

Le pont de bruit et ses applications

F6AIX

Novembre 2010



Objectif

- 1-Comprendre l'utilité d'un pont de bruit
- 2- Comprendre le fonctionnement du pont
- 3- Comprendre le fonctionnement du générateur de bruit
- 4-Comprendre l'utilisation en mesure d'impédance
- 5-Comprendre l'utilisation en réglage de tuner antenne

Qu'est ce que c'est?

C'est un pont de WHEASTONE

Optimisé pour la HF

Alimenté par une source de fréquence variable de faible puissance

Utilisant un système de mesure pour détecter l'équilibre du pont

**Il comprend des éléments résistifs et réactifs
qui peuvent être déterminés**

**Utilisé avec une source de bruit large bande et un récepteur décamétrique
comme élément de mesure, il constitue un PONT DE BRUIT HF**

A quoi sert un pont de bruit?

C'est avant tout un appareil de mesure



Mesures simples sur les antennes

Mesures d'impédance de ligne

Mesure d'impédances complexes

Intérêt?

Pont de mesure

Caractériser des circuits accordés
Caractériser des lignes quart d'onde et demi onde
Mesurer la fréquence de résonance d'un circuit
Mesurer l'impédance caractéristique d'un coaxial
Mesurer les pertes d'un coaxial
Mesurer la longueur électrique d'un coaxial

Simple

Pas cher

Utile

Réalisable « home made »

POUR

Pont de réglage

Ajuster un tuner d'émetteur
Ajuster un circuit accordé
Vérifier un balun
Ajuster la longueur d'une antenne
Ajuster des trappes

Une application « OM »

CONSTAT

- + Qui n'a pas été gêné par un « tune » intempestif sur le DX tant convoité?
- + Qui n'a pas « grillé » un PA à cause d'un ROS trop important?
- + Le tuner d'une antenne multibande doit pourtant être réglé avant d'émettre
- + Il faut tenir compte des caractéristiques de l'antenne réelle pour ce réglage.....



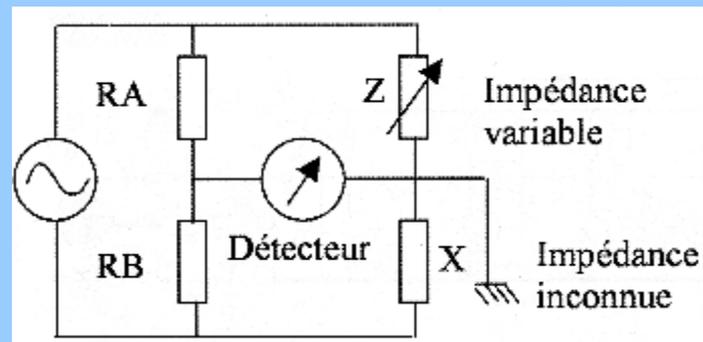
Il est donc nécessaire de trouver un moyen de régler l'accord de l'antenne sans émission



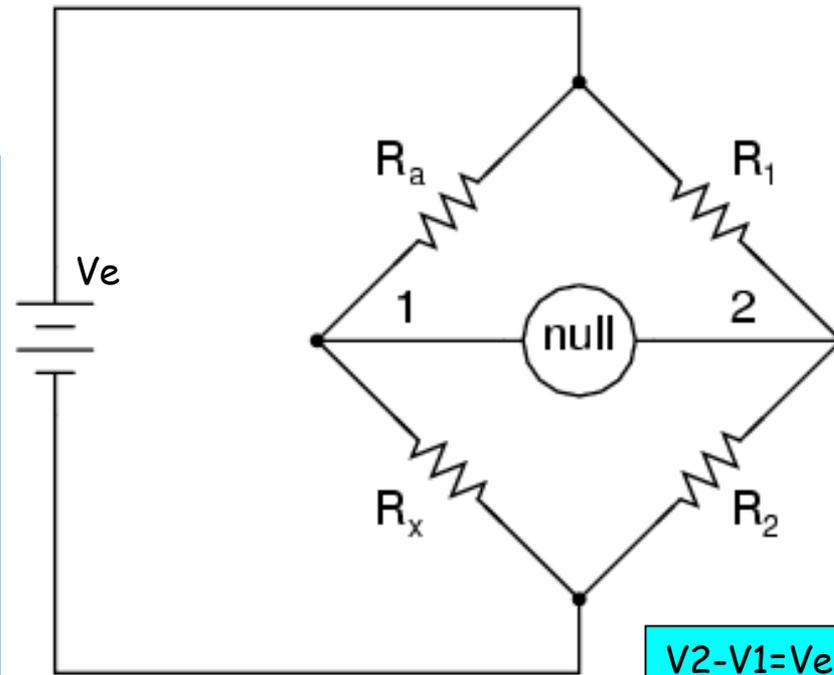
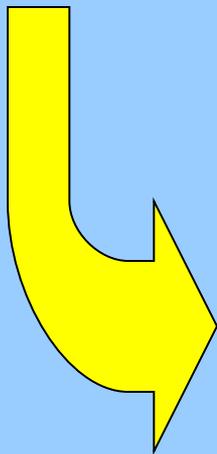
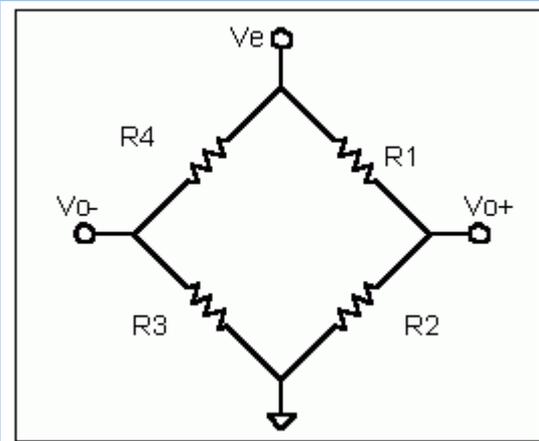
Le pont de bruit permet de **COMPARER** à 50ohms l'impédance ramenée au niveau de l'émetteur



La structure de base



Rappel sur le Pont de Wheatstone

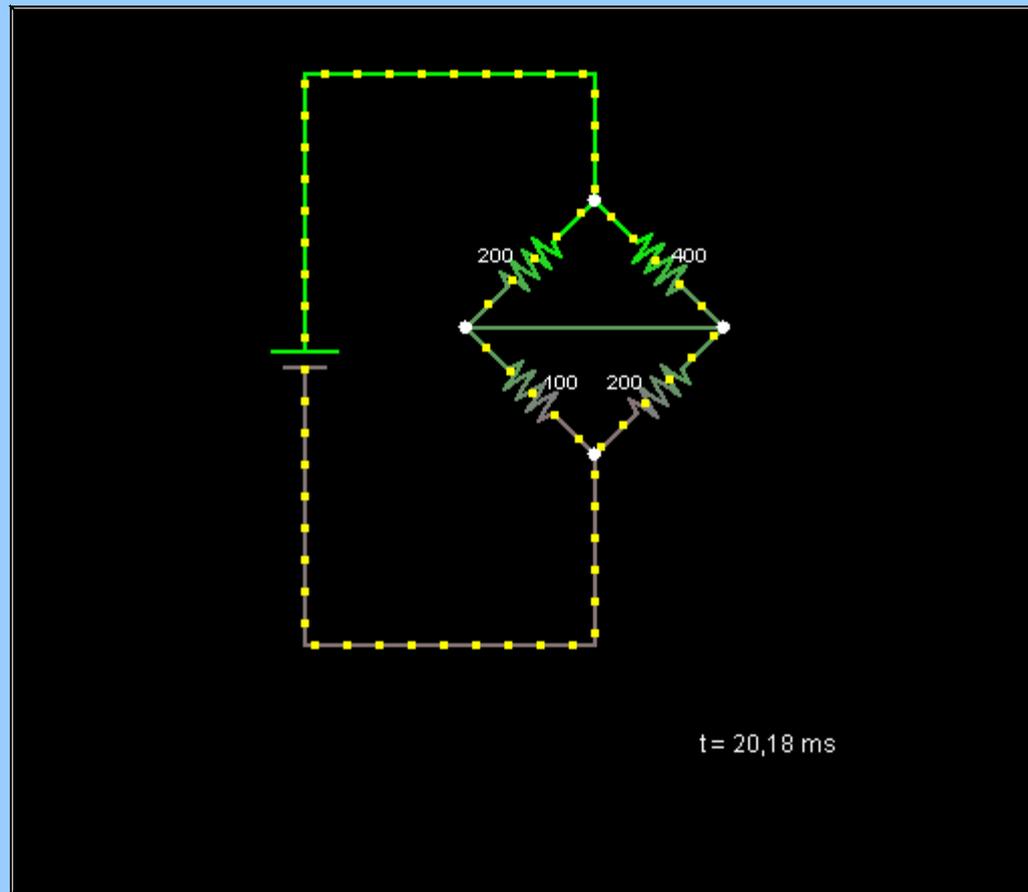


le circuit est équilibré quand

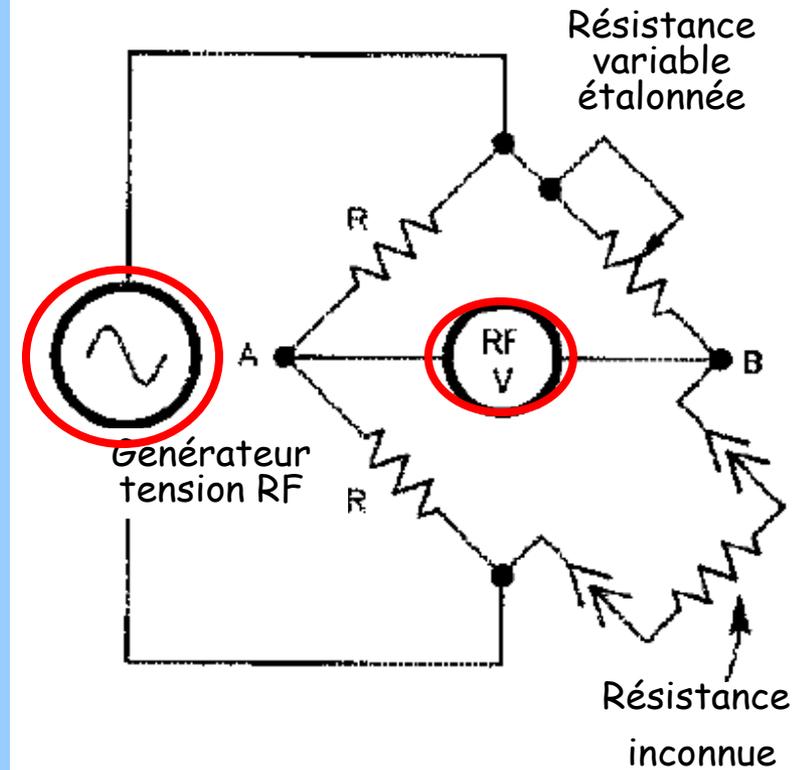
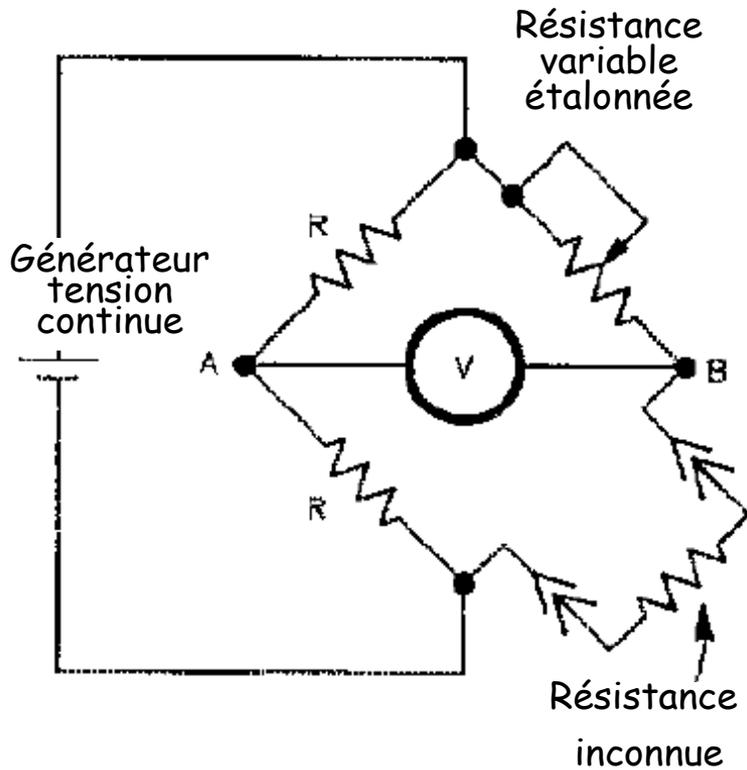
$$\frac{R_a}{R_x} = \frac{R_1}{R_2}$$

$$V_2 - V_1 = V_e \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} - \frac{R_x}{R_x + R_a} \right)$$

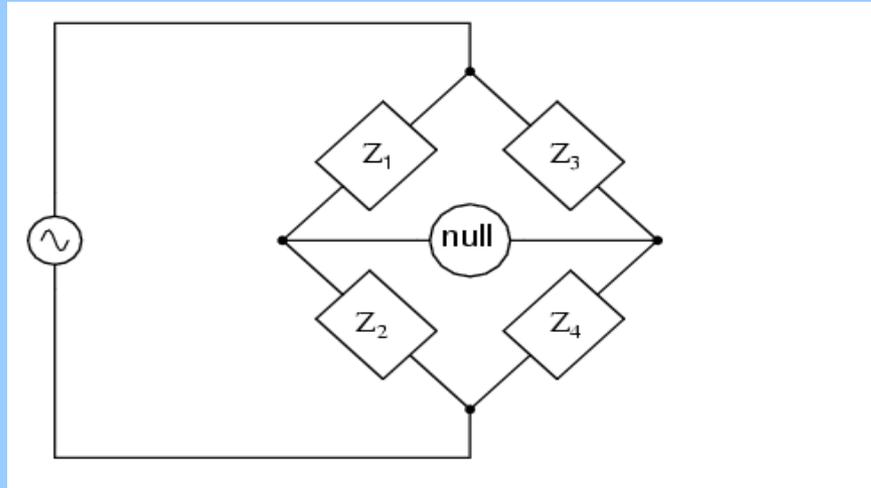
Rappel sur le Pont de Wheatstone



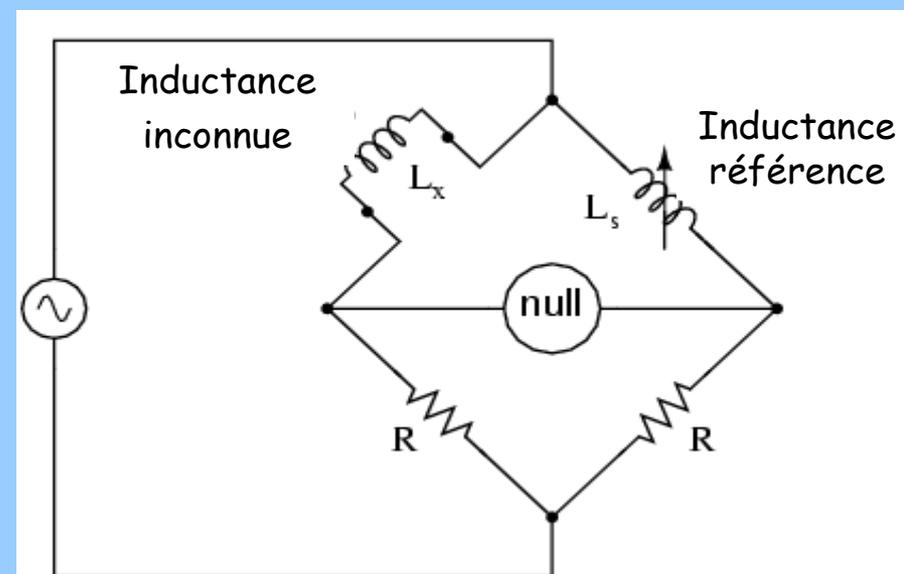
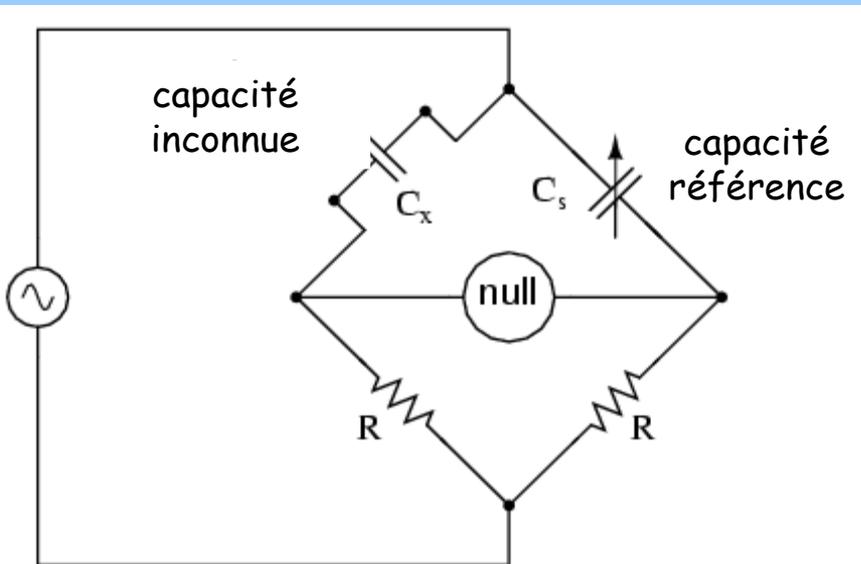
Le Pont Haute Fréquence



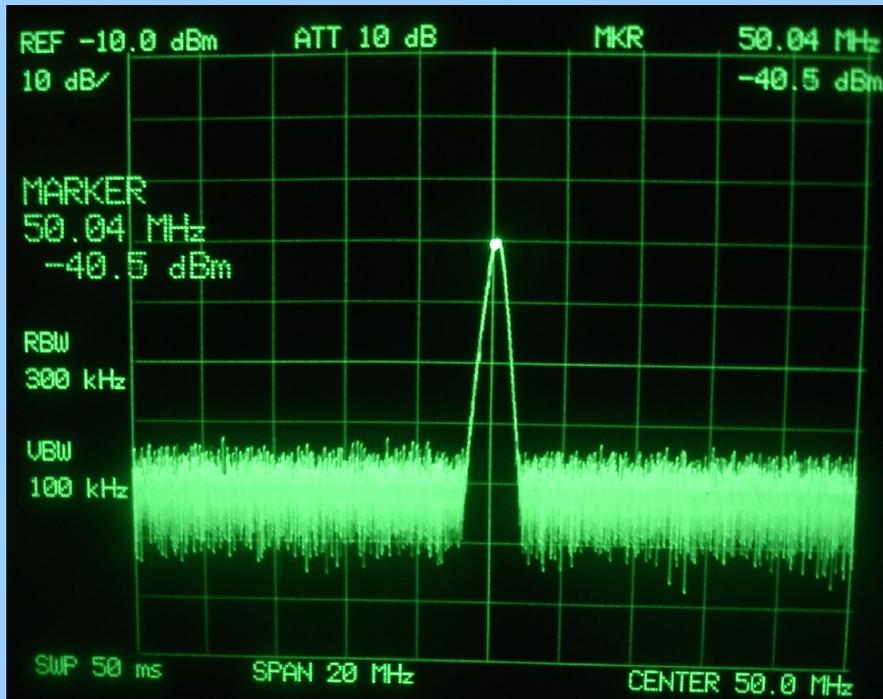
Pont d'impédances



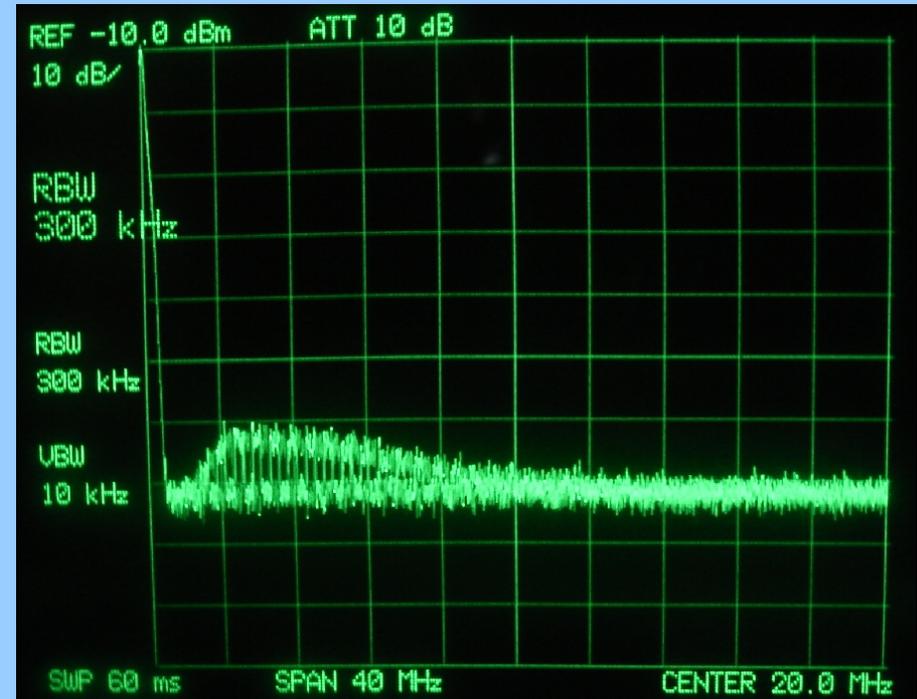
$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{Z_3}{Z_4}$$



Générateur RF -> Générateur de bruit

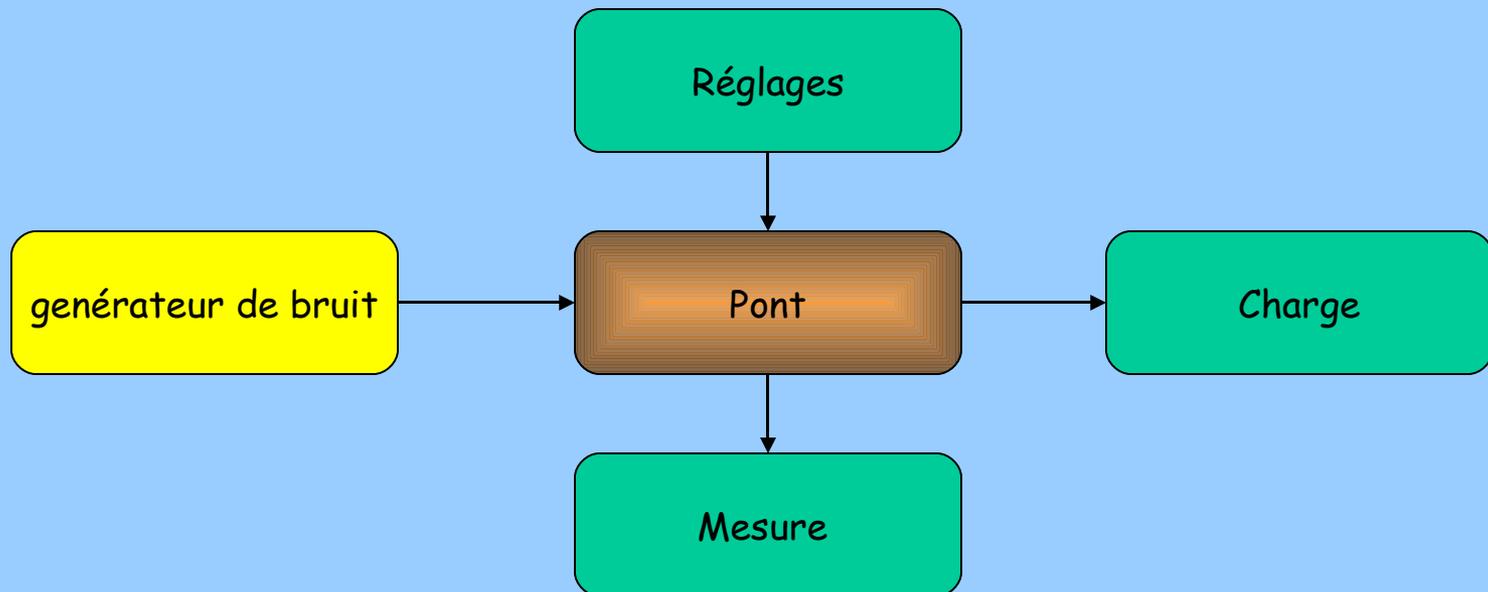


Nécessite un réglage du générateur pour chaque fréquence à tester

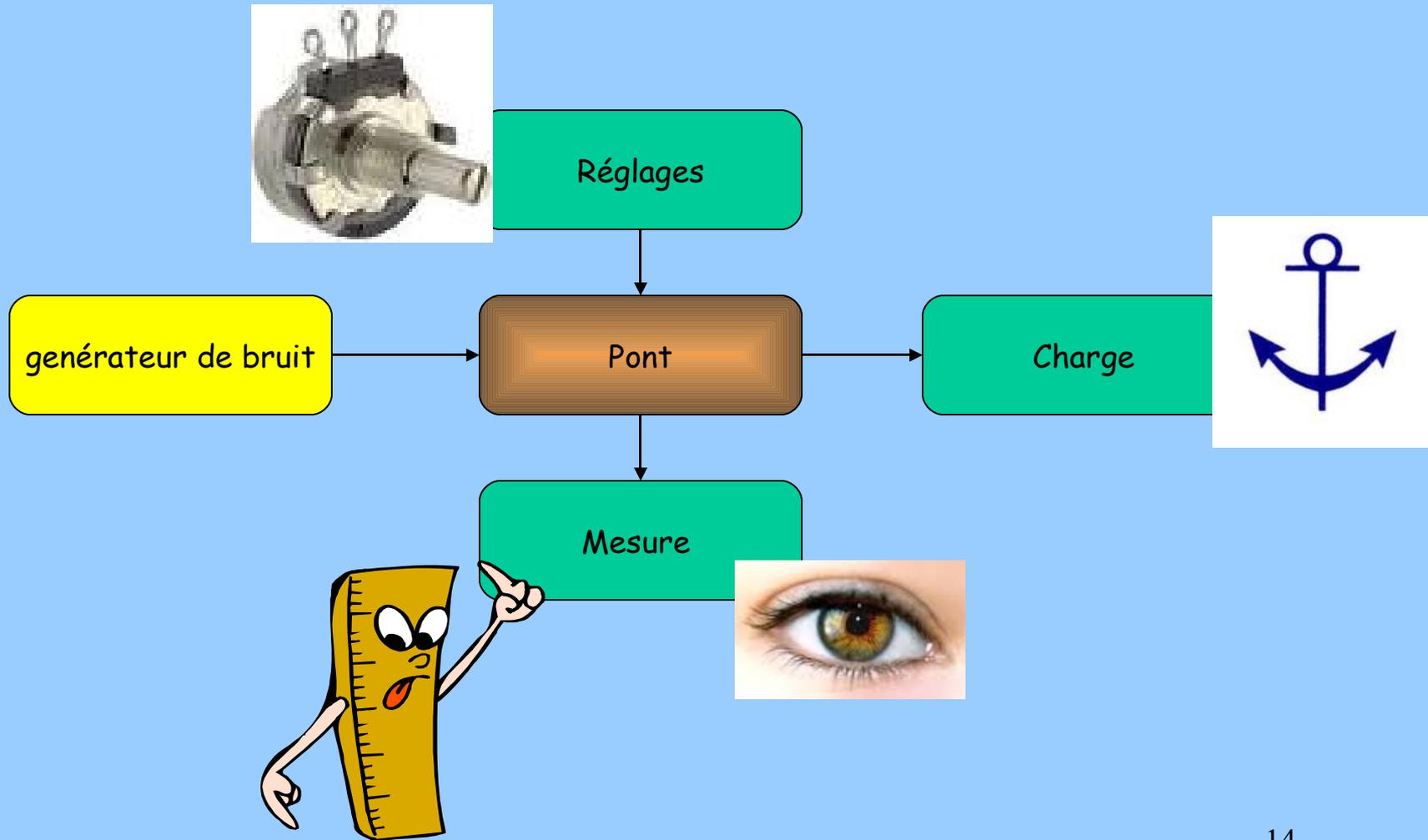


Ne nécessite aucun réglage du générateur pour les fréquences à tester dans la bande de bruit

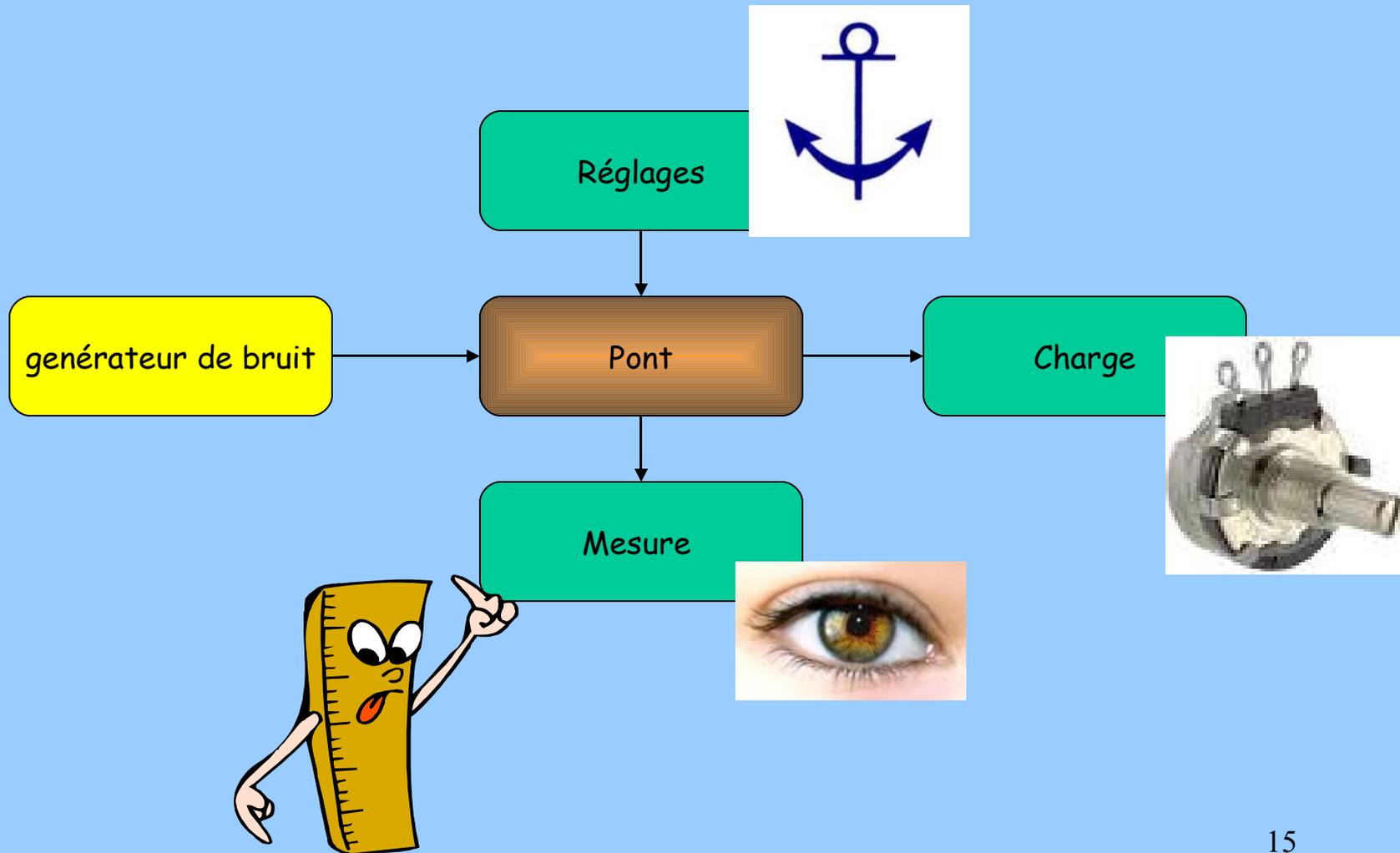
Le pont et sa périphérie



Mesure classique: charge fixe pont variable



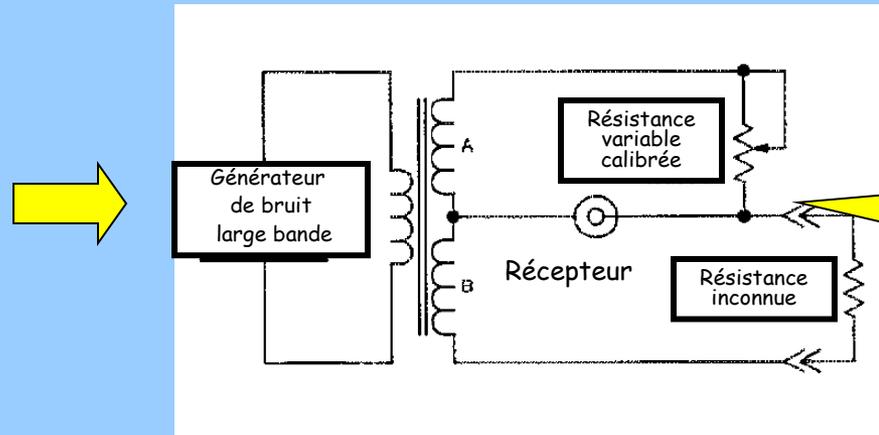
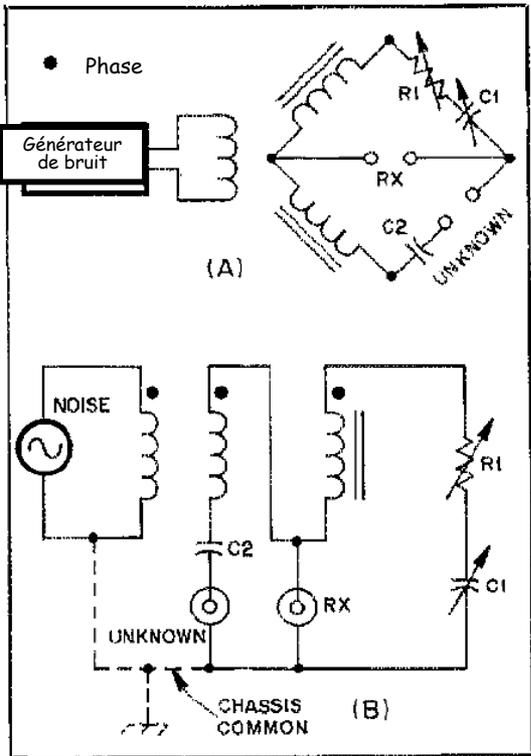
Mesure OM: charge variable pont fixe



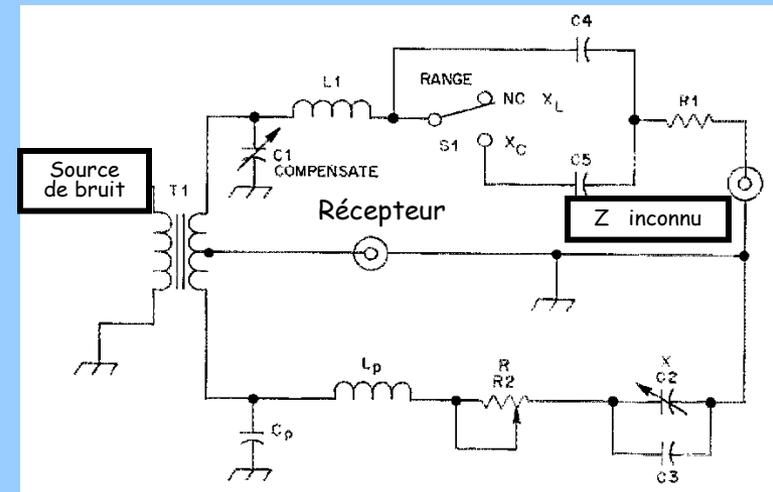
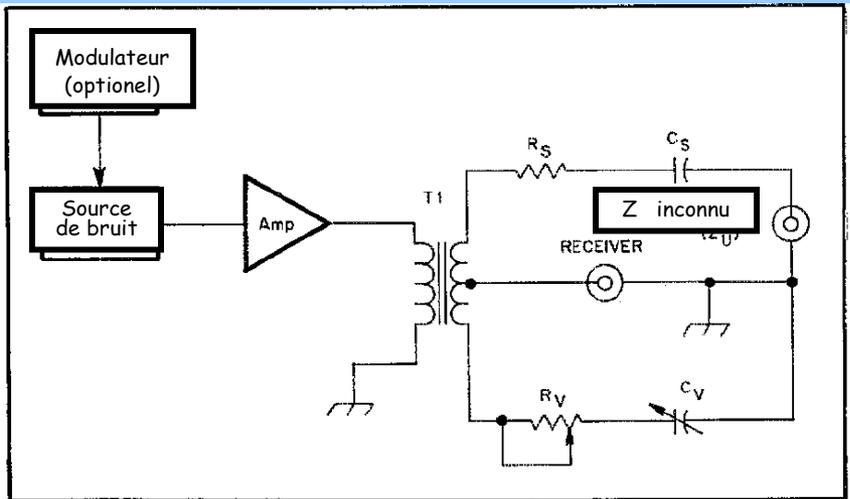
La structure détaillée



Schéma



La mesure est faite à la fréquence d'accord du récepteur (AM CW ou SSB)



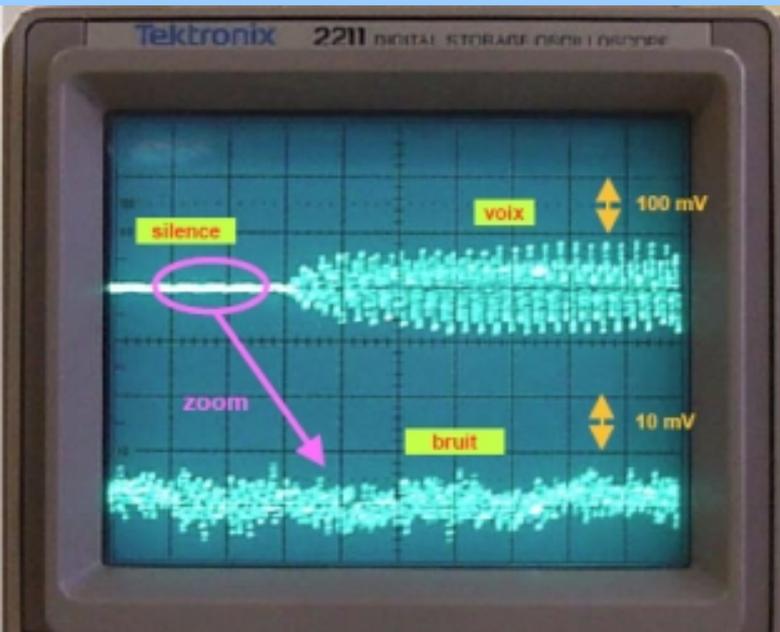
Le Générateur de bruit





Définition et structure

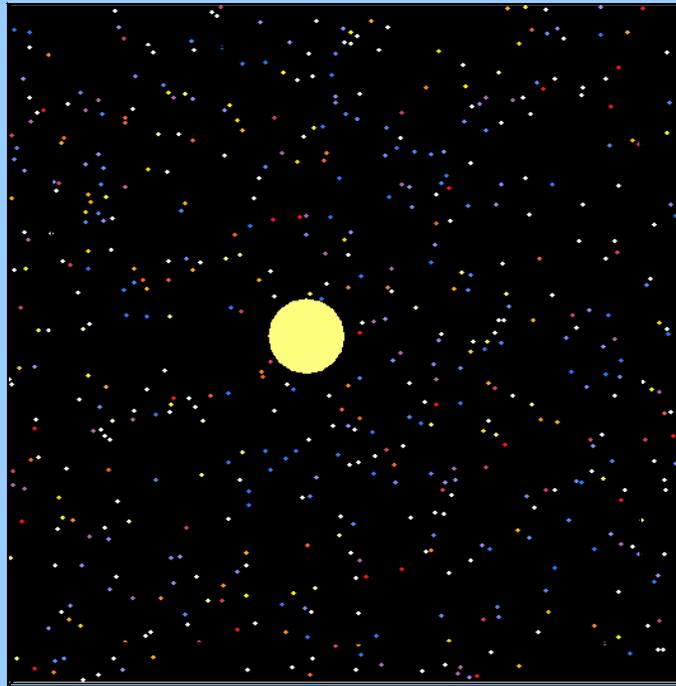
Un signal est toujours affecté de fluctuations plus ou moins importantes
 c'est ce qu'on appelle le « bruit » ou
 « Friture » dans un récepteur
 « Souffle » en sortie d'un amplificateur audio
 « Neige » sur écran TV



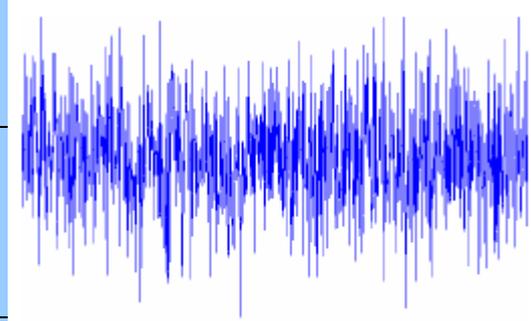
C'est le résultat de l'agitation des charges électriques dans les circuits

Un signal sans bruit n'existe pas

Mouvement Brownien



Définition et structure



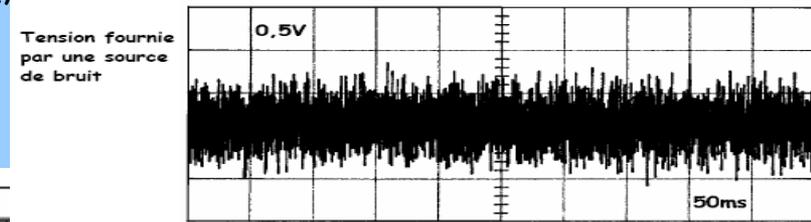
Le bruit électrique est un signal large bande aléatoire résultant

+soit de l'agitation erratique des électrons (bruit blanc thermique)

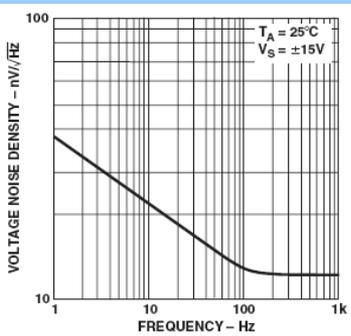
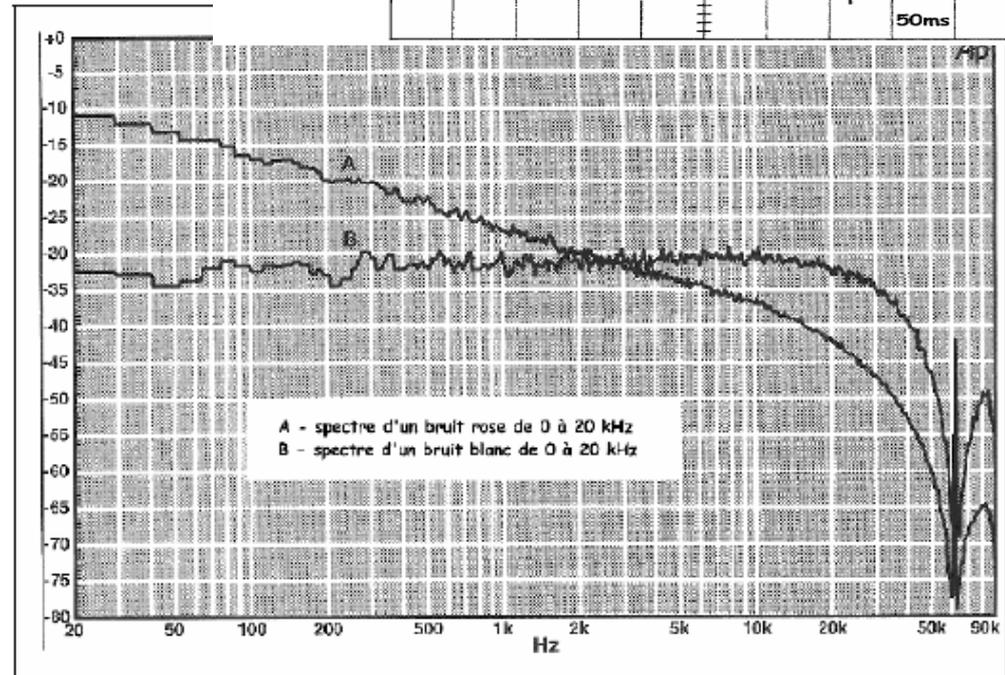
+soit du scintillement (bruit rose en $1/F$)

Bruit blanc: énergie constante quelle que soit la fréquence

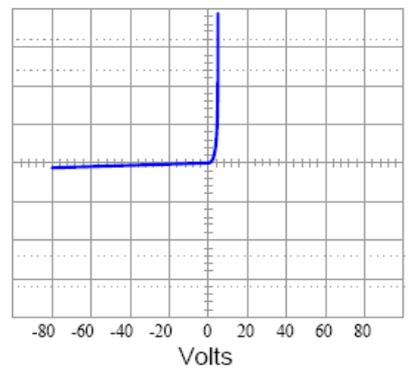
Bruit rose: énergie constante dans des bandes d'octave, ou variant en $1/F$



Spectre d'un bruit blanc et d'un bruit rose dans la bande audio.



Un générateur de bruit: diode zéner

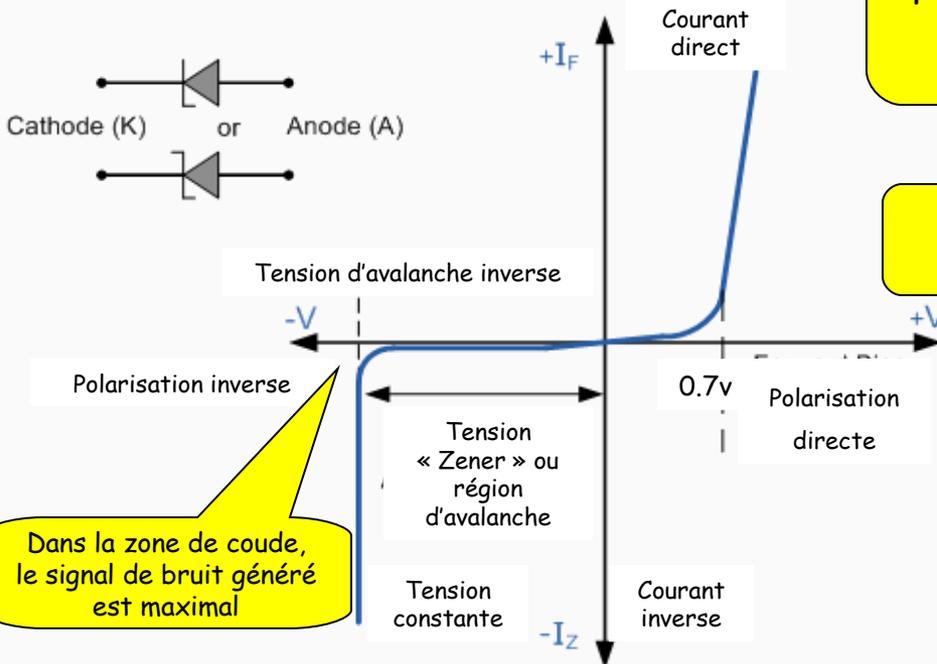


La diode zéner est une diode polarisée en inverse

Tant que la tension est inférieure au seuil de claquage, le courant est très faible

Au seuil de claquage, le nombre d'électrons accélérés qui heurtent des atomes et arrachent des électrons augmente, il y a effet cumulatif (avalanche) et le courant augmente très rapidement

Dans la zone de coude, le signal de bruit généré est maximal



Dans la zone de coude, le signal de bruit généré est maximal

On peut utiliser des diodes « normales » $V > 5.6V$ ou des jonctions base-émetteur de transistors RF. Pour les applications VHF et au delà on utilise des diodes mélangeuses ou des diodes spéciales

Les niveaux nécessaires/disponibles

Chaque source de bruit est caractérisée par un paramètre appelé ENR (Excess noise ratio)
C'est la différence de puissance(1) de bruit entre l'état « conducteur ou chaud »
et l'état « non conducteur ou froid » de la diode le tout ramené à la puissance
de bruit de l'état « non conducteur ou froid »
$$\text{ENR} = 10 \cdot \log\left(\frac{T_h - T_c}{T_c}\right)$$

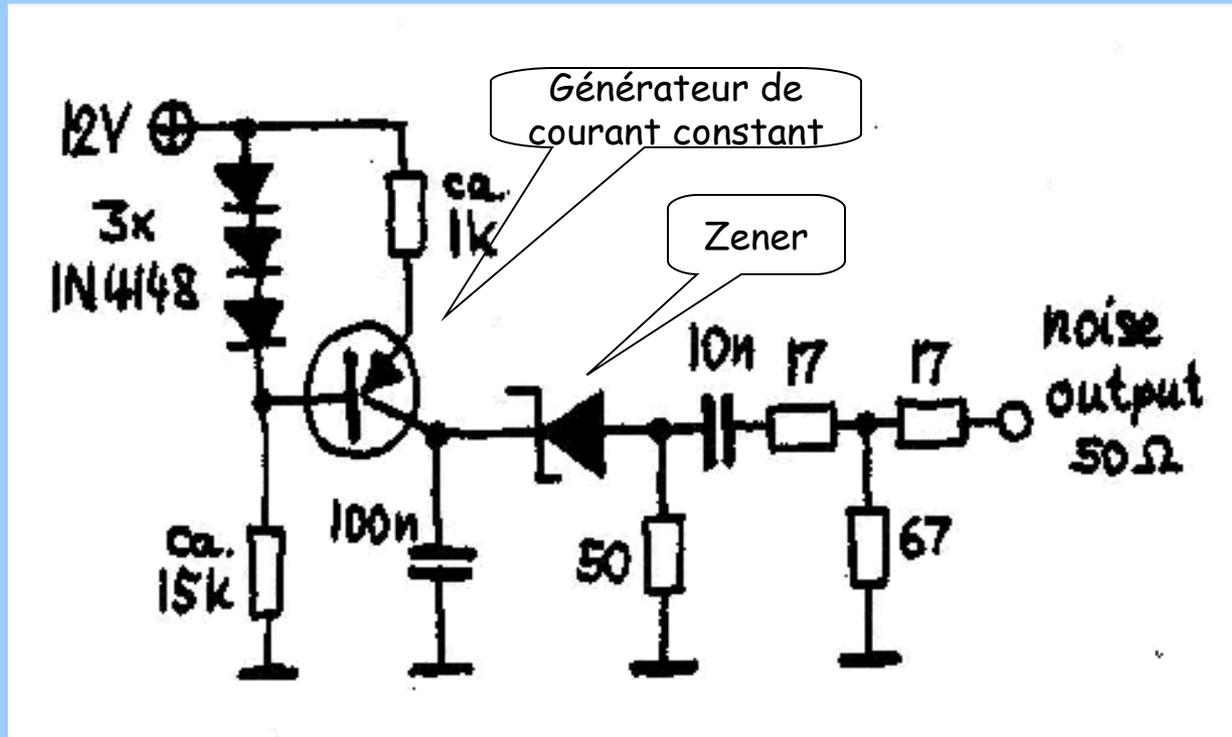
Les diodes utilisées pour les mesures de bruit des amplificateurs ont des ENR entre
6 et 30dB

Pour connaître le niveau de puissance réel d'un signal de bruit il faut le ramener à une
bande passante de 1 hertz
On ajoute alors l'ENR à -174dBm/Hz(2)
Par exemple une diode de 30dB ENR correspond à une puissance de -144dBm/Hz
Pour mémoire S9 correspond à -67dBm

(1)La puissance de bruit émise par un composant quelconque **ne dépend que** de sa température et de la bande passante

(2)La puissance de bruit dans une bande de 1 Hz à 290°K (17°C) est égale à -174dBm

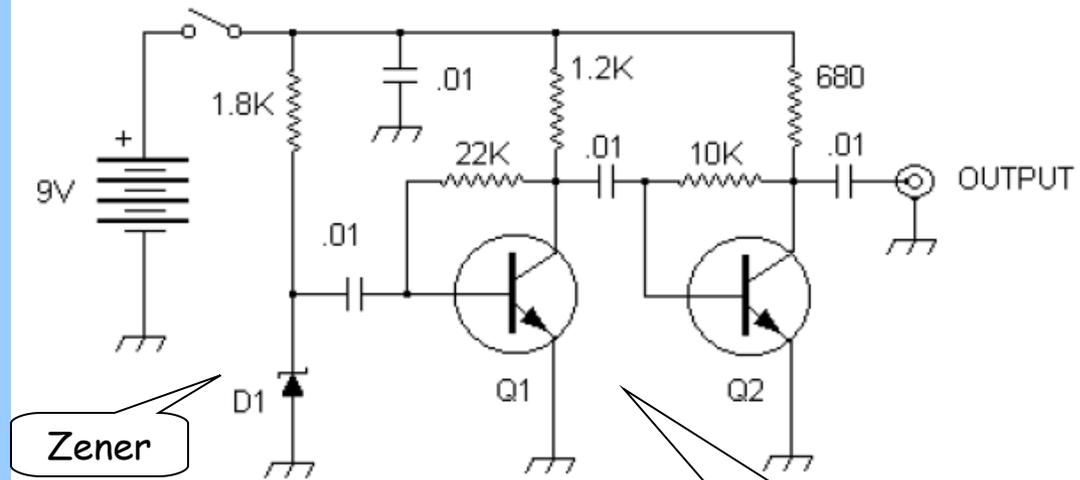
Générateur de bruit DF3GJ



Générateur de bruit AC7AC



HF NOISE GENERATOR

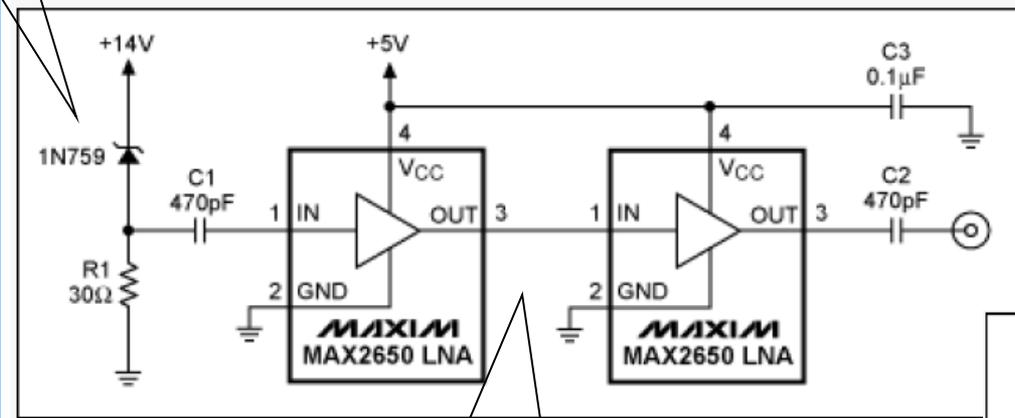


D1 = 6.8 V 1 Watt Zener Diode
Q1, Q2 = 2N2222 or equal.

Capacitor Values in ufd
Resistor Values in ohms
Resistors 1/4 watt.

Générateur de bruit MAXIM

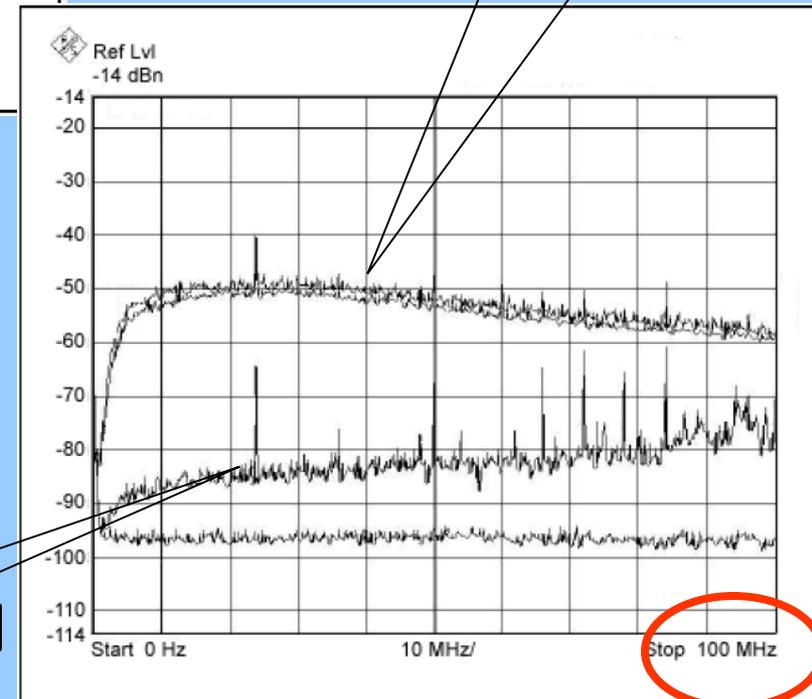
Zener



Amplificateur
2x 18dB

Sortie amplifiée

Source seule



Générateur RF μ Waves (I2FHW)

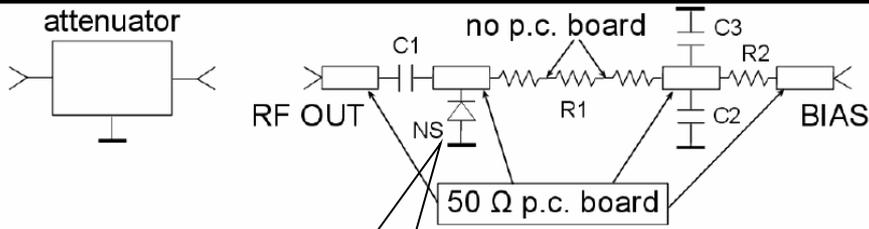
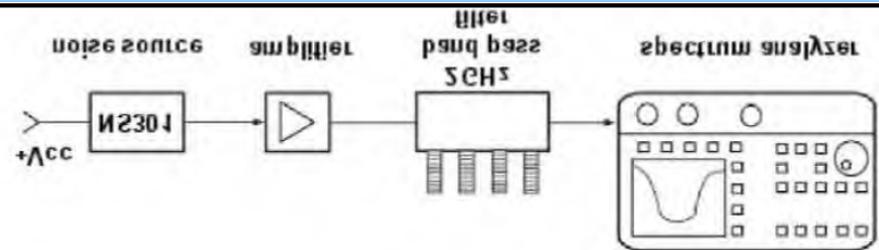
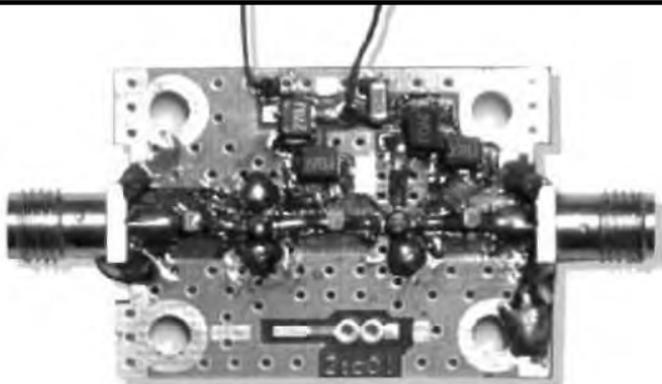
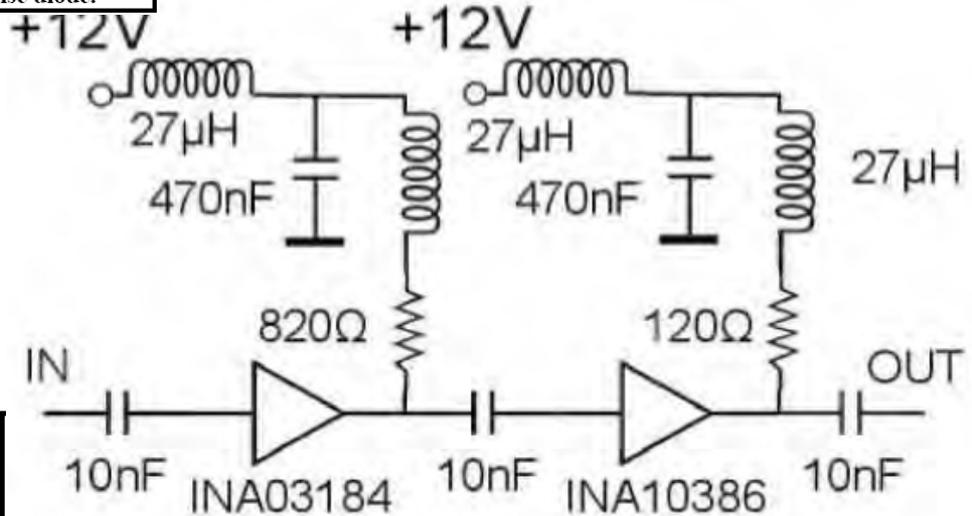


Fig 3 : Circuit diagram for a noise source up to 3.5GHz using an NS-301 noise diode.

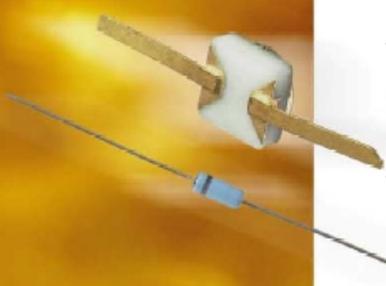
Diode de bruit

gain 50dB



NOISE

DIODES



General Specifications:

Output	White Gaussian Noise
Operating temperature	0°C to +55°C for NC100 series -55°C to +125°C for all others
Storage temperature	-65°C to +150°C

Specifications subject to change without notice.

Noise Com's noise diodes are the fundamental building blocks of all noise systems. They are hand-picked for performance characteristics that make them ideally suited to broadband noise generation with flat response.

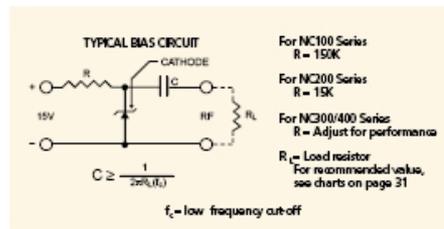
All Noise Com noise diodes deliver symmetrical white Gaussian noise and flat output power versus frequency. The diodes are burned-in for 168 hours, meet MIL-STD202, and are hermetically sealed. Noise Com noise diodes are available in a wide variety of package styles, and in special configurations on request.

The **NC100** and **NC200 Series** diodes are designed for audio and RF applications. The **NC300** and **NC400 Series** diodes are designed for microwave applications in which a 50-ohm impedance is required.

Typical small signal impedance of the **NC300** and **NC400 Series** is 10-20 ohms when a diode is turned on. Typically the output level is higher at low frequencies with low currents. Driving the diodes with more current results in more output at higher frequencies.

Applications:

- Built-in test equipment (BITE)
- Dither circuitry for A/D converters



Diodes de bruit « pro »



Générateur RF μ Waves (I2FHW)

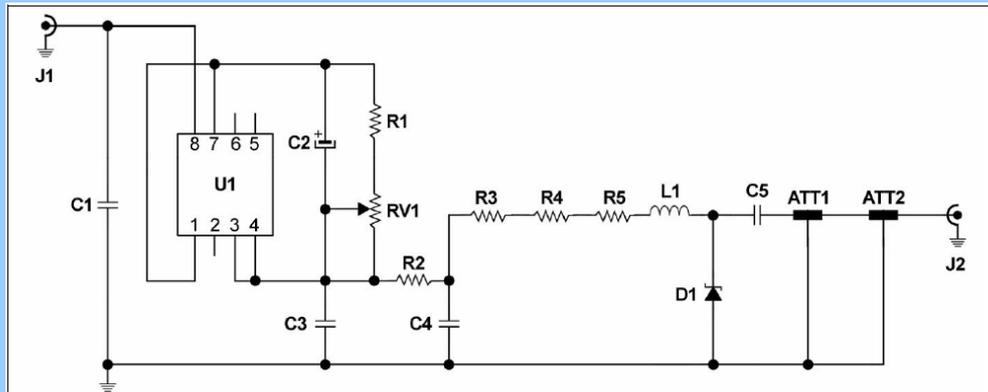
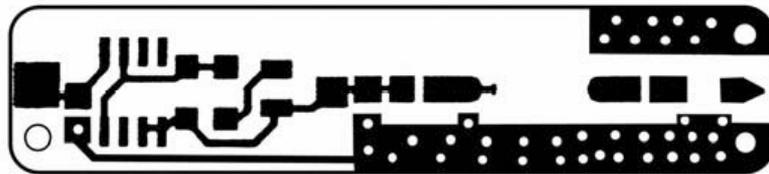


Fig. 1
Circuit diagram for a noise source 10MHz - 10GHz using a NS-303 noise diode

Part list		
D1	NS-303 noise diode	NS-303
U1	LP2951CMX in case SMD SO8	LP2951CMX
C1	10 nF 0805	
C2	1 μ F 25 V Tantalum	
C3	100 nF 0805	
C4	1 nF 0805 COG	CCB-1n
C5	2 x 1 nF 0805 COG in parallel, see description	CCB-1n
ATT1	6 dB chip attenuator dc-12 GHz	
ATT2	7 or 8 dB external attenuator dc-12 GHz or better dc-18 GHz	
J1	BNC female connector	
J2	SMA male panel mount connector Suhner 13SMA50-0-172	SMA-24A
R1	100 Ω 1206	
R2	18 Ω 0805	
R3, R4, R5	33 to 68 Ω each 0603	
L1	6.8 or 8.2 nH 0603	BCQ-6n8-A
RV1	100 Ω trimmer multi turn SMD	POT-SM-101-M
PC BOARD	25N or RO4003 or RO4350 or equivalents, 30 mils, ϵ_r 3.40 size 11x51 mm, see description	25N-30

The circuit diagram, Fig 1, is very simple, the power supply is 28V pulsed AC applied to connector J1 which is normalised in all the noise figure meter instruments. U1 is a low dropout precision regulator to stabilise the voltage for the noise diode to 8 - 12V, the current through the diode can be around 8 to 10mA set by trimmer RV1.



Size: 11x51 mm

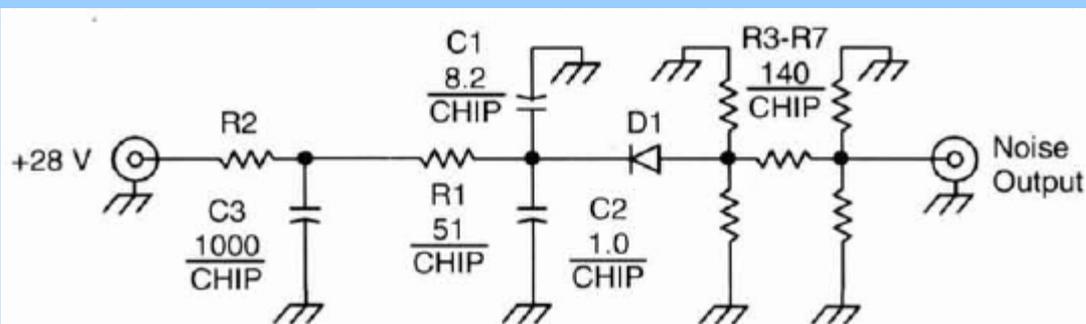
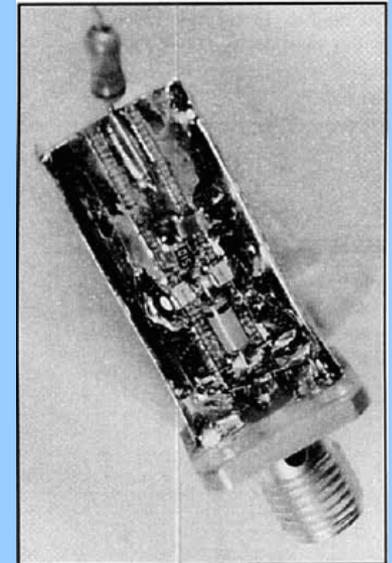
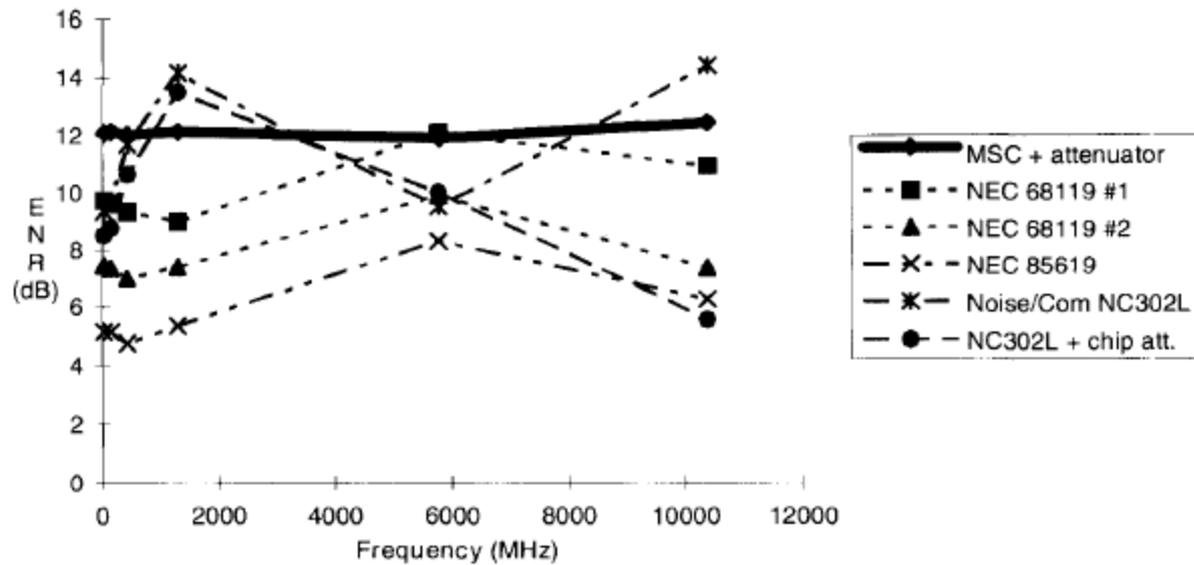
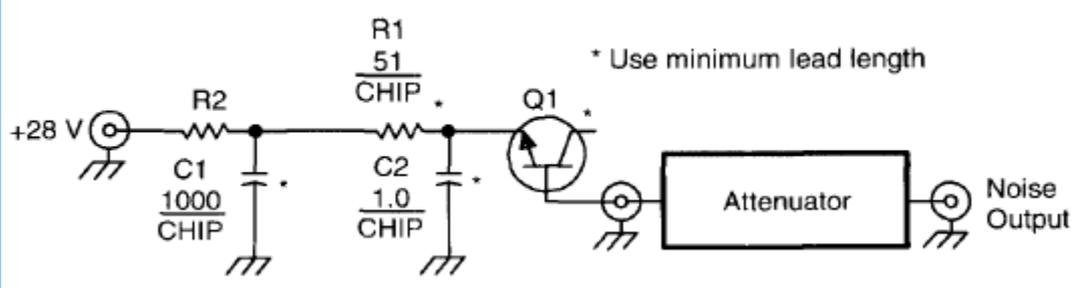
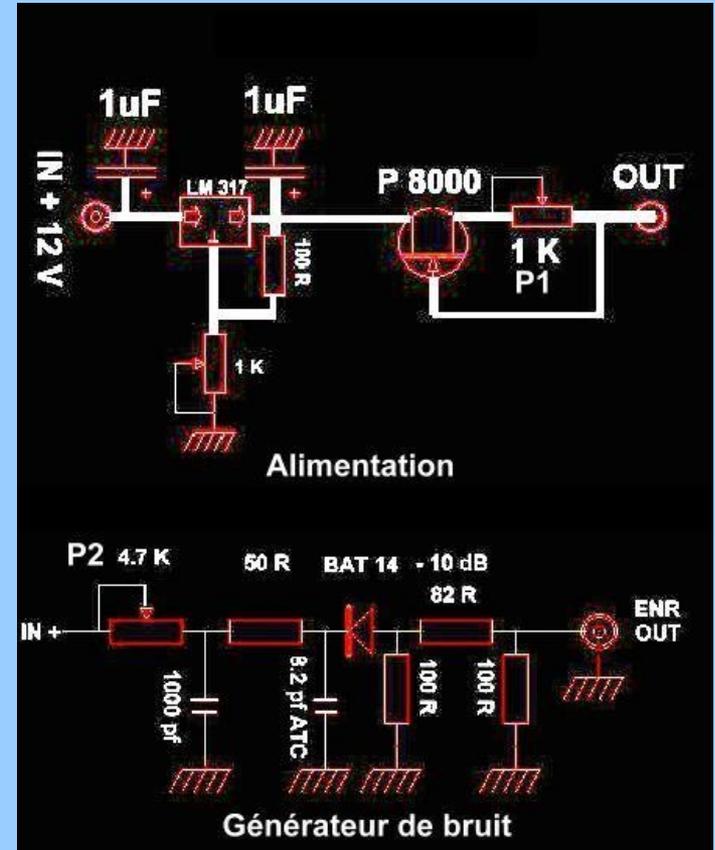
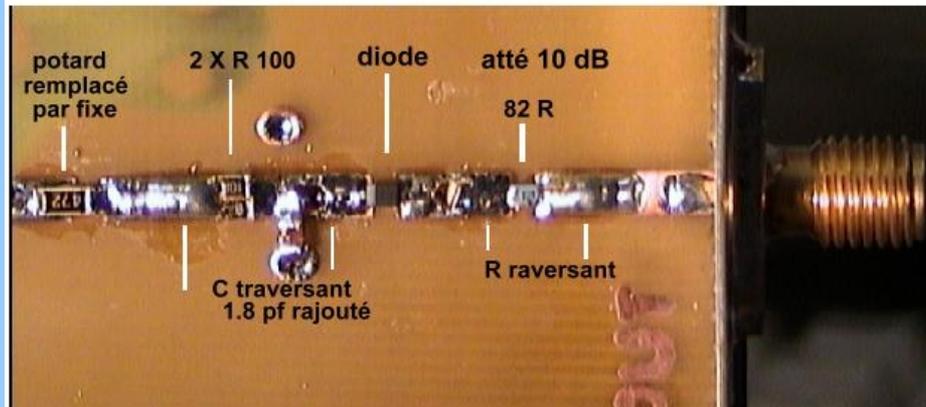


Fig 8—Schematic diagram of the homebrew noise source using a chip-resistor attenuator. C1 and C2 are microwave chip capacitors, ATC or equivalent.

Générateur F6BON



Le transformateur

Types de bobinages

Le primaire du transformateur est alimenté par le générateur de bruit
2 des branches du pont sont constituées par les 2 secondaires du transformateur
Les 3 enroulements sont bobinés simultanément

Pourquoi utiliser un tore?

- +Simple à bobiner
- +Facile à trouver
- +Pas cher

Pourquoi NE PAS utiliser un tore?

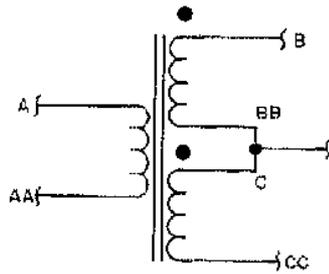
- +Rotation de phase dans les secondaires
->réponse non uniforme en R et Z sur la gamme de fréquence

Pourquoi utiliser une « binoculaire »?

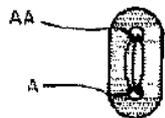
- +Pas de rotation de phase
- +Performance en basse fréquence

Pourquoi NE PAS utiliser une

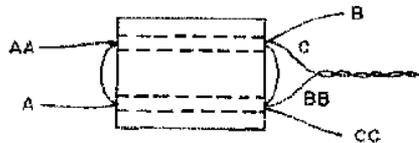
- « binoculaire »?**
- +Difficile à bobiner
- +Choix limité



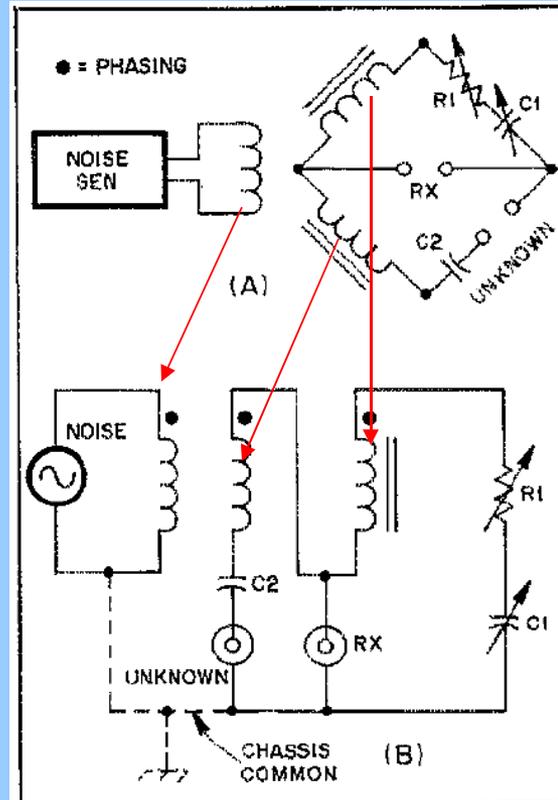
(A)



(B)



(C)



Bobiner le transformateur torique

Chaque fois que le fil passe à travers le tore, comptez un tour. Vérifiez 2 fois..

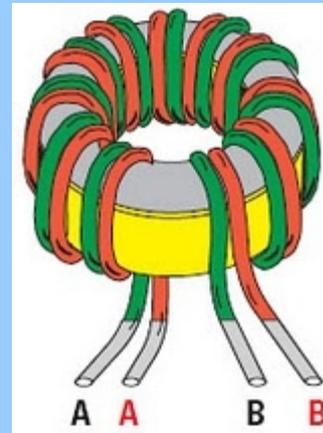
Dans le cas de la binoculaire, le fil doit passer dans les 2 trous pour compter un tour

Si vous bobinez plusieurs enroulements, vérifiez le sens de bobinage pour respecter les phases

Préférez la solution de bobiner les 2 ou 3 enroulements simultanément

Le bobinage occupe 80% de la circonférence du tore. La répartition plus ou moins serrée modifie légèrement la valeur de l'inductance

Pour retirer le vernis isolant:
+ Fer à souder à 400°C, brûler le vernis dans une goutte de soudure en fusion
+ Pour les gros diamètres, gratter le vernis au cutter, étamer et regratter au cutter
+ **Bien étamer jusqu'au raz du tore pour éviter les soudures sèches sur le circuit imprimé**

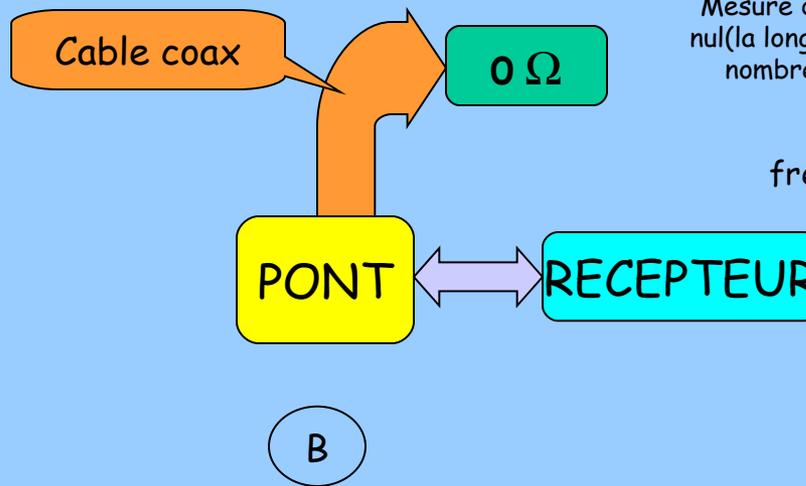
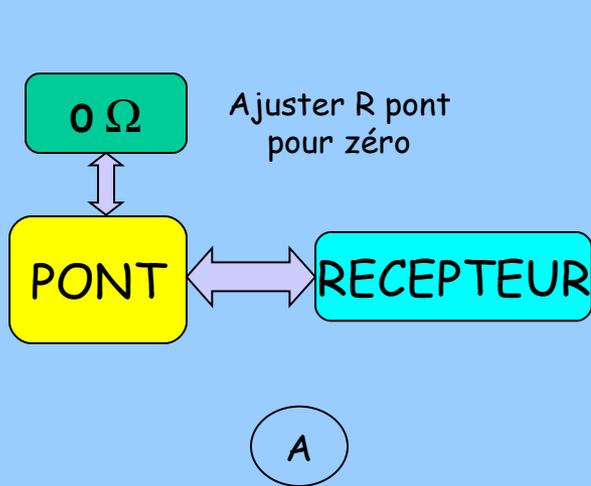


Tore	mm par tour	Tore	mm par tour
T-12	4	T400	77
T16	5	T400A	110
T20	6	T520	94
T25	8	FT23	6
T30	11	FT37	11
T37	11	FT50	15
T44	13	FT50A	17
T50	15	FT50B	30
T68	18	FT82	21
T80	21	FT87	21
T94	26	FT87A	34
T106	35	FT114	27
T130	35	FT114A	27
T157	45	FT140	38
T184	58	FT140A	43
T200	47	FT150	32
T225	50	FT150A	44
T225A	72	FT193	49
T300	53	FT193A	55
T300A	78	FT240	51

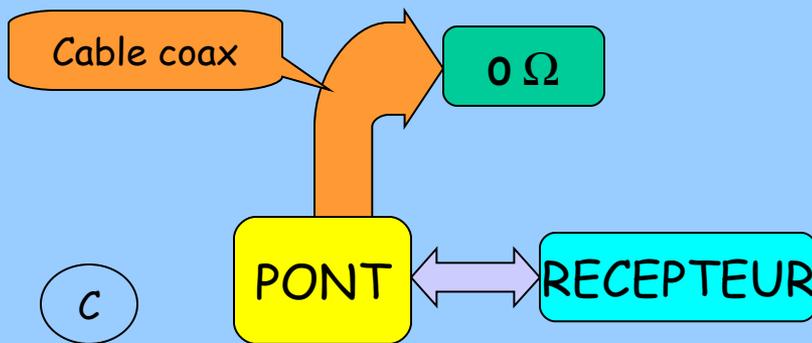
+ 75mm à chaque extrémité d'enroulement

Montages pour....

Pont de mesures -> longueur électrique



$n = 2 * F_n / (F_{n+2} - F_n) \rightarrow$ arrondir à la valeur paire la plus proche
 $F \lambda = 4 * F_n / n$

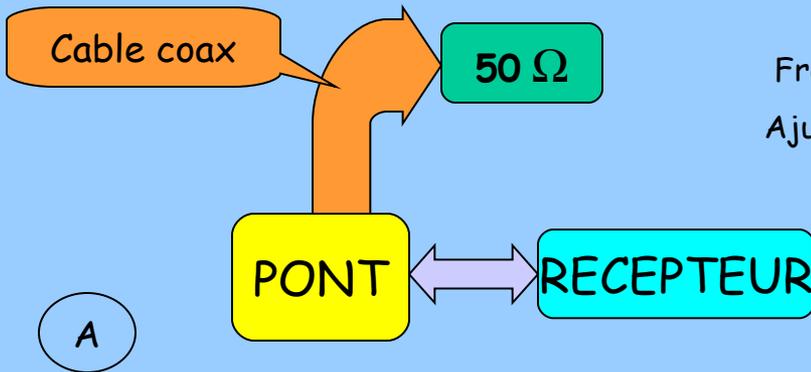


$F \lambda$ est la fréquence pour laquelle le cable a une longueur de 1 longueur d'onde

Mesure de la fréquence F_{n+2} ($>F_n$) donnant un second nul consécutif

Ajuster R pont & fréquence F_{n+2} pour zéro

Pont de mesures -> Impédance caractéristique



Fréquence = $F \lambda - F \lambda / 8$
 Ajuster R1 & X1 pont RX
 pour zéro

On mesure l'impédance d'entrée à 2
 fréquences distantes de $F \lambda / 4$

$$R = R1 * R2 - X1 * X2$$

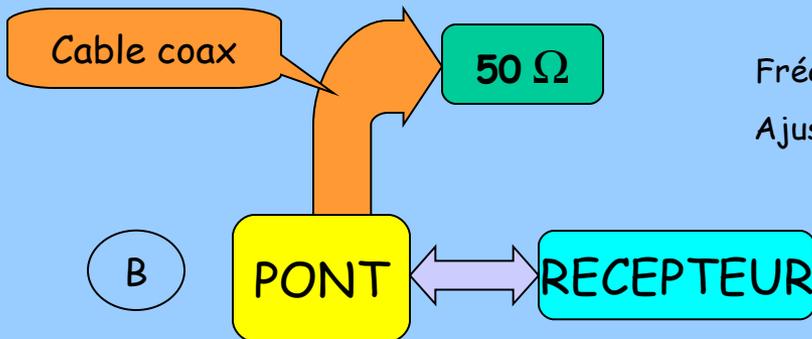
$$X = R1 * X2 + X1 * R2$$

$$Z = (R^2 + X^2)^{0.5}$$

$$R0 = Z^{0.5} * \cos(1 / \tan(X/R))$$

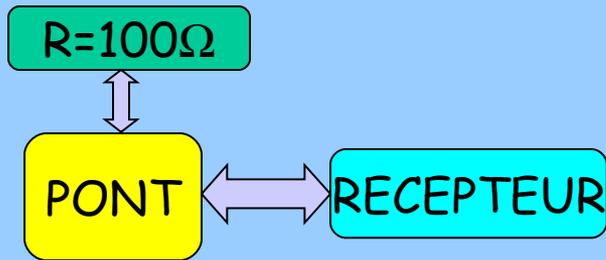
$$X0 = Z^{0.5} * \sin(1 / \tan(X/R))$$

$$Z0 = R0 + jX0$$



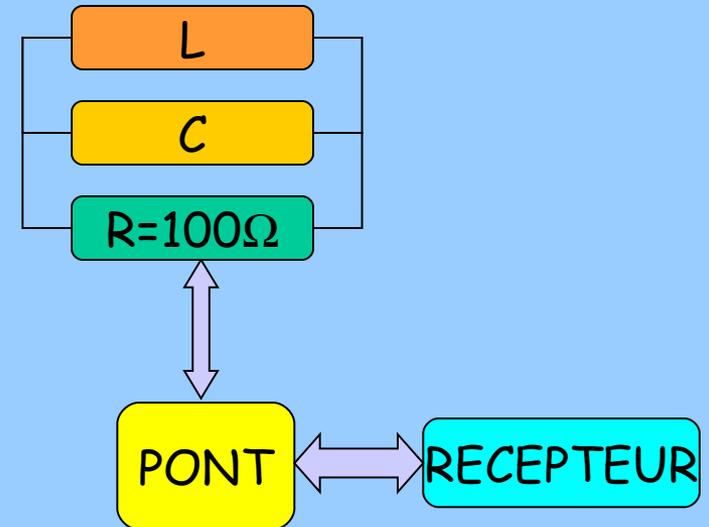
Fréquence $F \lambda + F \lambda / 4$
 Ajuster R2 & X2 pont
 RX pour zéro

Pont de mesures -> Fréquence trappe



A

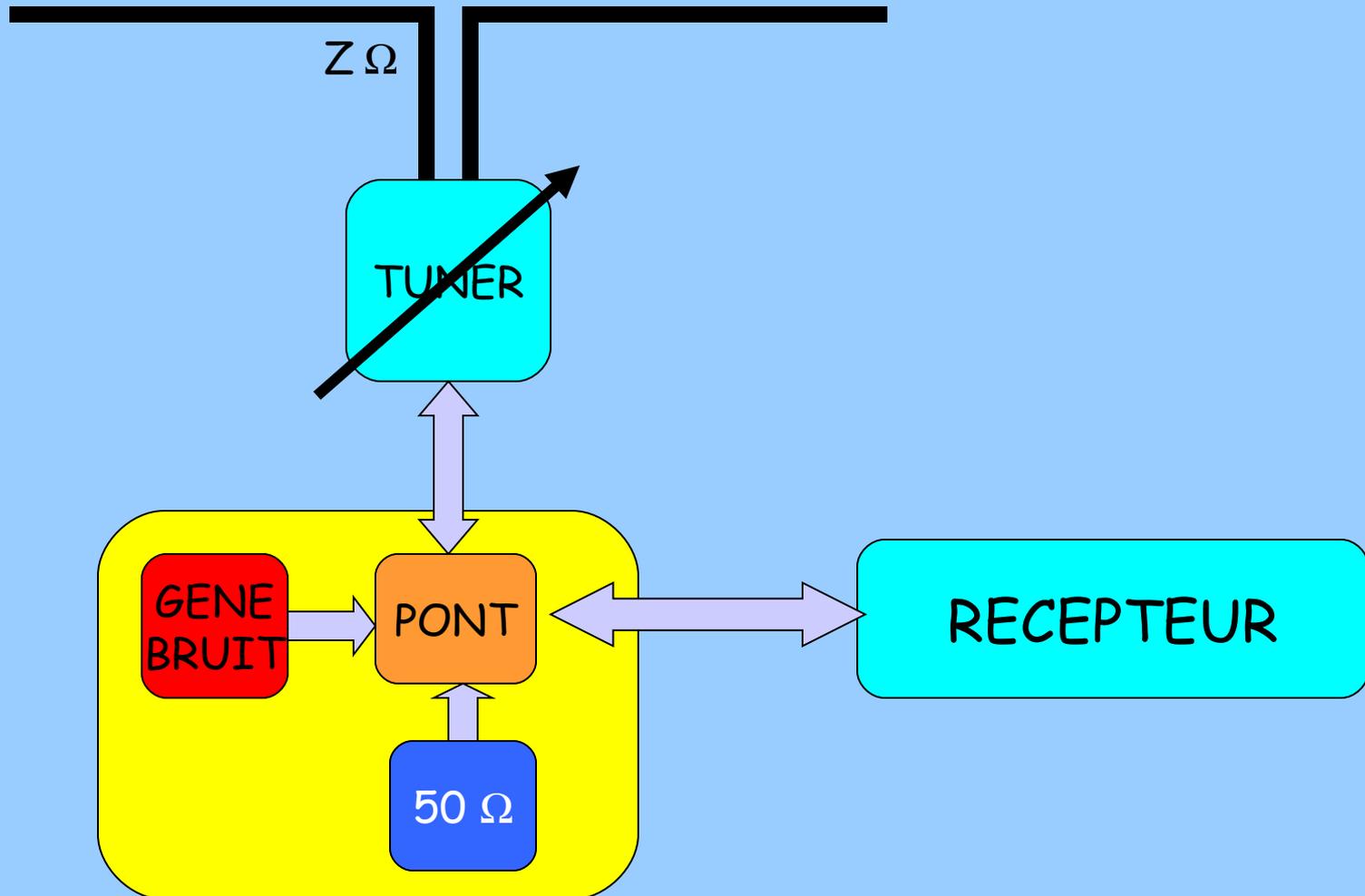
Ajuster R&C
pont pour zéro



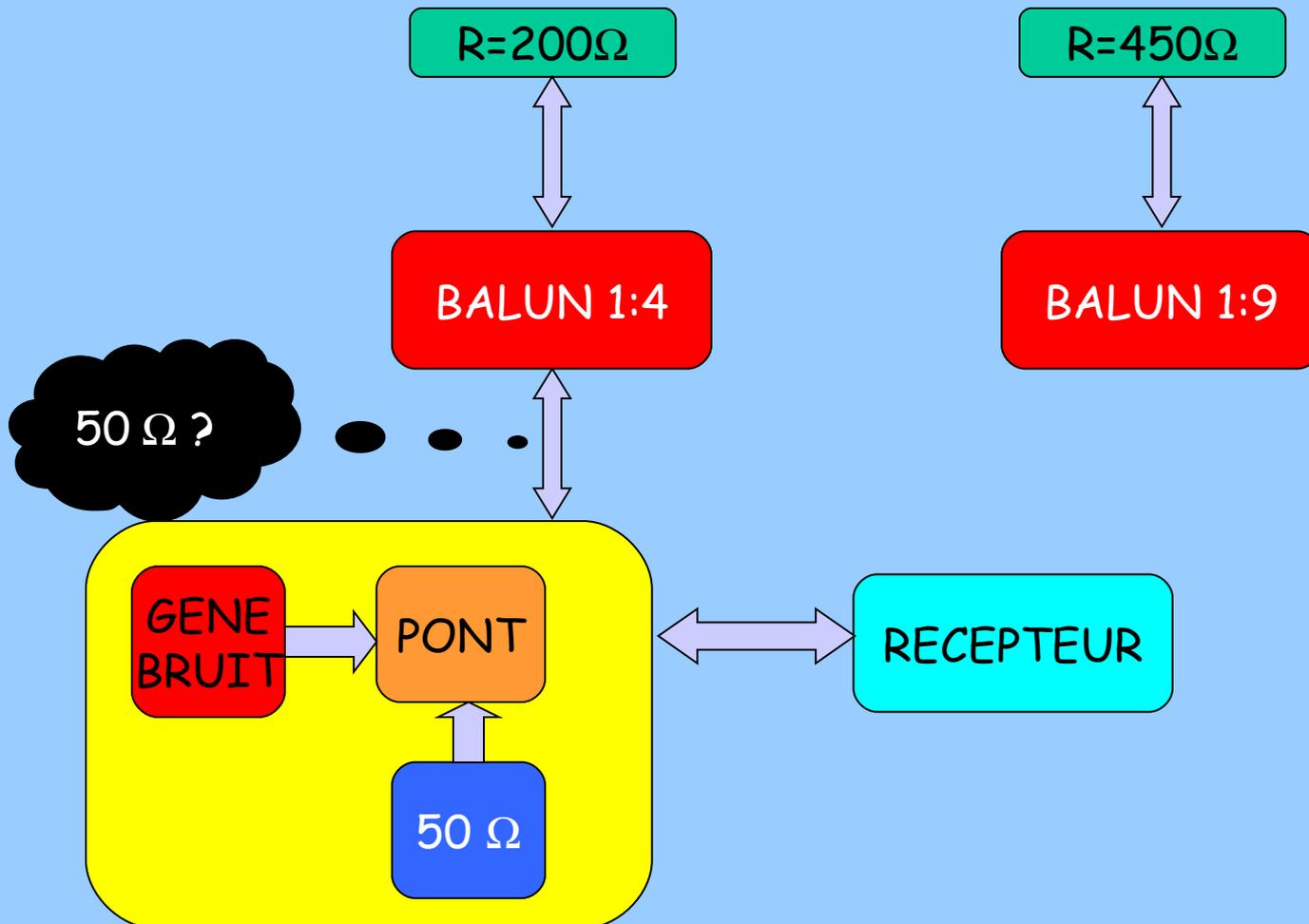
B

Ajuster la fréquence du récepteur pont pour zéro
(à la fréquence de résonance l'impédance du LC est infinie et on retrouve l'équilibre du cas A)

Pont de Réglage → d'antennes



Pont de réglage -> Test de Baluns



Réalisations pratiques

Pont de **MESURE**-QST 8/89

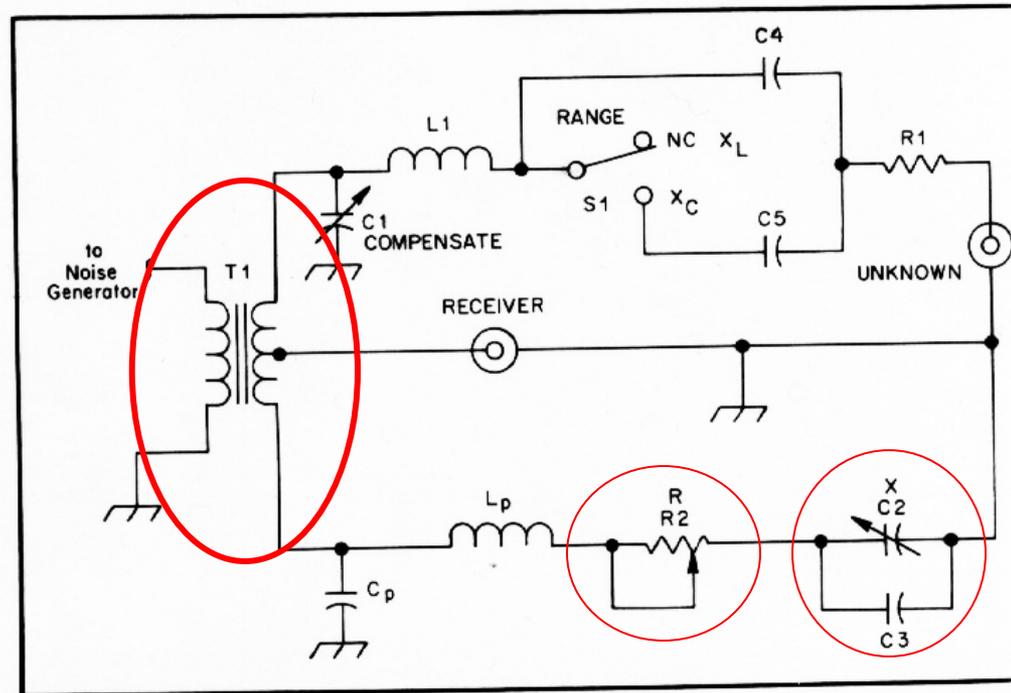


Fig 3—Detailed circuit diagram of the improved noise bridge. This circuit was used to modify my noise bridge. The existing variable resistor (R2) and variable capacitor (C2) are used in the modified circuit. The parasitic capacitance and inductance due primarily to R2 are shown as C_p and L_p in the circuit diagram.

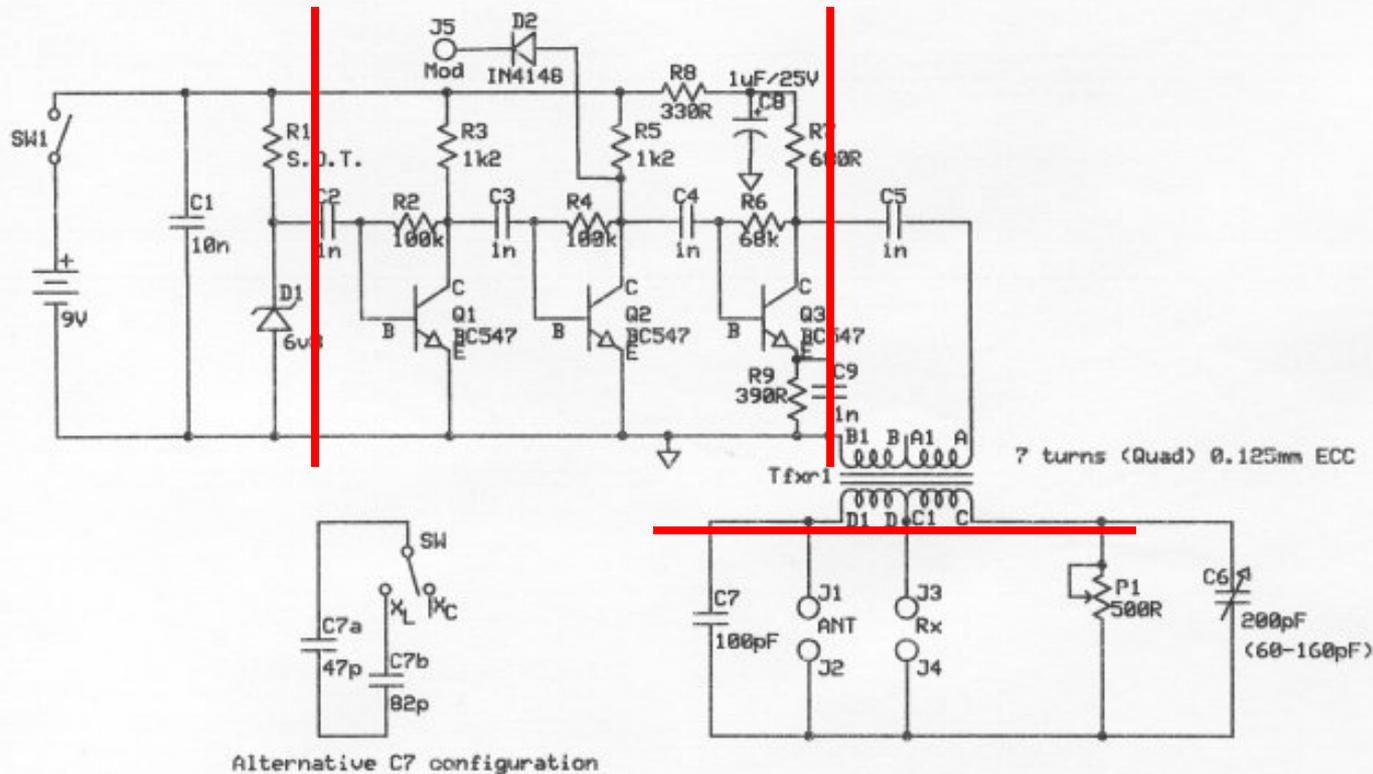
Parts List

- C1—2- to 8-pF variable; see text.
- C2—15- to 150-pF variable.
- C3—20-pF mica.
- C4—47-pF mica.
- C5—82-pF mica.
- L1—Wire loop; see text.

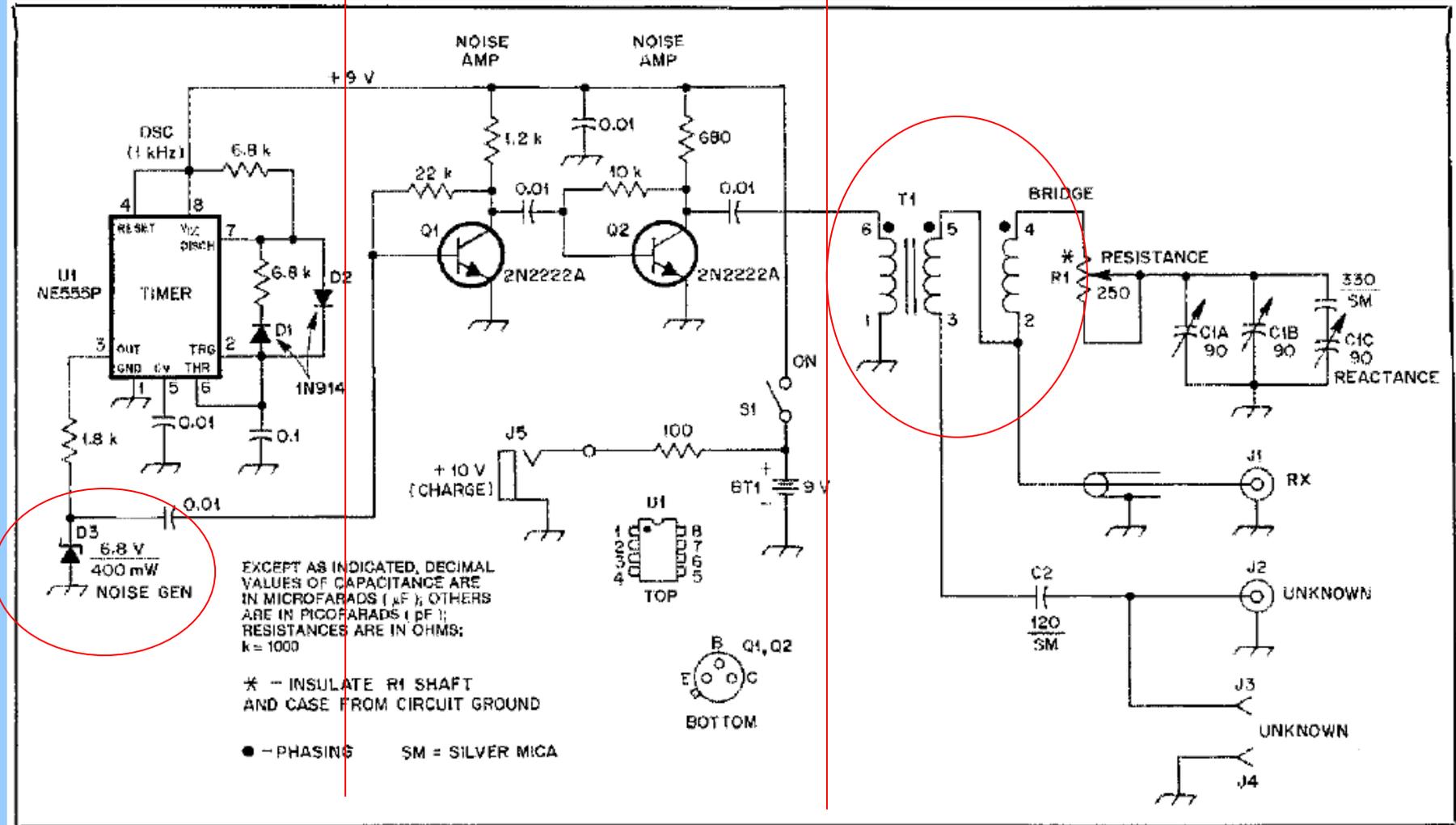
R1—10- Ω , 1/4 W.

- R2—250- Ω , noninductive potentiometer.
- S1—SPDT toggle, Radio Shack® 275-62
- T1—Each winding consists of 3 turns of insulated, solid wire on an Amidon BLN-43-2402 ferrite core. See Fig 4 for winding detail.

Pont de **MESURE**-VK5ZVS

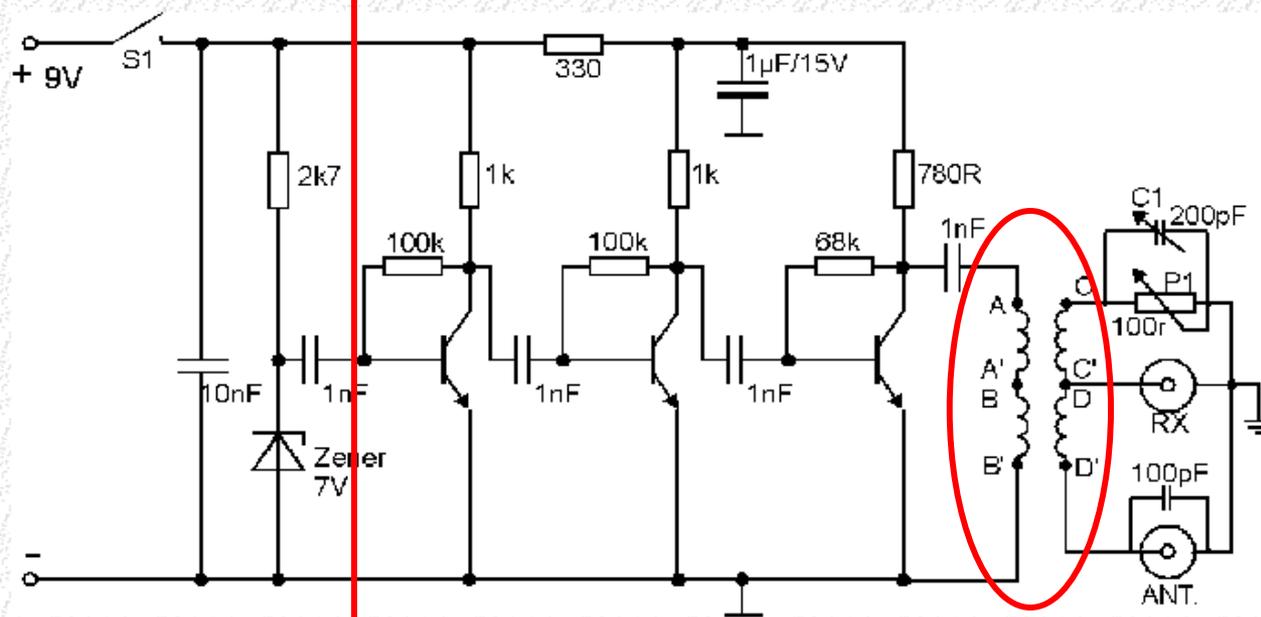


Pont de **MESURE**-W1FB

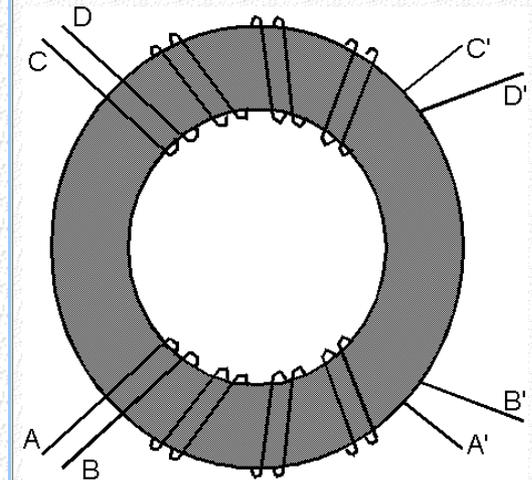


Pont de **MESURE**-VK2TOX

1. Circuit Diagram for a Noise Bridge for Impedance Measuring



2. Ring transformer, follow exact the kind off winding and connect accordingly

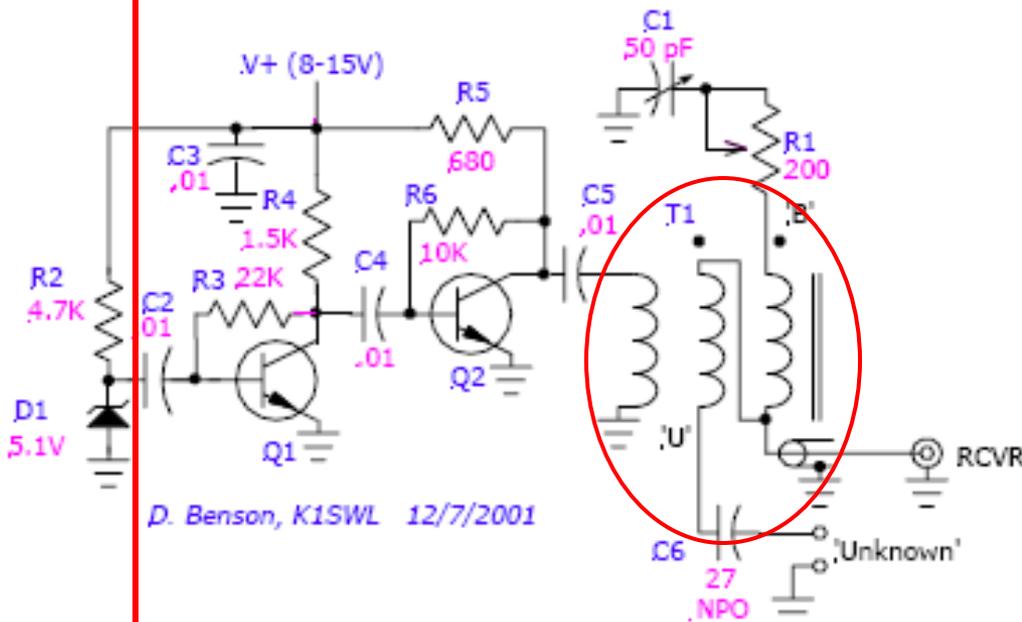


3. Front view with the 9V rechargeable battery on the left side



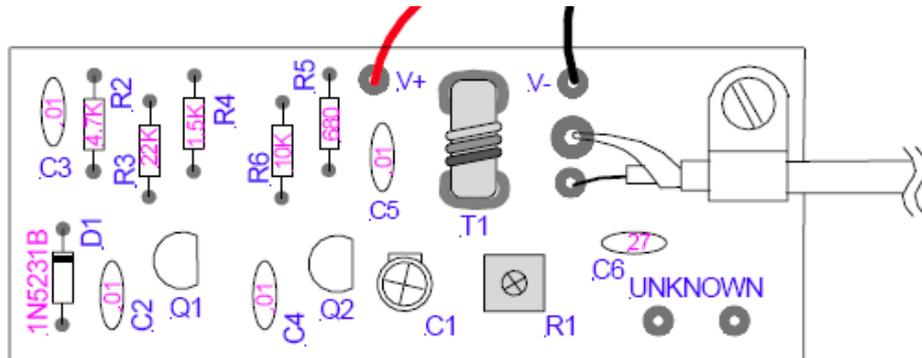
4. Test circuit with the 9V rechargeable battery on the left side

Pont de REGLAGE-Club QRP US



D. Benson, K1SWL 12/7/2001

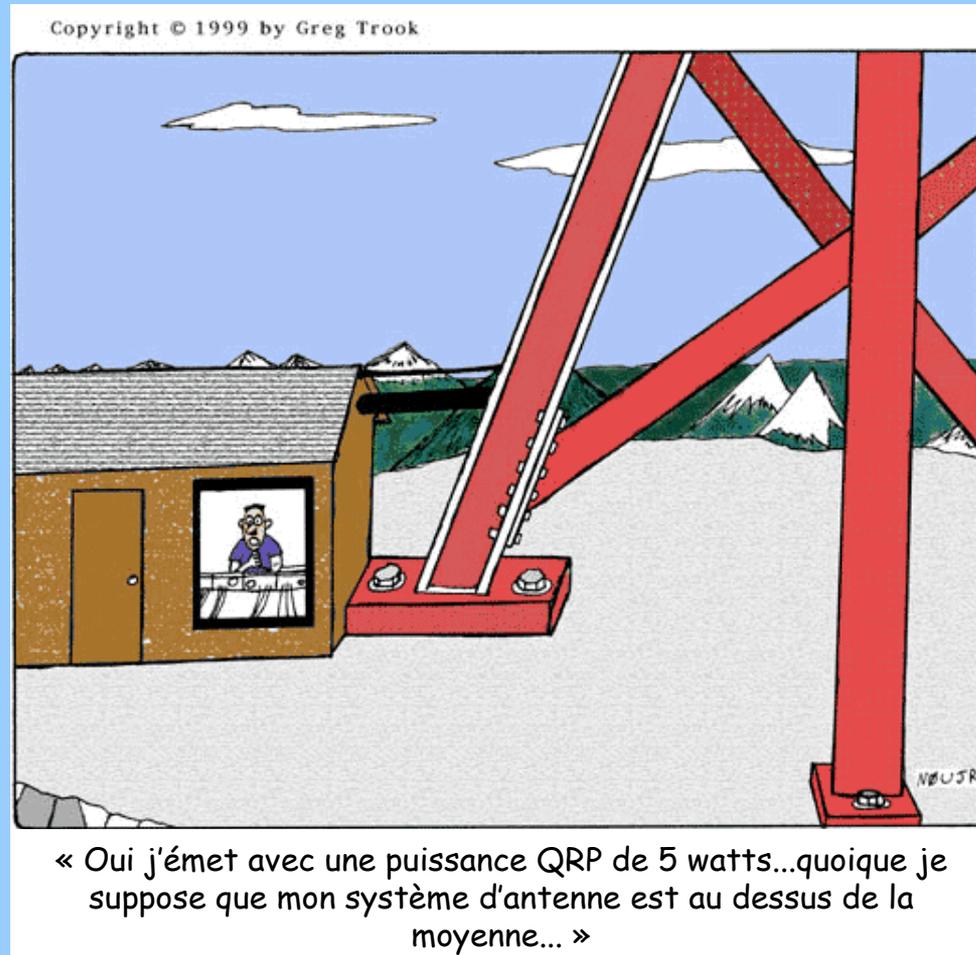
Qty.	Ref. Desig.	Description
1	C1	8-50 pF trim cap, 5mm
4	C2-C5	.01 uF ceramic disk cap
1	C6	27 pF cer. disk cap, NPO
1	D1	0.5W Zener diode, 1N5231B
2	Q1,Q2	2N4401 NPN transistor
1	R1	200-ohm 6mm trim pot
1	R2	4.7K, 1/4W (ylw-viol.-red-gold)
1	R3	22K, " (red-red-org-gold)
1	R4	1.5K, " (brn-grn-red-gold)
1	R5	680 ohm, " (blu-grey-brn-gold)
1	R6	10K, " (brn-blk-org-gold)
1	T1	FT50-43 toroid
1 ea	--	6-32 screw, nut, lockwasher
1	--	nylon cable clamp, 1/8"
1	--	printed-circuit board
1	--	4" length ribbon cable (3-wire)
1	--	16" RG-174 w/ BNC connector.
1	--	9V battery (snap) connector



Detail A:
T1 construction



Cas où le pont de bruit est utile...



Avec un pont en position réglage
et PTT « ON ».....



Bibliographie

Tune up swiftly, silently and safely	K4KI	QST	12/79
Ein Rauschgenerator für VHF und UHF	DB2GM	UKW Berichte	3/81
Ein Rauschgenerator mit definierter Rauschleistung für Anwendungen bis in dem mikrowellenbereich	DC8UG	UKW Berichte	2/84
A laboratory style RX Noise Bridge	W1FB	QST	12/87
A broadband VHF impedance measuring hybrid	W N Caron	QEX	2/88
RX Noise Bridges	VE2CV	QST	5/88
Improving and using R-X Noise Bridges	KI6WX	QST	8/89
High accuracy Noise Bridge	K4VA	QEX	3/90
The noise bridge	K6NY	QST	9/92
Noise measurement and generation	N1BWT	QEX	11/96
Accordez discrètement vos antennes	F6GUF	Radio-REF	7/2003
Pont de bruit pour boîte d'accord antenne	F6GYJ	Radio-REF	9/2006

Sites infos

http://www.arrl.org	Mesures ARRL
http://www.rfmicrowave.it	Vendeur de diodes génératrices de bruit 3 ou 10GHz. Schéma d'un générateur de bruit
http://www.elecrafft.com/	Commercialise 1 générateur de bruit en kit (35 dB ENR)
http://f6bon.albert.free.fr/Bruit.html	Générateur de bruit 100-2800MHz faible coût
http://www.es-france.com/pdf/nc100200300400.pdf?osCsid=ad5af367d50ead1aaa6bb03f2ea51517	Diode de bruit professionnelles
http://f5jtz.free.fr/pjacquet/pont-i.htm	Exemple de pont de mesure
http://bts.uba.be/articles_concours/accord_silencieux.pdf	Exemple de pont de réglage (ZL3KB)
http://www.arnsw.org.au/brew_text/Homebrew2005-03.pdf	Exemple de pont de réglage (VK2TOX)
http://www.spirat.com.au/vk5zvs/pic21.htm	Exemple de pont de réglage (VK5ZVS)
http://www.qsl.net/m0pmb/noisebridge.html	Exemple de pont de réglage (G3VA)
http://www.falstad.com/circuit/	Simulateur de circuits électroniques (pont de Wheastone et plus)

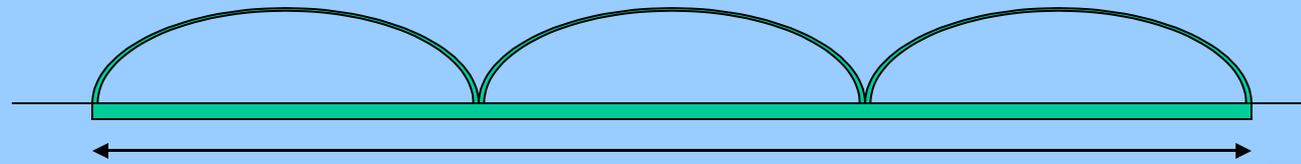
Logiciels de calcul ou simulation

<http://www.partsandkits.com/toroidsa.zip>
http://www.dl5swb.de/html/mini_ring_core_calculator.htm

Calculs de tores
Calcul de tores (en français)

ANNEXE

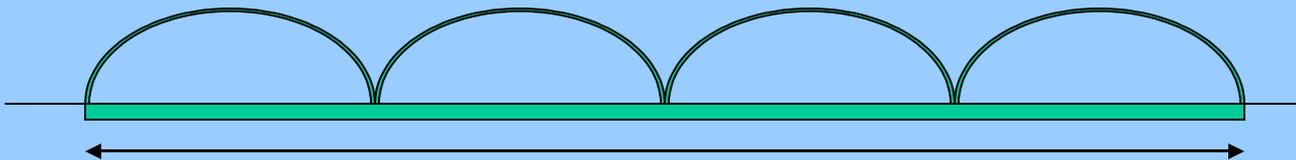
Pont de mesures -> longueur électrique



n fois $\lambda_n/4$

Premier nul à F_n

n est le nombre de quart d'onde sur la longueur du câble à la fréquence de mesure



$n+2$ fois $\lambda_{n+2}/4$

2ieme nul à F_{n+2}

$n = 2 * F_n / (F_{n+2} - F_n) \rightarrow$ arrondir à la valeur paire la plus proche

$$F_\lambda = 4 * F_n / \lambda$$

F_λ est la fréquence pour laquelle le câble a une longueur d'onde

$$n * \lambda_n / 4 = \lambda$$

$$n * c / (4 * F_n) = c / F$$

$$n * F = 4 * F_n$$

Le câble a toujours la même longueur donc

$$n * \lambda_n / 4 = (n+2) * \lambda_{n+2} / 4$$

$$n(\lambda_n - \lambda_{n+2}) = 2 * \lambda_{n+2}$$

$$n * (F_n - F_{n+2}) = 2 * F_n$$

$$n = 2 * F_n / (F_{n+2} - F_n)$$

C'est fini!

Merci de votre attention !

