			19,95		FIX MBM	DEF ARCEP	PRIO	5.56 5.57 A7
FRÉQUENCES ÉTALON ET SIGNAUX HORAIRES (20 kHz)			20,05		FHO	ARCEP	EXCL	A7
FIXE MOBILE MARITIME 5.56-5.57-5.58			70,00		FIX MBM FHO	DEF ARCEP ARCEP	PRIO	5.56 5.57 A7

Extrait du Tableau national de répartition des bandes de fréquences Annexe à l'arrêté du Premier ministre du 14 décembre 2017 (publiée au Journal officiel du 16 décembre 2017) Version consolidée après la modification du 11 avril 2019 (publiée au Journal officiel du 13 avril 2019)

5.53(NOC)Les administrations qui autorisent l'emploi de fréquences inférieures à 8,3 kHz doivent s'assurer qu'aucun brouillage préjudiciable n'est causé aux services auxquels sont attribuées les bandes de fréquences supérieures à 8,3 kHz. (CMR-12)

5.54(NOC) Les administrations qui effectuent des recherches scientifiques sur des fréquences inférieures à 8,3kHz sont instamment priées d'en informer les autres administrations qui pourraient être concernées, afin que ces recherches bénéficient de toute la protection pratiquement réalisable contre les brouillages préjudiciables. (CMR-12)

5.54A(NOC) L'utilisation de la bande de fréquences 8,3-11,3 kHz par les stations du service des auxiliaires de la météorologie est limitée à une utilisation passive uniquement. Dans la bande 9-11,3 kHz, les stations du service des auxiliaires de la météorologie ne doivent pas demander à être protégées vis-à-vis des stations du service de radionavigation notifiées au Bureau avant le 1er janvier 2013. Pour le partage entre les stations du service des auxiliaires de la météorologie et les stations du service de radionavigation notifiées après cette date, il convient d'appliquer les dispositions de la version la plus récente de la Recommandation UIT-R RS.1881. (CMR-12)

Emissions

5.56(NOC) Les stations des services auxquels sont attribuées les bandes 14-19,95kHz et20,05-70kHz et, de plus, en Région 1, les bandes 72-84 kHz et 86-90 kHz peuvent émettre desfréquences étalon et des signaux horaires. Ces stations sont protégées contre les brouillages préjudiciables. Dans les pays suivants: Arménie, Azerbaïdjan, Bélarus, Fédération de Russie, Géorgie, Kazakhstan, Kirghizistan, Tadjikistan et Turkménistan, les fréquences 25 kHz et 50 kHz seront utilisées à cette fin dans les mêmes conditions. (CMR-12)

5.57(NOC) L'utilisation des bandes 14-19,95 kHz, 20,05-70 kHz et 70-90kHz (72-84 kHz et 86-90 kHz en Région 1) par le service mobile maritime est limitée aux stations côtières radiotélégraphiques (A1A et F1B seulement). Exceptionnellement, l'utilisation d'émissions de la classe J2B ou J7B est autorisée à condition que la largeur de bande nécessaire ne dépasse pas celle qui correspond normalement aux émissions des classes A1A ou F1B dans les bandes considérées.

5.60(NOC) Dans les bandes 70-90 kHz (70-86 kHz en Région 1) et 110-130 kHz (112-130 kHz en Région 1), les systèmes de radionavigation par impulsions peuvent être utilisés à la condition qu'ils ne causent pas de brouillage préjudiciable aux autres services auxquels ces bandes sont attribuées.

🏆🏆🏆 **Weltrekord auf 8,3 kHz** 🏆🏆🏆

Längstwelle - für viele eine magische Welt. Markus Vester, DF6NM; Tom Kölpin, DK1IS und Bernd Wiesgickl, DF9RB, haben eine Nachricht in diesem Frequenzbereich empfangen - aus North Carolina. Entfernung: 7257 km! Weltrekord 🏆🏆🏆

Der Bayerische Rundfunk hat hierzu eine informative Reportage gedreht: https://www.ardmediathek.de/ard/player/Y3JpZDovL2JyLmRlL3ZpZGVvLzJlYWUzYWMxLWVhZDAtNDI2Ni05YjY2LWQ1NWQ1MDE3ODk5Ng/
Voir la traduction

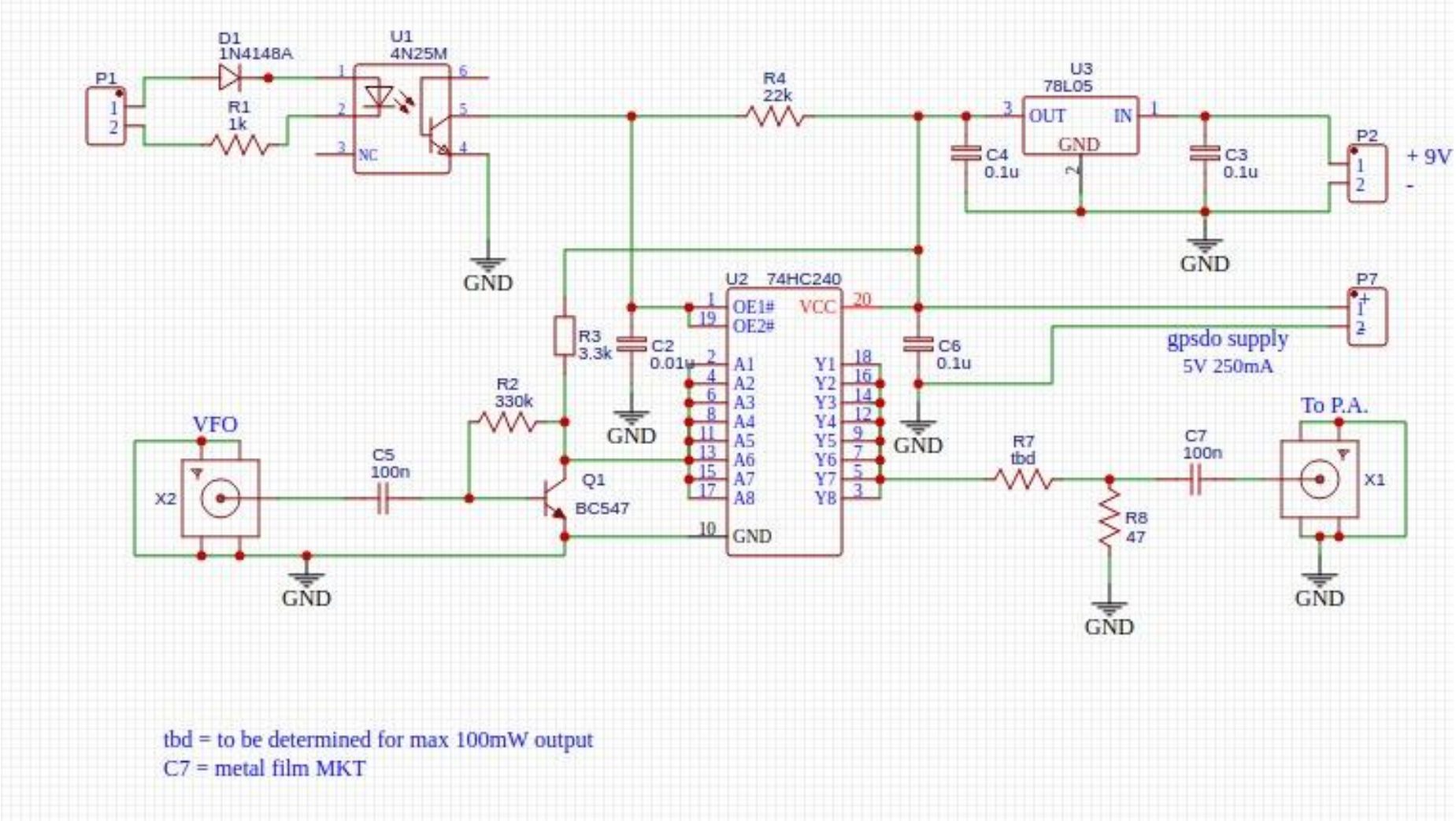
ARDMEDIATHEK.DE

Weltrekord im Empfangen einer Amateurfunk-Nachricht unter 9kHz

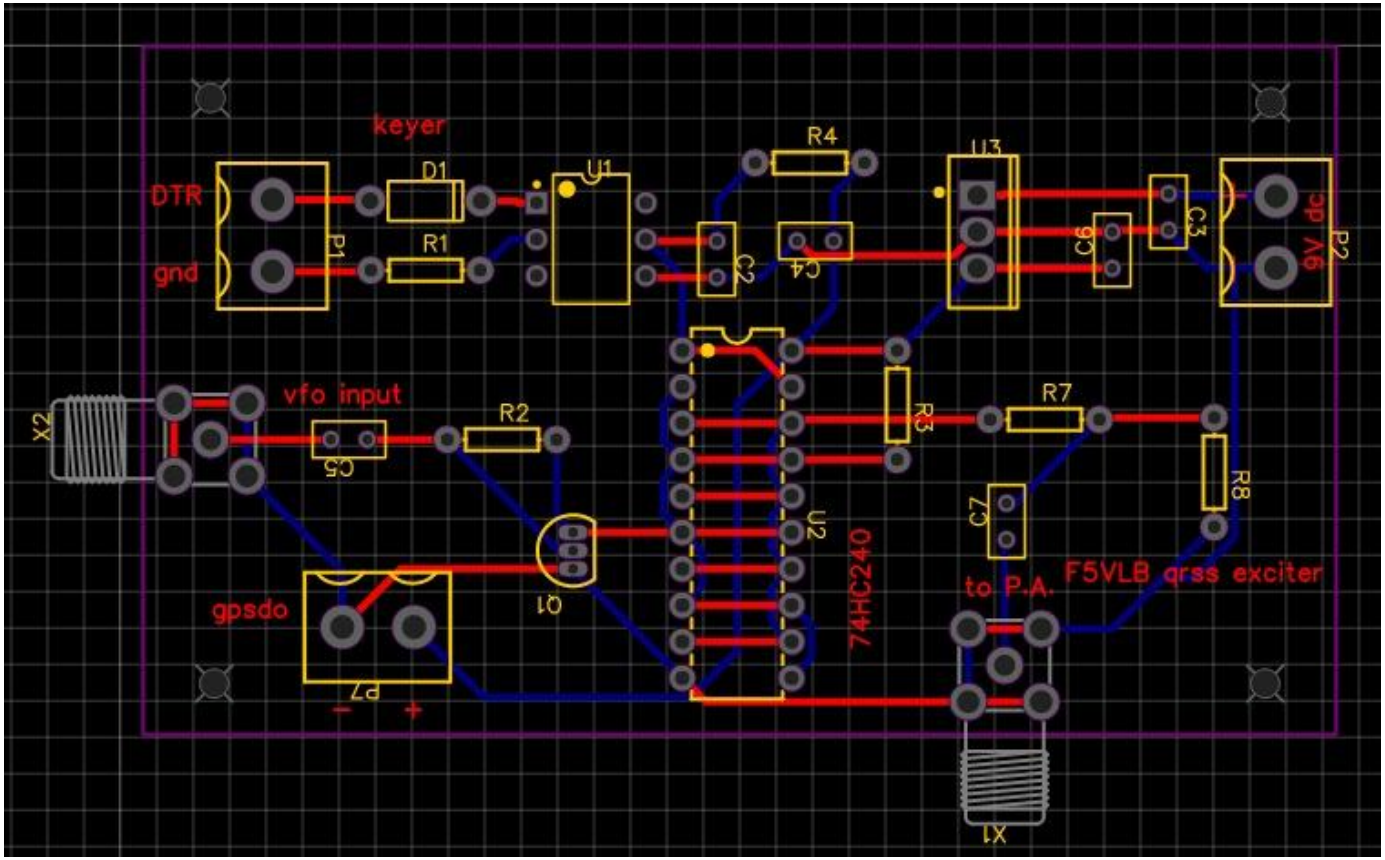
https://www.ardmediathek.de/ard/player/Y3JpZDovL2JyLmRlL3ZpZGVvLzJlYWUzYWMxLWVhZDAtNDI2Ni05YjY2LWQ1NWQ1MDE3ODk5Ng/?fbclid=IwAR3CxlSFcQ6PanggymZDSm891EzKao87d3kxkblEf2WZKCQu6Yn18vmPw8A

Emissions

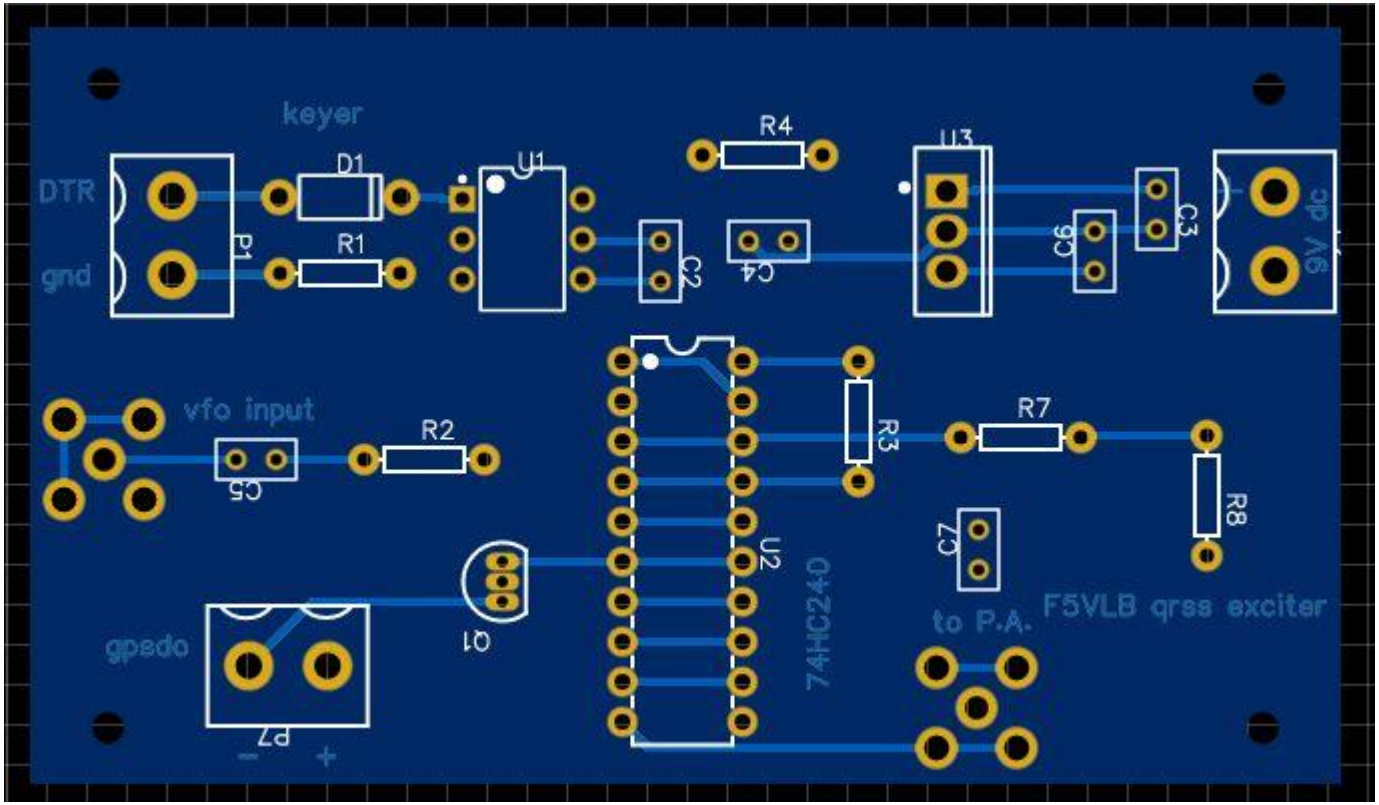
Exemple de réalisation d'un émetteur CW, QRSS par F5VLB Jean Marie POLARD



Exemple de réalisation d'un émetteur CW, QRSS par F5VLB Jean Marie POLARD



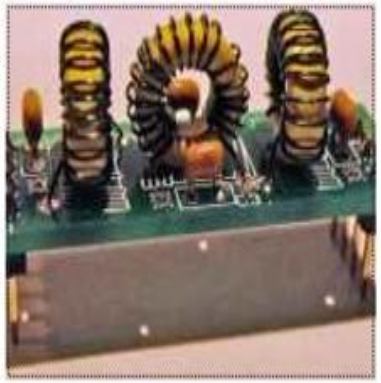
Exemple de réalisation d'un émetteur CW, QRSS par F5VLB Jean Marie POLARD



Emissions

Exemple de réalisation d'un émetteur CW, QRSS par F5VLB Jean Marie POLARD

Quelques filtres passe bas pour quelques Dollars

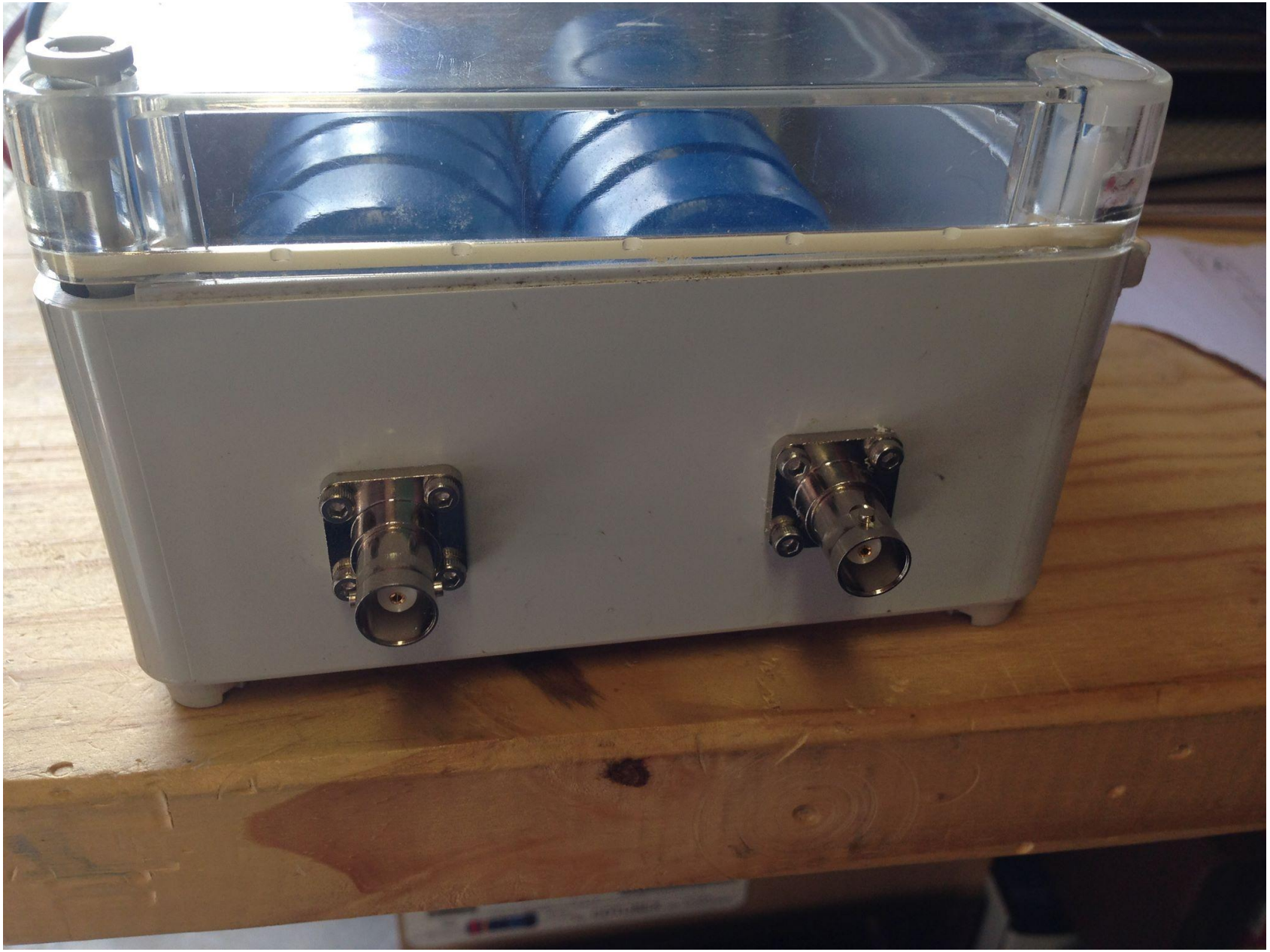


This Low Pass Filter (LPF) kit is based on the G-QRP technical pages design by Ed Whetherhold W3NQN. Kits are available for 16 bands 2200, 600, 160, 80, 60, 40, 30, 20, 17, 15, 12, 10, 6, 4, 2m and 222MHz. The kit uses a high-quality double-sided PCB with silk-screen, solder-mask and through-hole plating. The capacitors supplied with the kit are high-quality RF ceramics of the C0G type (a.k.a. NP0 - near-zero temperature coefficient). Designed for the U3 & U3S kits, U2 kit, relay-switched LPF kit, Arduino shield, or your own projects!

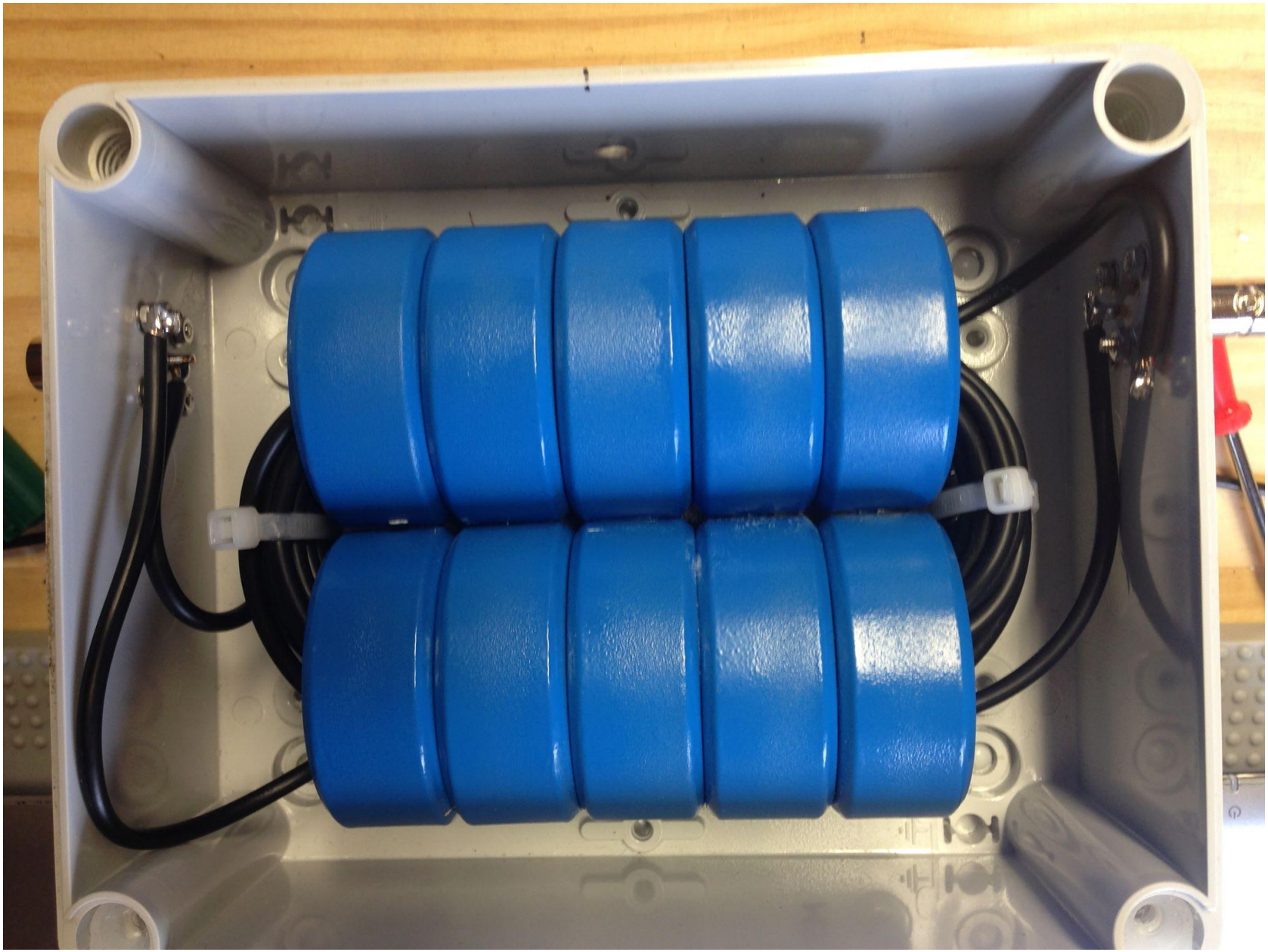
Click!
Shop order
from
$4.60

http://qrp-labs.com/

Emissions

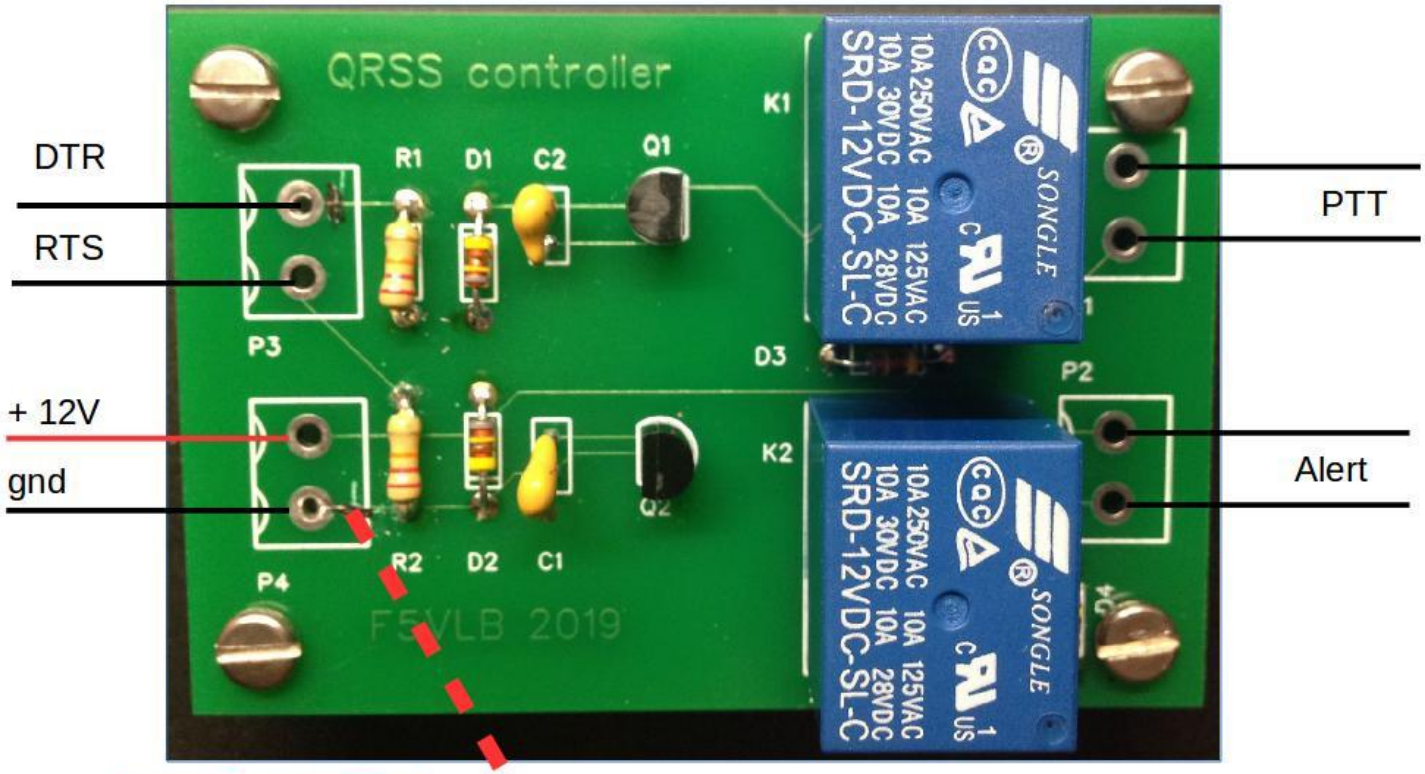


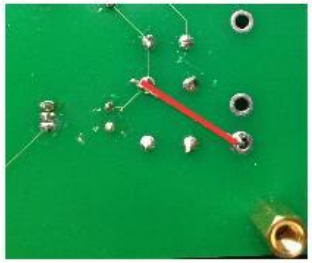
Emissions



Emissions

Exemple de réalisation d'un émetteur CW, QRSS par F5VLB Jean Marie POLARD





Attention ! Cut here and place a wire
As shown on the left between gnd and
The gnd track

Exemple de réalisation d'un émetteur CW, QRSS par F5VLB Jean Marie POLARD

Construction du TX QRSS 8,270 kHz.

Après le transformateur d'antenne, présentation du keyer QRSS.

Il est entraîné par le soft de ON7YD. QRS Afin de battre les niveaux élevés de QRM et QRN sur la bande radioamateur 136 kHz, une transmission en CW très lente est utilisée (vitesses allant de 0,4 WPM même à 0,01 WPM). QRS vous permet de piloter votre TX à ces vitesses extrêmement lentes en utilisant le port série ou parallèle de votre PC. La version 4.14 prend entièrement en charge le port parallèle mais nécessite au minimum Win98.

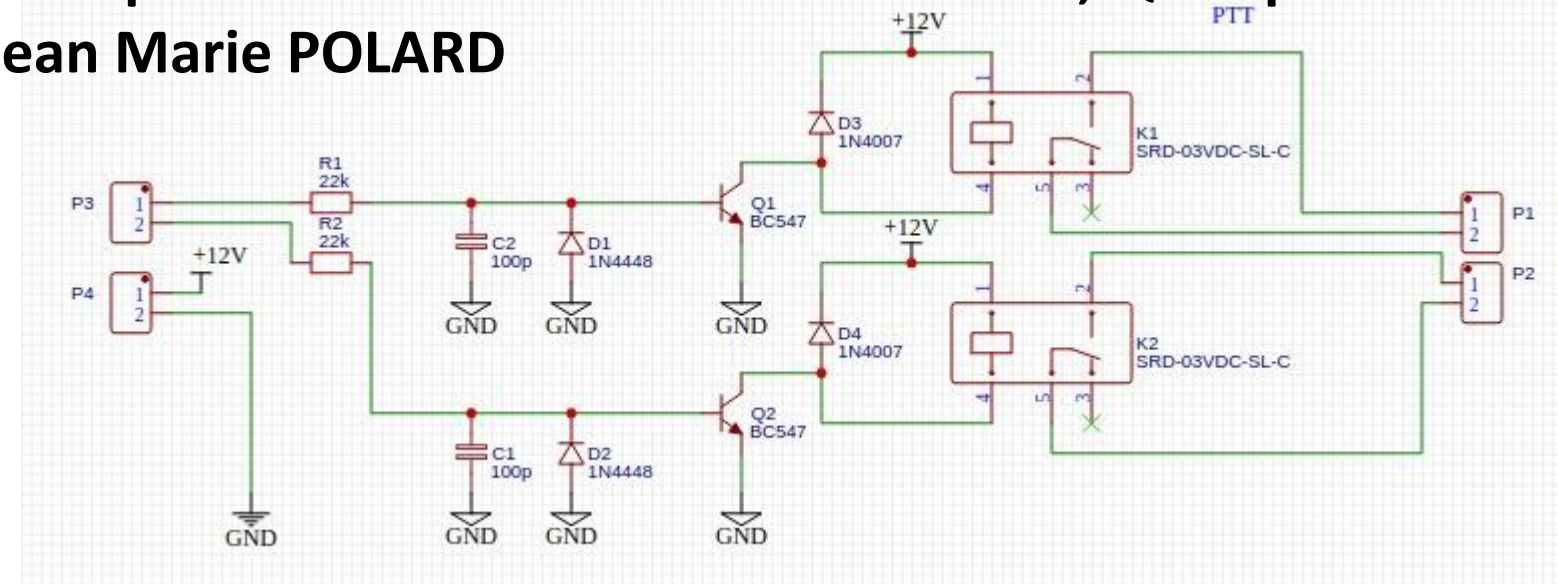
https://www.qsl.net/on7yd/zip/qrs414.zip

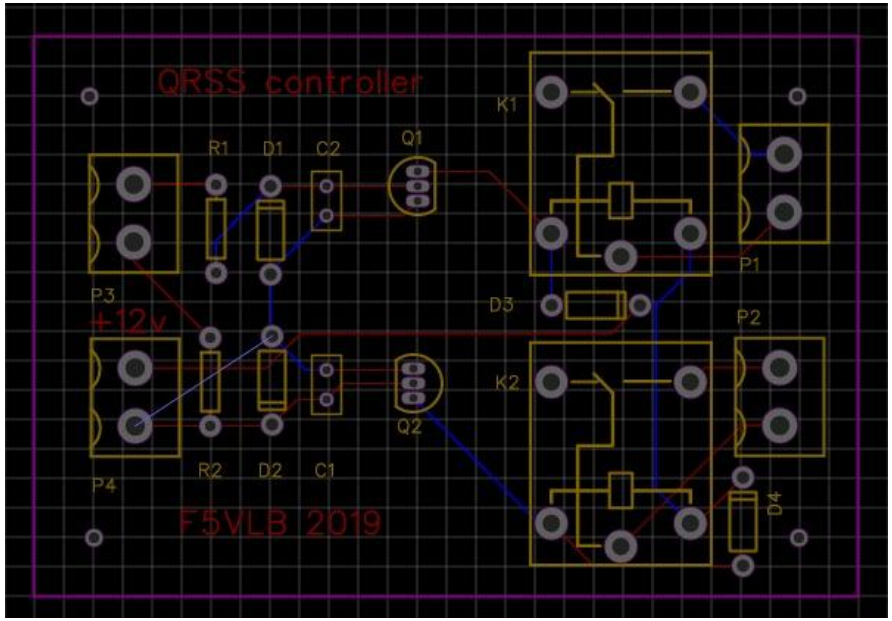
https://www.qsl.net/on7yd/

Emissions

Exemple de réalisation d'un émetteur CW, QRSS par F5VLB

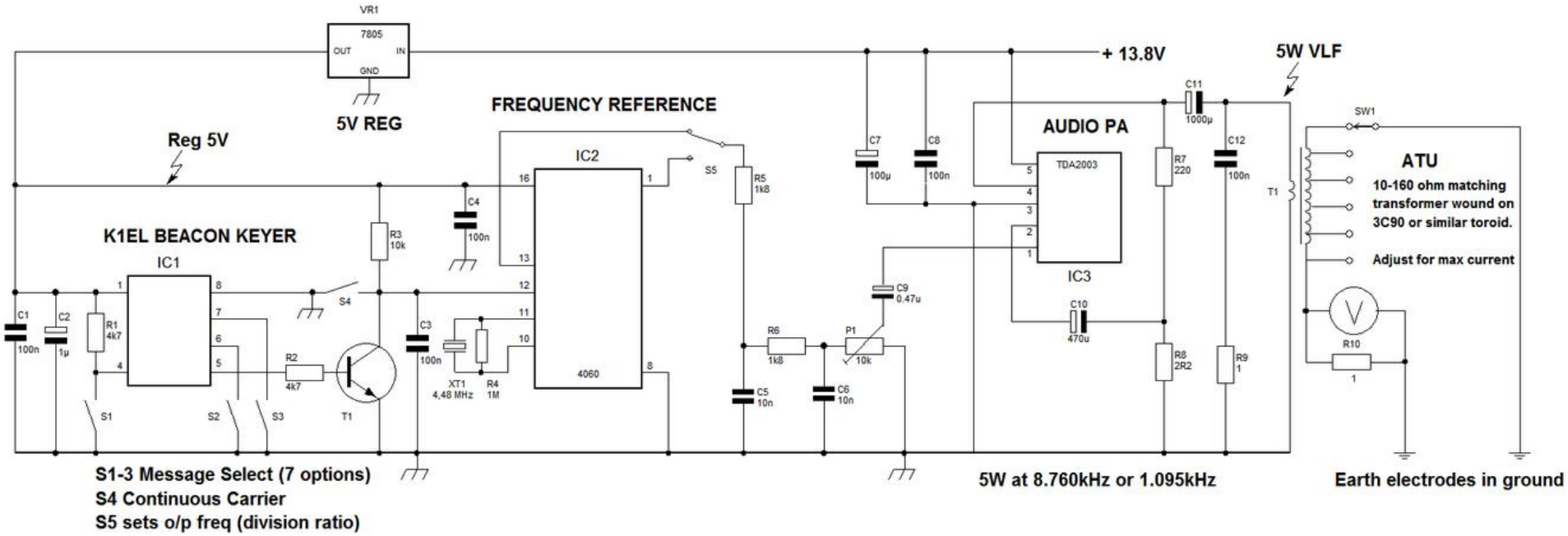
Jean Marie POLARD





Keyer QRSS

Emissions

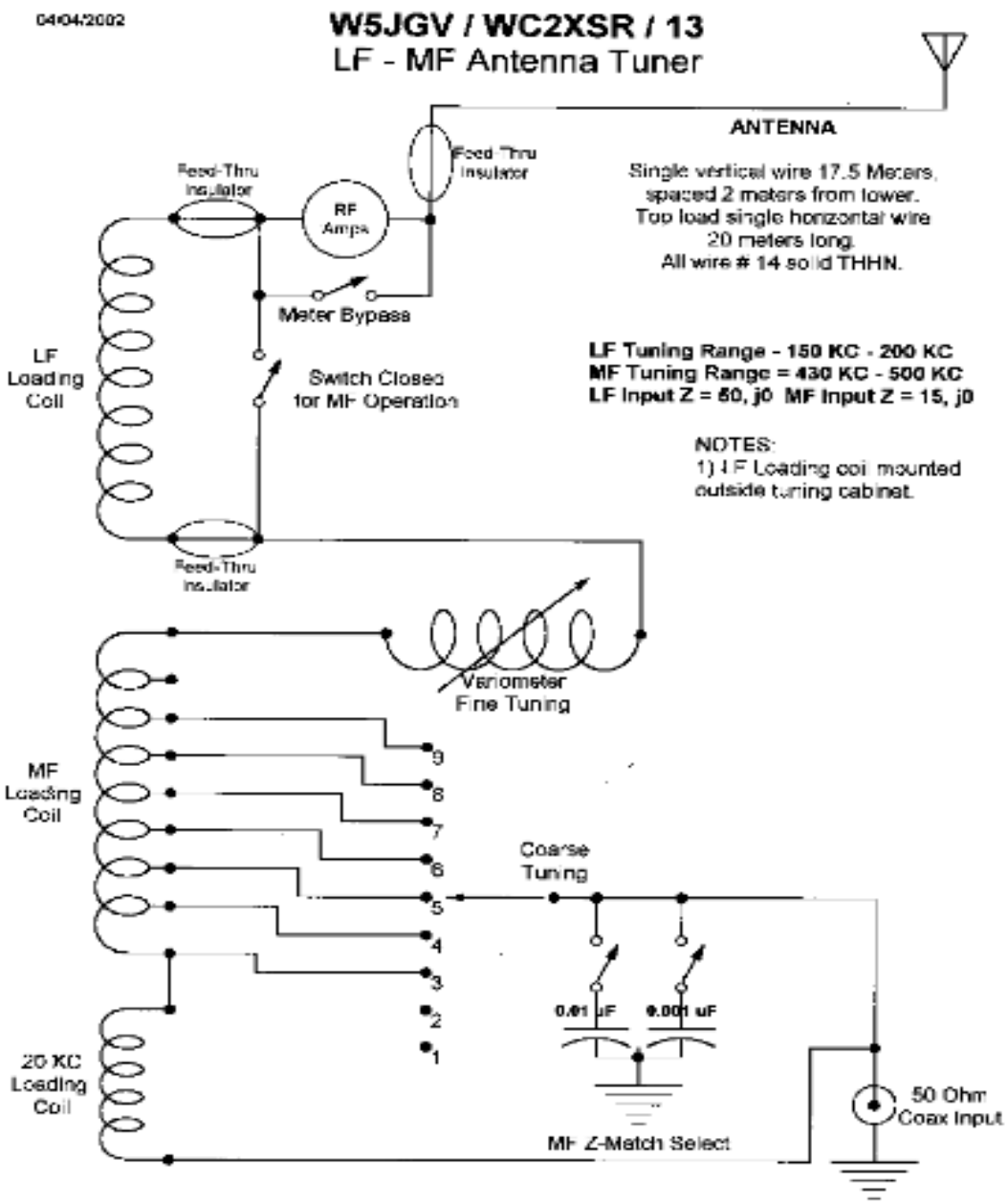


L'image montre l'émetteur 5W pour 8,760 kHz basé sur le circuit intégré AF TDA2003, par G3XBM

https://sites.google.com/site/sub9khz/earthmode

LF/MF Antenna Tuner by W5JGV

LF/MF Antenna Tuner by W5JGV

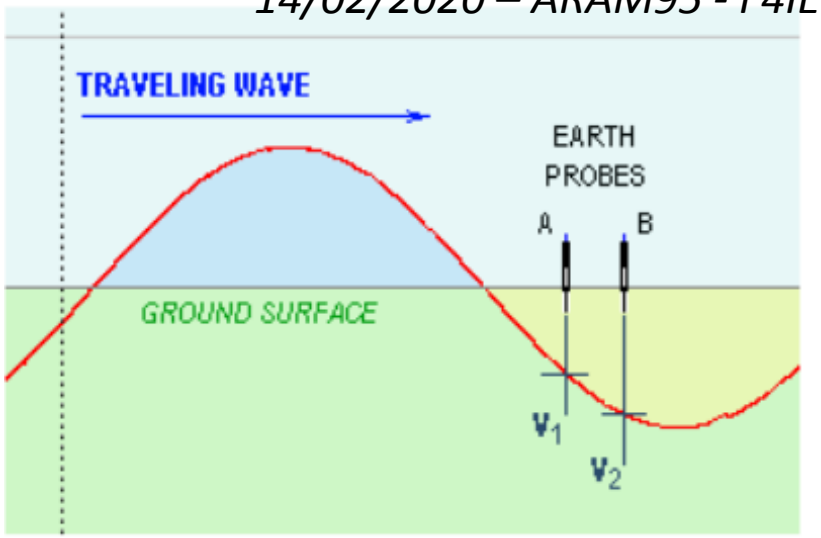


http://w5jgv.com/variometer3/variometer3.htm

EarthProbe

Ces antennes font-elles des miracles ?

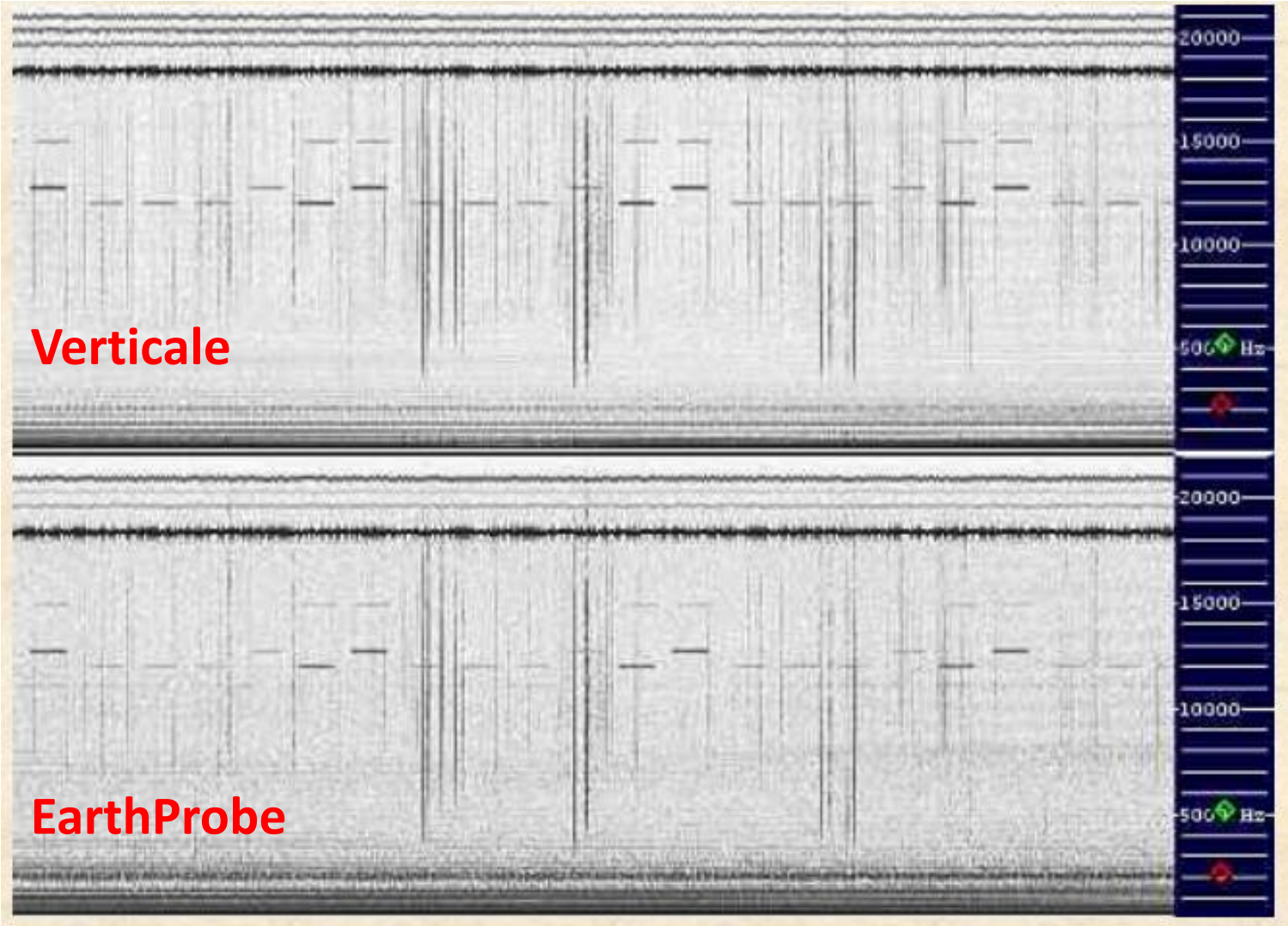
- ✗ Non scientifique, impossible à modéliser
- ✗ Pas reproductibles d'un site à l'autre
- ✗ Elles dépendent de la nature du sol et de l'hydrométrie.
- ✗ Sensibles aux courant parasites qui se propagent dans la terre, utilisation impossible en ELF.
- ✓ Economiques, peu encombrantes, donnent quelques résultats chez certains OM.



Ne pas confondre avec les "grandes antennes" à forages très profonds (comme celles de ZEVS dans la péninsule de Kola) qui fonctionnent comme un cadre magnétique vertical sous-terrain donnent des résultats reproductibles et modélisables ...

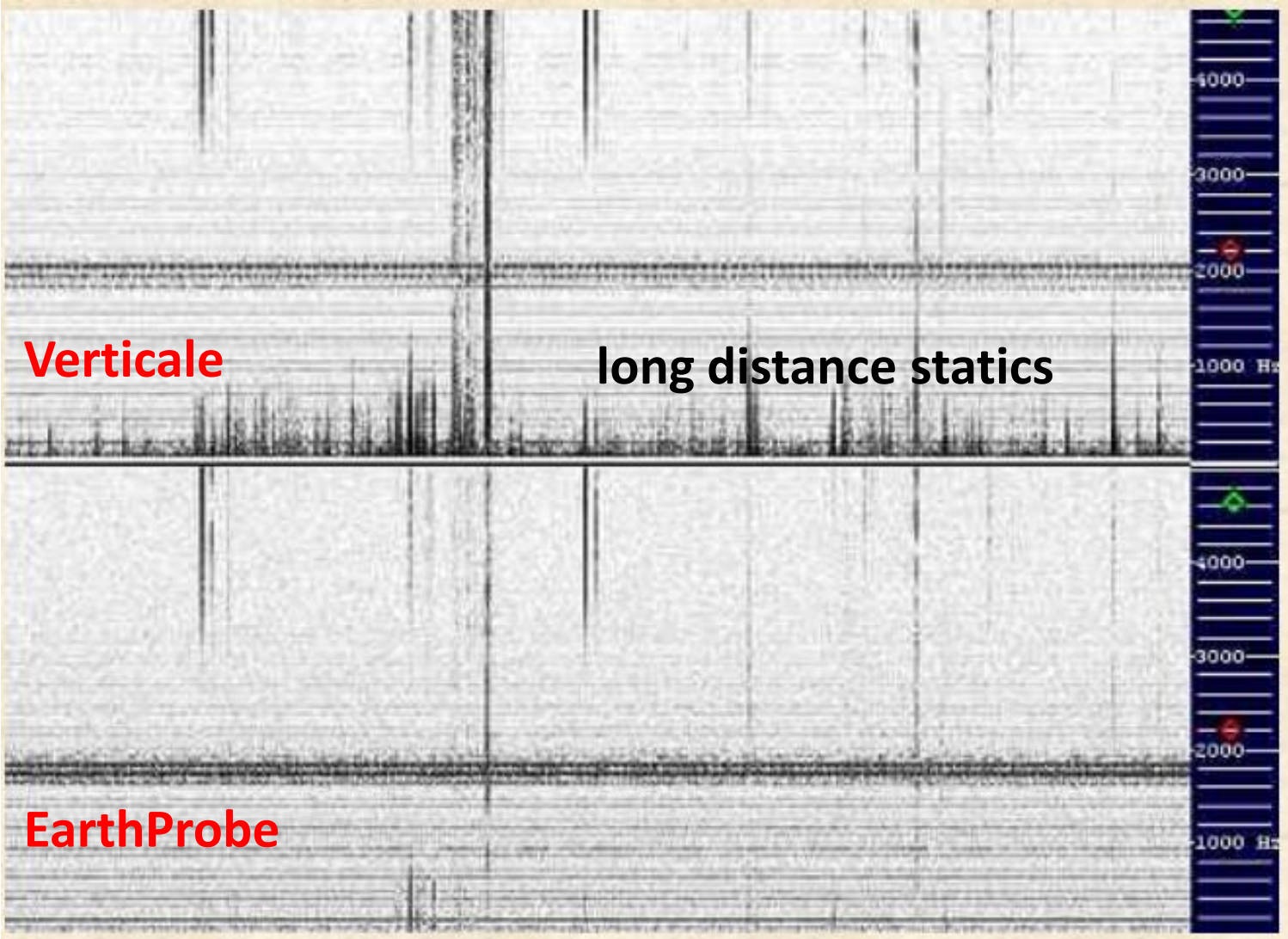
EARTH DIPOLE - EARTH PROBE ANTENNA

Comparaisons de réceptions earthprobe 25m versus antenne 7m vertical



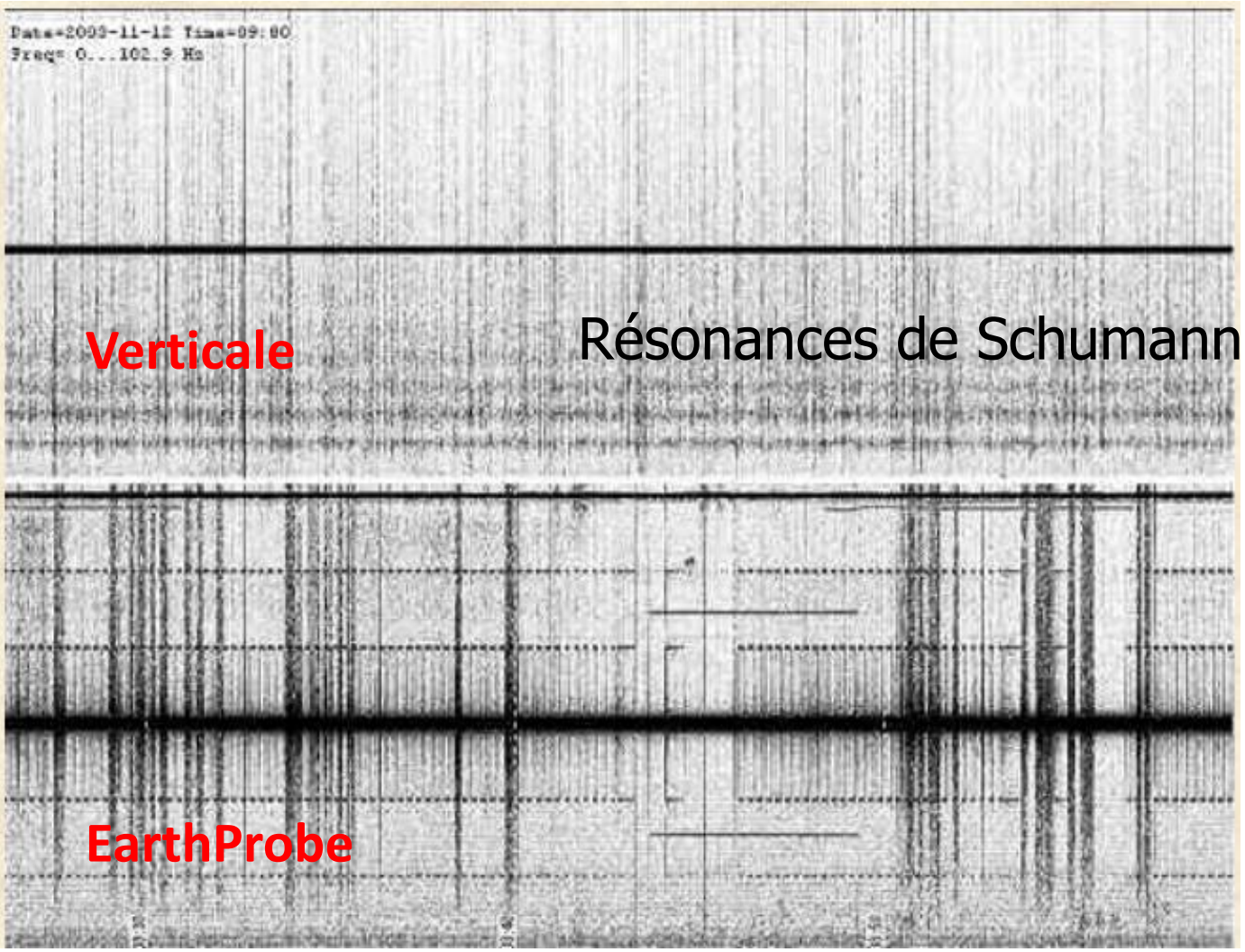
http://www.vlf.it/ed/earthprobes.html

Comparaisons de réceptions earthprobe 25m versus antenne 7m vertical



http://www.vlf.it/ed/earthprobes.html

Comparaisons de réceptions earthprobe 25m versus antenne 7m vertical



Dans la partie en dessous le 50 Hz semble plus fort (avec une harmonique de 100 Hz, invisible avec la réception par l'antenne verticale), différentes décharges à large bande sont présentes, **de nombreux reflets du signal 50 Hz, un sifflement en dessous de 15 Hz et aucune preuve de résonance de Schumann.**

http://www.vlf.it/ed/earthprobes.html

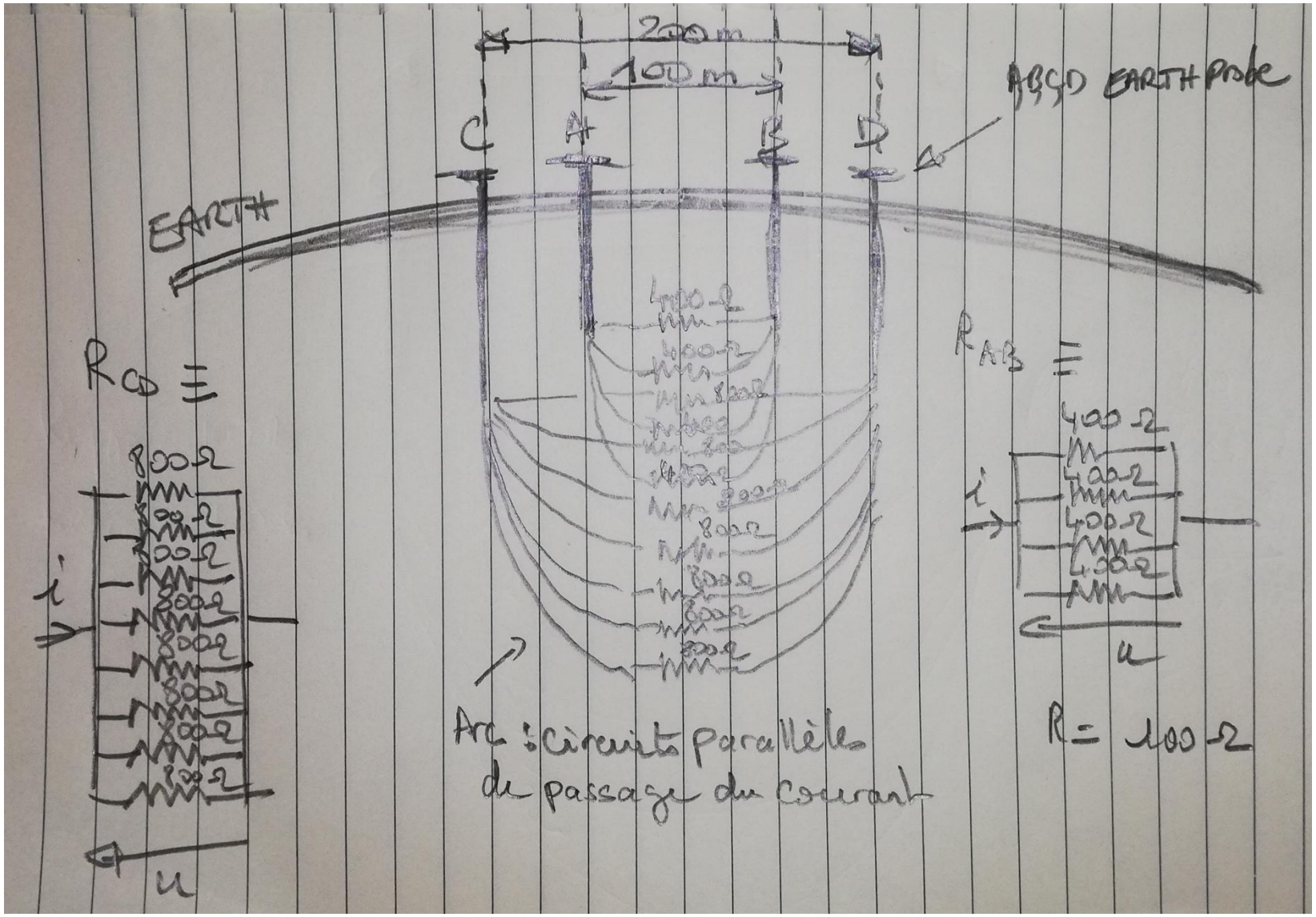
- La résistance électrique entre deux « Earthprobe » est en fait une résistance apparente d'une centaine d'Ohm. La résistance apparente n'augmente plus après quelques centaines de mètres (R=100 Ω pour 100m et R=100 Ω pour 200m le courant circulant entre deux points distant de 200 m n'est pas la moitié de celui qui existe entre deux « Earthprobe » distants de 100m, la reste apparente reste constante identique.

- En fonction des sols cette valeur peut-être très différente.

- Au plus les piquets sont éloignés au plus il existe de chemins en arc de cercle reliant les deux point créant ainsi des voies de conductions électrique en parallèle à la voie directe.

Sources: ECC Technical http://joataman.net/earth_mode/archive/ecc_tech.htm

Exemple de vulgarisation car les courants dans les voies de conductions (arcs) sont certainement différents d'une voie à l'autre



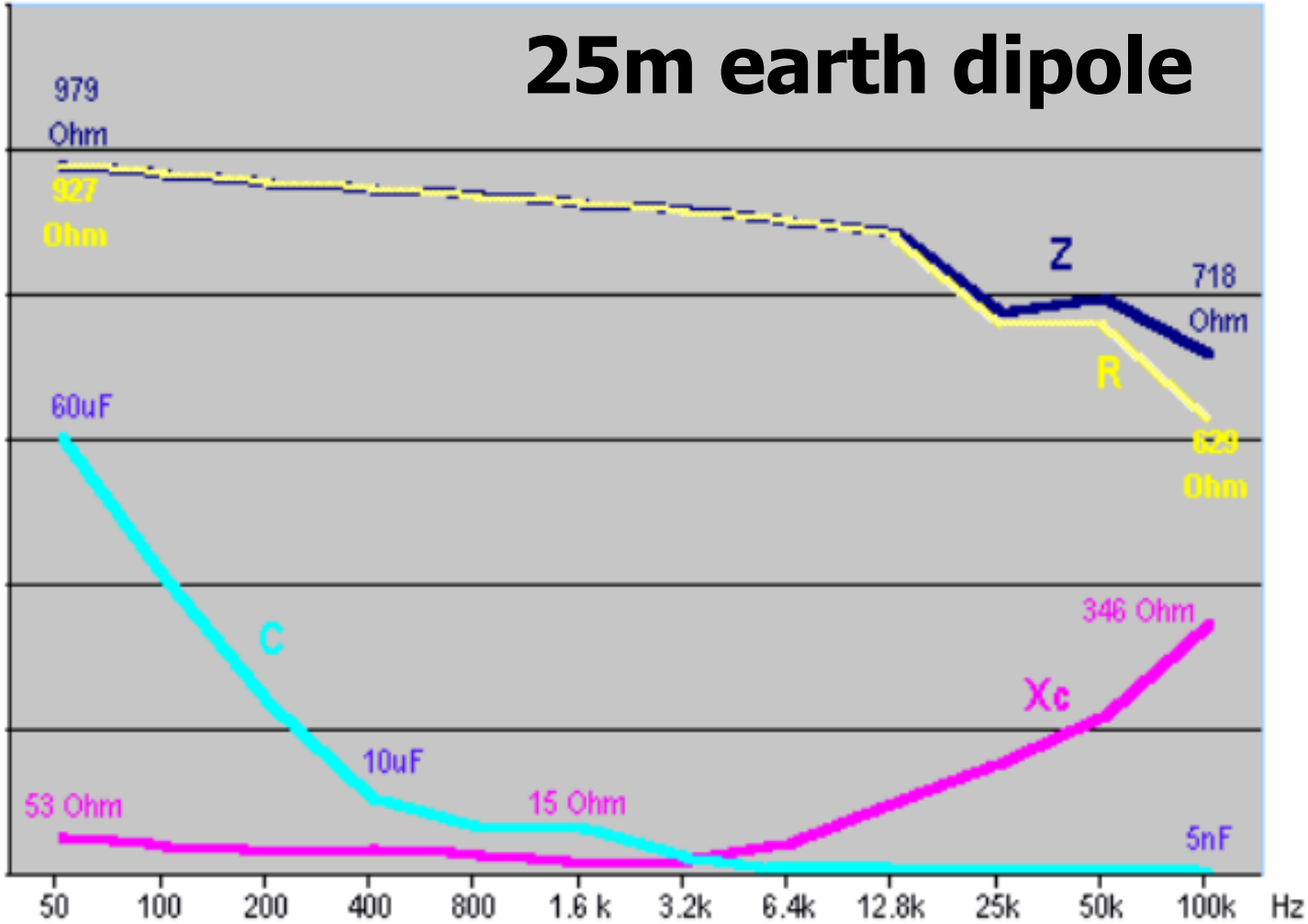
EarthProbe

25m earth dipole

I_{dipole}	=	Current in the earth dipole
Z	=	Impedance module of the earth dipole
Phase	=	Grade and radiant between voltage and current in the earth dipole
X_C or X_L	=	Reactive component of impedance
R	=	Active component of the impedance
Q	=	Q factor
C or L	=	Value of the reactive component in the ground

Freq Hz	Dt uS	Vgen V	Vdipole V	V Res V	Idipole mA	Z Ohm	Phase rad	Phase °	Xc Ohm	R Ohm	Q	C uF
50	172,000	3,73	1,851	1,879	1,89	979	0,054	3,1	52,9	978	0,0541	60,250
100	64,000	3,73	1,84	1,889	1,90	968	0,040	2,3	38,9	967	0,0402	40,930
200	28,000	3,73	1,827	1,898	1,91	957	0,035	2,0	33,6	956	0,0352	23,666
400	16,000	3,72	1,815	1,907	1,92	946	0,040	2,3	38,0	945	0,0402	10,472
800	6,400	3,71	1,806	1,916	1,93	937	0,032	1,8	30,1	936	0,0322	6,608
1600	1,600	1,665	0,802	0,862	0,87	925	0,016	0,9	14,9	925	0,0161	6,694
3200	1,200	1,681	0,805	0,873	0,88	917	0,024	1,4	22,1	916	0,0241	2,252
6400	1,200	0,854	0,404	0,445	0,45	902	0,048	2,8	43,5	901	0,0483	0,572
12800	1,440	0,862	0,402	0,451	0,45	886	0,116	6,6	102,3	880	0,1163	0,122
25000	1,280	0,839	0,348	0,446	0,45	776	0,201	11,5	154,8	760	0,2037	0,041
50000	0,900	0,737	0,323	0,403	0,41	797	0,283	16,2	222,2	765	0,2904	0,014
100000	0,800	0,458	0,234	0,324	0,33	718	0,502	28,8	345,7	629	0,5494	0,005

http://www.vlf.it/ed/earthprobes.html



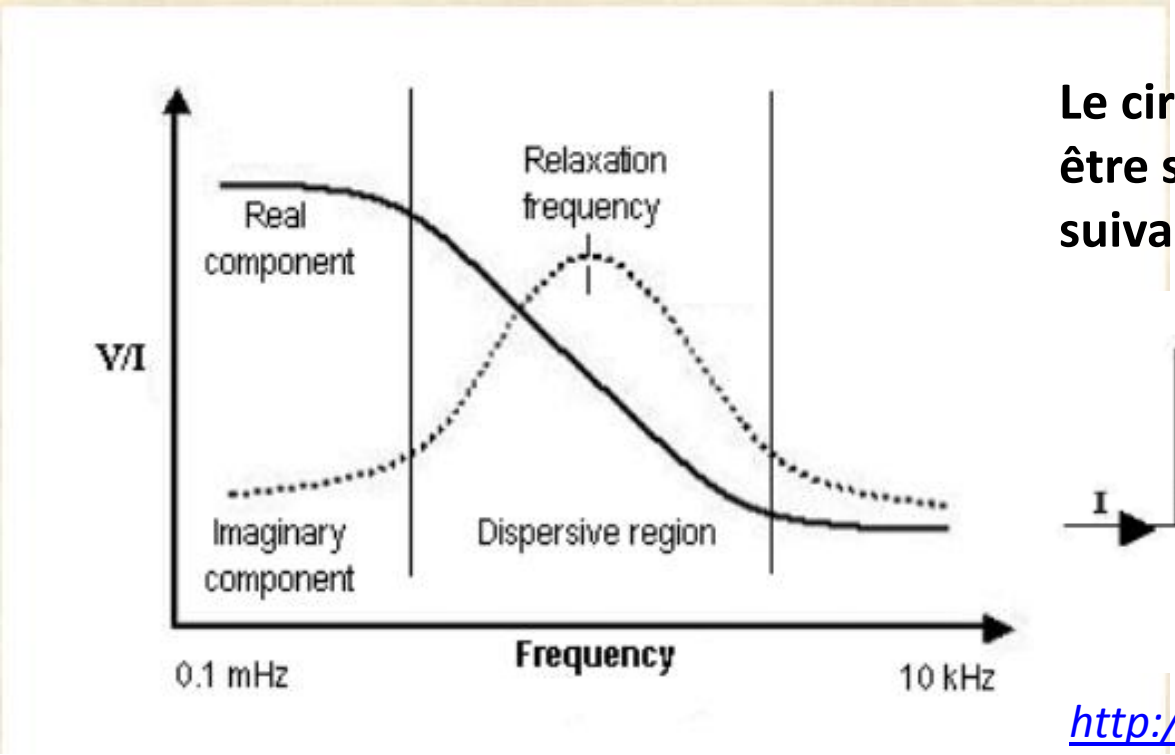
On peut également observer une augmentation de la réactance capacitive qui monte en fréquence et une diminution des valeurs résistives à des fréquences plus élevées.

http://www.vlf.it/ed/earthprobes.html

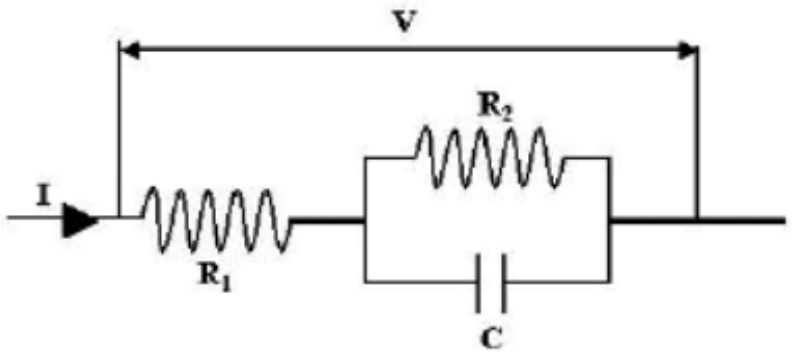
EarthProbe

RÉSISTIVITÉ DÉPENDANTE DE LA FRÉQUENCE ET POLARISATION INDUITE

Une explication complète de ce phénomène peut être trouvée dans un document de l'Université de Californie à BERKELEY, où le phénomène de "polarisation induite" (c'est le nom correct) est expliqué. Ce document observe que la résistivité mesurée d'un sol est fonction de la fréquence dans la gamme de 0,1 mHz à 10 kHz, et que la tension et le courant ne sont pas en phase surtout si le sol contient de l'argile.

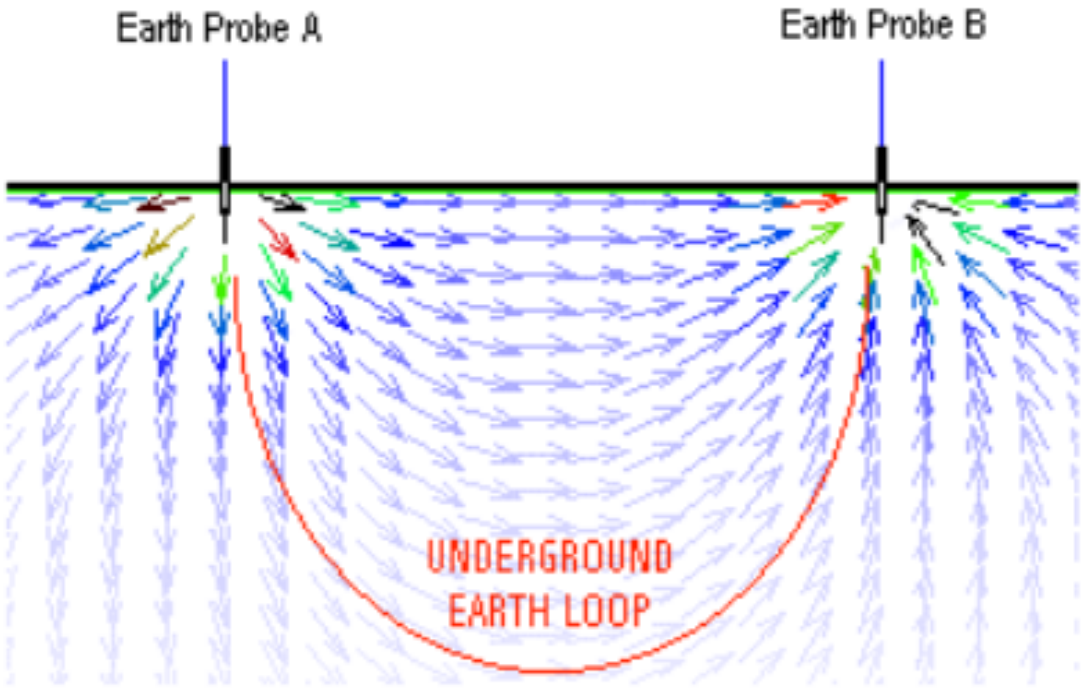


Le circuit équivalent du sol peut être synthétisé comme le circuit suivant:



http://www.vlf.it/ed/earthprobes.html

L'antenne EarthProbe , un model LOOP en sous terrain



Les dimensions de la « LOOP » virtuelle sont similaires à une « LOOP » carrée. Pour un dipôle EarthProbe de 25 m, nous pouvons supposer une équivalence avec une « LOOP » carrée virtuelle souterraine de 25 mx 4 = 100 m

- Il faut choisir des sondes de terre à faible résistance de contact pour minimiser la puissance nécessaire pour atteindre une intensité de courant donnée.

- La tension reçue telle que mesurée entre les électrodes distantes du récepteur est directement proportionnelle au produit du courant de terre induit à ce point et à la résistivité de la terre entre les sondes du récepteur à ce point jusqu'à une profondeur à peu près égale au tiers de la distance entre les sondes du récepteur

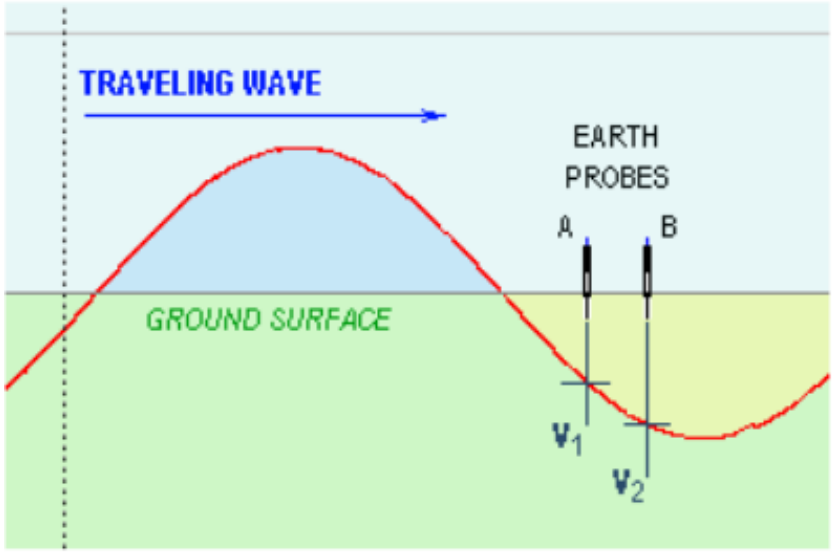
- Le courant induit circulant dans le sol aux sondes réceptrices est directement proportionnel au courant de l'émetteur et inversement proportionnel au cube de la distance entre l'émetteur et le récepteur

Sources: ECC Technical http://joataman.net/earth_mode/archive/ecc_tech.htm

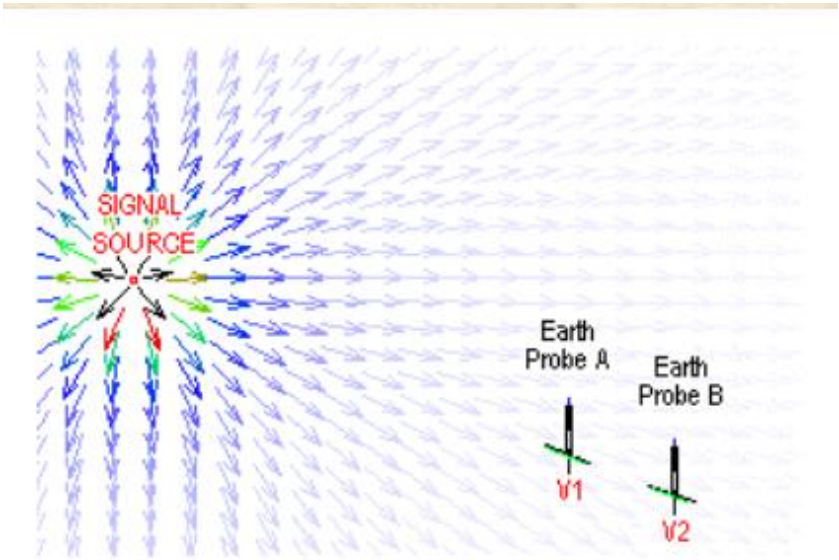
On pense que l'effet de l'espacement entre les sondes en ce qui concerne la directivité est similaire à une petite antenne à boucle LF où le changement de la taille n'affecte que le niveau du signal capté, mais pas la forme de la réponse directionnelle. La réception de signaux ECC (courants de communication par la Terre) consiste à capturer la différence de potentiel entre deux points provoquée par le flux de courant à travers la résistance de la terre. Pour un signal maximal, les sondes de terre de réception doivent être placées le long de la direction de la circulation du courant. Théoriquement, s'ils sont placés à angle droit par rapport au flux, ils sont connectés à des points de potentiel égaux et ne captureront donc aucun signal.

Sources: ECC Technical http://joataman.net/earth_mode/archive/ecc_tech.htm

Réception par onde de surface,

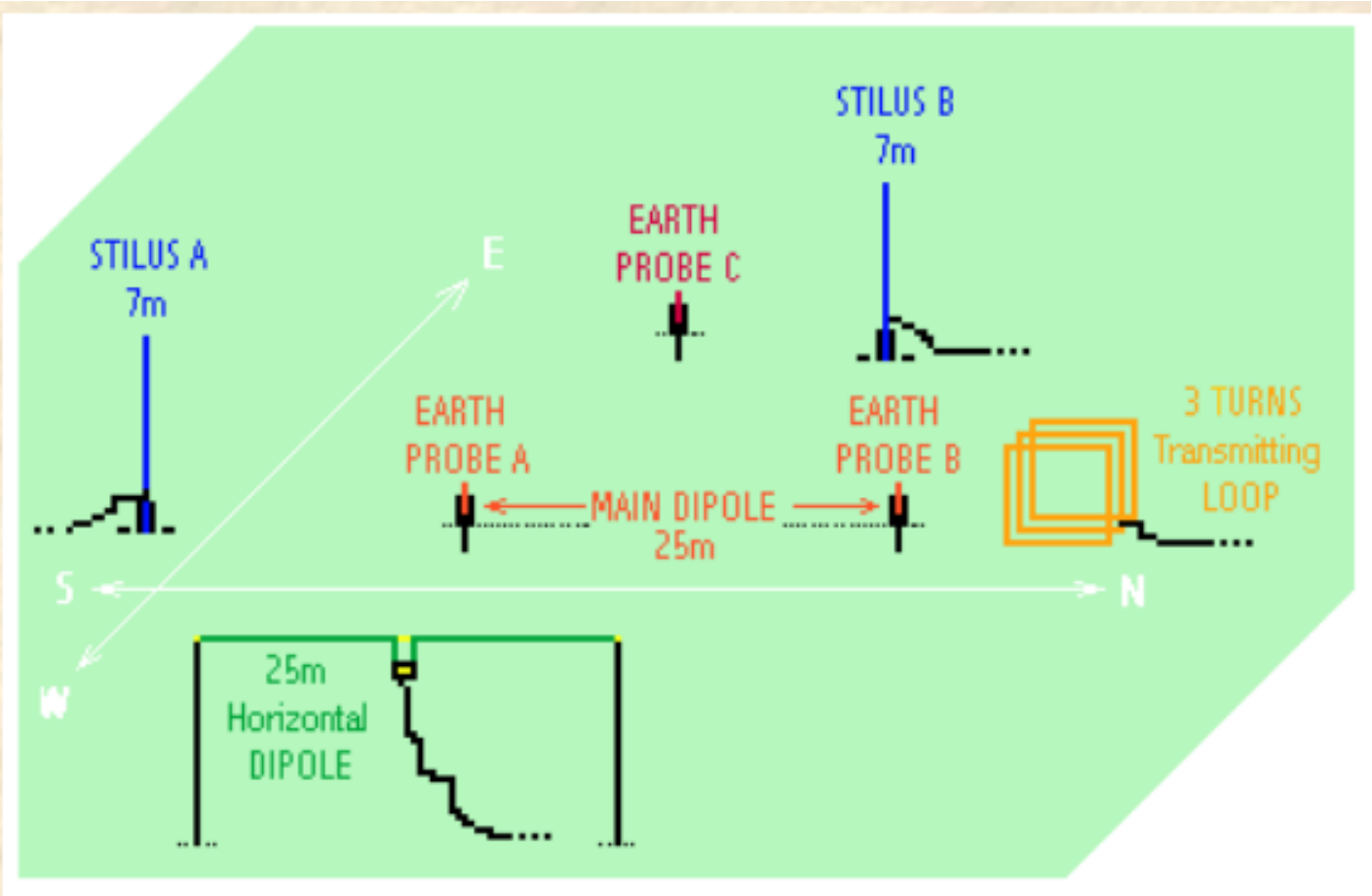


Réception par gradien de tension



http://www.vlf.it/ed/earthprobes.html

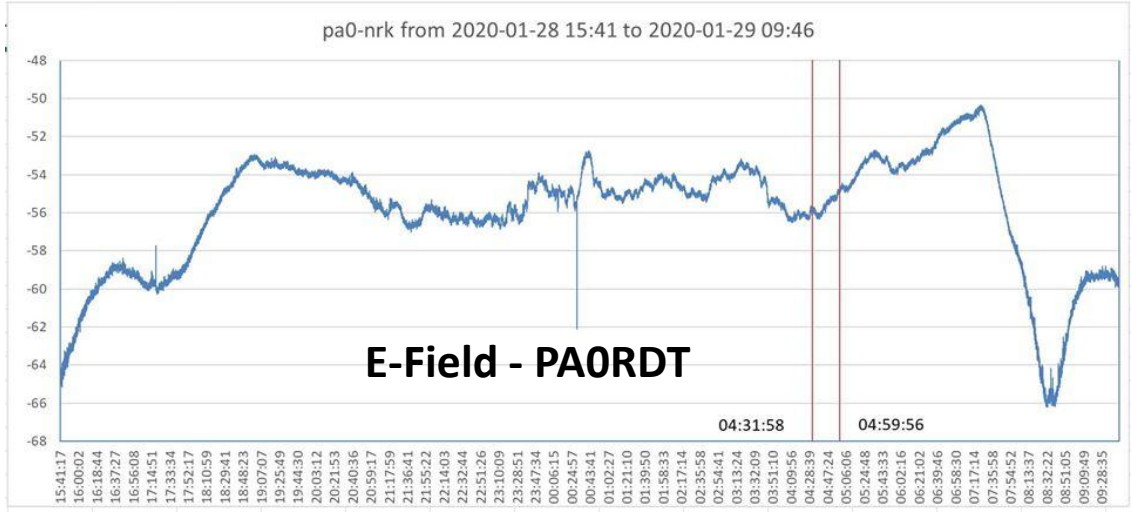
EarthProbe

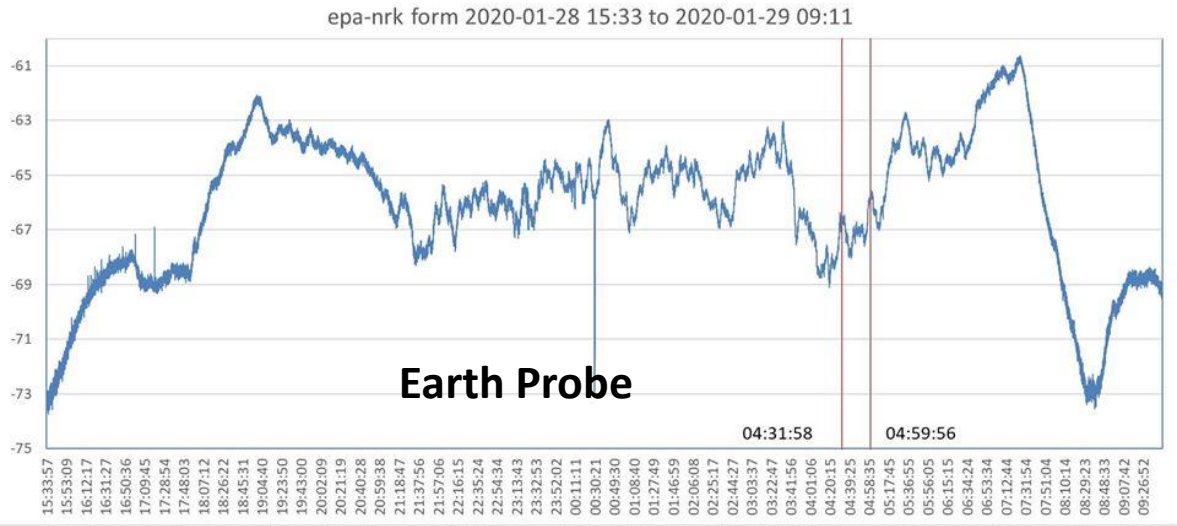


Un signal est envoyé avec les antennes verticales A et B. Elles ont été placées à environ 20 m des sondes de terre A-B. Le résultat était sans équivoque: le dipôle terrestre A-B a reçu un signal fort du stylet A et très faible du stylet B.

http://www.vlf.it/ed/earthprobes.html

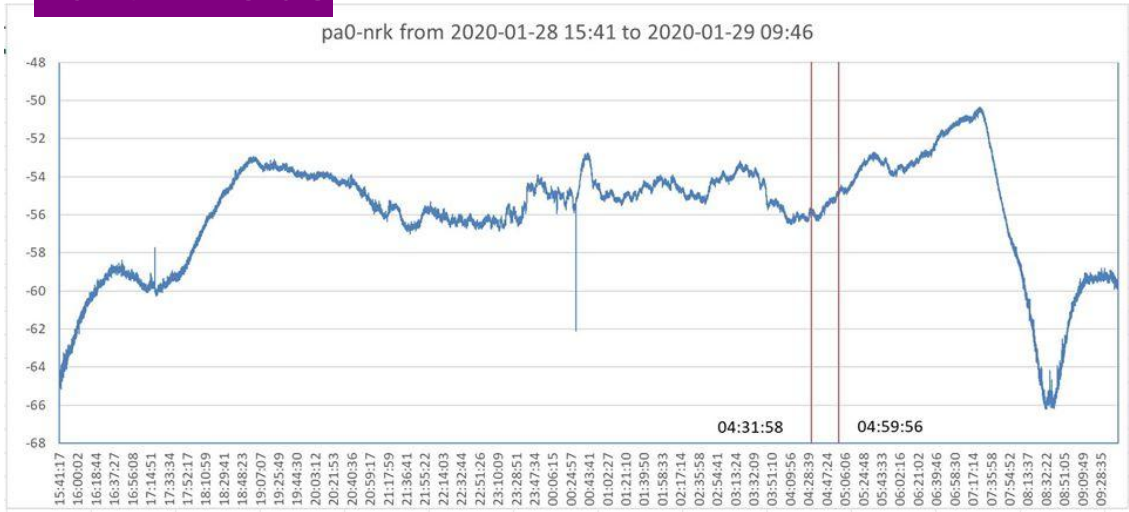
Comparaison entre deux enregistrements réalisés avec l'antenne E-Field et EarthProbe de F5VLB





EarthProbe

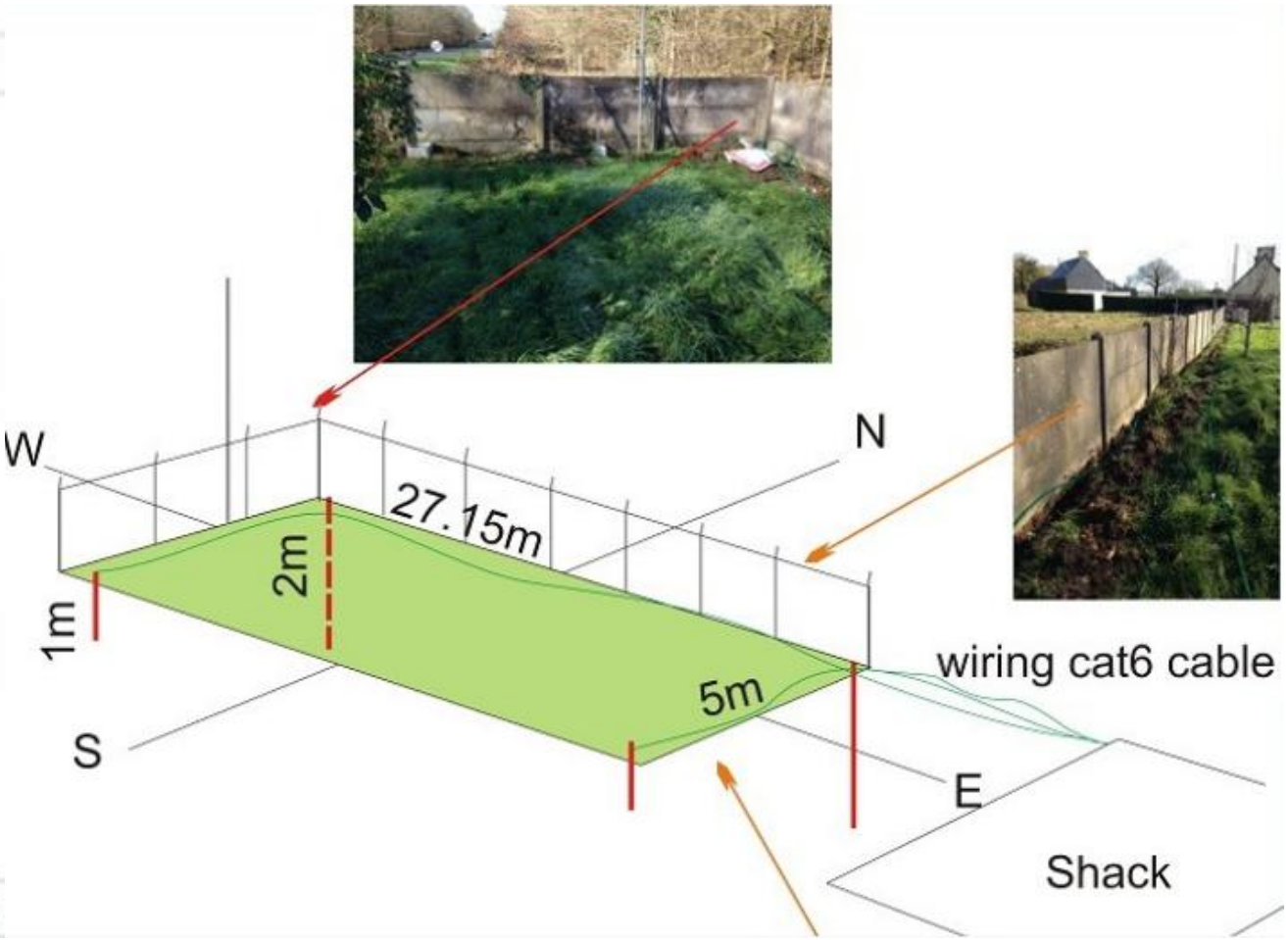
14/02/2020 – ARAM95 - F4IEW



Earthquake table Date	Time	Latitude	Longitude	Depth	Magnitude	Quality	Location
Monday 27.01.2020	18:57:11	63.891	-22.365	3.8 km	2.0	99.0	4.6 km WSW of Fagradalsfjall
Monday 27.01.2020	18:53:34	63.882	-22.385	6.2 km	**3.1**	99.0	5.6 km NNE of Grindavík
Tuesday 28.01.2020	07:11:37	63.862	-22.513	4.9 km	2.4	99.0	4.3 km NW of Grindavík
Wednesday 29.01.2020	04:59:56	63.852	-22.438	3.5 km	**3.2**	99.0	1.5 km N of Grindavík
Wednesday 29.01.2020	04:31:58	63.856	-22.442	3.1 km	**3.5**	99.0	1.9 km N of Grindavík

« Il y a eu 2 tremblements de terre qui se sont produits en Islande à 04:31:58 et 04:59:56. Peter Newton a inséré un marqueur à ces moments et tracé les données que vous voyez. **Beaucoup plus de travail doit être fait pour confirmer ce qui est montré et que ce n'est pas seulement une coïncidence » - F5VLB**

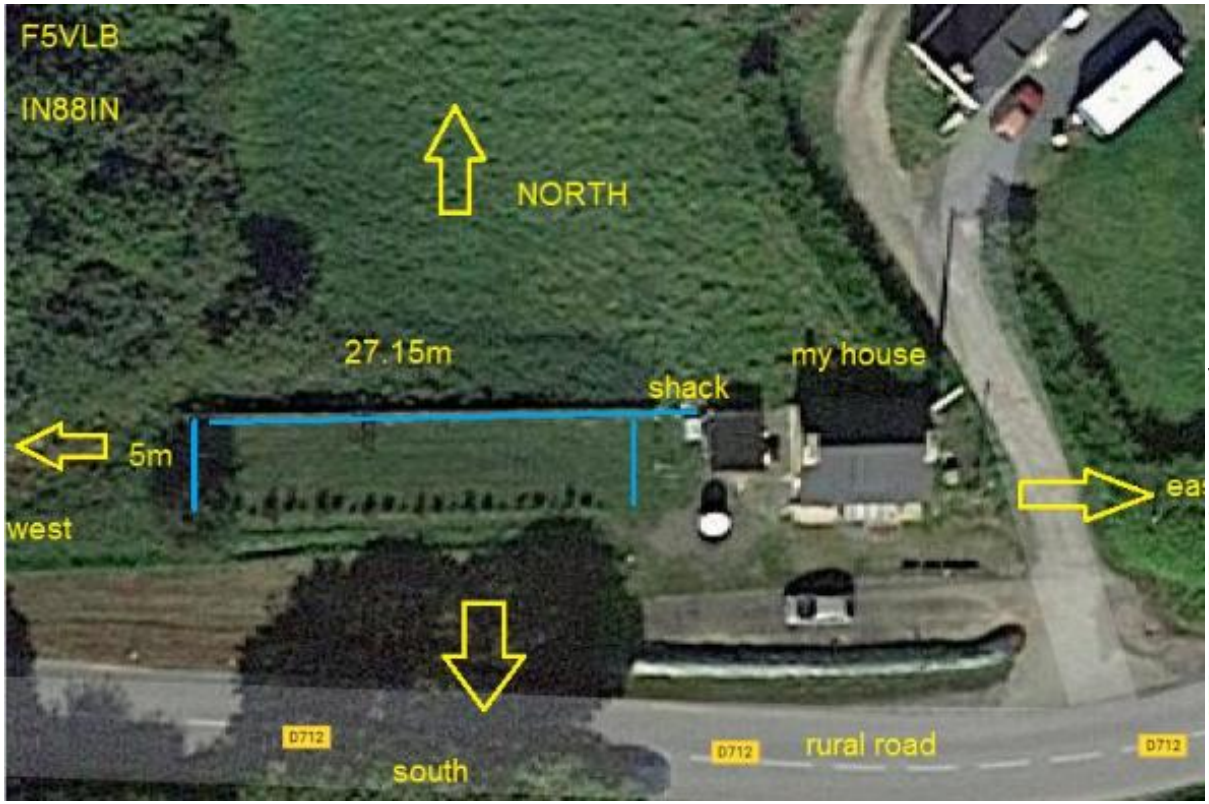
Earth probe 27,5m installation de F5VLB



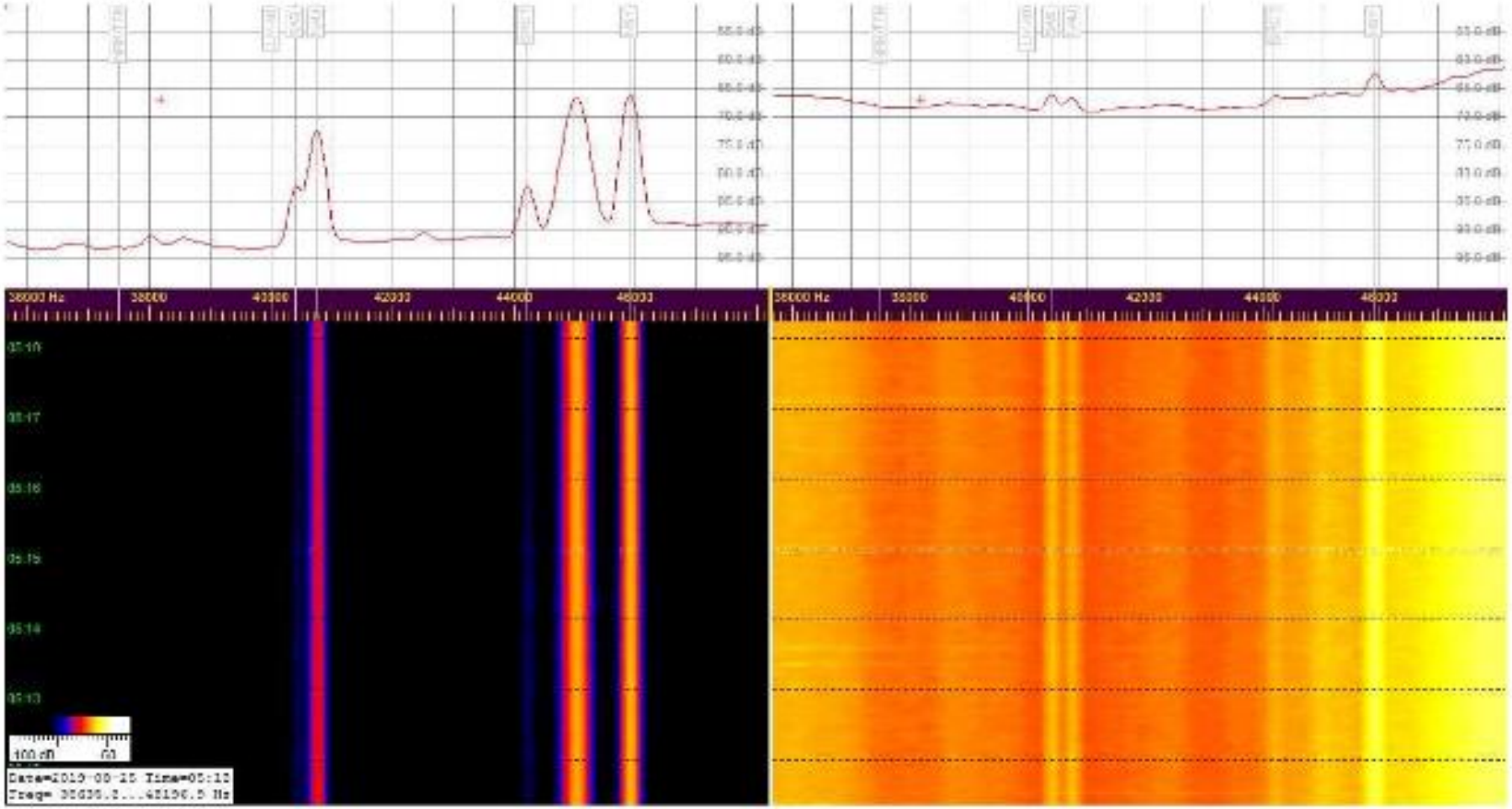
Earth probe 27,5m installation de F5VLB

Impédance mesurée au VNA:

Z = 52 + j1.2 ohms.



Comparaison réception antenne Earth probe à gauche et réception du champ E avec un système par F5VLB



Essais réalisés par F5VLB en 7 et 14 MHz avec ces antennes et le "record" est de 6363km en 7MHz (WSPR)

45 spots:

Timestamp	Call	MHz	SNR	Drift	Grid	Pwr	Reporter	RGrid	km	az	# Spots
2020-01-09 04:16	AE2EA	0.475763	-30	1	FN12fr	0.2	F5VLB	IN88in	5578	56	4
2020-01-09 04:00	K0KE	0.475673	-29	0	DM79pm	5	F5VLB	IN88in	7552	44	1
2020-01-09 02:20	K5DNL	0.475691	-28	0	EM15lj	5	F5VLB	IN88in	7393	46	9
2020-01-09 01:32	B64MYS	0.475620	-29	0	JO31	0.1	F5VLB	IN88in	800	250	11
2020-01-09 01:12	F6GEX	0.475615	-13	0	IN97na	0.5	F5VLB	IN88in	249	314	33
2020-01-08 22:12	DL3ARM	0.475737	-19	0	JO61cd	100	F5VLB	IN88in	1145	262	1
2020-01-08 21:24	G0FCU	0.475732	-28	0	IO91se	0.005	F5VLB	IN88in	355	216	1
2020-01-08 18:48	ON7ZO	0.475654	-19	0	JO20ei	10	F5VLB	IN88in	589	253	64
2020-01-08 18:18	DD2UJ	0.475677	-26	0	JO61wx	0.5	F5VLB	IN88in	1274	259	2
2020-01-08 18:04	IW4DXW	0.475789	-17	0	JN64bw	1	F5VLB	IN88in	1239	294	68

Liens internet

WebSDR pour écouter les VLF

http://websdr.ewi.utwente.nl:8901/?fbclid=IwAR0-xcYxdwTgxmnkaxC8PwuUNMyiOkt9C3yiCfxuQIZbRRQvfgkS4TjBKzw

Récepteur et émetteur sous les 9khz

https://sites.google.com/site/g3xbmqrp/Home/earthmode?fbclid=IwAR2vv6PB8YRa83qWby8ZeuhYT3KEF9qsegSp35_n65xvR6lTU2JULyybNuk

Liste des stations VLF:

https://sidstation.loudet.org/stations-list-fr.xhtml?fbclid=IwAR1y4JwxuIOpupAqV2GqfEFMk7-ZktWKyvS2mW4oamtVtsGaqEGtg4hFNGA

Groupe VLF de Stanford en Californie, site scientifique professionnel de référence:
https://vlf.stanford.edu/

Liens internet

Littérature sur le sujet des ELF-VLF :

Searching for meteor ELF /VLF signatures lien:
https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00638548/document

Evidence for VLF radio waves propagation perturbations associated with single meteors Jean-L. Rault International Meteor Organization Radio Commission :
https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00638549/file/Poster_M-SID_Jean-L_Rault_s.pdf
ELF/VLF radiation produced by the 1999 Leonid meteors
https://www.researchgate.net/publication/225202936_ELFVLF_radiation_produced_by_the_1999_Leonid_meteors

Site internet sur les VLF
http://www.vlf.it/

SAQ Grimeton (Suède)
https://alexander.n.se/

Logiciels utiles sous Windows:

SpectrumLab
https://www.qsl.net/dl4yhf/spectra1.html

Logiciel SAQ
https://sites.google.com/site/swljo30tb/

Liens internet

Logiciels utiles sous Linux:

Paul Nicholson: http://abelian.org/vlfrx-tools/

Autres liens:

QRSS
https://www.qsl.net/m0ayf/Receiving-QRSS.html#Choosing_a_Receiver

http://www.vlf.it/easyloop/_easyloop.htm

http://www.f6evt.fr/630m-472khz.html

https://en.vedur.is/earthquakes-and-volcanism/earthquakes?fbclid=IwAR200FikZ6nQOeYT4eDLAeGuSKVRJlzDlRlTYMXgmAIkXxpXXdPe40HTFe4#view=table

Base de donnée de signaux non identifiés :
https://www.sigidwiki.com/wiki/Template:DatabaseUNID?fbclid=IwAR0BdEz1KDLk1c_jYx67EYdQRiROsNgsMs--QEqkiP1-6jAKRJpRiROThjQ

Liens internet

Magnetic Sensor Design for Femtotesla Low-Frequency Signals
Sarah K. Harriman, *Student Member, IEEE, Evans W. Paschal, and Umran S. Inan, Fellow, IEEE :* *https://ieeexplore.ieee.org/document/5247115*

The D-Region Ion Composition By NARINDER NATH 1 and C. S. G. K. SFTTY 1
https://link.springer.com/article/10.1007%2FBF00876189

VLF ANTENNAS by Evren EKMEKÇİ, Middle East Technical University – May 2004
https://slideplayer.com/slide/4565821/

Propagation on 630-Meters and 2200-Meters, Carl Luetzelschwab K9LA December 2018
https://k9la.us/Dec18_Propagation_on_630m_and_2200m_-_revised_24Dec2018.pdf

A High Bandwidth, Low Noise Optical VLF Link by Mike Smith KE4RJQ
http://www.vlf.it/smith1/opticalink.html

Liens internet

Eric Dennison calculator
http://www.netdenizen.com/emagnet/offaxis/iloopcalculator.htm

THE RDF PROJECT. Radio Direction Finding of VLF and LF transmissions

http://www-user.uni-bremen.de/~ews2/RDF_project.htmKlaus'

Radio Page

http://longwave.bei.t-online.de/

Where you also find a very useful RDF calculator

http://longwave.bei.t-online.de/rdf.html

The world below 535kHz, by Costas Krallis SV1XV

http://www.qsl.net/sv1xv/index.html

LWCA,Longwave Club of America, The Longwave Homepage

http://lwca.org

Tony Field's azimuth map v3.2

http://members.shaw.ca/ve6yp/

mirror at:

http://www.qsl.net/ve6yp/Sheldon

Liens internet

C. Shallon's (W6EL) propagation and azimuth map program, W6ELProp v2.02.

The map section is very useful for building up a library of VLF bearings:

http://www.qsl.net/w6elprop/

Mother Nature's own cacophony of signals and noise in the VLF range. Stephen P. McGreevy, VLF sounds and samples:

http://www-pw.physics.uiowa.edu/mcgreevy/

NASA's online VLF receiver:

http://spaceweather.com/glossary/inspire.html

http://science.nasa.gov/headlines/y2001/ast19jan_1.htm

Larry's VLF site, sounds, schematics and much more:

http://home.pon.net/785/

THE OPEN LAB, Radio below 22 kHz, Renato Romero's much recommendable site, for experimentation, research and information, in the ELF and VLF frequency range:

www.vlf.it

The use of Frequency Selective Voltmeters as VLF receivers, by Don Moman:

http://members.home.net/rnewll/fsvm.htm

Liens internet

For construction of ground dipoles:

www.elfrad.com/

www.elfrad.org/

http://www.da4e.nl/elfspecial.html

For construction of induction coil antennas and ELF receivers:

http://wavelab.homestead.com/

For various ELF /ULF research, including spectrograms of the 2.5 Hz signal:

http://members.home.net/sidereal7/elfulf_research_in_arizona.htm

Loop antennas for VLF and below:

http://home.t-online.de/home/Peter.Schmalkoke/

Maps and coordinates, worldwide:

www.calle.com/world/

http://new2calle.com/worldUDXF

ELF and VLF GUIDE is compiled for UDXF, by Trond Jacobsen at ALFLAB

http://www.udxf.nl/

For direct contact: trond.jacobsen@halden.net

Annexes

MEASUREMENT SCIENCE REVIEW, Volume 5, Section 2, 2005

Human electromagnetic emission in the ELF band

J. Lipkova, J. Cechak

Radar Department, Faculty of Military Technology, University of defence,
Kounicova 62, 612 00, Brno, Czech republic
Email: jaroslav.cechak@unob.cz

Abstract:
Submitted report is oriented to the area of detection of signals emanated by Man in the ELF – Extremely Low Frequencies range. Designed and applied antenna system suitable for signal reception in the ELF band is presented here. Results of digital signal processing in the ELF band are presented in the report in the graphic form together with the photographic material provided in the course or signal recording. Finally, there is discussion of possibilities of the ELF band signal analysis for detection of men – for example under the snow avalanche, in cave-in in underground mines, etc.

Keywords: ELF, Distance detection, Schumann resonance

MEASUREMENT SCIENCE REVIEW, Volume 5, Section 2, 2005

Human electromagnetic emission in the ELF band

J. Lipkova, J. Cechak

Conclusion:

Il est évident, d'après les mesures fournies et leur analyse jusqu'à présent, que l'homme émet des l'énergie dans la bande d'intérêt. Cette bande était située délibérément à l'intervalle de fréquence de 0,5 à 30 Hz.

Dans les travaux suivants, il est nécessaire d'optimiser la taille d'ouverture de l'antenne du point de vue de dimensions raisonnables et d'effectuer un ensemble de mesures permettant la détection du corps humain emprisonné sous l'avalanche de neige,

References:

[1] Gandhi K., *Biological Effects of ELF PF radiation*, 1977
[2] Cummer, J. A., *Lightning and ionospheric remote sensing using VLF/ELF radio atmospherics*, Stanford University, 1997
[3] Jones, D. L., *Extremely Low Frequency (ELF) ionospheric radio propagation* studies using natural sources, IEEE Trans. Comm., 1974

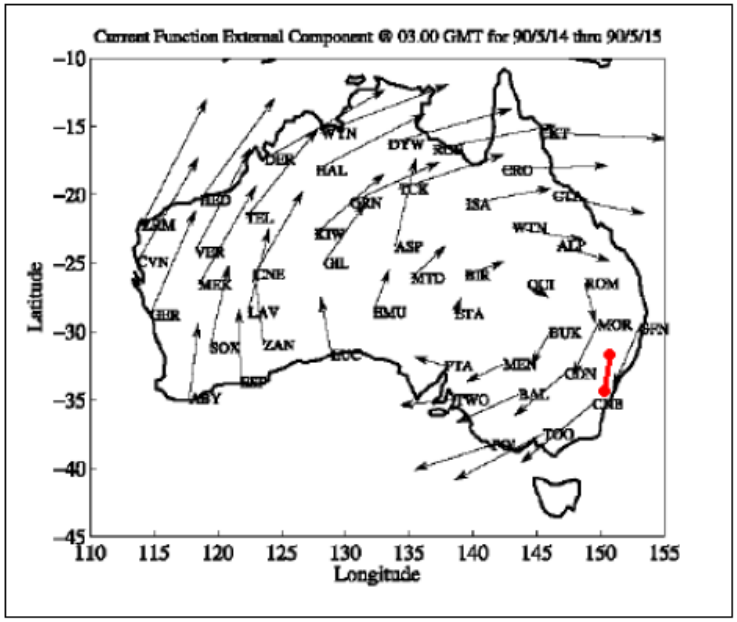
>> Retour <<

[Annexe 2]

Basic Principles

Apparently there are large telluric (from Latin tellus, "earth") currents induced in the Earth's crust by the Earth's magnetic field. These vary in magnitude but are in the order of 100's to 1000's of amps.

Local variations in the conductivity of the Earth's crust affect the density of these currents as they while follow the path of least resistance. This effect can be used to detect the presence of low-conductivity ore bodies beneath the crust in geological surveys.



There exists a nominal steady-state telluric current called the Sq (sun quiet) current. The above map shows a snapshot of this in May 2005. The red line is the orientation of the earth electrode pair used here for measurements and experiments (orientation only - not to scale !!!).

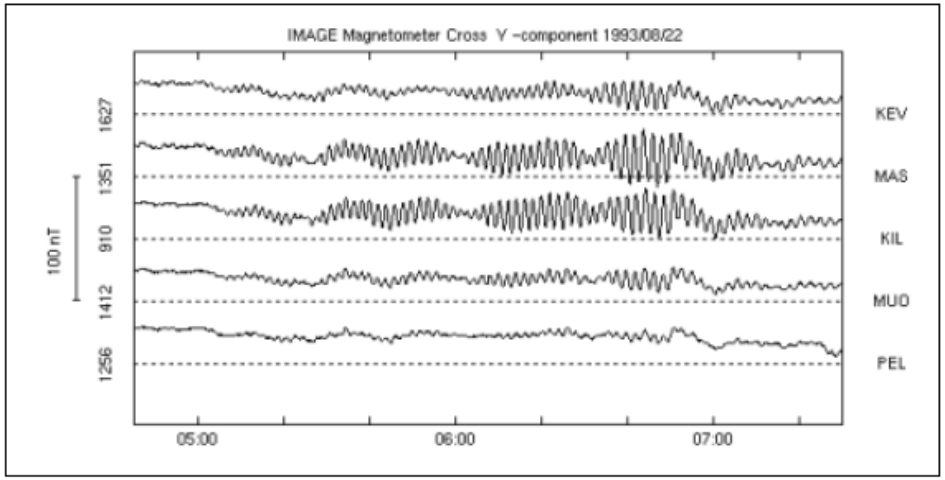
Along with the currents induced in the Earth's crust, any man-made conducting objects on or beneath the Earth's surface will also have large currents induced in them. This can cause power grid systems to trip from the overload.

High sun activity can buffet the Earth's magnetic field which in turn can cause fluctuations in the induced currents increasing the likelihood of such interruptions.

Disturbances to the Earth's magnetic field can cause an oscillatory effect whose frequency range is constrained by the dimension of and the propagation speed through the ionospheric plasma field.

02/01/2020

Telluric Introduction



These oscillations are categorised from Pc-1 through Pc-5 in terms of increasing period. The longest period Pc-5 oscillations (from periods from about 14 minutes to 20 minutes) are thought to be directly driven by solar wind oscillations as the there is some correlation between the wave packets in the solar wind and the Pc-5 wave packet structure. Additionally, these longer period oscillations are too long to be governed entirely by magnetospheric cavity/waveguide effects.

Source: joataman.net/telluric/info/tell_intro.htm

>> Retour <<

Les résonances Schumann (SR) sont un ensemble de pics de spectre dans la partie extrêmement basse fréquence (ELF) du spectre du champ électromagnétique de la Terre. Les résonances Schumann sont des résonances électromagnétiques globales, générées et excitées par des décharges de foudre dans la cavité formée par la surface de la Terre et l'ionosphère.

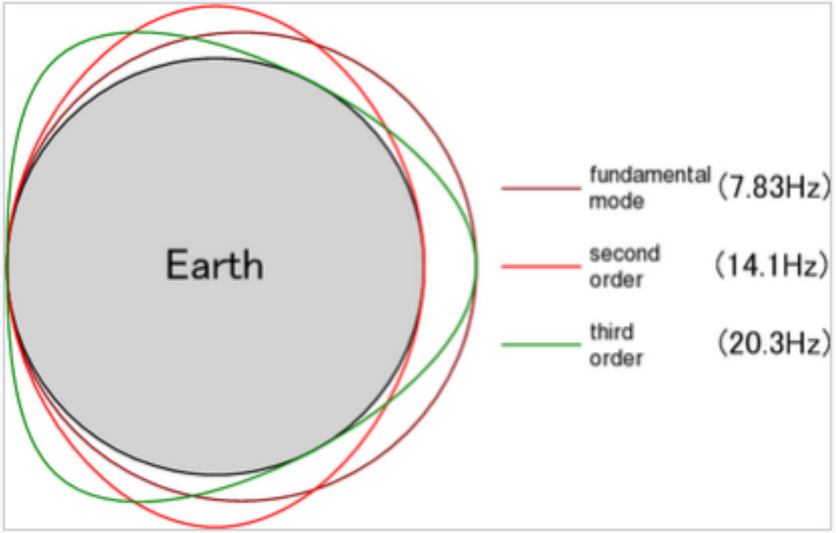
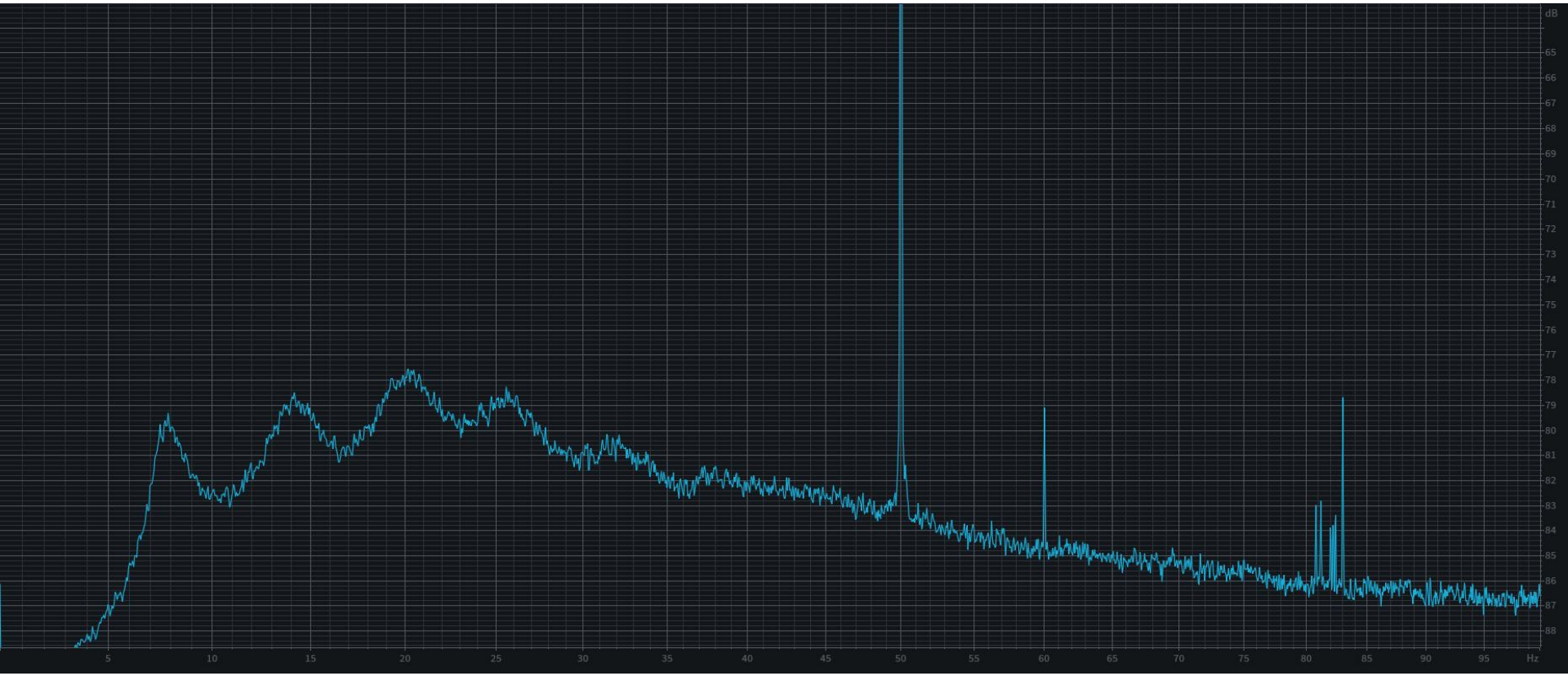


Diagram of Schumann resonances in Earth's atmosphere



Analyse spectrale d'un enregistrement effectué en décembre 2017 à l'Observatoire de haute Provence dans la bande 0 à 100 Hz.

http://www.vlf.it/F6AGR/meteorsignatures.html

Ce phénomène de résonance électromagnétique mondiale tire son nom du physicien Winfried Otto Schumann qui l'a prédit mathématiquement en 1952. Les résonances Schumann se produisent parce que l'espace entre la surface de la Terre et l'ionosphère conductrice agit comme un guide d'onde fermé. Les dimensions limitées de la Terre font que ce guide d'ondes agit comme une cavité résonante pour les ondes électromagnétiques dans la bande TLF. **La cavité est naturellement excitée par les courants électriques de la foudre. Les résonances de Schumann sont le principal bruit de fond dans la partie du spectre électromagnétique de 3 Hz à 60 Hz, et apparaissent comme des pics distincts à des fréquences extrêmement basses (TLF) autour de 7,83 Hz (fréquence fondamentale), 14,3, 20,8, 27,3 et 33,8 Hz.**

Dans les descriptions des modes normaux des résonances de Schumann, le mode fondamental est une onde stationnaire dans la cavité Terre-ionosphère avec une longueur d'onde égale à la circonférence de la Terre. Ce mode de résonance Schumann à la fréquence la plus basse (et à l'intensité la plus élevée) se produit à une fréquence d'environ 4,11 Hz, mais cette fréquence peut varier légèrement du fait d'une variété de facteurs, tels que les perturbations induites par le rayonnement solaire sur l'ionosphère, qui comprime la partie supérieure de la proie de la cavité fermée. Les modes de résonance supérieurs sont espacés à environ 6,5 Hz d'intervalles, une caractéristique attribuée à la géométrie sphérique de l'atmosphère.

Les observations des **résonances de Schumann ont été utilisées pour suivre l'activité mondiale de la foudre.** En raison du lien entre l'activité de la foudre et le climat de la Terre, il a été suggéré qu'ils pourraient également être utilisés pour surveiller les variations de température mondiale et les variations de vapeur d'eau dans la haute troposphère. Il a été émis l'hypothèse que la foudre extraterrestre (sur d'autres planètes) pourrait également être détectées et étudiées au moyen de leurs signatures de résonance Schumann. Les résonances de Schumann ont été utilisées pour étudier l'ionosphère inférieure sur Terre et il a été suggéré comme un moyen d'explorer l'ionosphère inférieure sur les corps célestes. Des effets sur les résonances de Schumann ont été signalés à la suite de perturbations géomagnétiques et ionosphériques. Plus récemment, des excitations de résonance Schumann discrètes ont été liées à des événements lumineux. Un nouveau domaine d'intérêt utilisant les résonances Schumann est lié à la prévision, à court terme, des tremblements de terre .
L'intérêt pour les résonances Schumann a été renouvelé en 1993 lorsque ER Williams a montré une corrélation entre la fréquence de résonance et les températures de l'air tropical, suggérant que la résonance pourrait être utilisée pour surveiller le réchauffement climatique. **En géophysique appliquée, les résonances de Schumann sont utilisées dans la prospection de gisements d'hydrocarbures en mer.**

>> Retour <<

ZEVS

Emetteur ULF expérimental, péninsule de Kola, Russie:) ACTIF, mais aucune information récente Conçu et exploité par le RIPR (Institut russe des radio-structures puissantes) à Saint-Pétersbourg, Russie. Comme les Russes l'appellent; la première «installation ULF flexible et facile pour les applications géophysiques» Comme ligne d'alimentation pour l'antenne dipol mise à la terre, est utilisée sur une longueur de 108 km d'une ligne électrique HT, propriété de Kola Peninsula Powerline Company. La ligne HT va de leur centrale hydroélectrique, près de Serbryansky sur la rivière Varonya, à Kola-Kildinstroy au sud de Mourmansk. L'émetteur portable de 50 kW fournit 60 à 100 A sur la ligne à ces fréquences; Bande de 0,6 -12 Hz, bande de 2-3 Hz et tests de fréquence unique à 4, 8, 10 et 12 Hz

http://www.udxf.nl/

>> Retour <<

Meteor pulses

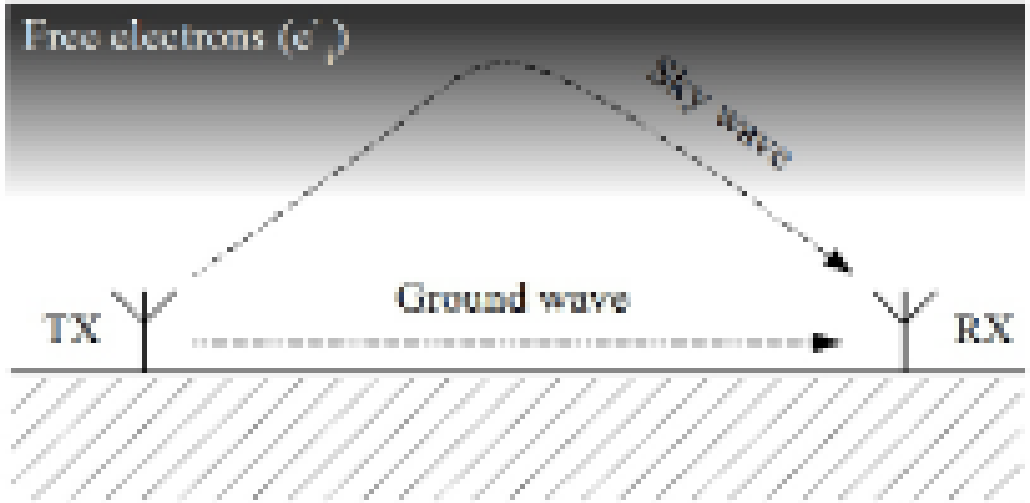
Evidence for VLF radio waves propagation perturbations associated with single meteors

Jean-L. Rault
International Meteor Organization Radio Commission, f6agr@orange.fr

Evidence is given in this presentation that under some circumstances, a single meteor, when entering the Earth atmosphere, is capable of disturbing the propagation of VLF (Very Low Frequency) electromagnetic waves in the Earth ground-ionosphere waveguide.

VLF waves propagation

Natural and man-made VLF (Very Low Frequency) electromagnetic waves propagate on Earth at very long distances, thanks to a natural low attenuation waveguide. The ground and the lowest layer of the ionosphere behave like a two parallel plates low attenuation waveguide.

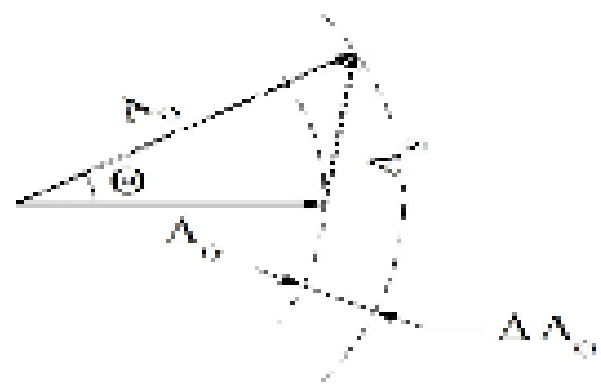


Les signatures potentielles de météores doivent être sélectionnées avec grand soin. Le critère pour décider d'un événement ELF / VLF a été potentiellement produit par un météore était de sélectionner uniquement des signatures basse fréquence inhabituelles, c'est-à-dire des signatures différentes des décharges sferiques, tweeks, siffleurs ou coups de foudre locaux bien connus.

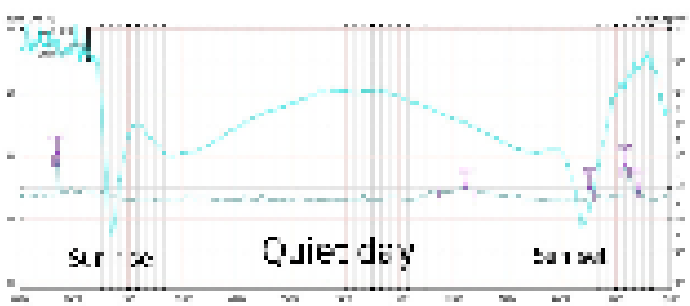
http://www.vlf.it/F6AGR/meteorsignatures.html

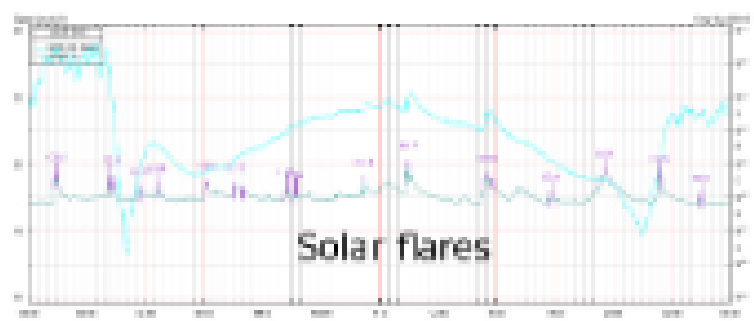
VLF waves propagation disturbances

According to the ray tracing method commonly used to describe VLF radio propagation on short to moderate distances (<2000 km) [1], the amplitude of a VLF radio wave at a given observation location is the vectorial sum $\vec{A}_O = \vec{A}_G + \vec{A}_S$. Vector lengths of $\vec{A}_G$ and $\vec{A}_S$ represent respectively the amplitude of the ground wave propagating along the Earth surface, and of the sky wave reflected from the D or E layer of the Ionosphere. The angle between the two vectors represents the phase (delay) between the ground wave and the sky wave components.



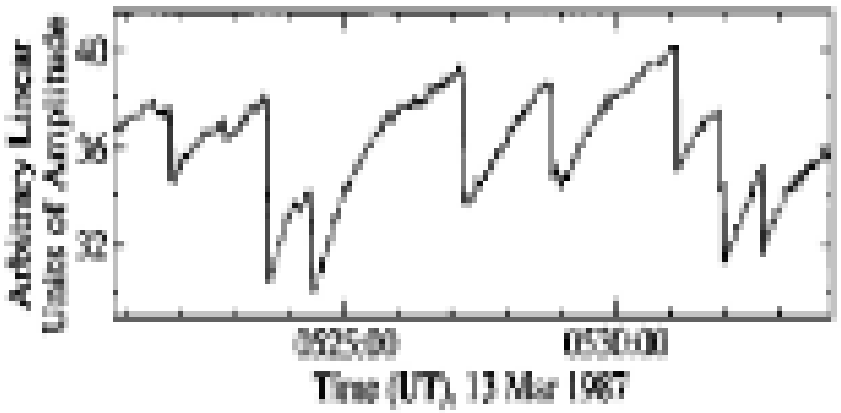
The amplitude and the phase of the sky wave $\vec{A}_S$ at the observation location depend on the altitude and on the density of free electrons of the D or E layer of the Ionosphere. Various natural phenomenons such as solar flares, polar cap absorption events, X rays and γ rays radiated by distant stars, and lightning create long duration or short transient VLF propagation disturbances by modifying the Ionospheric D or E layer parameters [2].



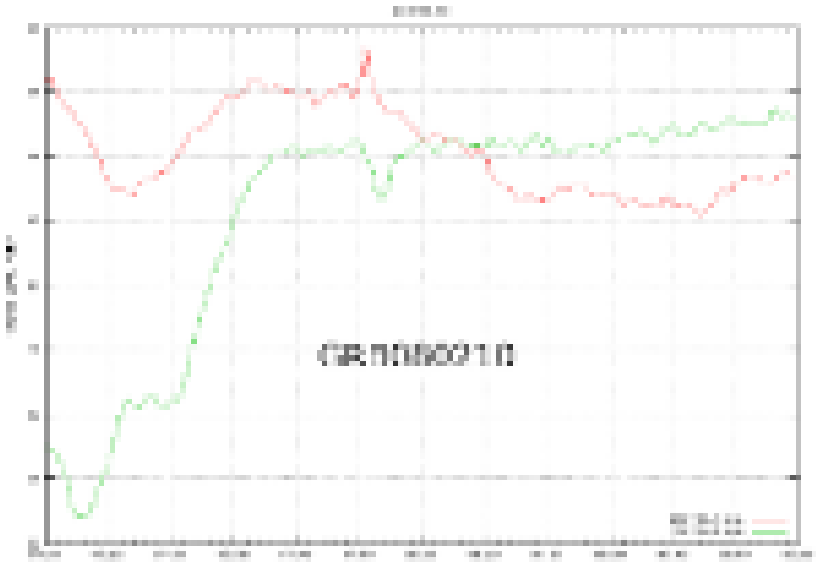


Exemples of solar effects on the VLF propagation [3]

Evidence for VLF radio waves propagation perturbations associated with single meteors, Jean-L. Rault



Lightning induced electron precipitations [4]



Gamma ray burst [5]

Evidence for VLF radio waves propagation perturbations associated with single meteors, Jean-L. Rault

Searching for VLF disturbances induced by meteors

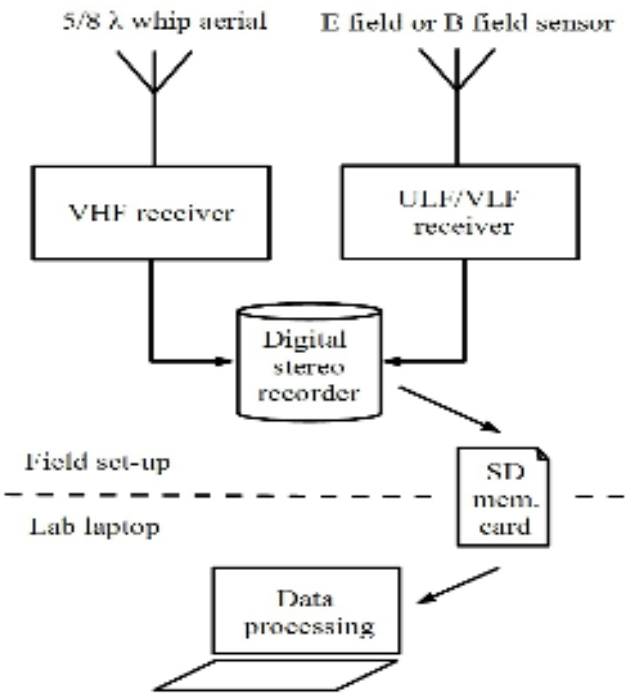
VLF phase [6] and amplitude [7] transient variations occurring during meteor showers were reported in the past, but these variations were observed on a statistical basis and at large time scales only (i.e. averaged values), but were not directly linked to any single meteors.

Observation of a first transient VLF disturbance induced by a single meteor

In the framework of a joint radio/video meteor observations campaign, VLF/VHF radio and video data were synchronously recorded at the Pic du Midi observatory during the 2010 Geminids meteor shower [5].

The radio set-up consisted mainly of an home-made e-field ELF/VLF broadband receiver (5 Hz to 24 kHz pass-band), a VHF commercial receiver dedicated to meteor pings detection and a digital hifi stereo recorder. Five military communications VLF transmitters (GBZ, DHO38, FTA, HWU and ICV) were monitored simultaneously 24 hours a day. Meteors were detected in VHF forward scatter mode, using the french military Graves (GRV) radar as targets illuminator (See map below).

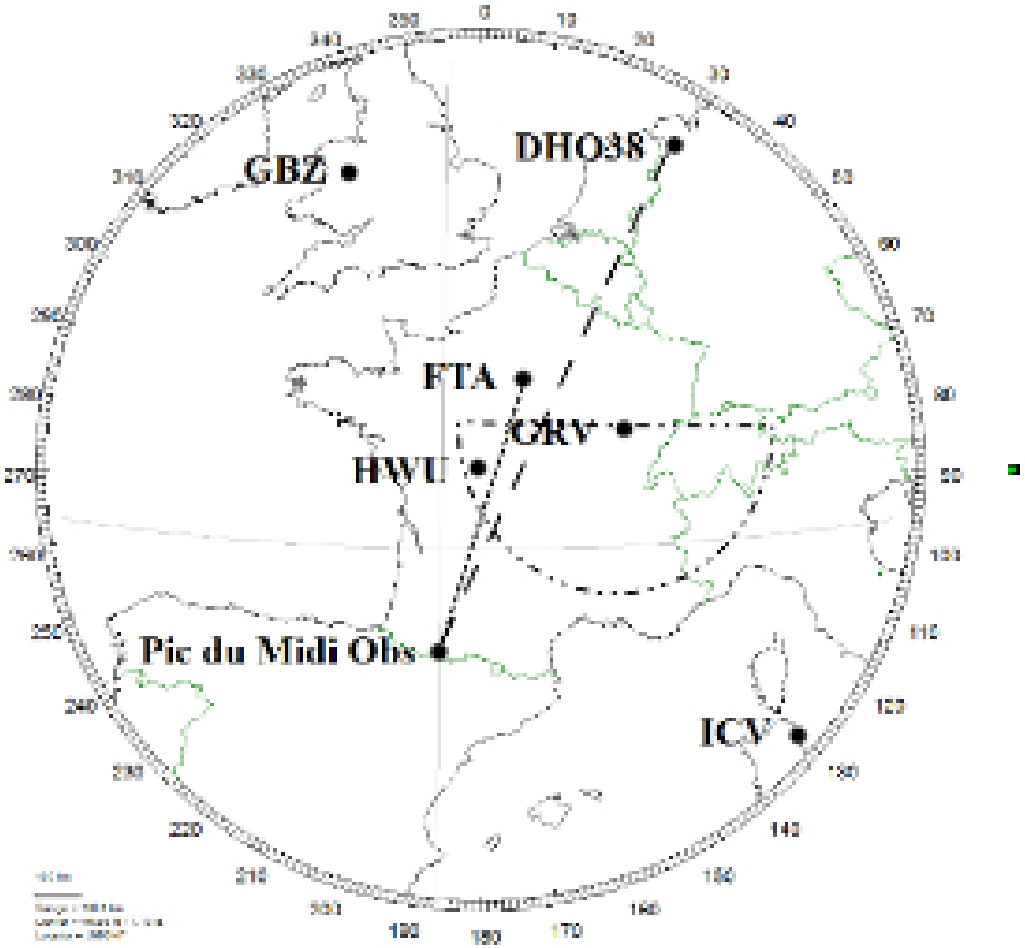
Short amplitude transients on the amplitude of the german VLF transmitter DHO38 and of the french VLF transmitter FTA were



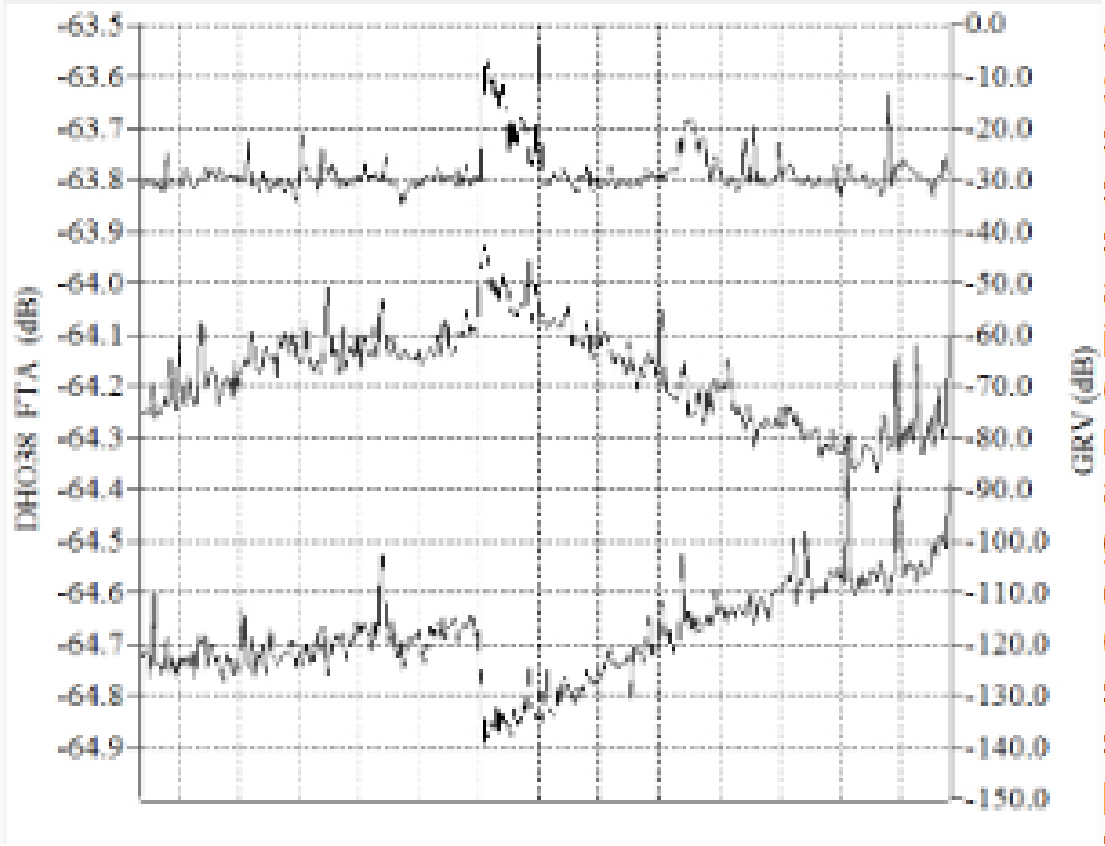
serendipitously observed when a large meteor entered the atmosphere on december 13 at 23ʰ13ᵐ44ˢ UT. No visible transients were observed at the same time on the amplitudes of GBZ, HWU or ICV.

On the plot below, the upper trace shows successive meteor echoes, detected in forward VHF scatter mode.

The middle trace shows a constructive interference between $\vec{A}_S$ and $\vec{A}_G$ detected on FTA, and the lower trace shows a destructive interference on DHO38.



The horizontal time scale on the figure below is 10 s/div, and the vertical VLF amplitudes scale are 0.1 dB/div.

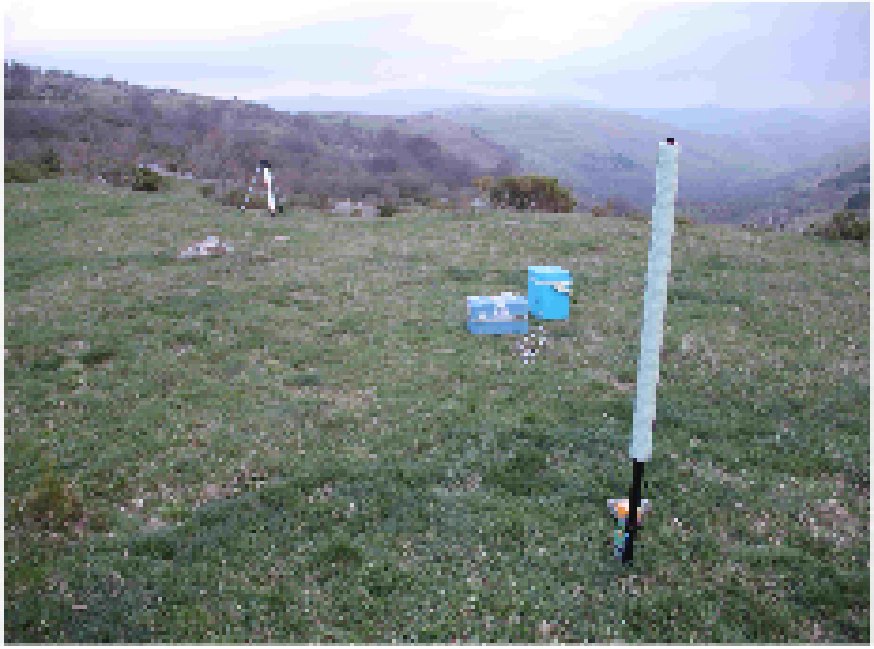


Such "M-SID" (Meteor induced Sudden Ionospheric Disturbance) seem to be faint and rare. They are supposed to be created by a sudden variation of density and/or altitude of the lower region of the ionosphere, this variation being due to the appearance of a large meteor overdense trail (presenting a free electrons line density greater than $2x10^{14}$ electrons/meter) . Until now, all the observed transcients present a similar shape, starting with a steep slope and followed by a progressive recovery (about 60 seconds long) .

Evidence for VLF radio waves propagation perturbations associated with single meteors, Jean-L. Rault

Observation of further meteor transient VLF disturbances

During the 2013 Lyrids meteor shower, a campaign dedicated to the observation of potential VLF meteor perturbations was performed in a remote area located in Lozère, France. About 50 large overdense meteors echoes were manually analysed and several new meteor-induced VLF amplitude disturbances were found. Former various VHF/VLF records performed mainly during Geminids 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, Leonids 2009, 2012, Perseids 2009, 2010, 2011, 2012 are waiting for manual analysis ...

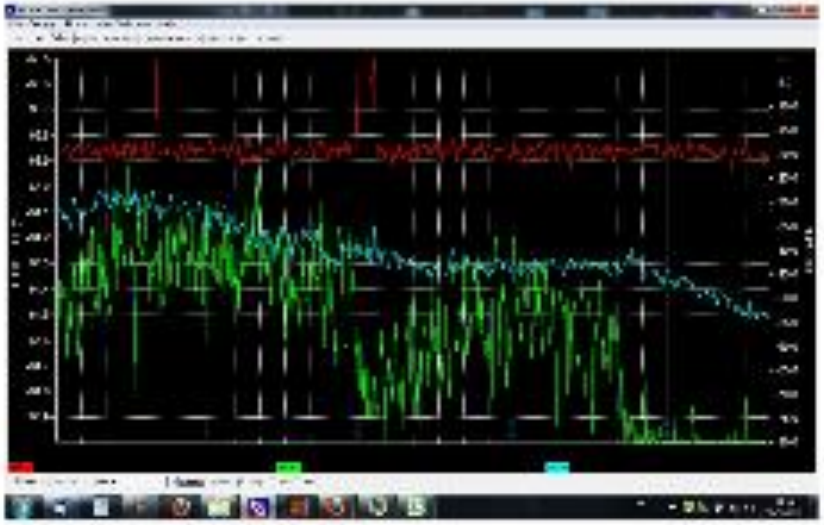


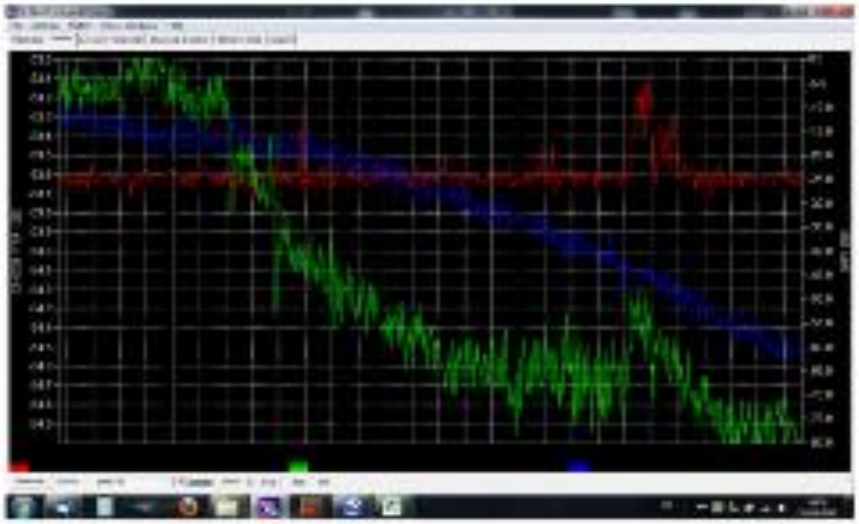
From left to right: VHF aerial, electronics container and ELF/VLF aerial

Evidence for VLF radio waves propagation perturbations associated with single meteors, Jean-L. Rault

[Annexe 5]

14/02/2020 – ARAM95 - F4IEW



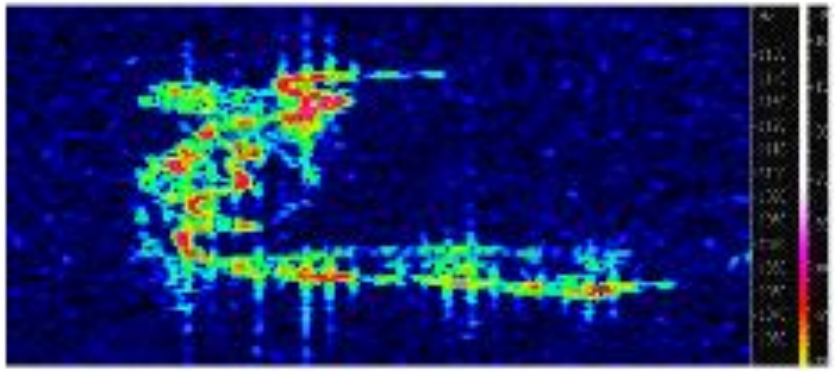


Green: HWU transmitter (France)

Pale blue: DHO38 tranmitter (Germany)

Dark blue: GBZ transmitter (UK)

Red: VHF meteor pings



Spectral analysis of the above meteor echo

Evidence for VLF radio waves propagation perturbations associated with single meteors, Jean-L. Rault

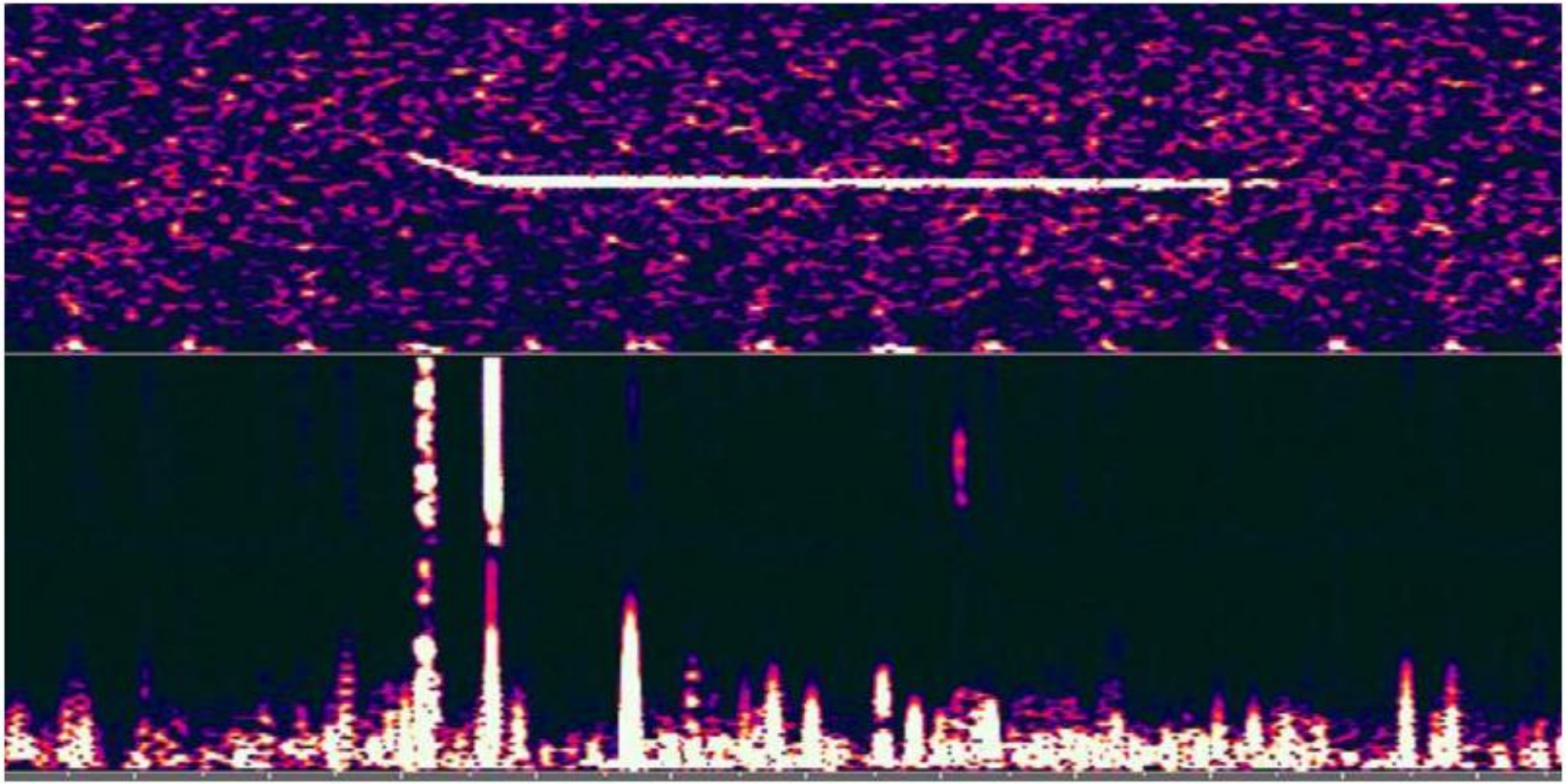


Figure 8 – VLF spikes during a meteor head echo (frequency domain)

http://www.vlf.it/F6AGR/meteorsignatures.html

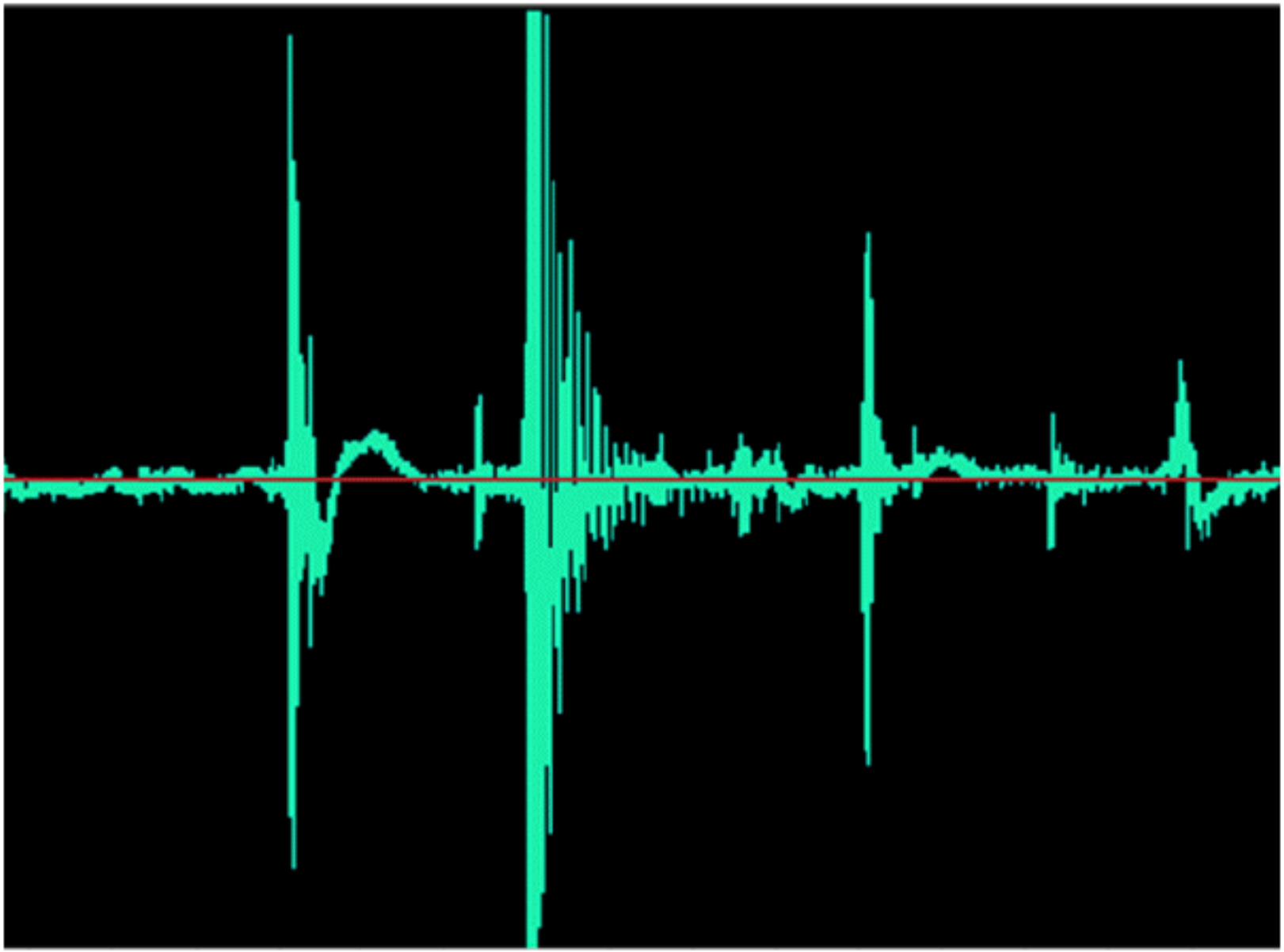


Figure 9 – Same VLF spikes but seen in the time domain

http://www.vlf.it/F6AGR/meteorsignatures.html

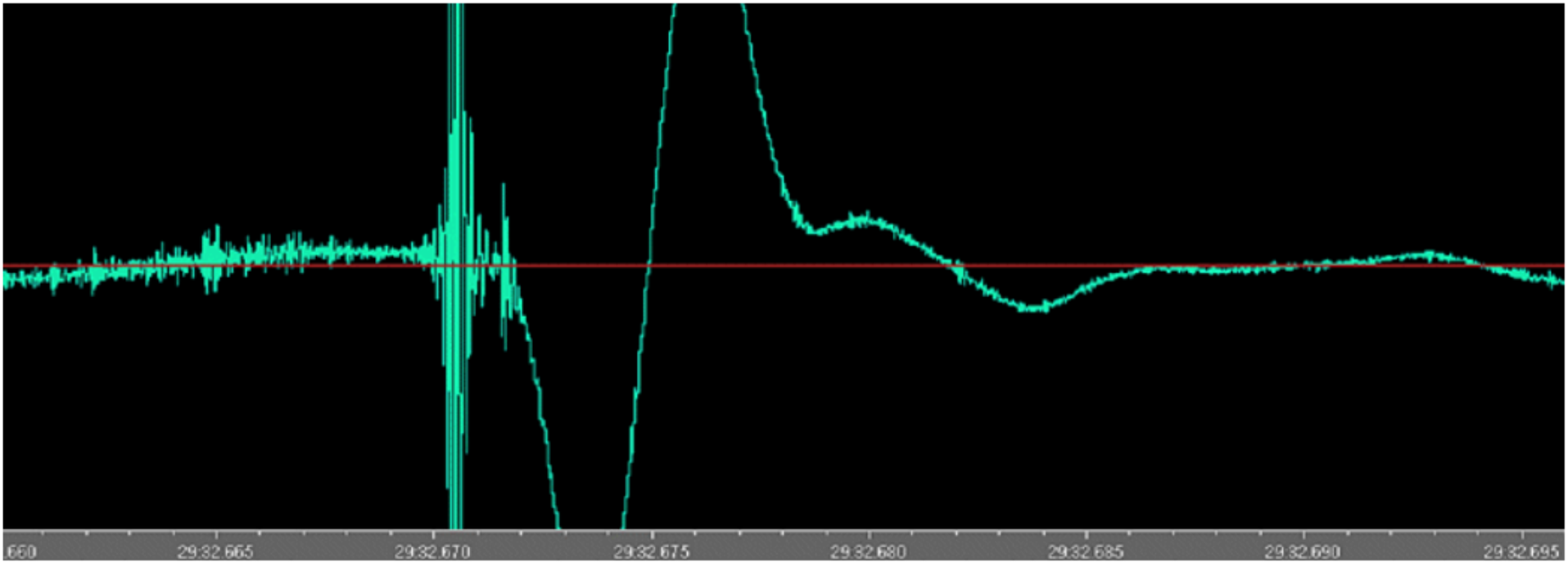


Figure 11 – Time domain representation of a very large ELF spike associated with a meteor ping

http://www.vlf.it/F6AGR/meteorsignatures.html

Searching for meteor ELF /VLF signatures

J.-L. Rault

▶ **To cite this version:**

J.-L. Rault. Searching for meteor ELF /VLF signatures. WGN, 2010, 38, pp.67-75. hal-00638548

https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00638548/document

HAL Id: hal-00638548

https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00638548

Submitted on 5 Nov 2011

The Generation of VLF Emissions by Meteors

Dr David Morgan

Figure 4.9 A Typical VLF Antenna System used in the foregoing studies

The VLF receiver is described in the following:

The block diagram of the receiver is shown in Figure 5.1

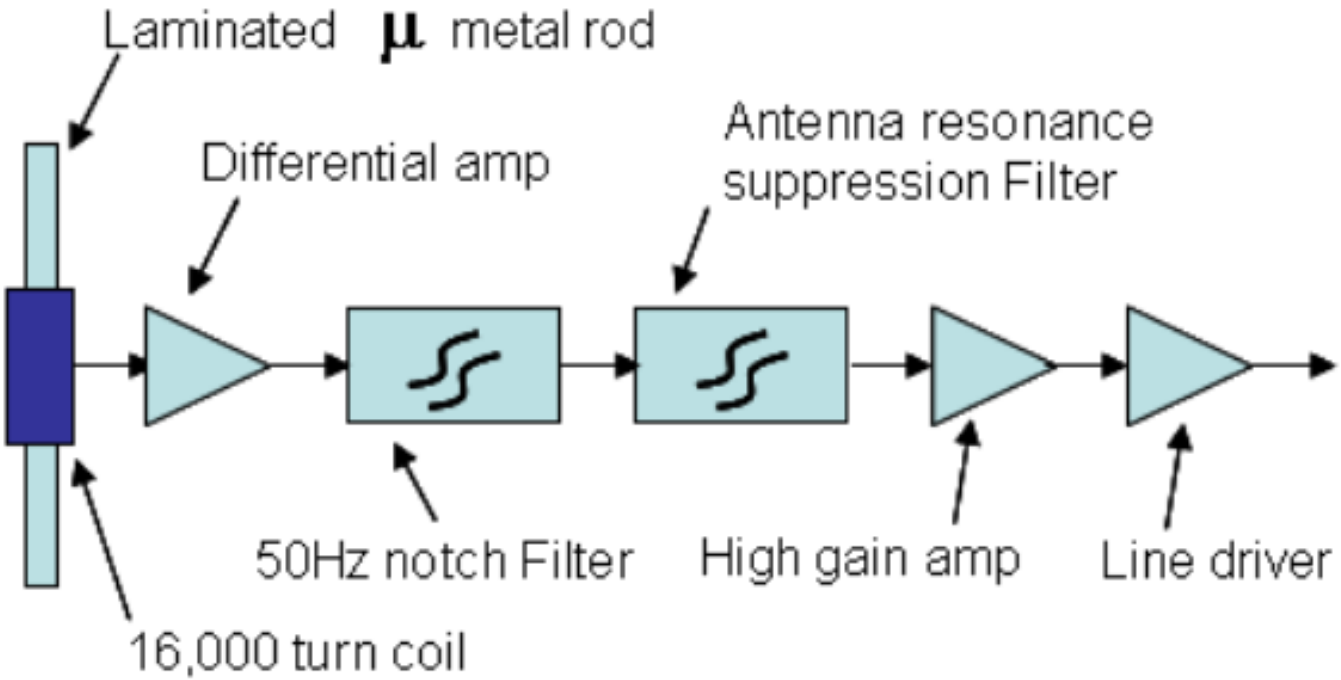


Figure 5.1 Compact wideband VLF Receiver

The Generation of VLF Emissions by Meteors, Dr David Morgan

The frequency response of the VLF receiver is 20 Hz to 24 kHz. The device is pictured in Figure 5.2.

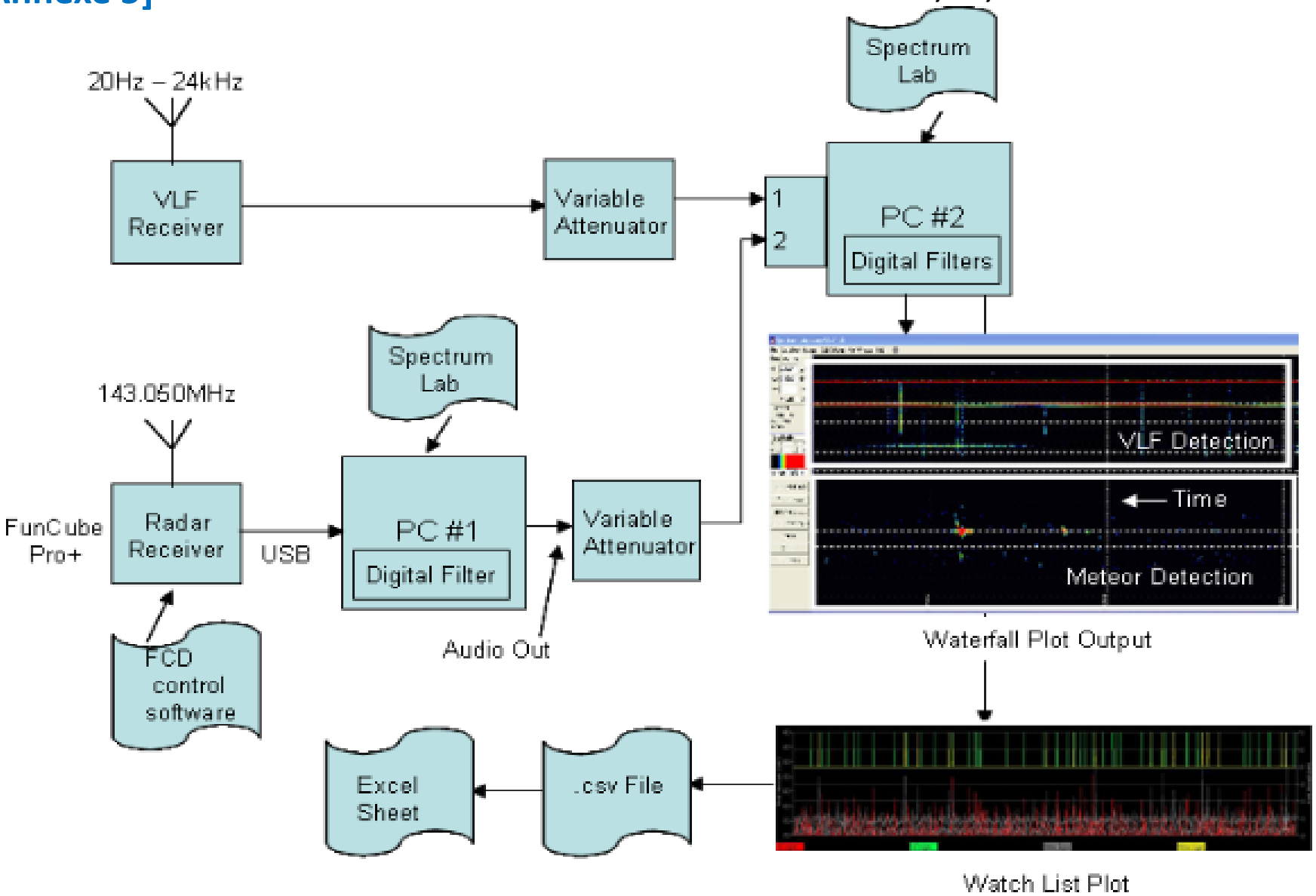


Figure 5.5 The System Block Diagram

The Generation of VLF Emissions by Meteors, Dr David Morgan

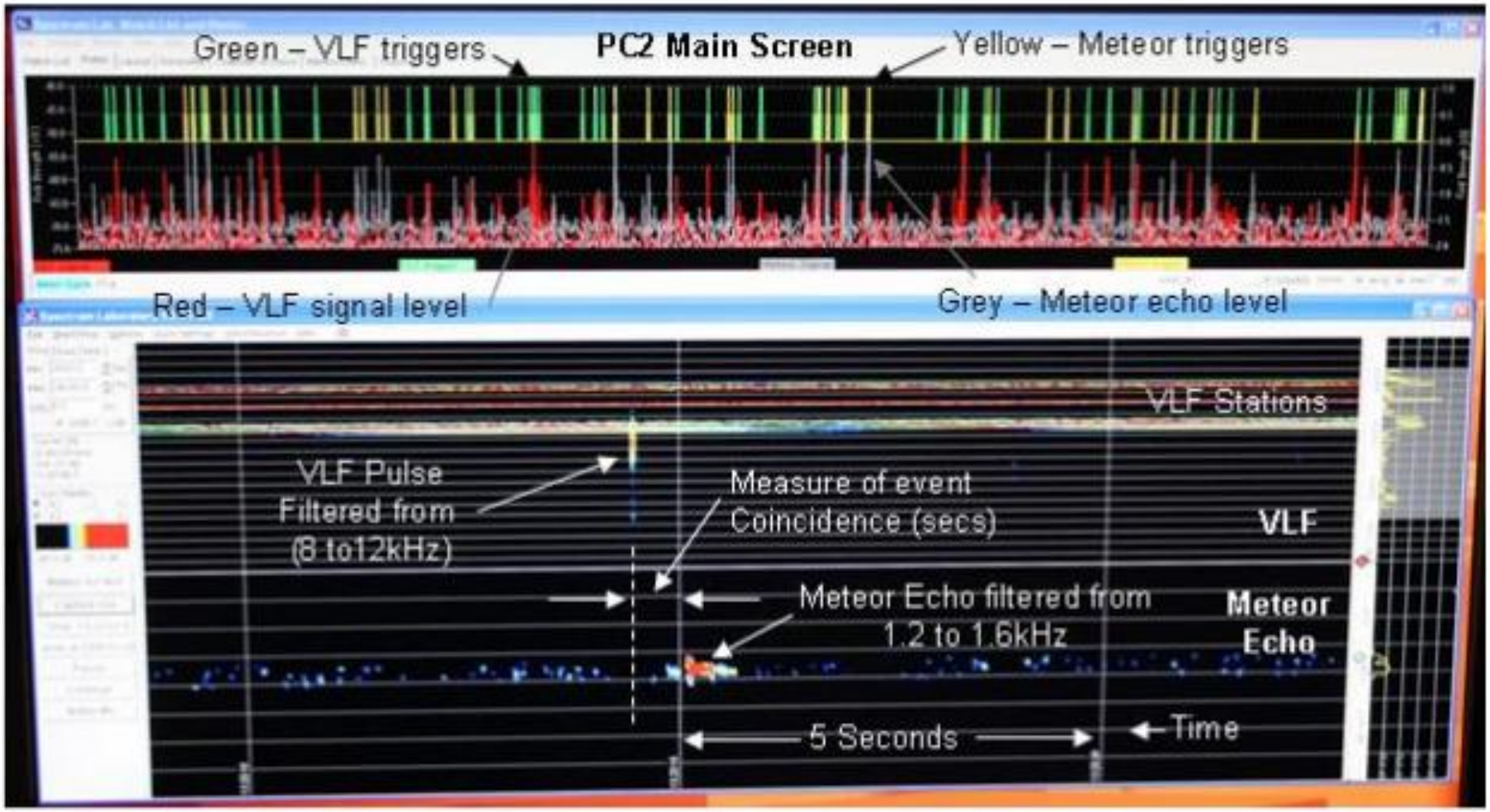


Figure 5.8 VLF pulses and Meteor Echoes on same Screen

The Generation of VLF Emissions by Meteors, Dr David Morgan

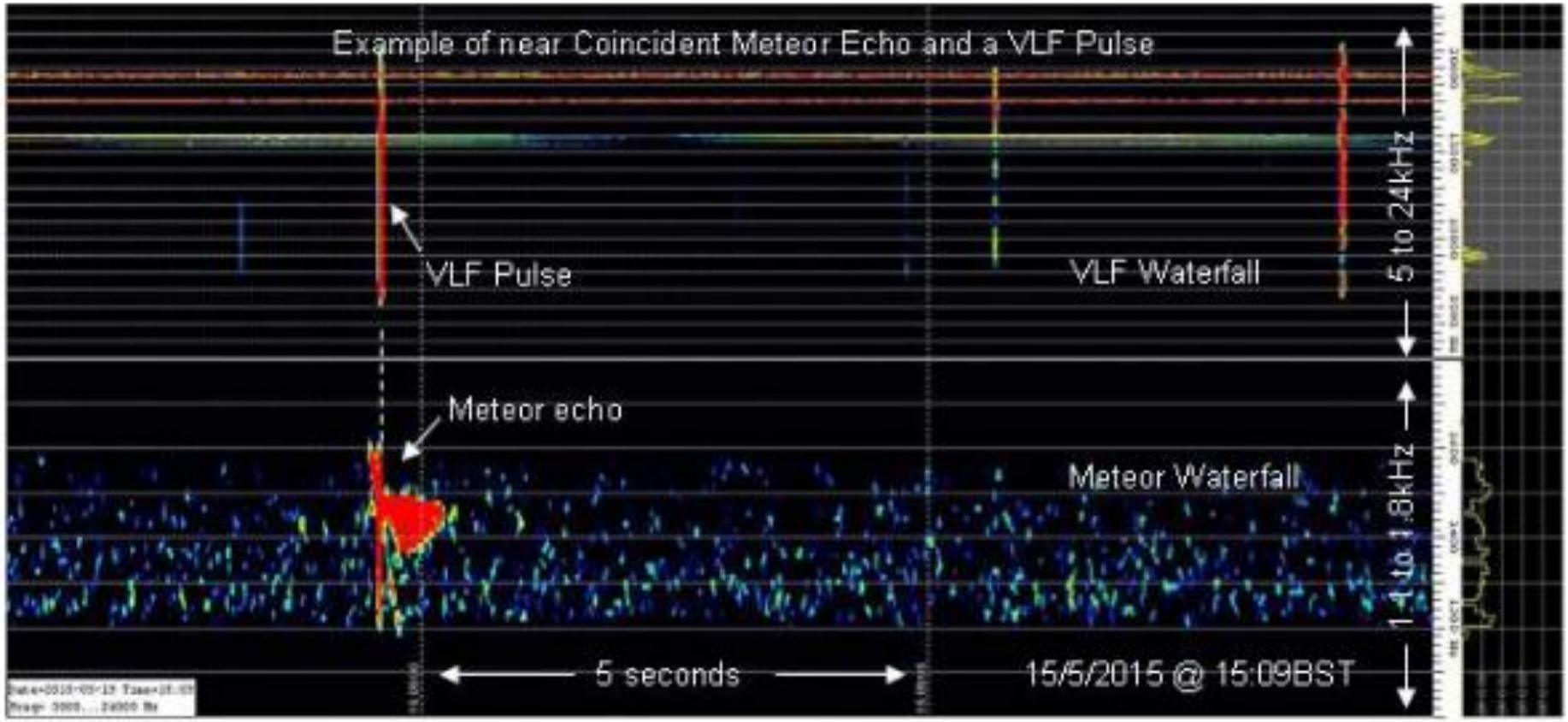


Figure 6.1 Nearly coincident Meteor echo and VLF Pulse

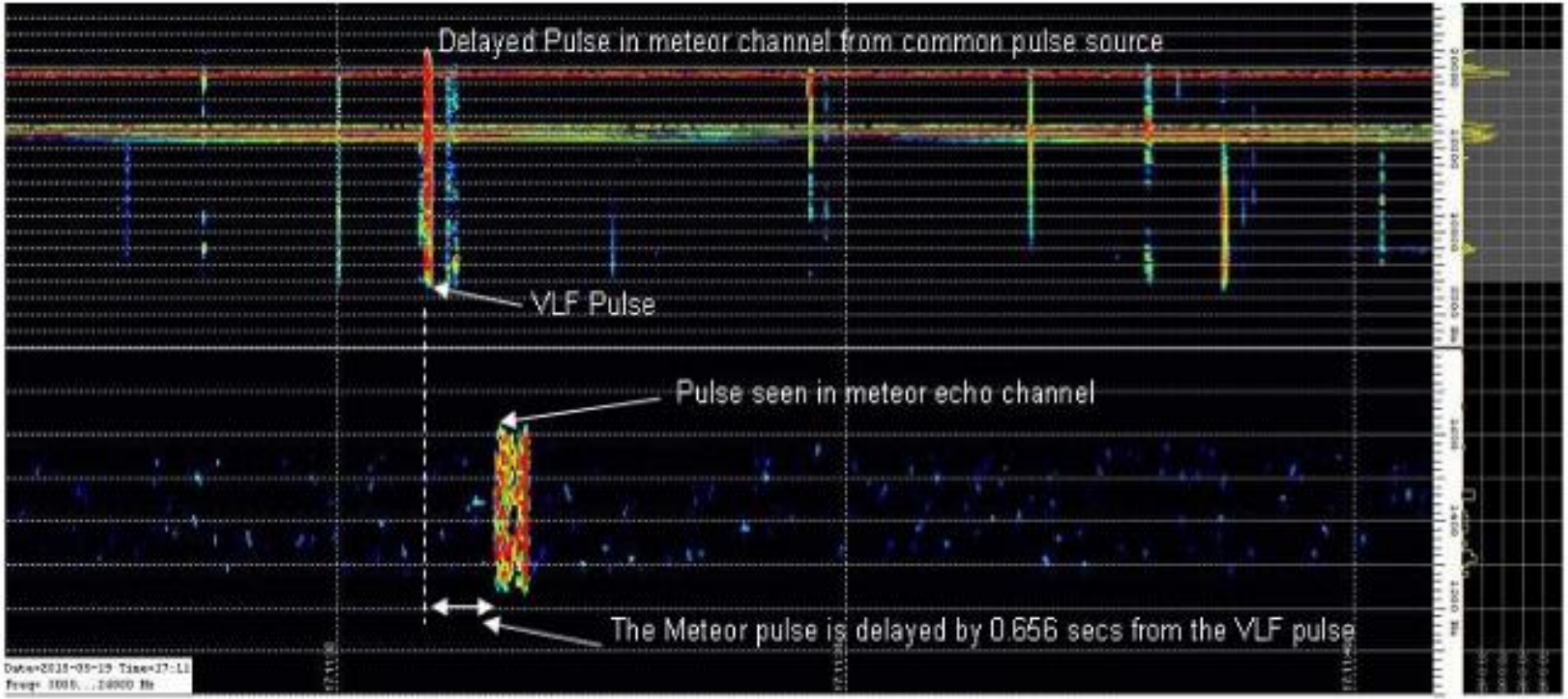


Figure 6.2 Calibrating the Meteor Channel Delay

The Generation of VLF Emissions by Meteors, Dr David Morgan

ELSEVIER

Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE DIRECT®

Physics and Chemistry of the Earth 31 (2006) 486–495

PHYSICS and CHEMISTRY of the EARTH

www.elsevier.com/locate/pce

Examples of unusual ionospheric observations made by the DEMETER satellite over seismic regions

M. Parrot [a,*], J.J. Berthelier [b], J.P. Lebreton [c], J.A. Sauvaud [d], O. Santolík [e], J. Blecki [f]

[a] *LPCE/CNRS, 3A Avenue de la Recherche Scientifique, 45071 Orléans cedex 2, France*
[b] *CETP, Observatoire de Saint Maur, 4 Avenue de Neptune, 94107 Saint Maur des Fossés cedex, France*
[c] *Research and Scientific Support department, ESA/ESTEC, Noordwijk, The Netherlands*
[d] *CESR/CNRS, 9 avenue du Colonel Roche, 31028 Toulouse cedex 4, France*
[e] *Charles University, Faculty of Mathematics and Physics, Prague, Czech Republic*
[f] *Space Research Centre PAS, Bartycka 18A, 00-716 Warsaw, Poland*

Accepted 6 February 2006
Available online 19 May 2006

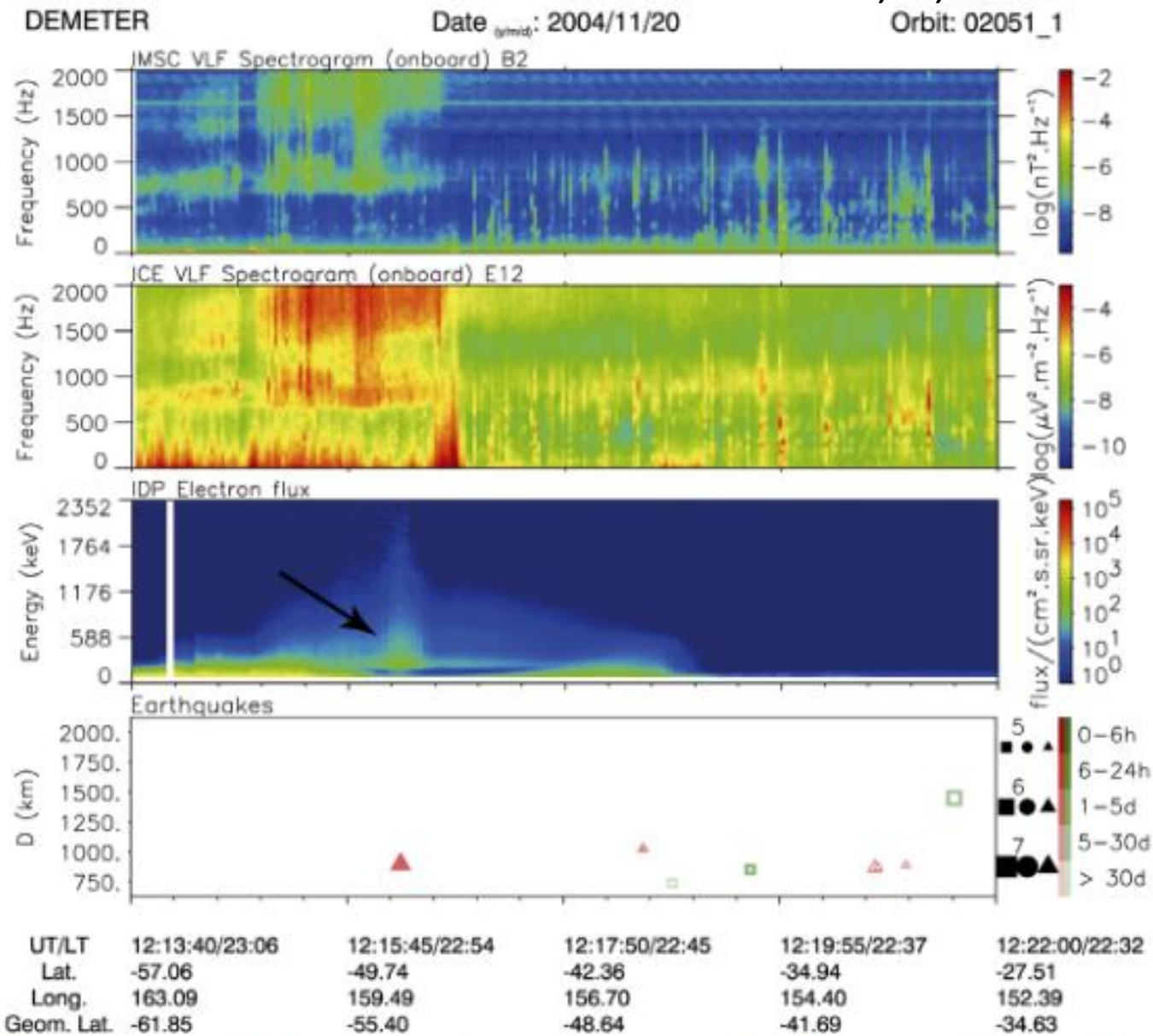


Fig. 9. From the top to the bottom, spectrogram of a magnetic component, spectrogram of an electric component, spectrogram of the energy flux of particles, and positions of the earthquakes along the orbit which is shown in Fig. 8. The data is recorded two days before the earthquake indicated by a bright red triangle. (For interpretation of the references in colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

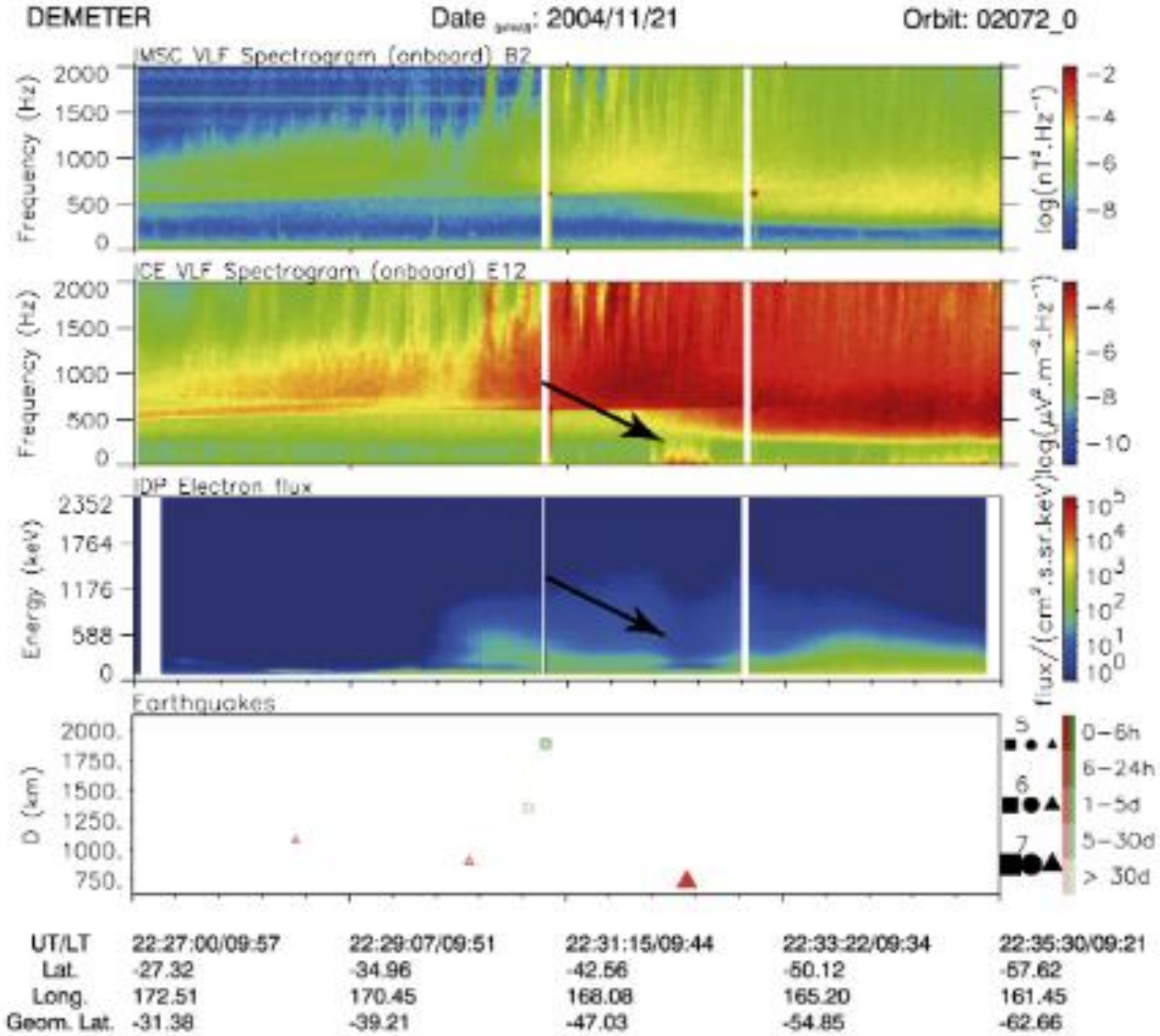


Fig. 11. Same as Fig. 9 but for the orbit which is shown in Fig. 10. The data is recorded 1 day before the earthquake indicated by a bright red triangle. (For interpretation of the references in colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)