

# BALUNS ET FERRITES



Radio Talk 2013

Jacques Audet  
VE2AZX Sept. 2013

[VE2AZX@amsat.org](mailto:VE2AZX@amsat.org)

Web: [ve2azx.net](http://ve2azx.net)

- POURQUOI UTILISER UN BALUN ?
- TYPES DE BALUN
- VÉRIFICATIONS DU BALUN AVEC L'ANALYSEUR SWR
- RÉSULTATS
- MESURES D'IMPÉDANCES DE FERRITES
- VÉRIFICATIONS DES FERRITES AVEC LE L'ANALYSEUR SWR
- UTILISATION DE FERRITES SUR LE FEEDER ET SUR LES CONDUCTEURS ENVIRONNANTS

## POURQUOI UTILISER UN BALUN ?

BALUN = BALanced to Unbalanced - C'est un transformateur

Pour alimenter une charge balancée, Ex: dipôle

Diminue la radiation de la ligne d'alimentation (via le blindage)

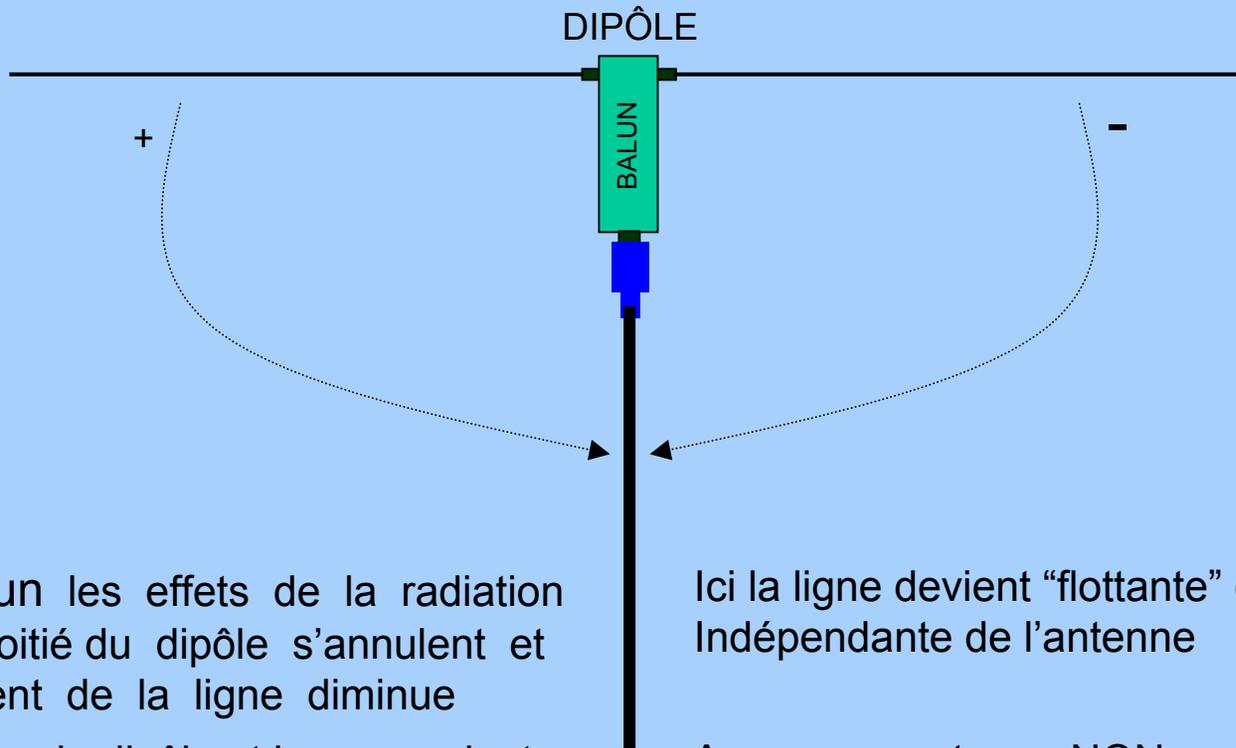
La ligne d'alimentation devient indépendante de l'antenne:

On peut changer sa longueur ...

La déplacer ...

Sans que le SWR change.

# POURQUOI UTILISER UN BALUN ?



Avec un balun les effets de la radiation de chaque moitié du dipôle s'annulent et le rayonnement de la ligne diminue

...En autant que le dipôle et le coax soient symétriques: coax à angle droit et dipôle parallèle au sol

Ici la ligne devient "flottante" et devient Indépendante de l'antenne

Avec une antenne NON symétrique ...  
Ex: antenne windom...

L'utilisation d'un balun de type COURANT est nécessaire. ...

# TYPES DE BALUN

## VOLTAGE

- TRANSFORMATEUR AVEC ENROULEMENTS DONNANT UNE SORTIE BALANCÉE
- LES IMPÉDANCES IN-OUT SONT DÉTERMINÉES PAR LE RAPPORT DU NOMBRE DE TOURS. BEAUCOUP DE RAPPORTS POSSIBLES
- LIMITATIONS DE FRÉQUENCE

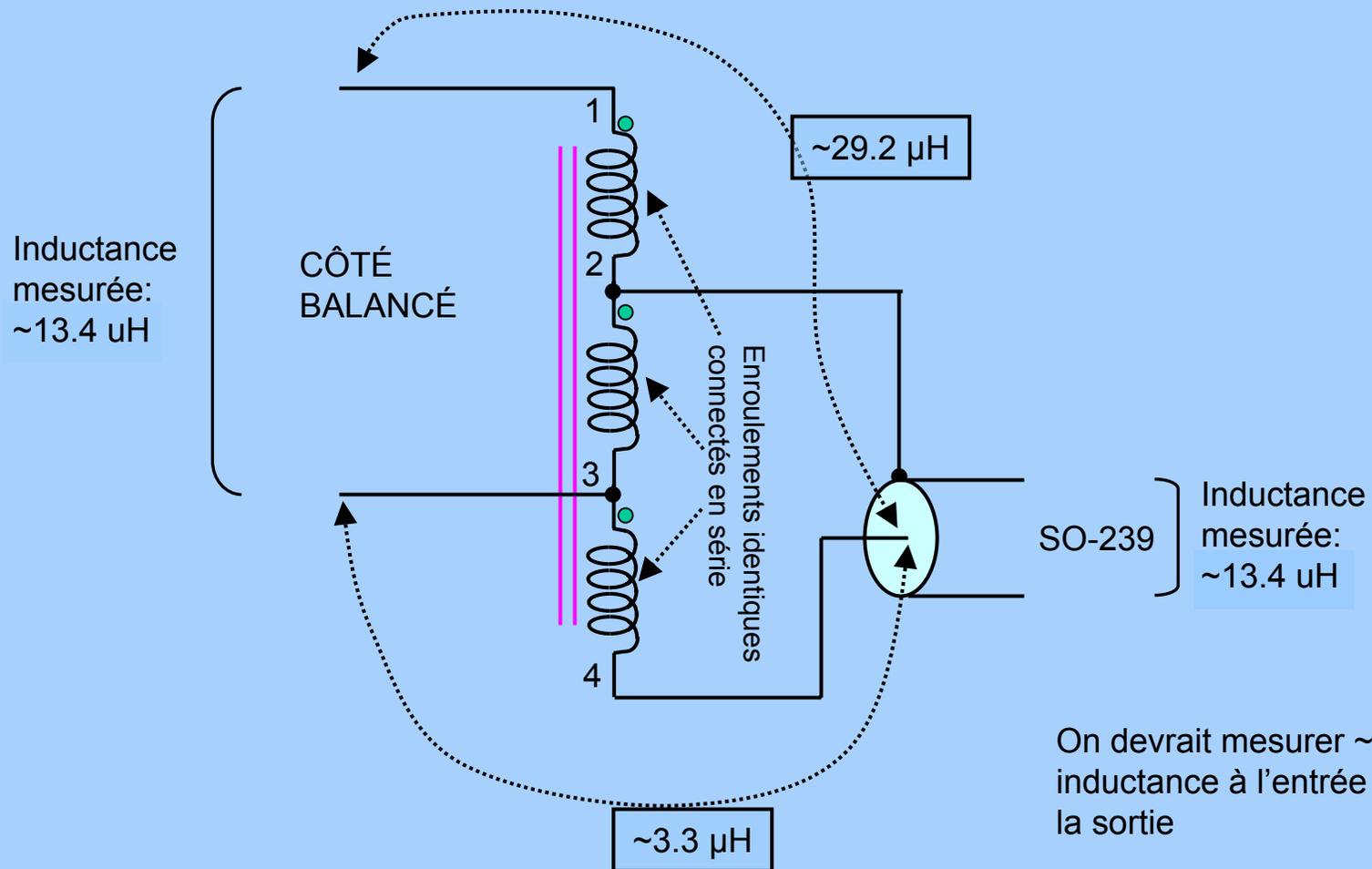
## COURANT

- UTILISE UNE OU DES LIGNES DE TRANSMISSION
- PEUT UTILISER UN CÂBLE COAXIAL OU UNE LIGNE PARALLÈLE AVEC OU SANS FERRITES
- RAPPORT D'IMPÉDANCES 1 : 1 AUSSI 4 : 1 POSSIBLE
- FONCTIONNEMENT SUR UNE PLUS LARGE BANDE DE FRÉQUENCES

# BALUN VOLTAGE 1:1

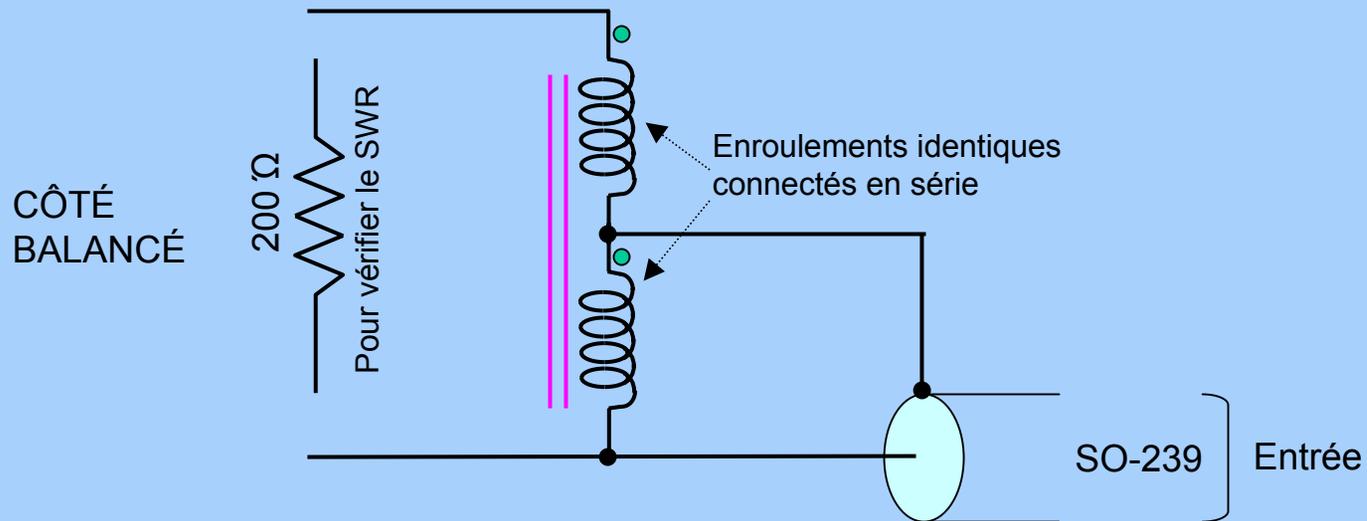
- 3 ENROULEMENTS IDENTIQUES

- GÉNÉRALEMENT 50 : 50 ohms



# BALUN VOLTAGE 4:1

- 2 ENROULEMENTS IDENTIQUES

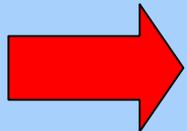
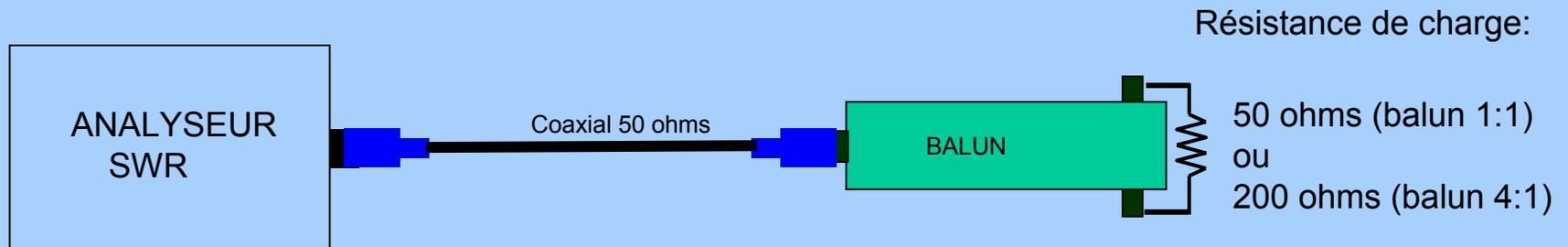


L'inductance mesurée à la sortie est  $\sim 4X$  l'inductance à l'entrée

# VÉRIFICATION DU BALUN AVEC LE MFJ

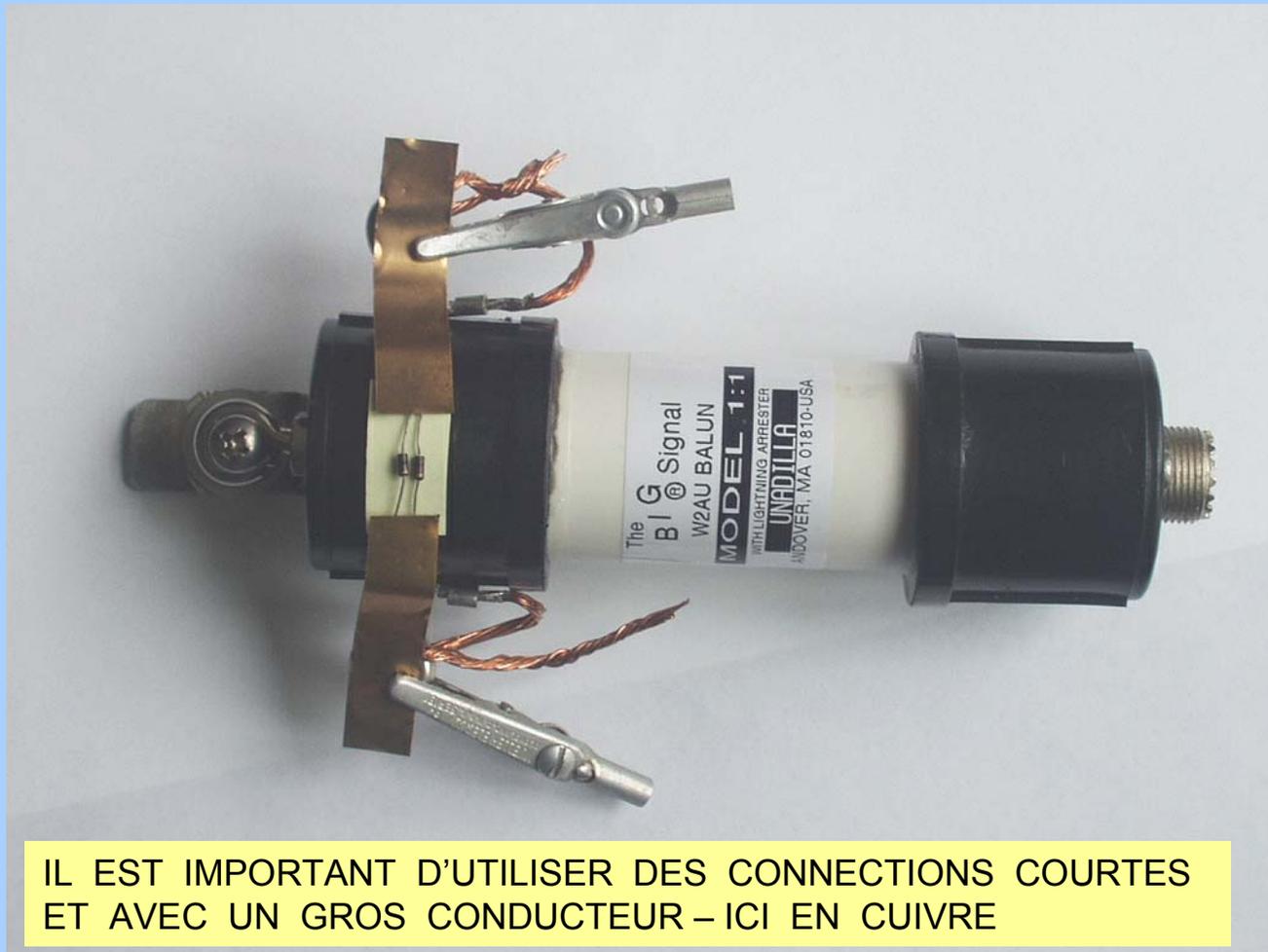
Ces tests vérifient:

- L'inductance des enroulements
- La capacité distribuée des enroulements
- La qualité de l'isolation des conducteurs

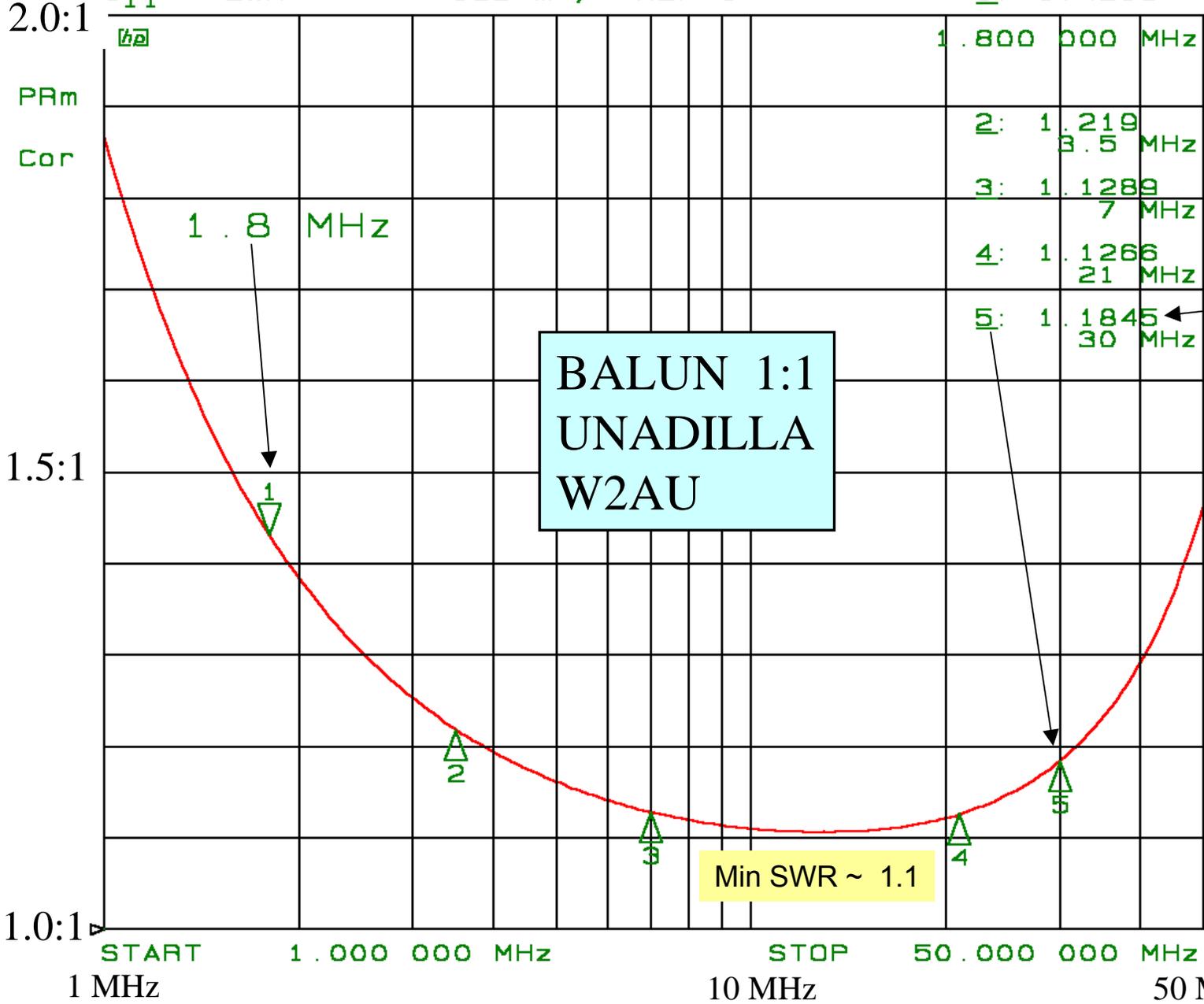


On devrait avoir un SWR inférieur à 1.5 entre 7 et 15 MHz

## CONNECTION DE LA RESISTANCE DE CHARGE (50 $\Omega$ Ici)



SWR MESURÉ avec charge 50 ohms



BALUN 1:1  
UNADILLA  
W2AU

Min SWR ~ 1.1

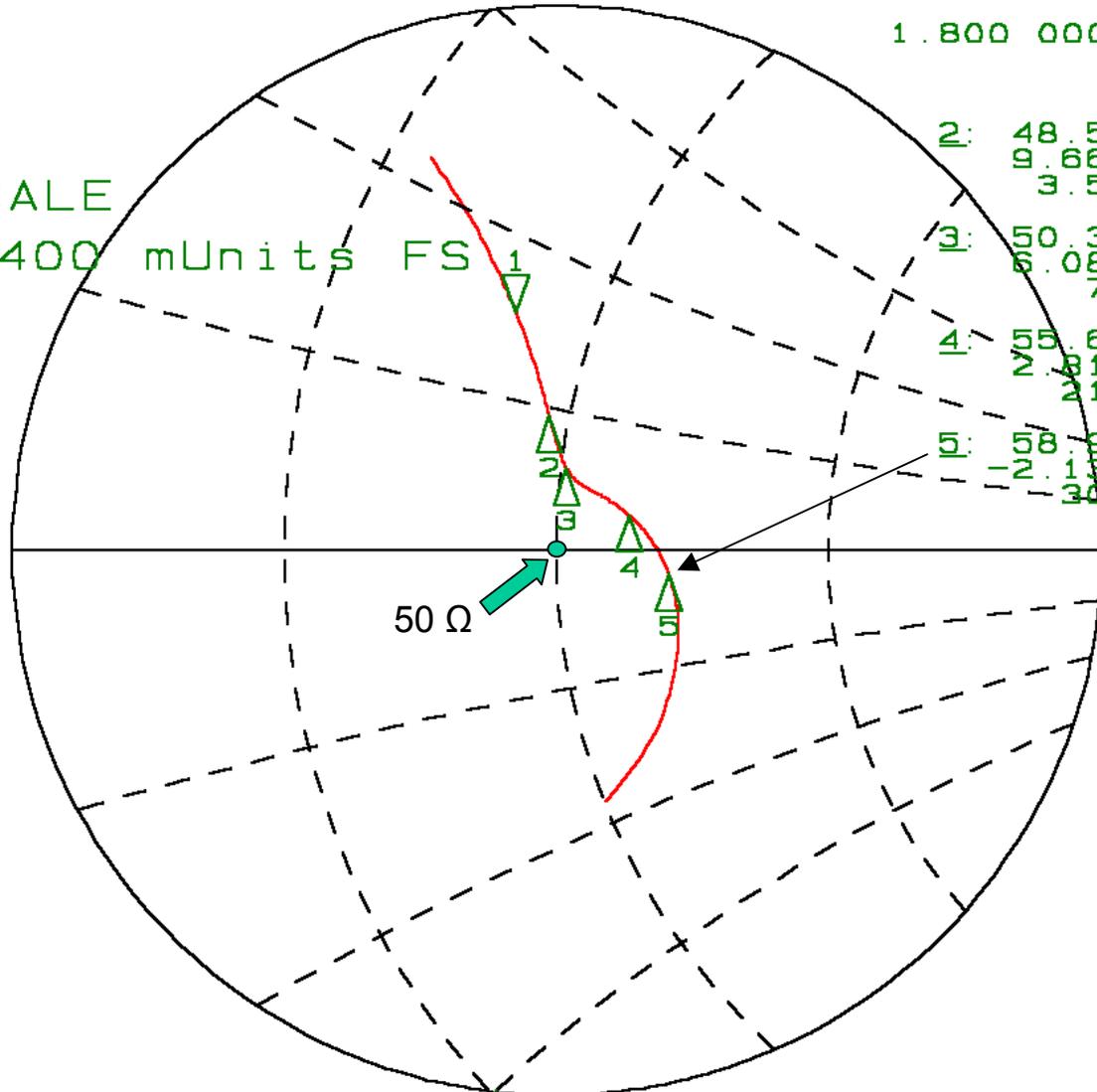
20 Sep 2003 21:30:28

CH1 S<sub>11</sub> 400 mU FS 1: 44.363 Ω 16.041 Ω 1.4183 μH  
1.800 000 MHz

PRm  
Cor

SCALE  
400 mUnits FS

2:	48.547 Ω
	9.668 Ω
	3.5 MHz
3:	50.367 Ω
	6.0801 Ω
	7 MHz
4:	55.604 Ω
	8.164 Ω
	21 MHz
5:	58.953 Ω
	11.828 Ω
	30 MHz



fréquence  
réactance  
résistance

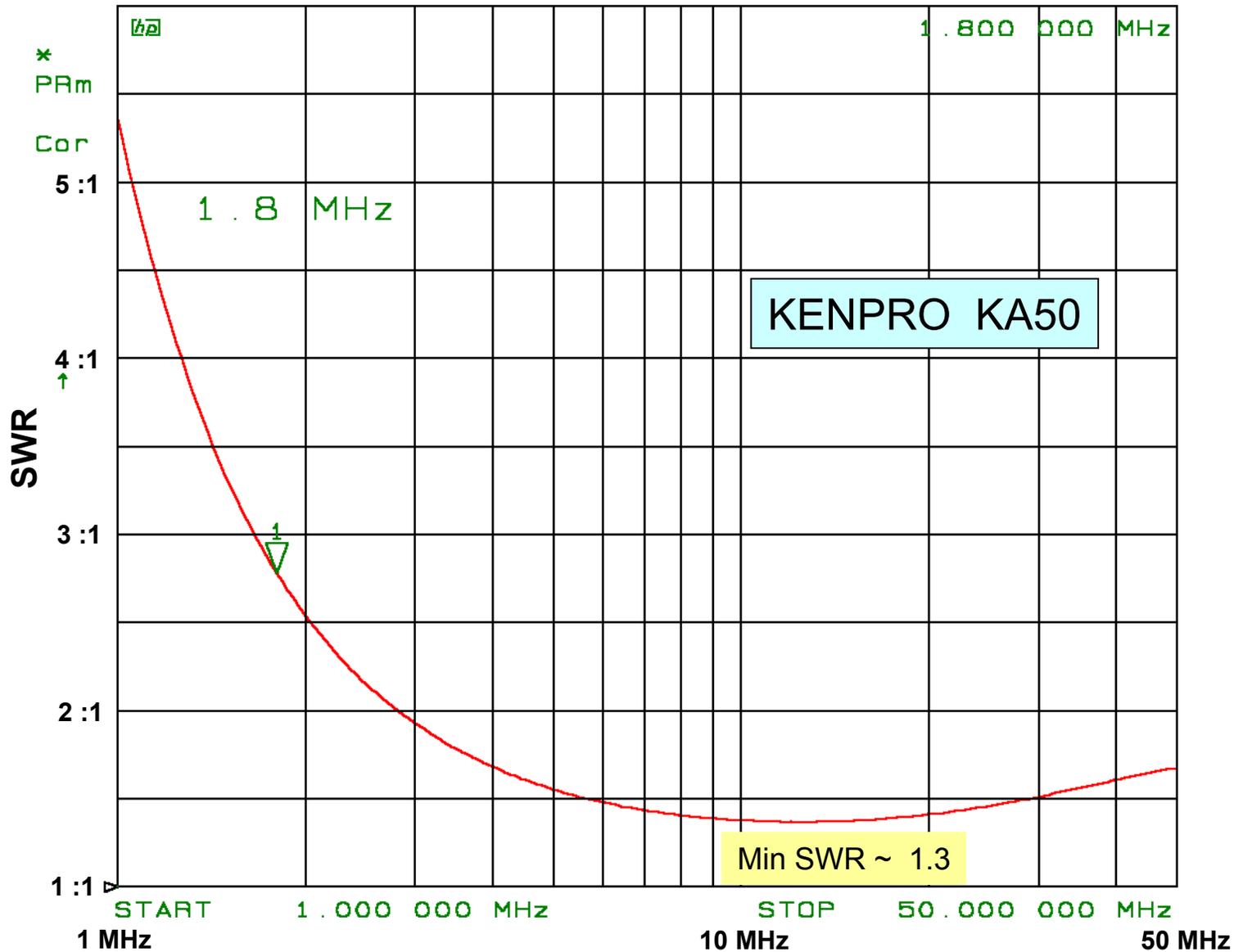
BALUN 1:1  
UNADILLA  
W2AU

IMPÉDANCE  
vs  
Fréquence  
avec  
terminaison  
50 ohms

START 1.000 000 MHz STOP 50.000 000 MHz

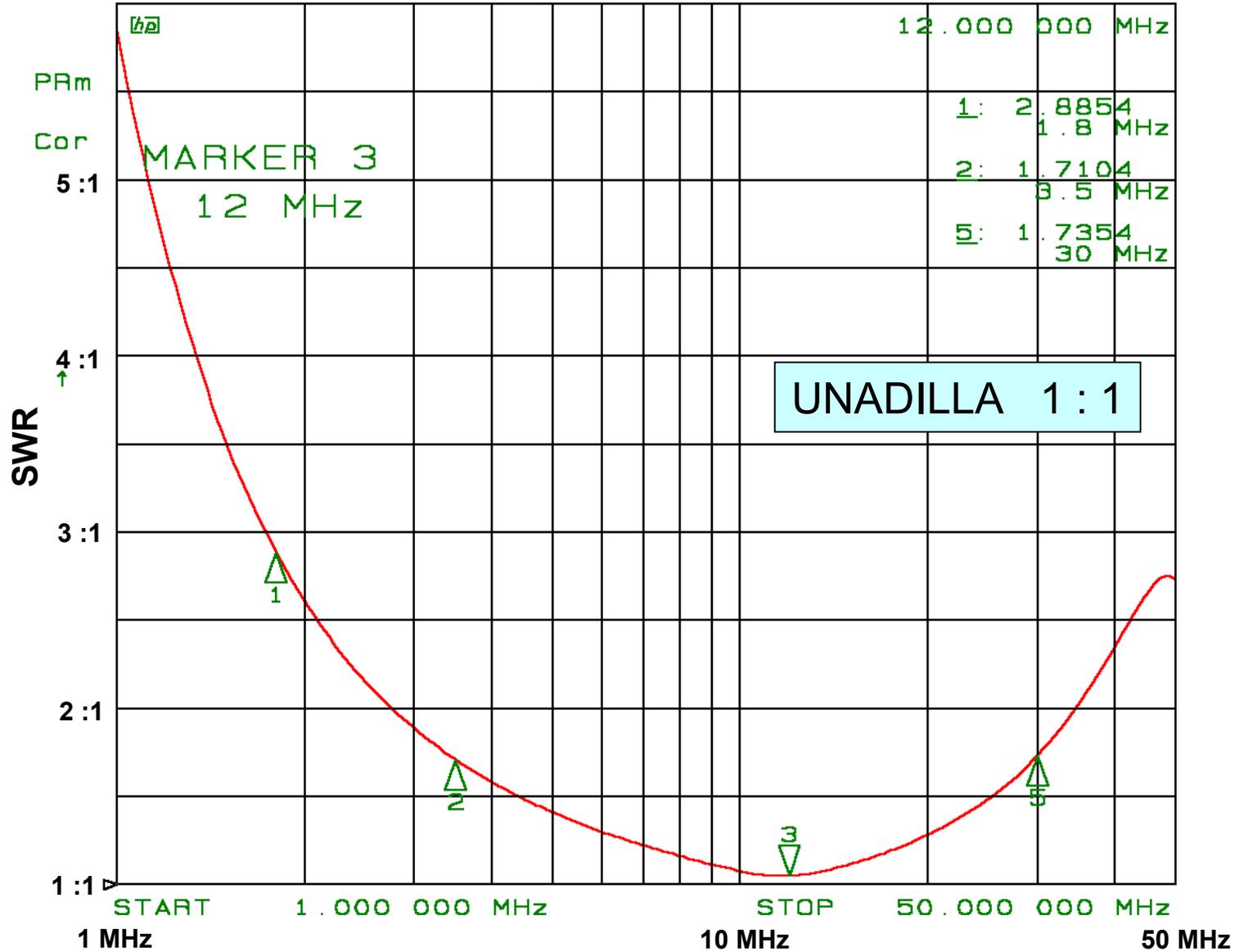
VE2AZX

CH1 S<sub>11</sub> SWR 500 m / REF 1 1: 2.7841

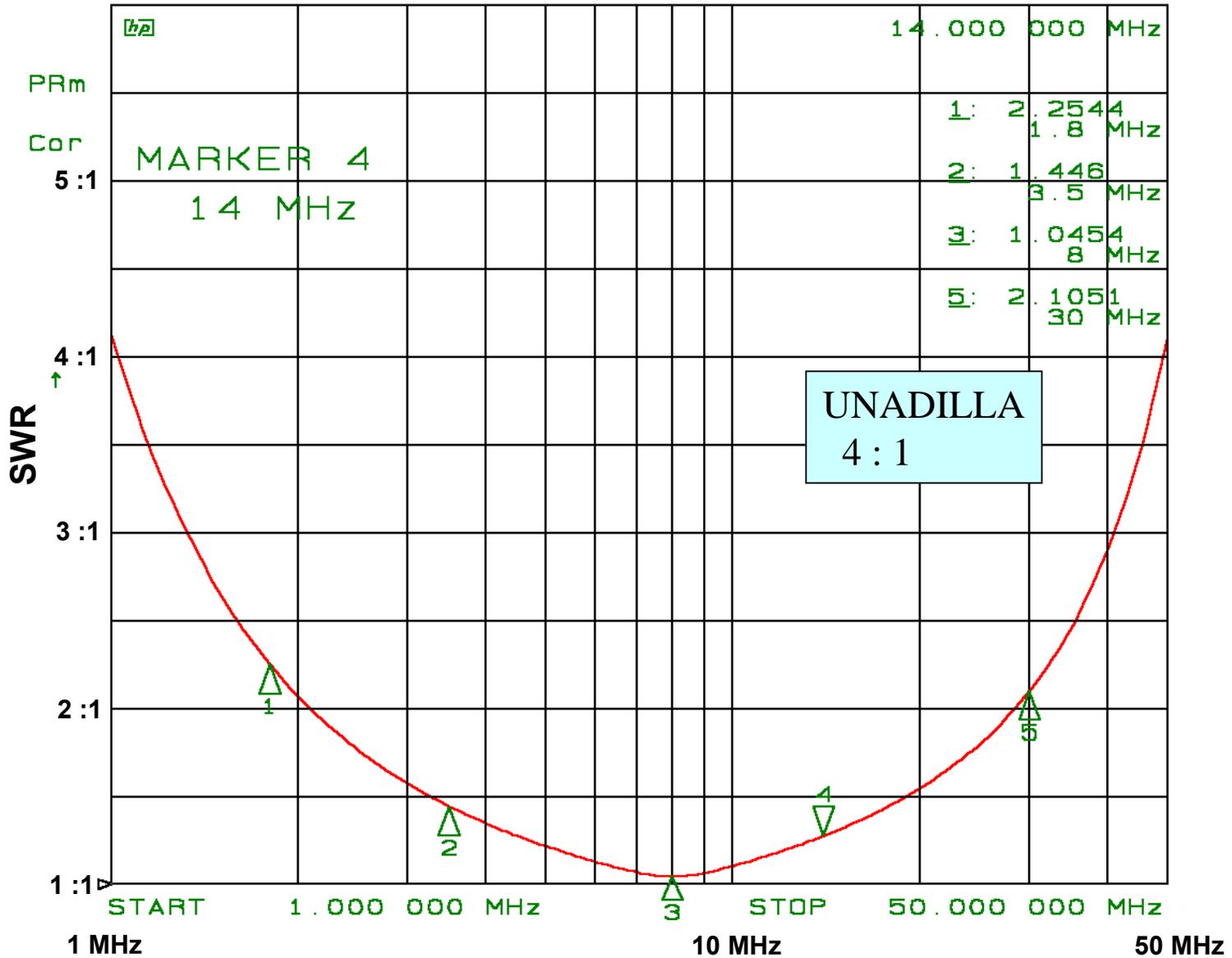


CH1 S<sub>11</sub> SWR 500 m / REF 1

3: 1.0513



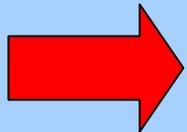
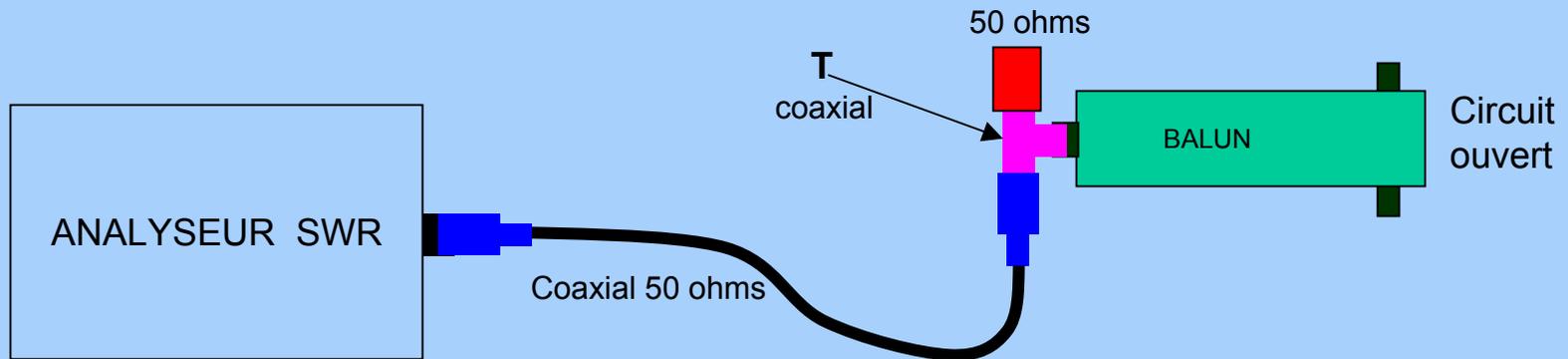
CH1 S<sub>11</sub> SWR 500 m / REF 1 4: 1.2785



## TEST EN CIRCUIT OUVERT AVEC LE MFJ

Ce test vérifie l'autotransformateur:

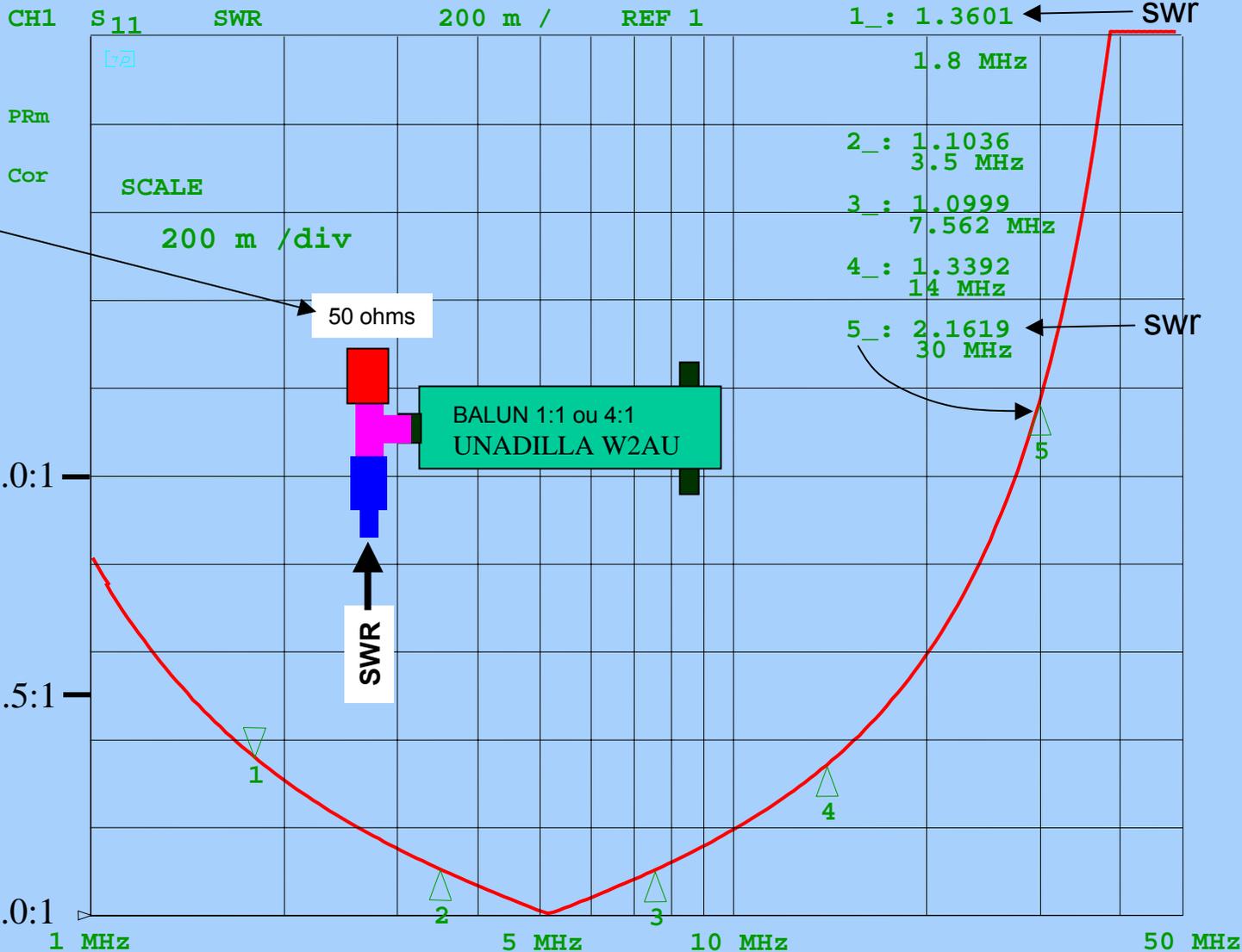
- L'inductance des enroulements
- La capacité distribuée des enroulements
- La qualité de l'isolation des conducteurs



On devrait avoir un SWR inférieur à 1.1 entre 3.5 et 7.5 MHz

# MESURE DU SWR - CIRCUIT OUVERT – 50 ohms à l'entrée

23 Sep 2003 11:17:02



Peu importe le rapport de transformation

SWR MESURÉ

CH1 S<sub>11</sub> 1 U FS 1: 02.172 Ω 20 Sep 2003 21:33:16  
 161.04 Ω 14.239 μH  
 1.800 000 MHz

PRm  
 Cor

MARKER 1  
 1.8 MHz

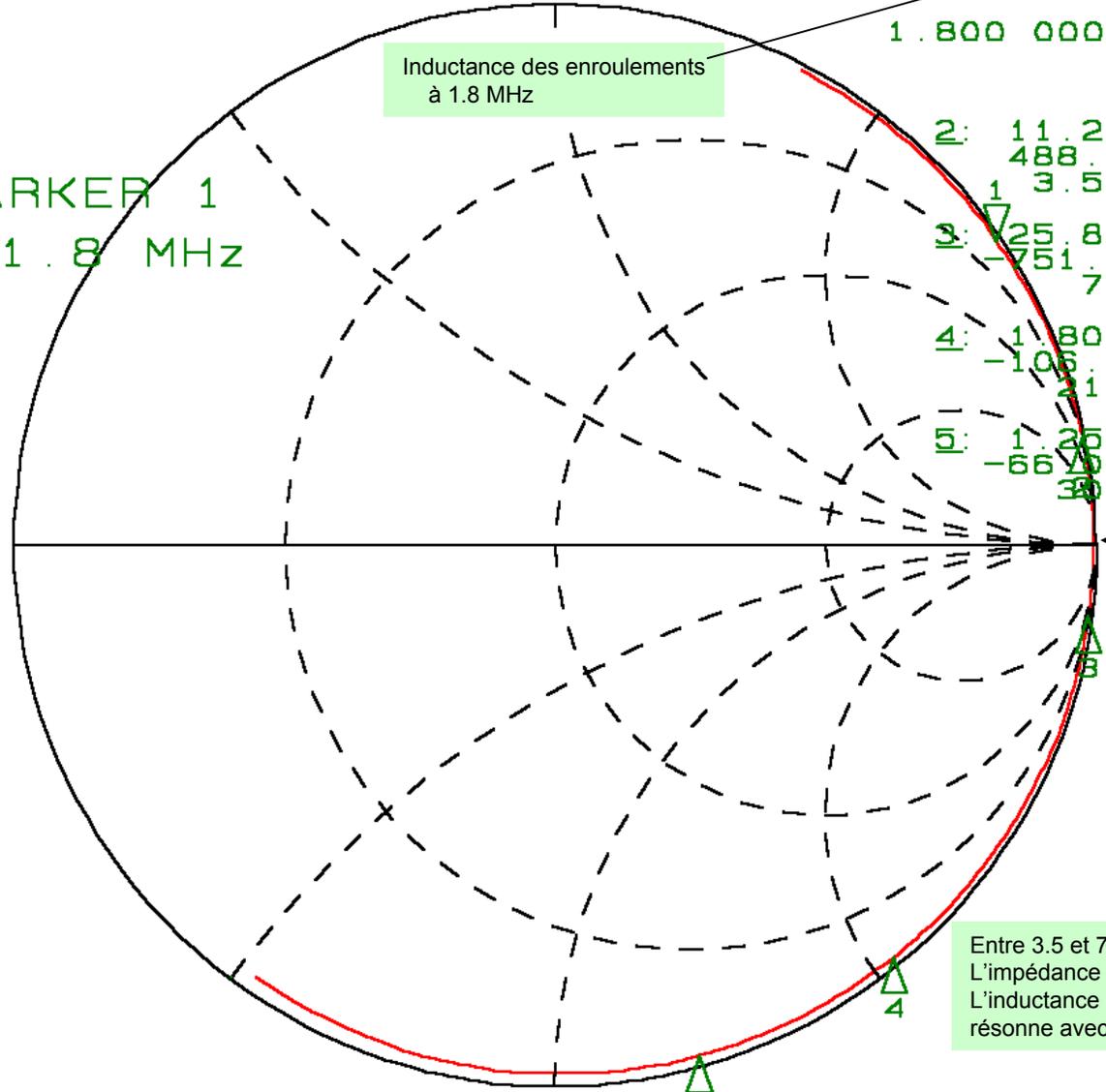
Inductance des enroulements  
 à 1.8 MHz

2: 11.281 Ω  
 488.63 Ω  
 3.5 MHz  
 3: 25.844 Ω  
 -751.16 Ω  
 7 MHz  
 4: -1.88008 Ω  
 -1055.12 Ω  
 11 MHz  
 5: -1.25539 Ω  
 -66.51 Ω  
 15 MHz

fréquence  
 réactance  
 résistance

IMPÉDANCE  
 VS  
 Fréquence  
 avec balun  
 circuit ouvert

BALUN 1:1  
 UNADILLA  
 W2AU



START 1.000 000 MHz STOP 50.000 000 MHz

VE2AZX

## BALUNS COURANT

### Question

Combien y a-t-il de conducteurs indépendants pour le RF dans un câble coaxial ? 1, 2, 3 ou 4 conducteurs ?



Il y a **3** conducteurs:

- Le conducteur central,
- L'intérieur du blindage
- L'extérieur du blindage

Noter que le courant RF qui circule sur l'extérieur du blindage est indépendant du courant circulant à l'intérieur. Le courant pénètre très peu dans le conducteur, soit par l'intérieur du coax ou par l'extérieur. (Skin Effect)

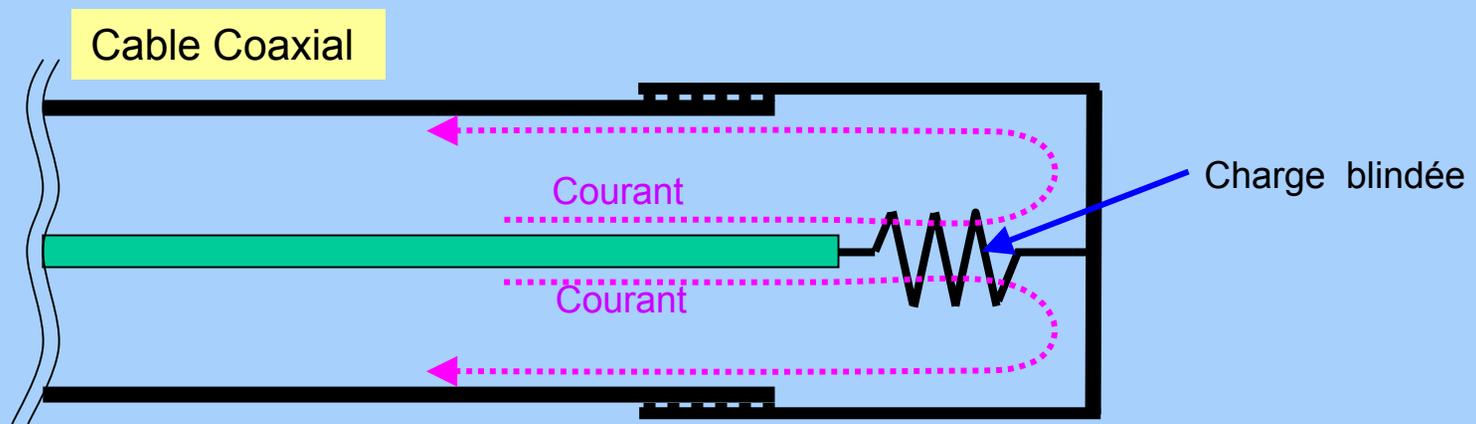
Noter aussi que le SWR n'a rien à voir avec le courant qui circule sur l'extérieur du coax. Pour le SWR, c'est à l'intérieur du câble que cela se passe.

## CHARGE BLINDÉE

Lorsque la charge est blindée, le courant reste à l'intérieur du coax

Il n'y a PAS de courant sur l'extérieur du coax

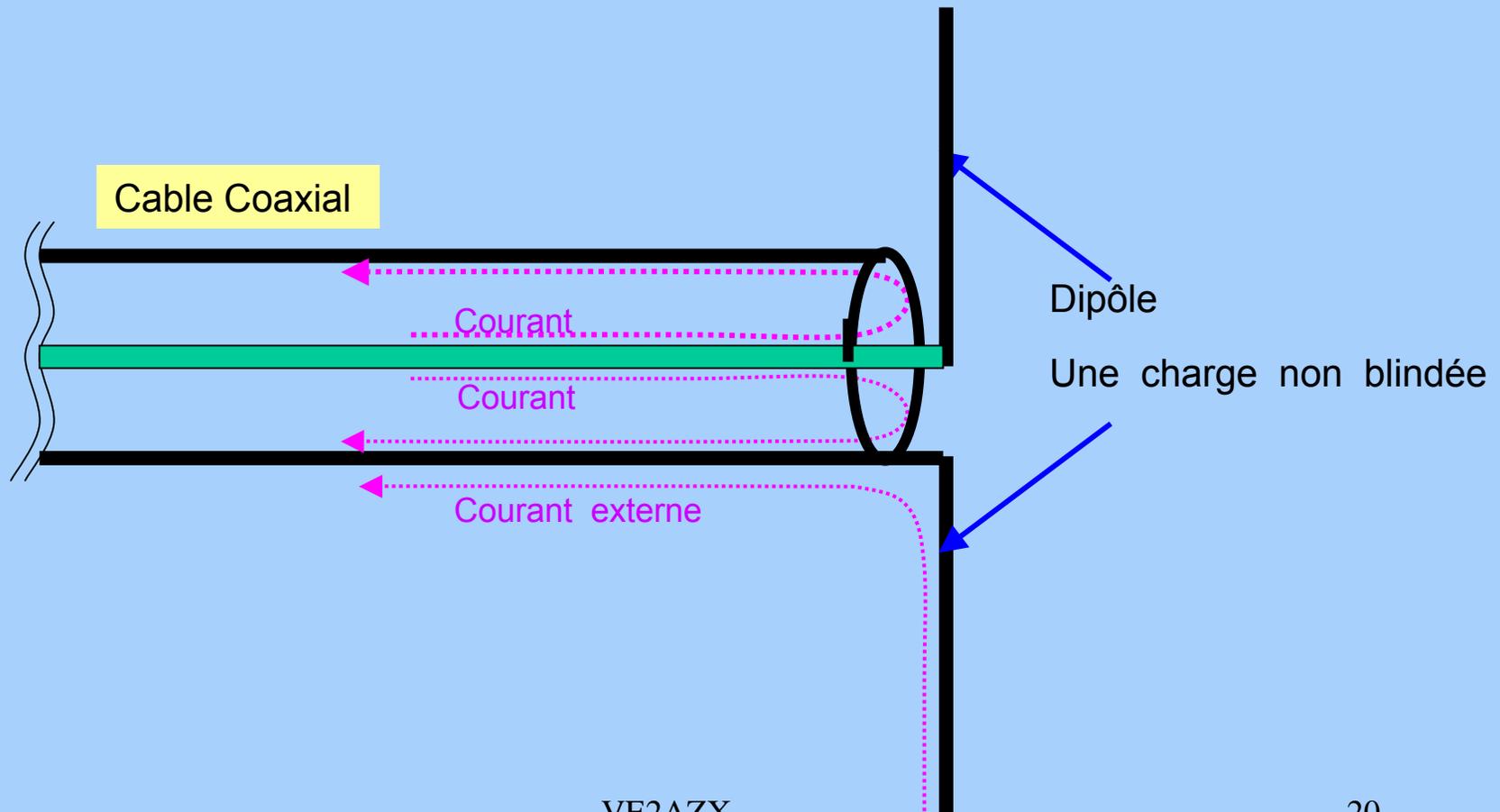
Dans ce cas, les ferrites placés sur l'extérieur du coax n'ont AUCUN effet



## UNE CHARGE NON BLINDÉE

Un dipôle est une charge non blindée

Ici une partie du courant rayonné par l'antenne va se retrouver sur le blindage du coax

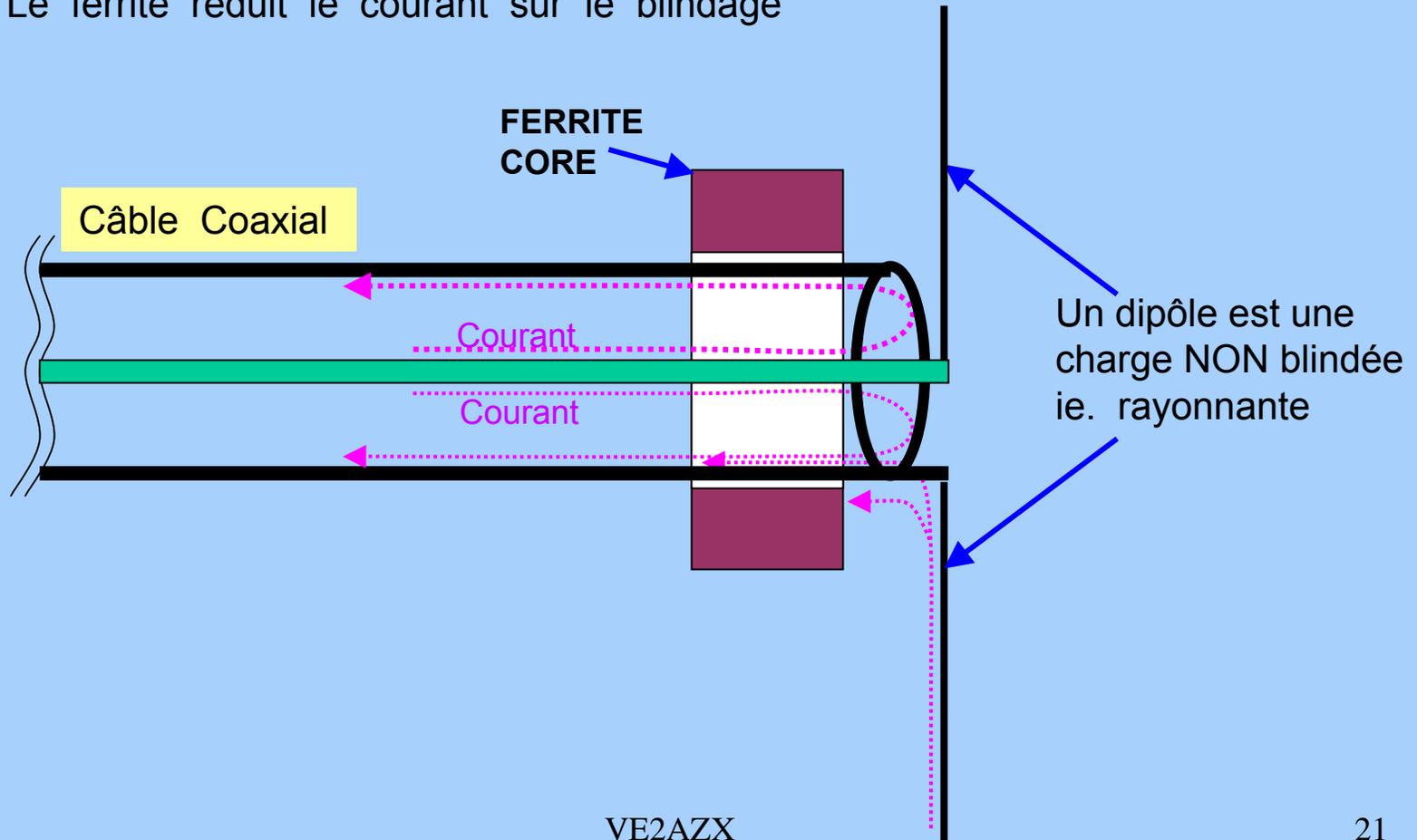


## UNE CHARGE NON BLINDÉE

L'ajout d'un ferrite ajoute une resistance (RF) sur l'EXTÉRIEUR du coax

Le ferrite n'a AUCUN effet sur les courants à l'intérieur du coax

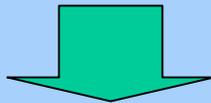
Le ferrite réduit le courant sur le blindage



# BALUNS COURANT

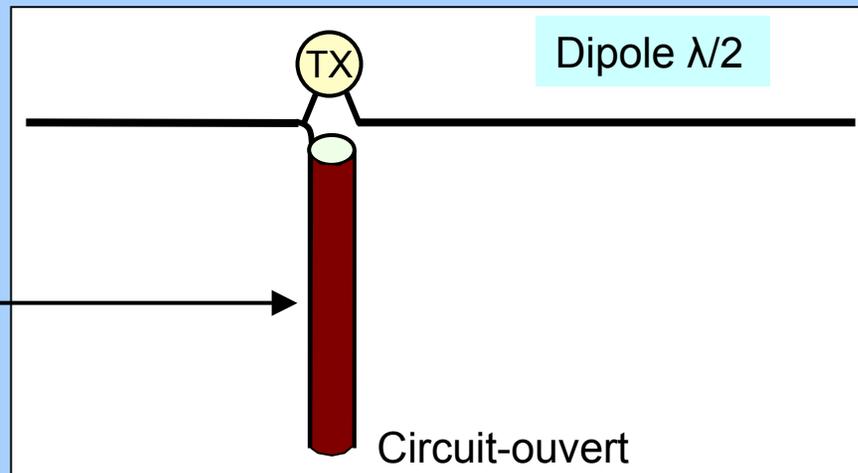
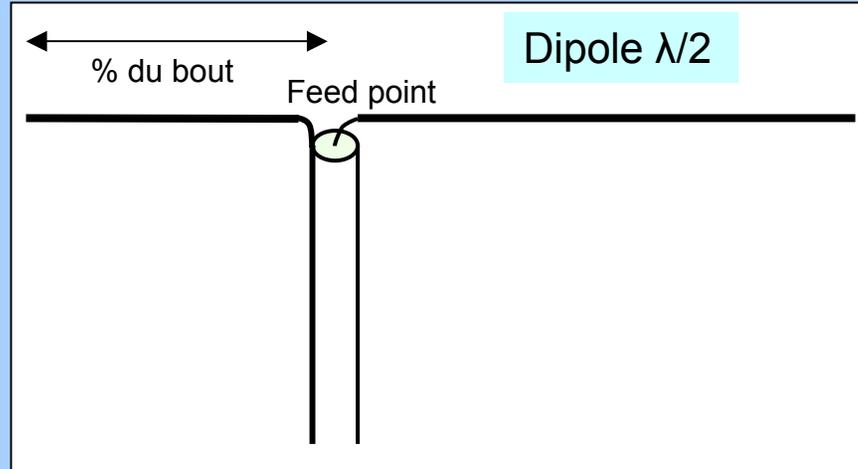
Quelle valeur de résistance est requise quand on alimente un dipole avec un câble coaxial ?

Un câble coaxial alimente un dipôle au centre ou avec un offset



Circuit équivalent:  
**Le coaxial fait partie de l'antenne**

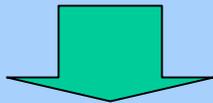
**Stub  $\lambda/4$**   
Représente la pire longueur de coax



# BALUNS COURANT

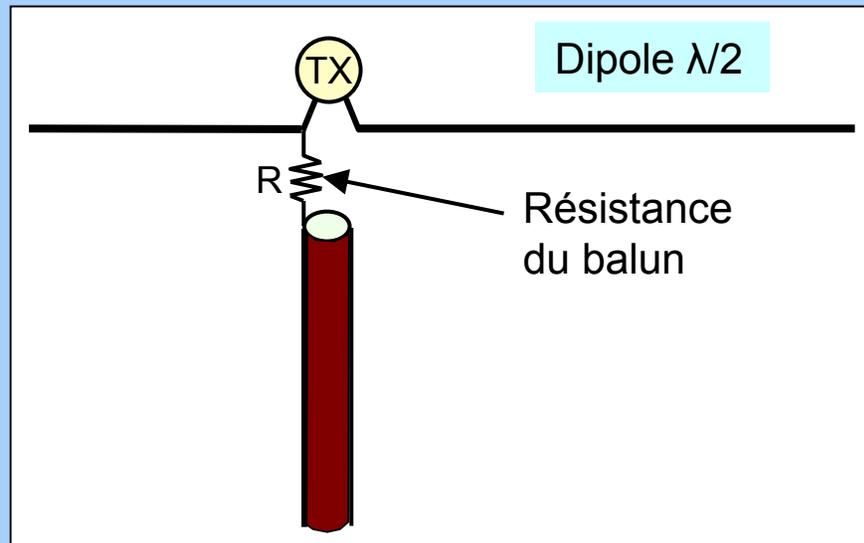
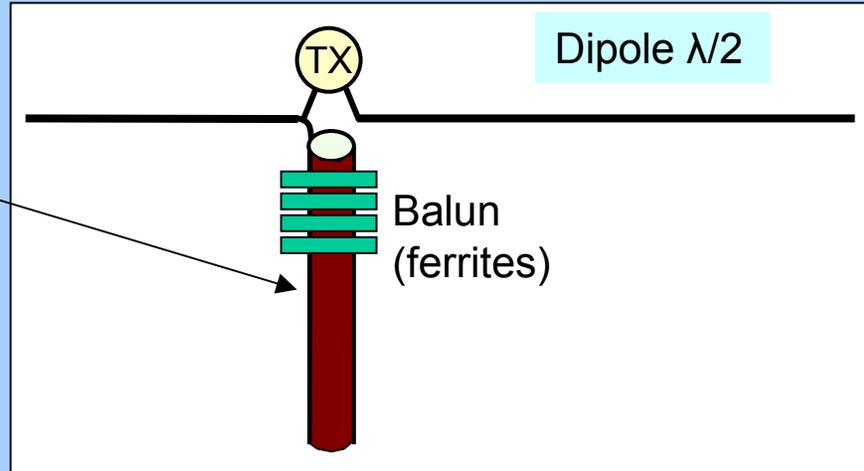
Alimentation avec un câble coaxial d'un dipole

Pour diminuer le courant dans le stub:  
On insère un balun courant qui ajoute une résistance en série sur l'extérieur du coaxial



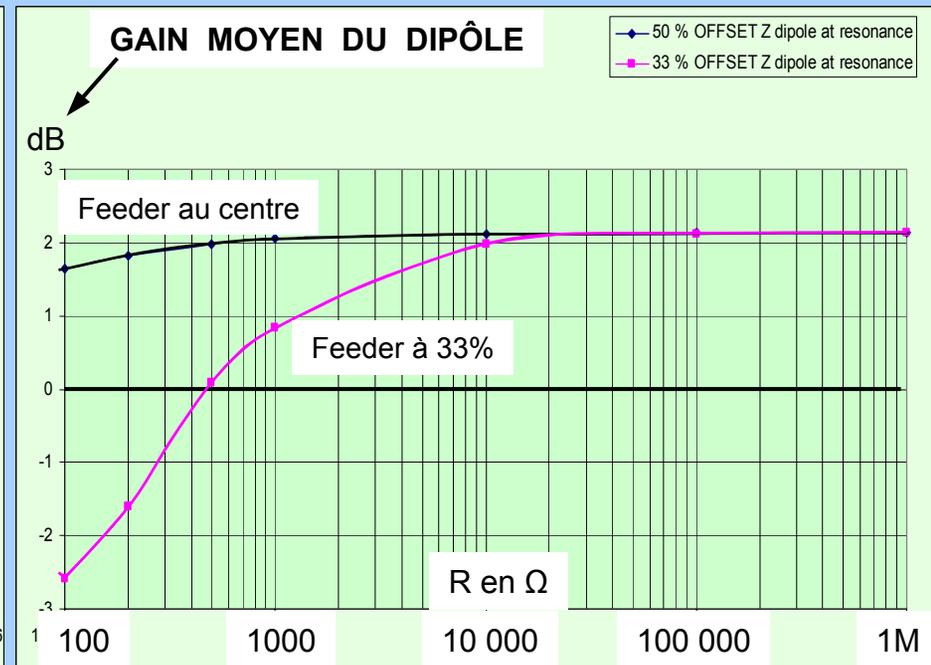
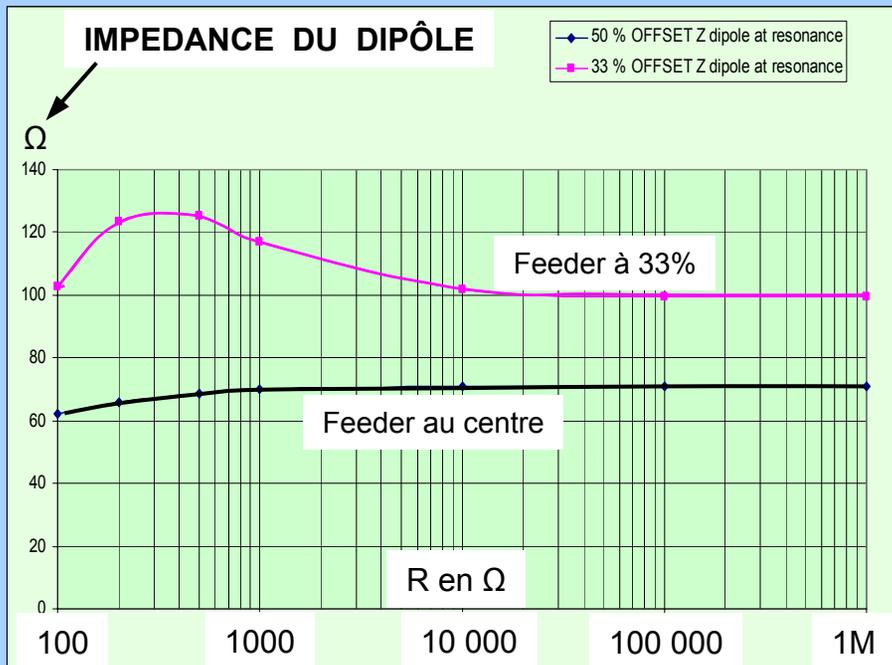
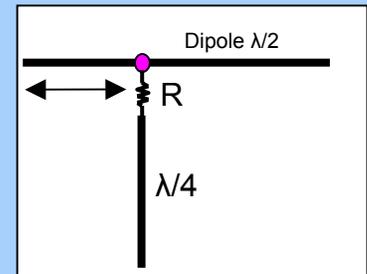
Circuit équivalent du balun

- Quelle est la résistance minimum pour:
- avoir peu d'effet sur l'impédance de l'antenne ?
  - avoir avoir peu d'effet sur le gain ?



# BALUNS COURANT

Alimentation avec un câble coaxial d'un dipole



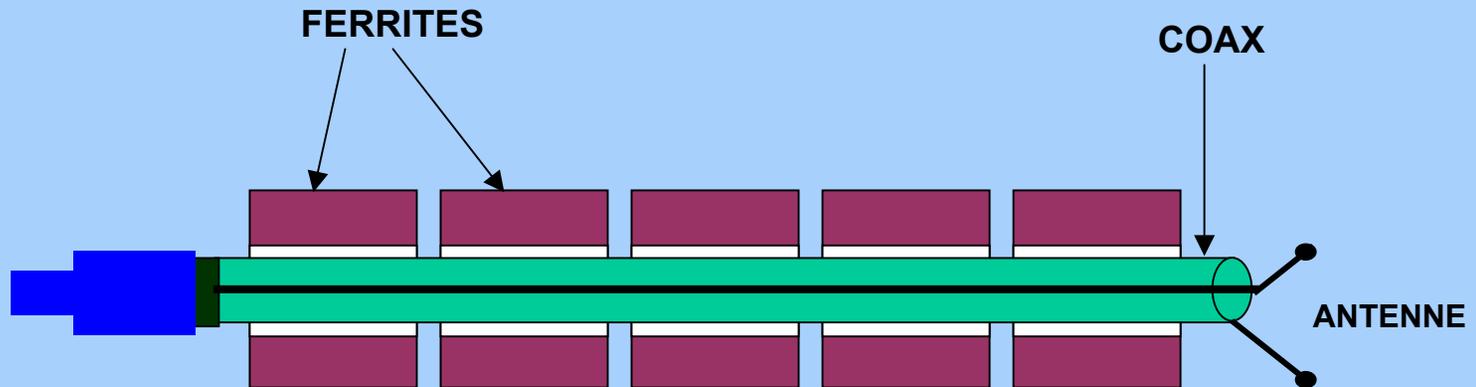
Alimentation au centre (50%):  $R > 1000$  ohms

Alimentation à 33% du bout:  $R > 10000$  ohms

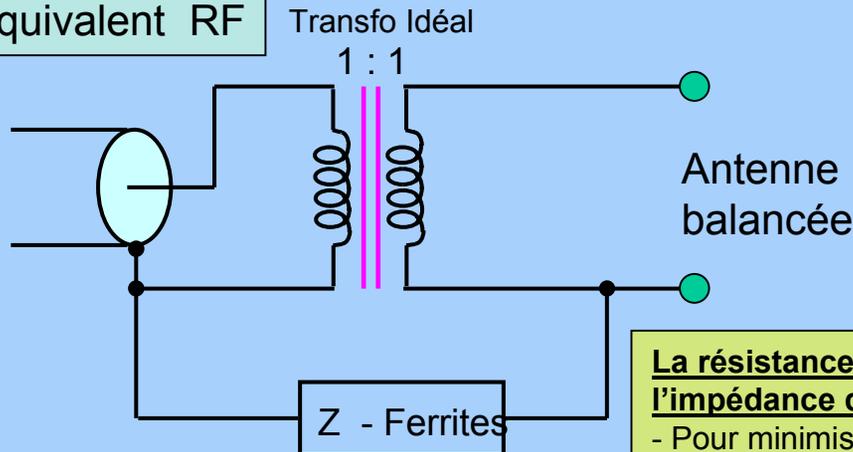


On a intérêt à alimenter l'antenne au centre électrique

# BALUNS COURANT



## Circuit équivalent RF



**La résistance causée par les ferrites sur le câble, c'est l'impédance du balun courant. Doit être élevée (> 1000 ohms)**

- Pour minimiser le RF transmis et reçu par le feeder
  - Pour minimiser l'augmentation de température à haute puissance
- $Z$  ferrite > 5000 ohms

# IMPÉDANCE DES FERRITES

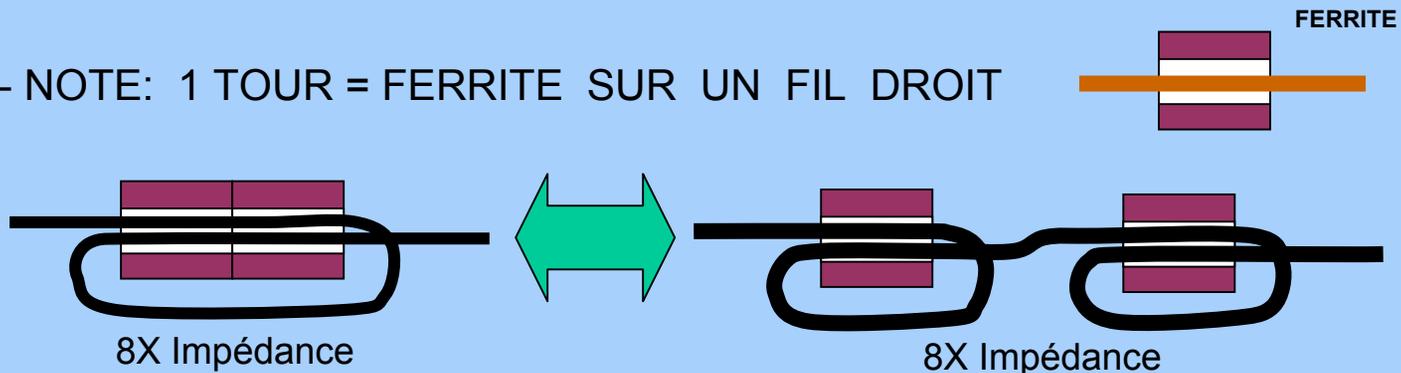
## DÉPENDS DU...

- MATÉRIEL
- DE LA LONGUEUR
- DU VOLUME DE MATÉRIEL
- VARIE EN FONCTION DE LA FRÉQUENCE

## - POUR CALCULER L'IMPÉDANCE Z: (approx.)

IMPÉDANCE POUR UN TOUR ET POUR UNE FERRITE  
multiplié par...  
NOMBRE DE FERRITES  
multiplié par...  
(NOMBRE DE TOURS) au carré

- NOTE: 1 TOUR = FERRITE SUR UN FIL DROIT



# IMPÉDANCE DES FERRITES

## - FERRITES VS POUDRE DE FER ... DEUX MATÉRIAUX DIFFÉRENTS

- **FERRITE**: POSSÈDE UNE PERMÉABILITÉ ÉLEVÉE (10 à 15000)  
DONC ON AURA UNE INDUCTANCE ÉLEVÉE POUR UN PETIT NOMBRE DE TOURS

MAIS L'INDUCTANCE N'EST PAS STABLE

OK POUR TRANSFO ET BALUNS

- **POUDRE DE FER**: PERMÉABILITÉ BASSE ... INDUCTANCE BASSE,  
DONNE UNE INDUCTANCE STABLE (EX.: VFO, FILTRES, TUNERS)

EXEMPLE: AMIDON -> FERRITES ET POUDRE DE FER

NUMÉROTATION - EXEMPLE: FT240-43

FT: FERRITE

240: DIAMÈTRE EXTÉRIEUR EN po. X 100 (ici 2.4 po.)

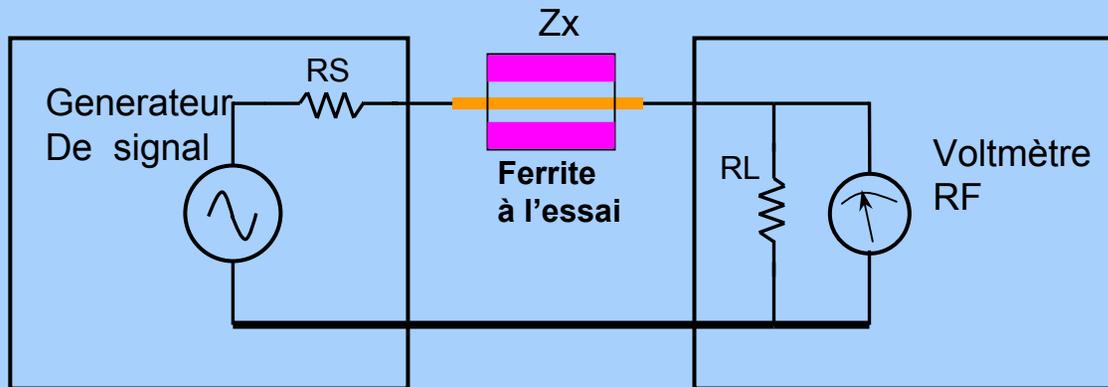
43: TYPE DE FERRITE, PERMÉABILITÉ = 850

# MESURES D'IMPÉDANCE

## RÉPONSE EN FRÉQUENCE

- Ne permet PAS de mesurer séparément les composantes résistives et inductive
- Vérification rapide en variant la fréquence
- Niveau de référence: = 0 dB = court-circuit à la place du ferrite
- Permet de mesurer des impédances élevées >> 1000 ohms

Voir: [http://ve2azx.net/technical/Series\\_Parallel-Impedance\\_with\\_VNA-Re\\_Im.xls](http://ve2azx.net/technical/Series_Parallel-Impedance_with_VNA-Re_Im.xls)



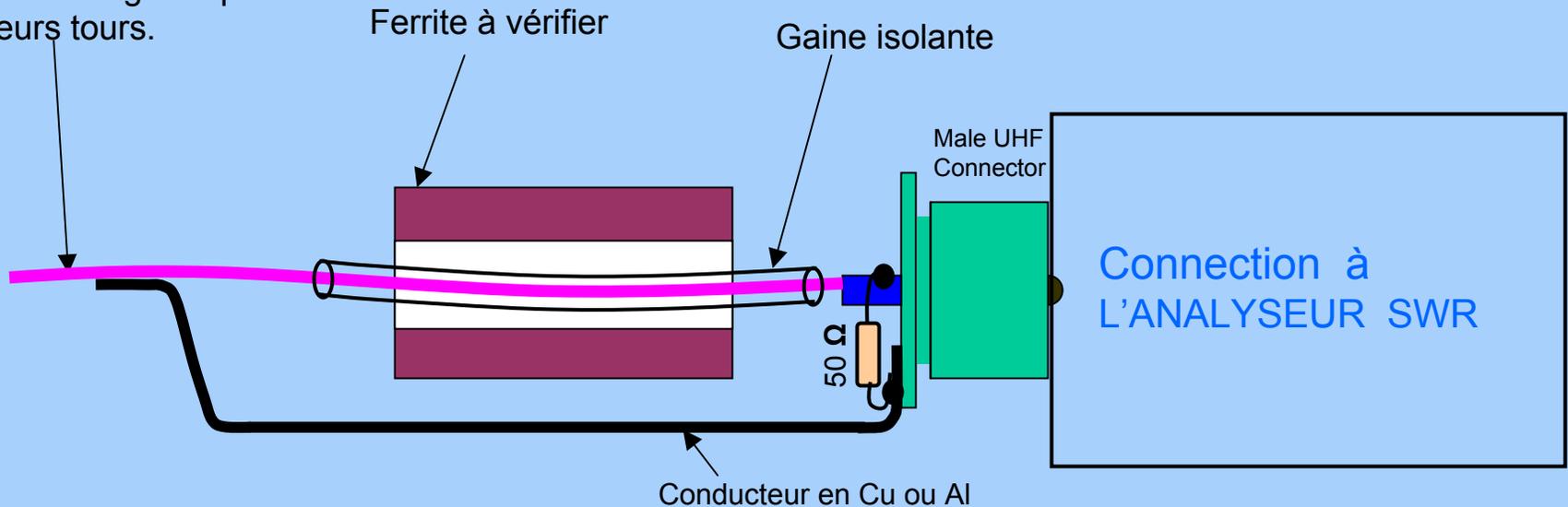
RS et RL sont généralement 50 ohms

**Pour calculer Zx à partir de l'atténuation (en + dB):**  
(assume que Zx est résistif)

$$Zx = (RL + RS) \cdot (10^{\frac{dB}{20}} - 1)$$

## VÉRIFIEZ VOS FERRITES AVEC VOTRE ANALYSEUR SWR

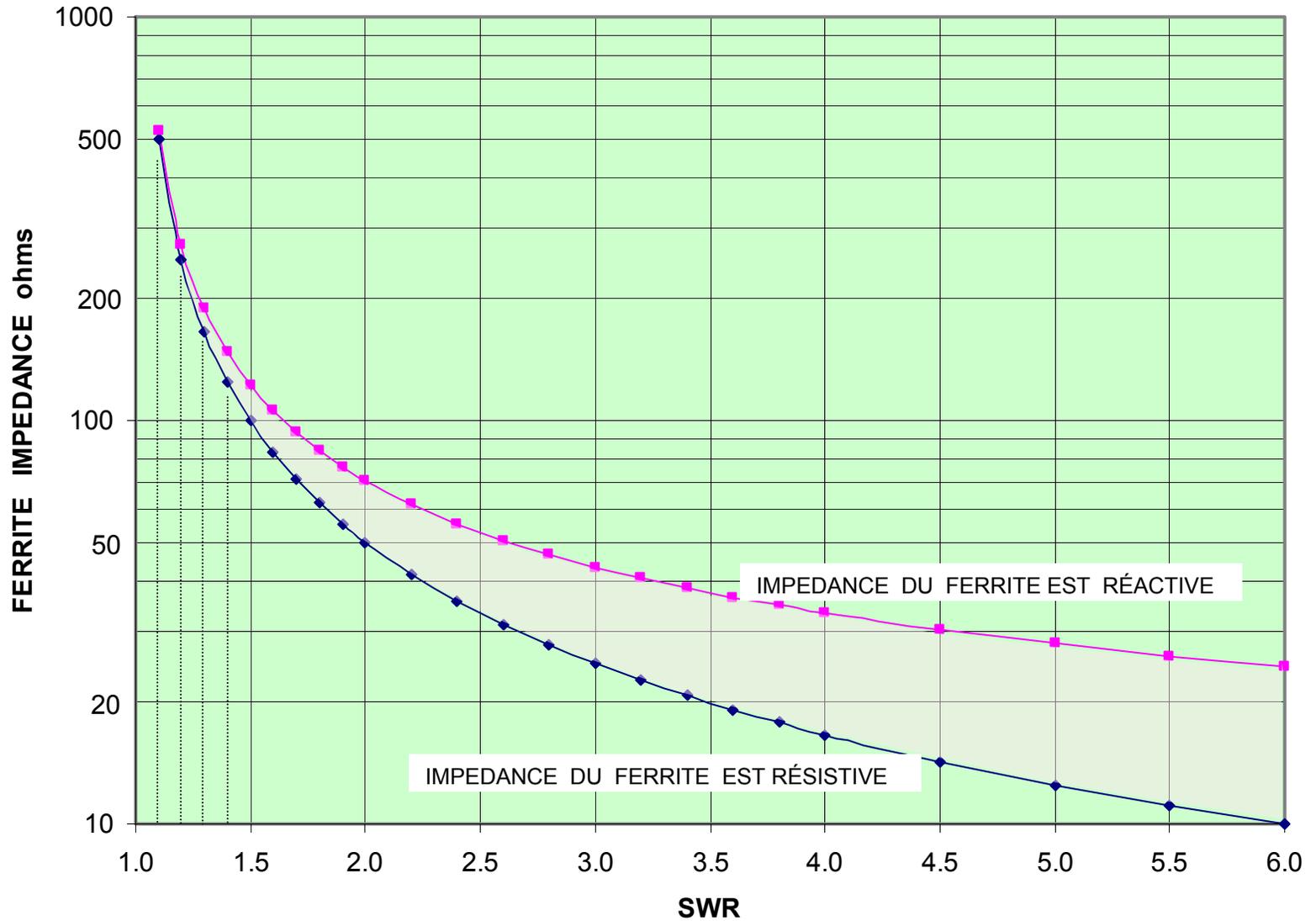
Tresse de blindage flexible de câble coaxial  
Prévoir la longueur pour plusieurs tours.



Le ferrite est en parallèle avec la terminaison de 50 ohms

**NOTE:** On peut utiliser plusieurs sections de gaine isolante de ~2 po. chacune, sur le conducteur. C'est utile lorsqu'on veut faire plusieurs tours. (Le dessin montre un seul tour)

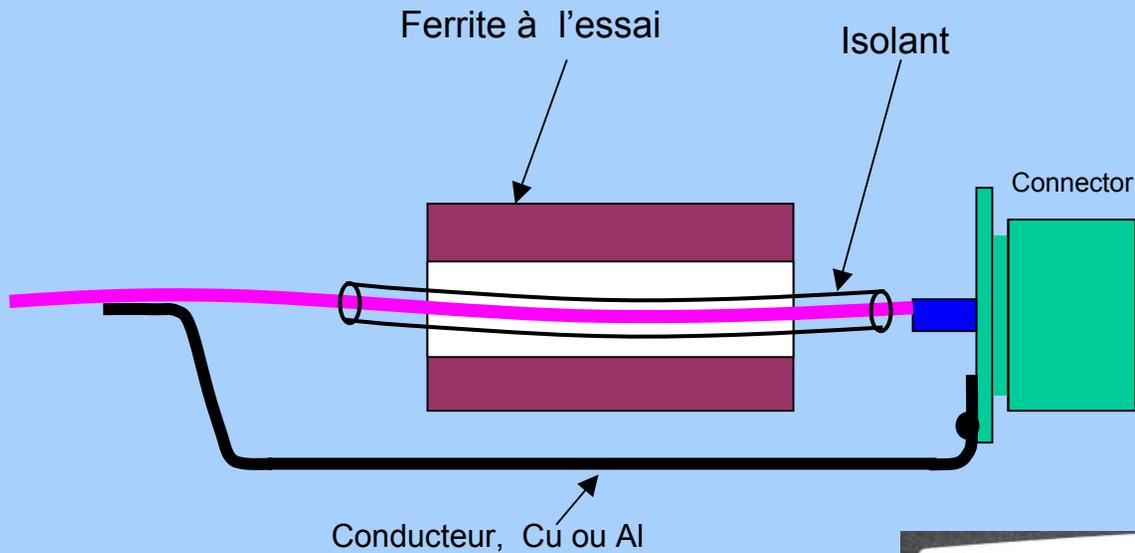
# IMPÉDANCE APPROX. DU FERRITE VS SWR MESURÉ



# MEASURE DE L'IMPÉDANCE DES FERRITES

ON PEUT UTILISER UN SWR ANALYZER OU UN VECTOR NETWORK ANALYZER

Permet de mesurer séparément les composantes  
resistive et Inductive. Limité à  $< 1000$  ohms



SWR ANALYZER

- OU -

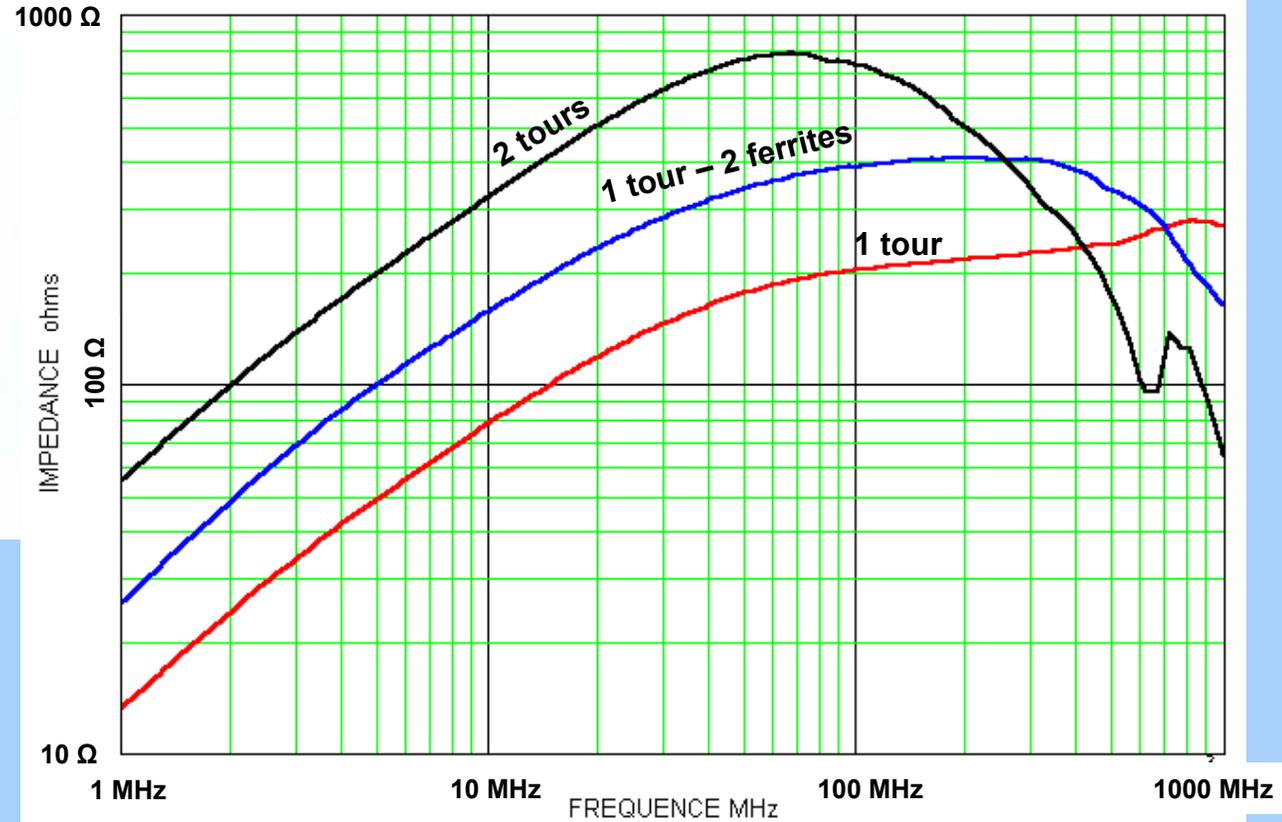
VECTOR NETWORK  
ANALYZER



# MESURES D'IMPÉDANCE

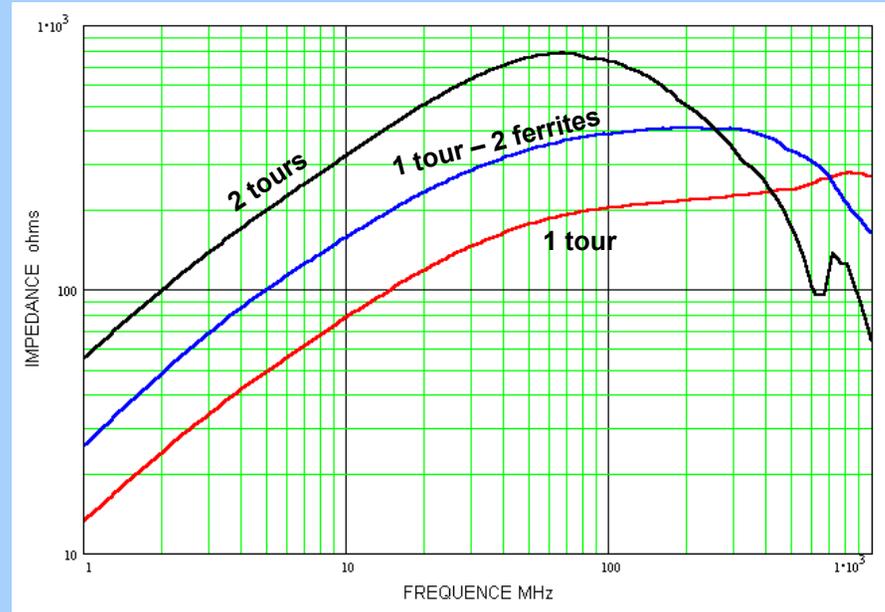


- FERRITE POUR RG-8
- 2 BLOCS SÉPARABLES

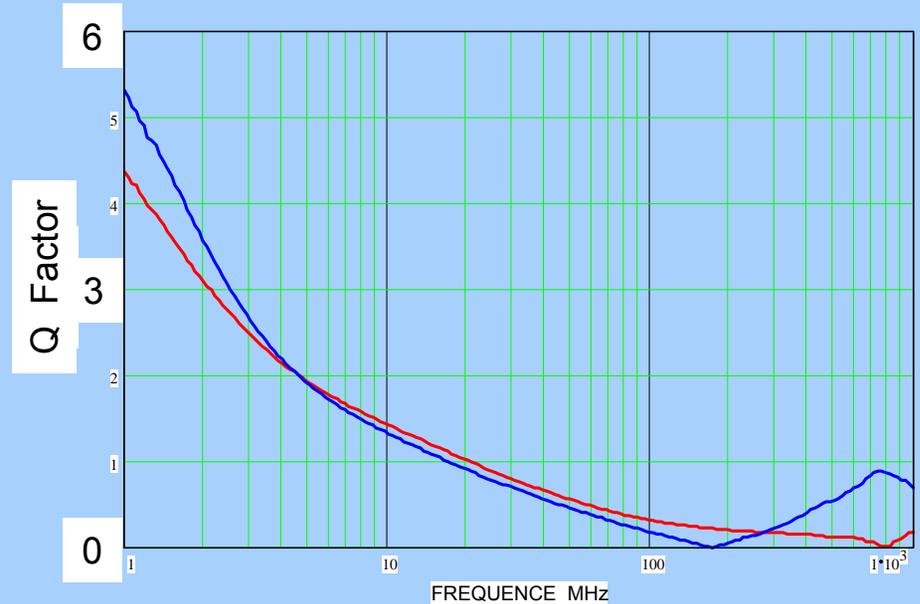


On a 80 ohms a 10 MHz avec 1 tour

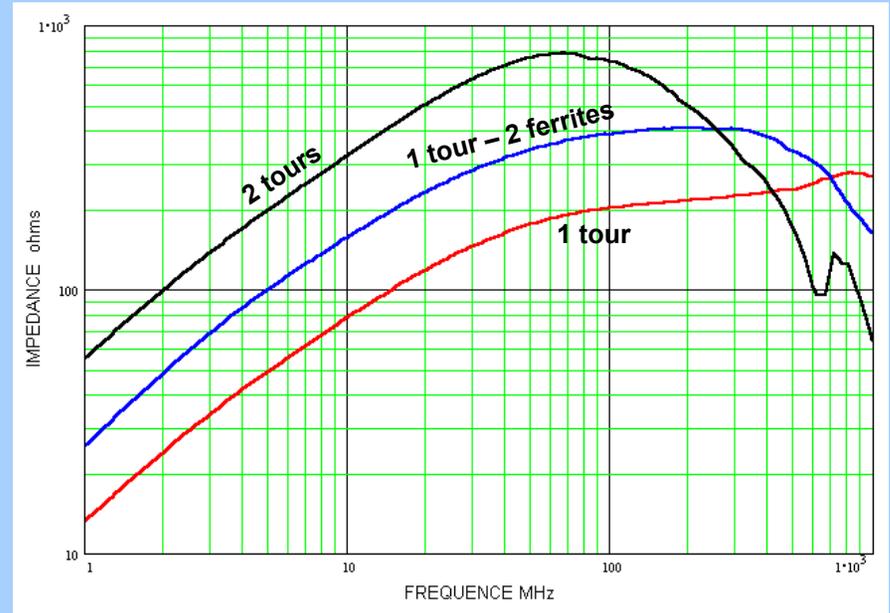
# MESURES D'IMPÉDANCE



- LE FACTEUR DE QUALITÉ  $Q < 1$  LORSQUE  $F > 20$  MHz
- L'IMPÉDANCE DEVIENT ~ RÉSISTIVE LORSQUE  $F > 20$  MHz

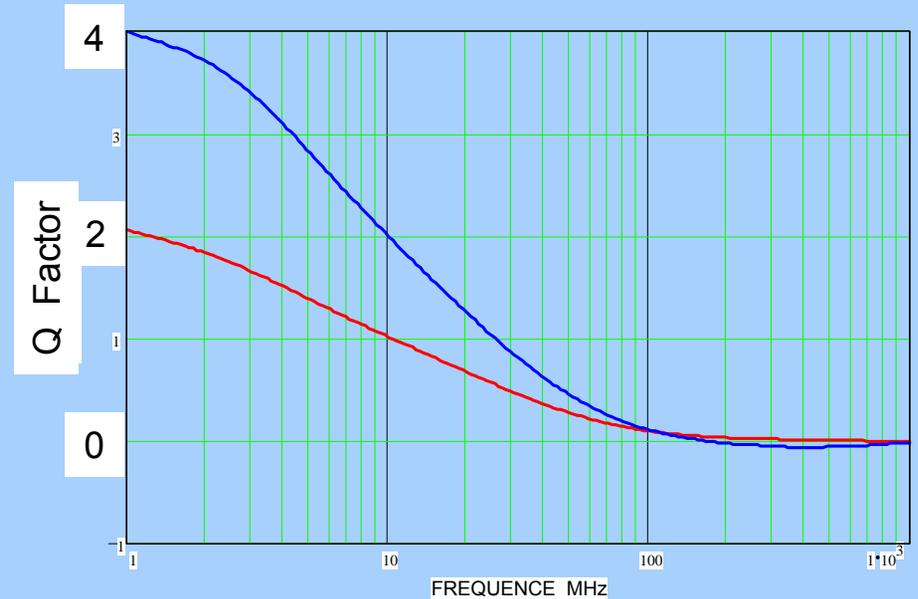


# MESURES D'IMPÉDANCE

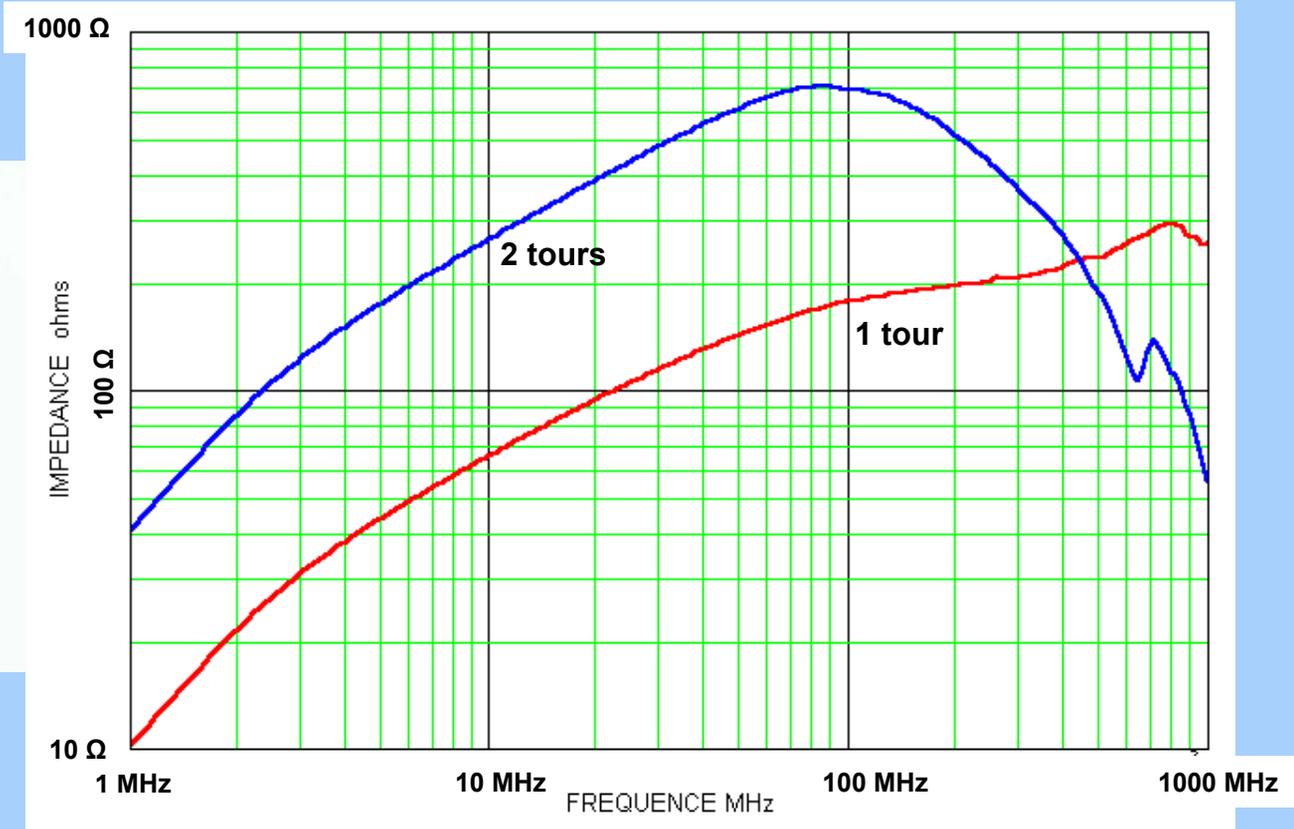


-L'INDUCTANCE DIMINUE À MESURE  
-QUE LA FRÉQUENCE AUGMENTE

-L'INDUCTANCE DISPARAÎT  
POUR  $F > 100$  MHz

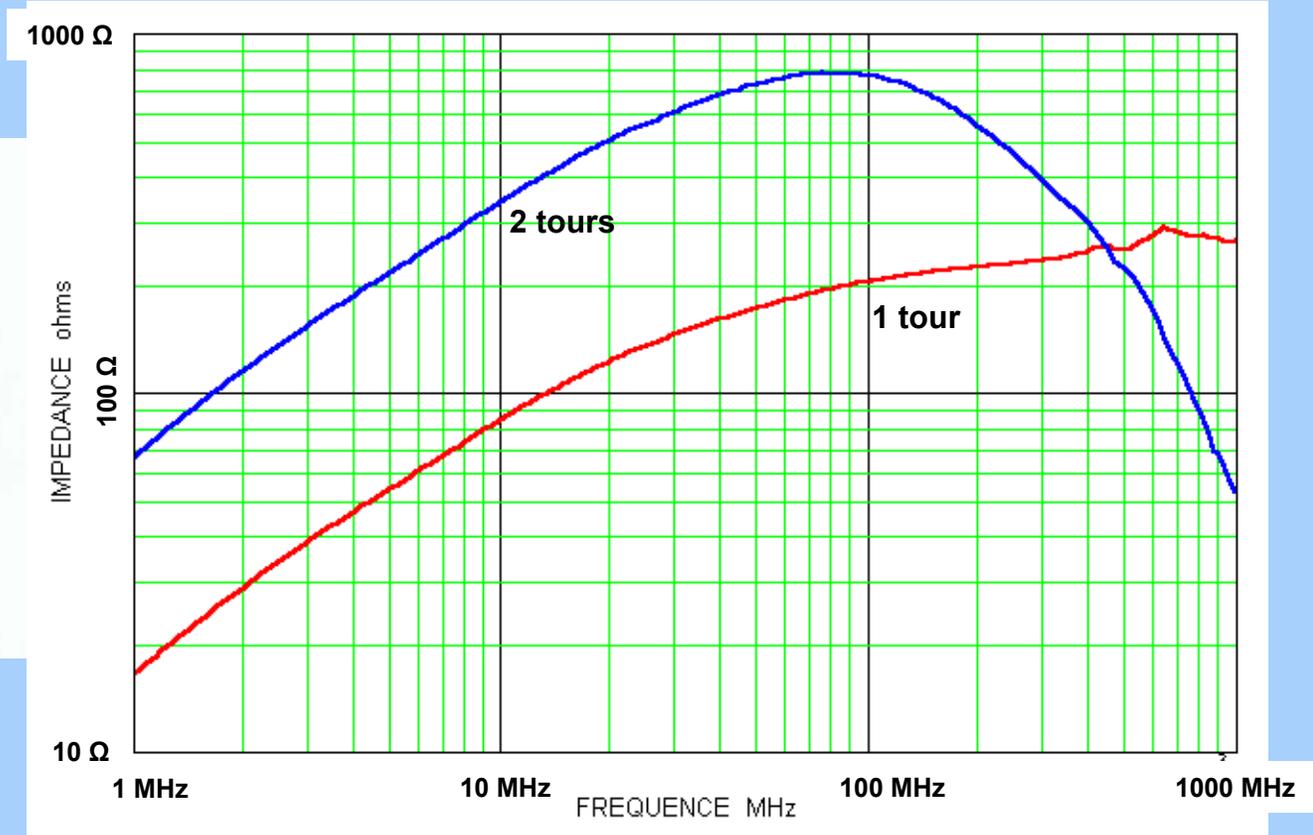


# MESURES D'IMPÉDANCE



- IMPÉDANCE SEMBLABLE AU PREMIER

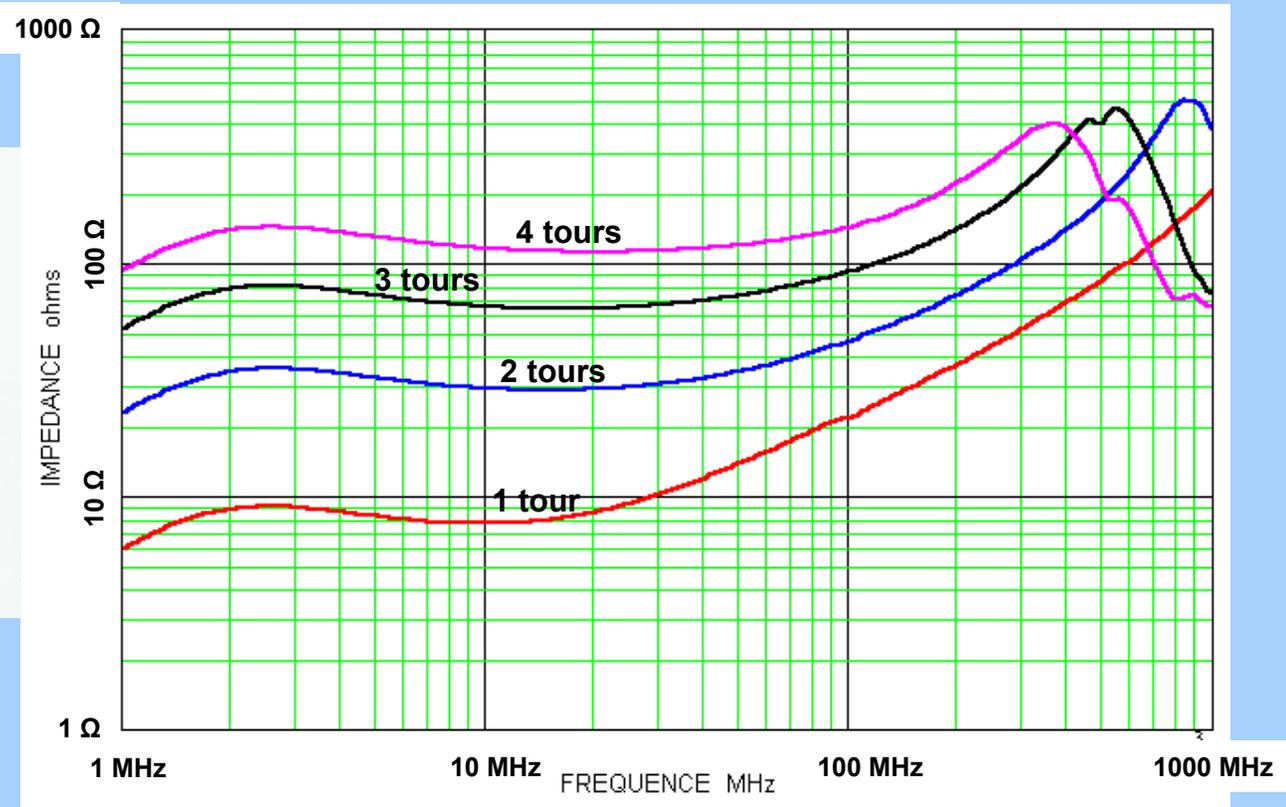
# MESURES D'IMPÉDANCE



- IMPÉDANCE SEMBLABLE AU PREMIER

# MESURES D'IMPÉDANCE

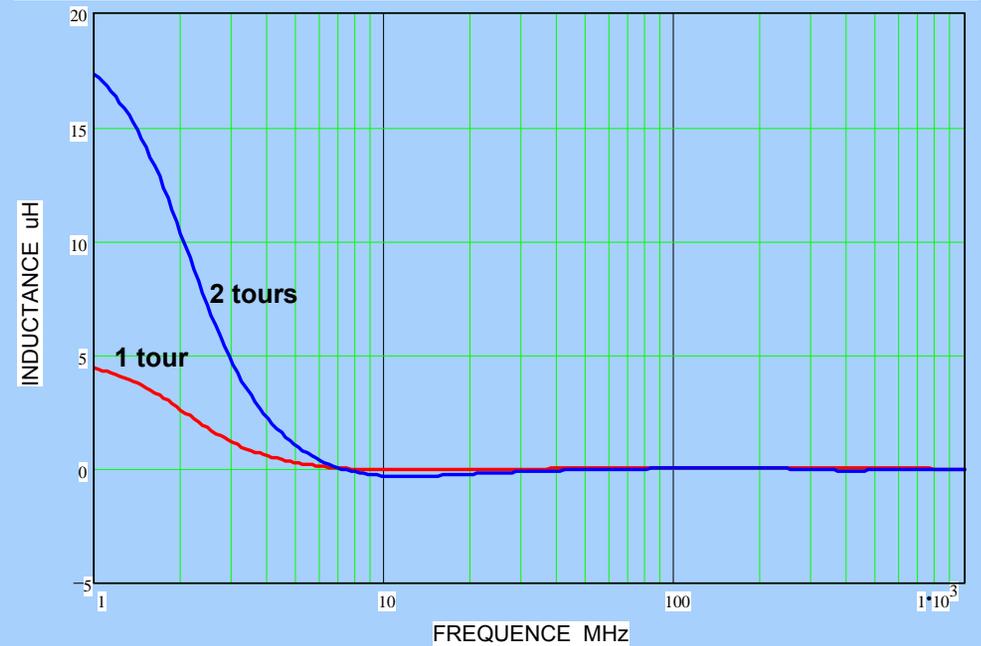
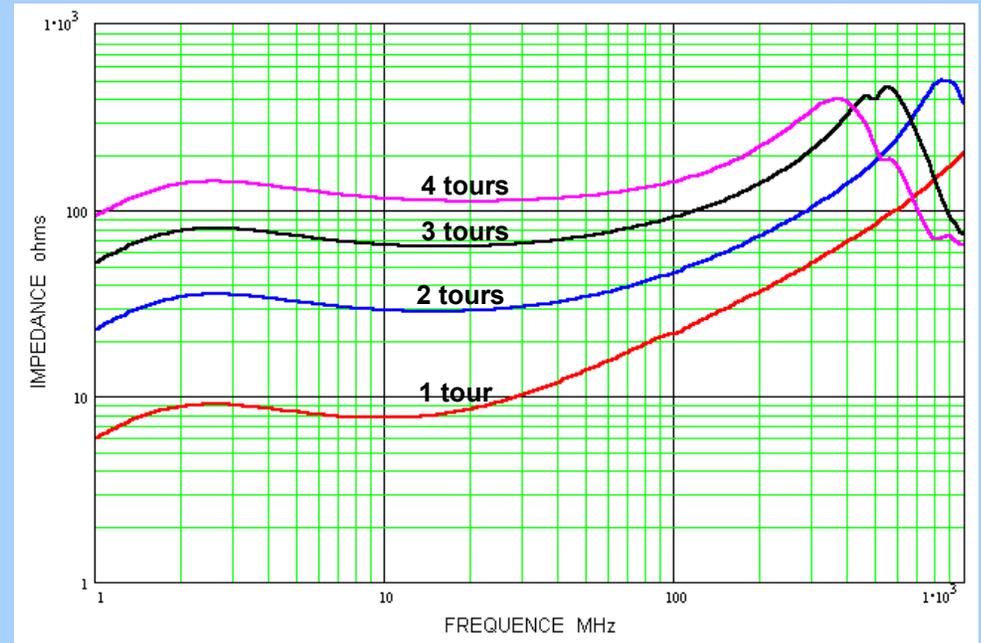
FERRITE RECTANGULAIRE



- Donne ~ 10 % DE L'IMPÉDANCE DES FERRITES PRÉCÉDENTS
- COUVRE UNE PLUS LARGE BANDE
- REQUIERT 8 TOURS SUR UN FERRITE POUR AVOIR 800 ohms

# MESURES D'IMPÉDANCE

## FERRITE RECTANGULAIRE



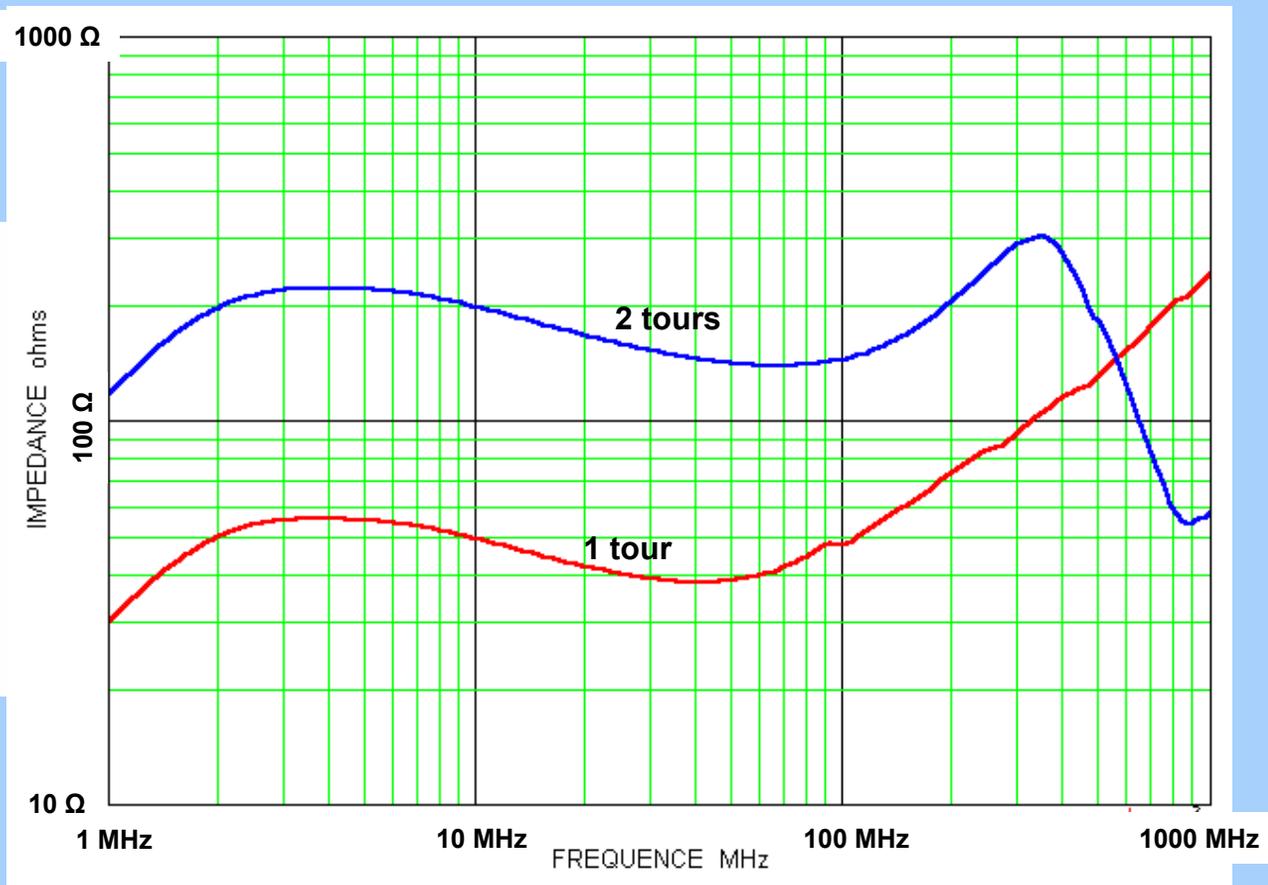
- OPTIMISÉ POUR UNE LARGE BANDE DE FRÉQUENCES
- L'INDUCTANCE DISPARAÎT LORSQUE  $F > 6$  MHz ET...
- L'IMPÉDANCE DEVIENT ~RÉSISTIVE

# MESURES D'IMPÉDANCE

FERRITE RECTANGULAIRE

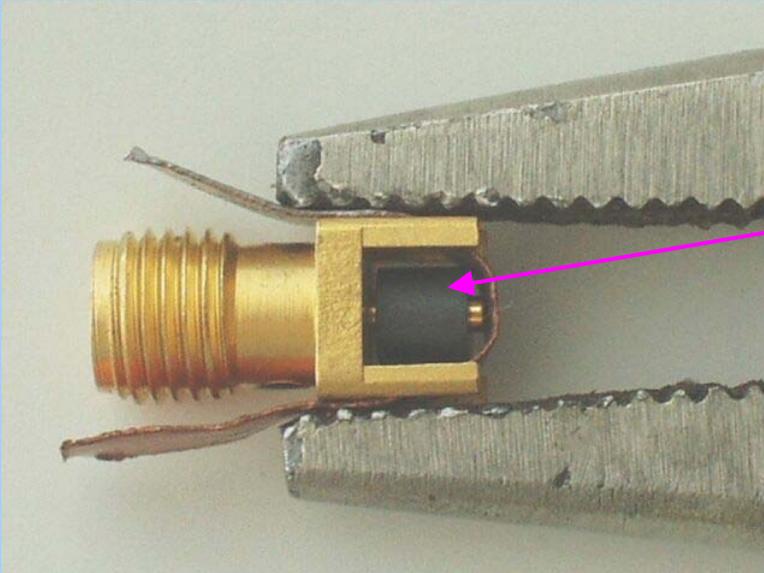


4 FERRITES

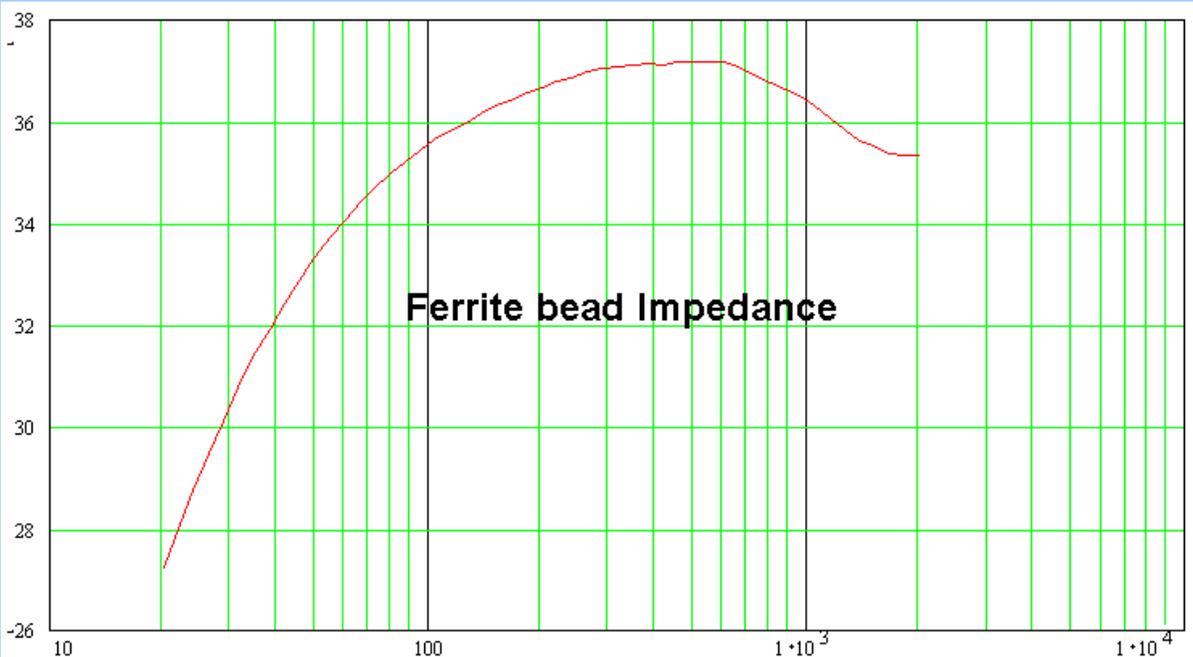


- QUATRE TOURS VONT DONNER ~ 800 ohms

MESURES  
D'UN  
FERRITE  
BEAD



FERRITE BEAD  
APPROX. 0.1 PO. LONG.



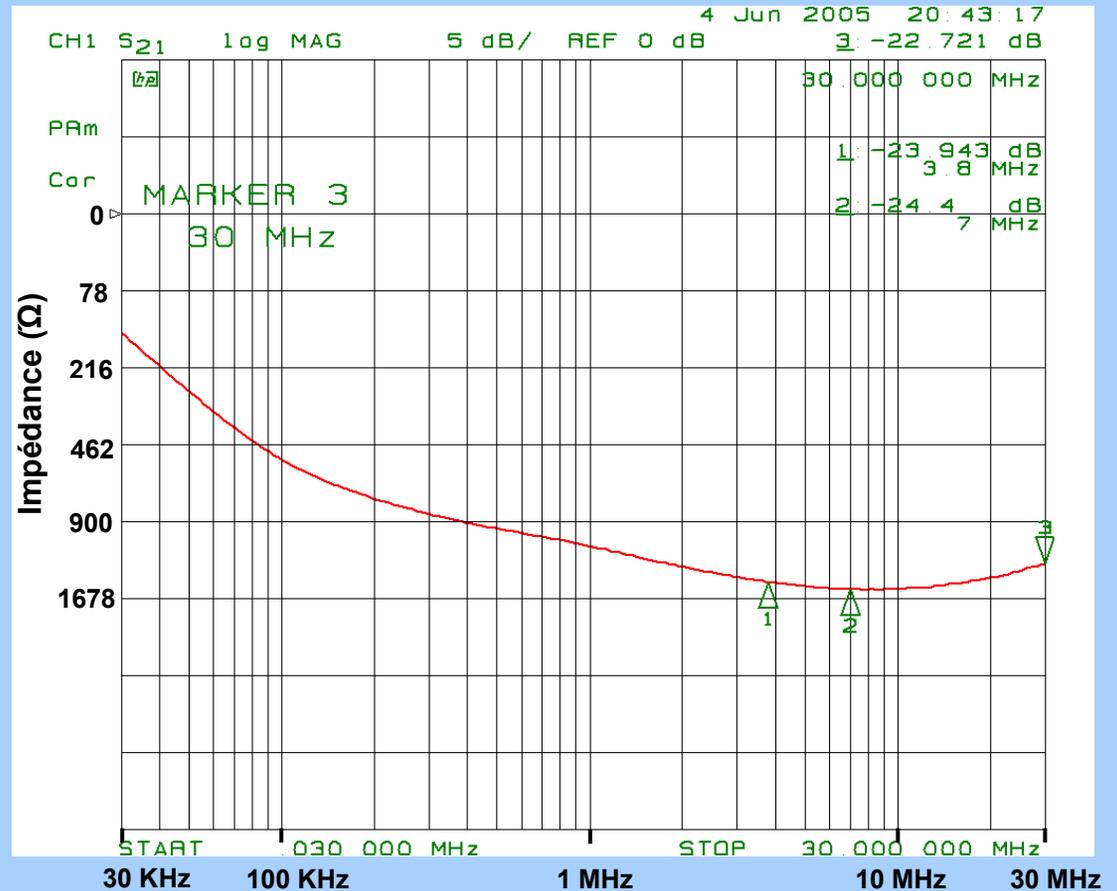
# MESURES D'IMPÉDANCE

(mode réponse en fréquence  
Avec ferrite en série)

6 tores type F- bleu



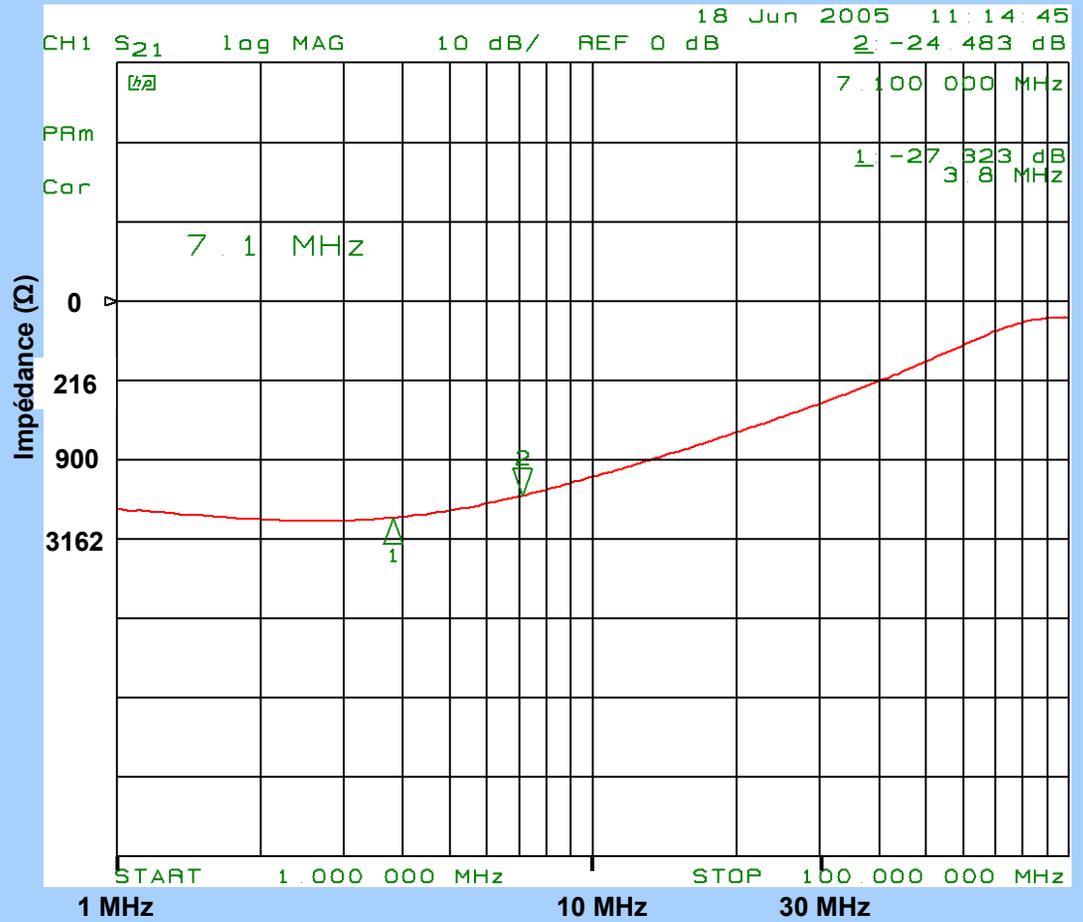
6 Tores 4 tours



# MESURES D'IMPÉDANCE

(mode réponse en fréquence  
Avec ferrite en série)

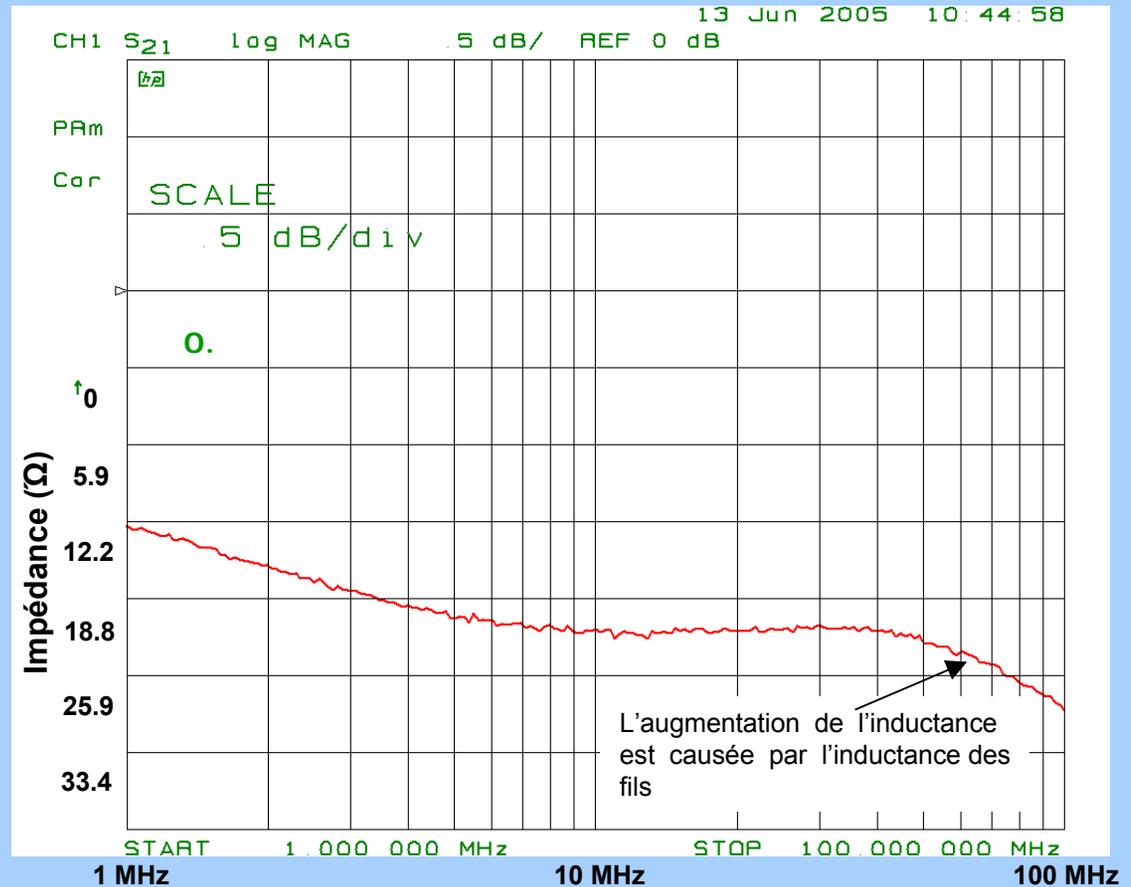
6 tores type F- bleu



# MESURES D'IMPÉDANCE

(mode réponse en fréquence  
Avec ferrite en série)

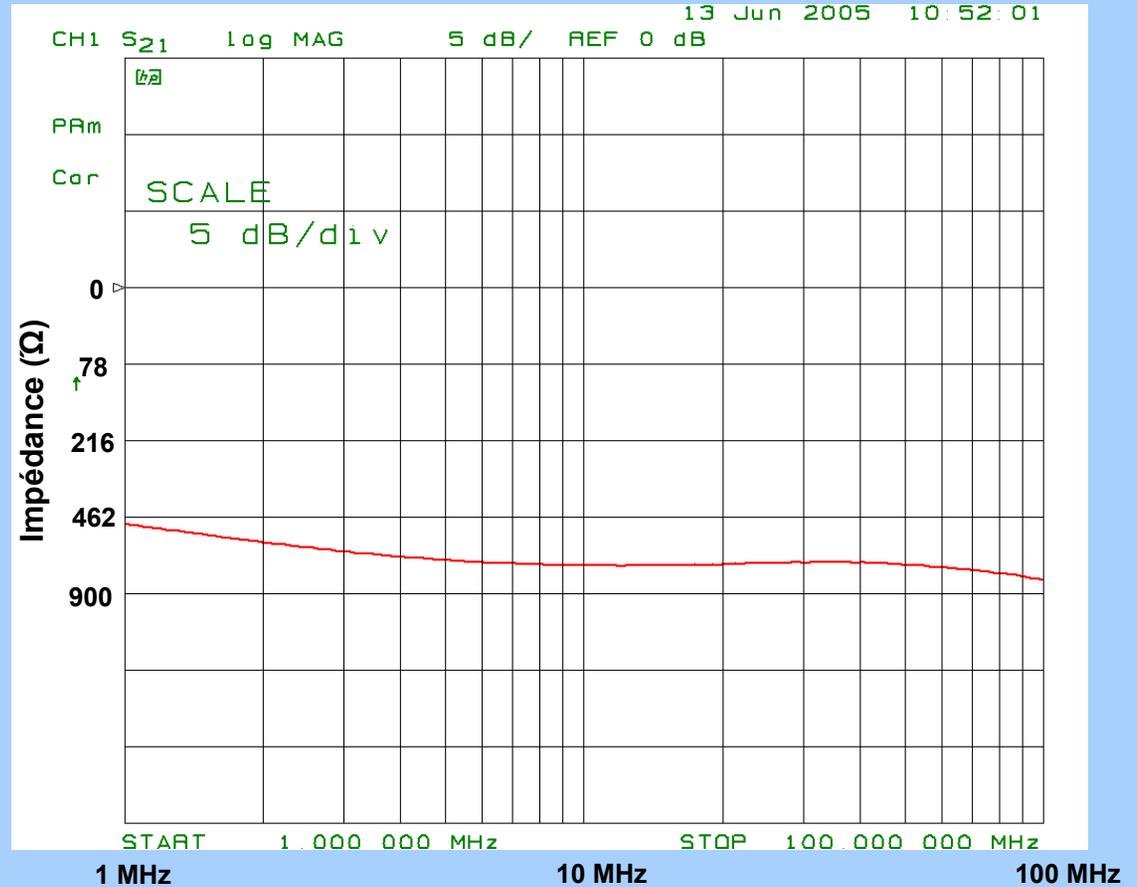
2 tores type F - bleu  
1 tour



# MESURES D'IMPÉDANCE

(mode réponse en fréquence  
Avec ferrite en série)

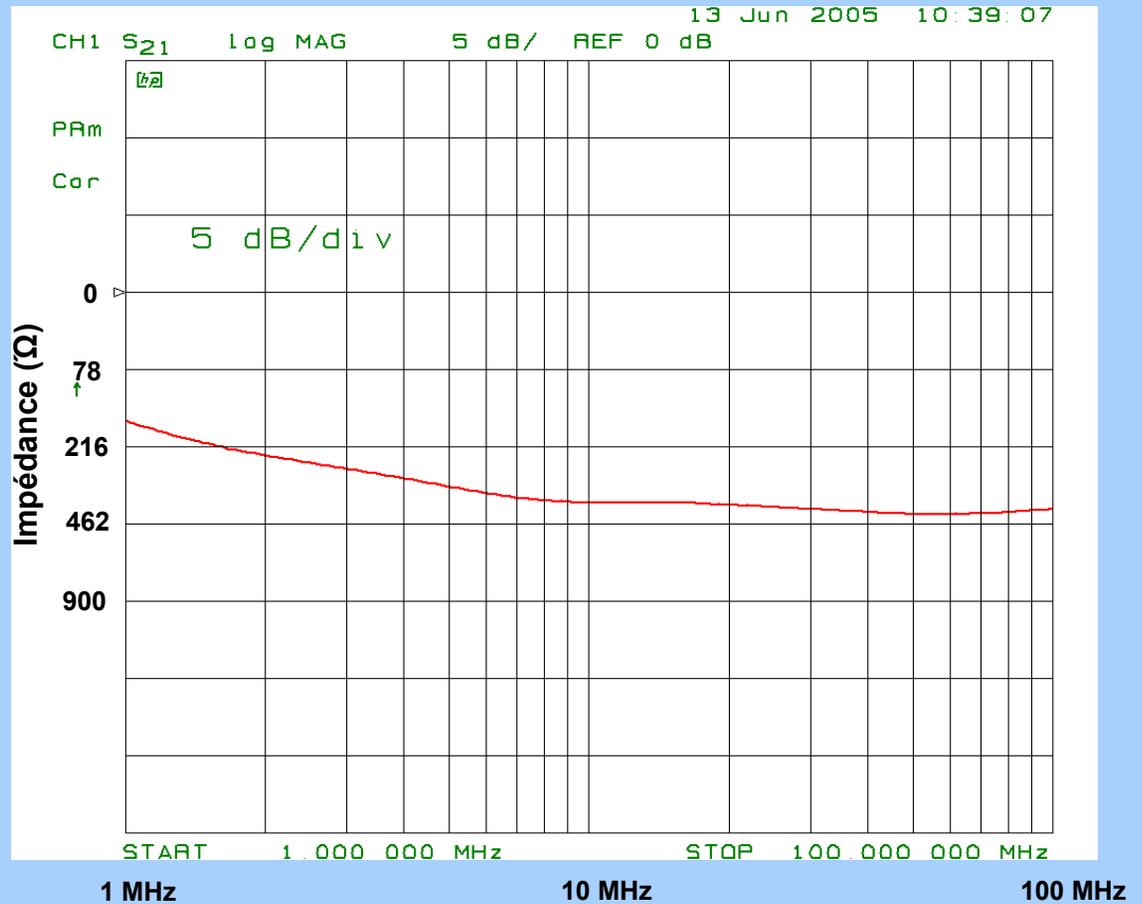
2 tores type F - bleu  
5 tours



# MESURES D'IMPÉDANCE

(mode réponse en fréquence  
Avec ferrite en série)

Coax avec 25 beads #43



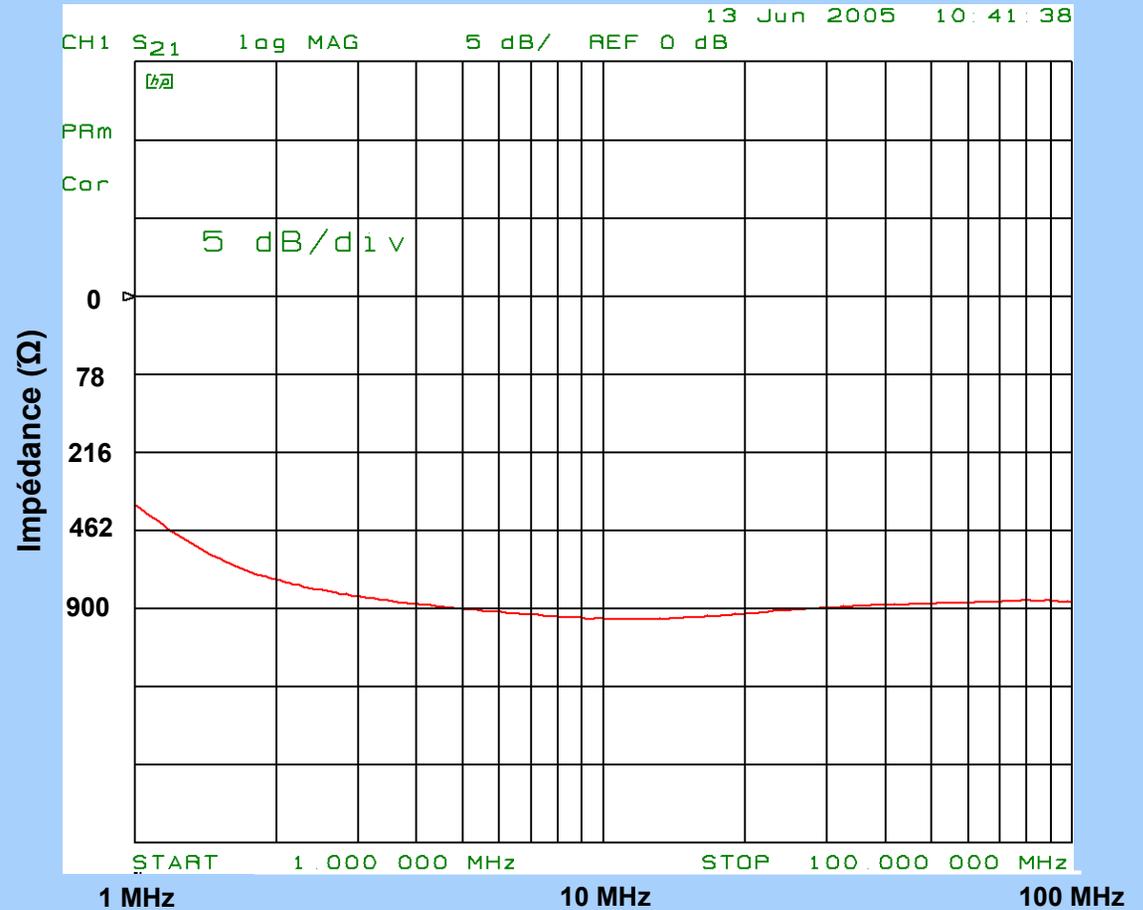
# MESURES D'IMPÉDANCE

(mode réponse en fréquence  
Avec ferrite en série)

Fil #14 avec 50 beads #73

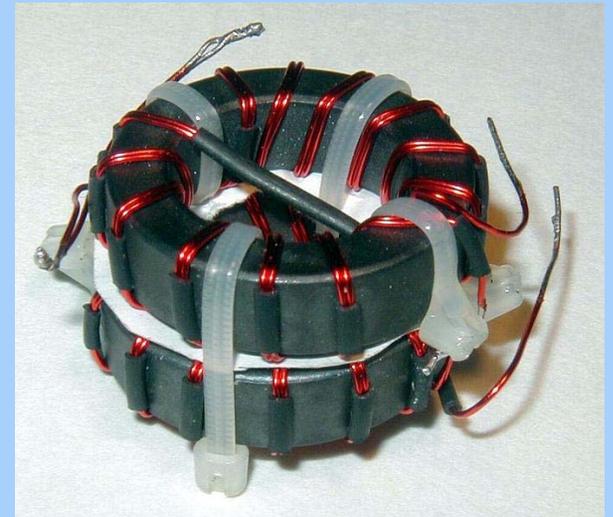
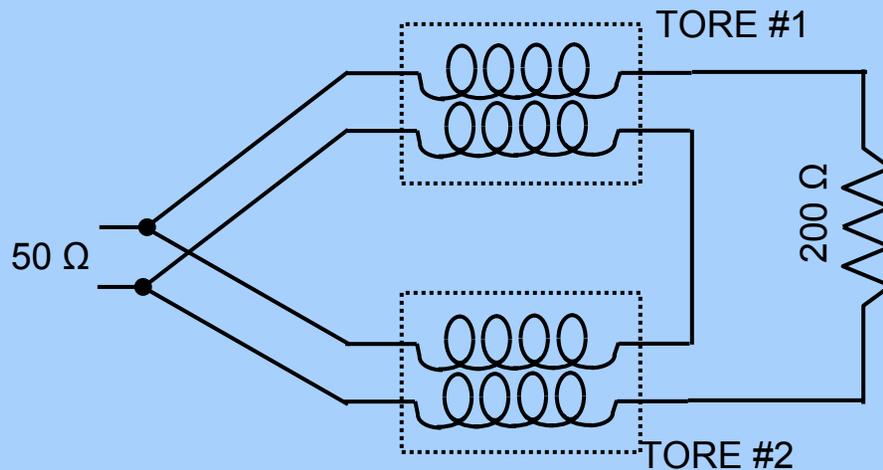


Excellent pour HF



# BALUN COURANT DONNANT UN RAPPORT DE 4:1

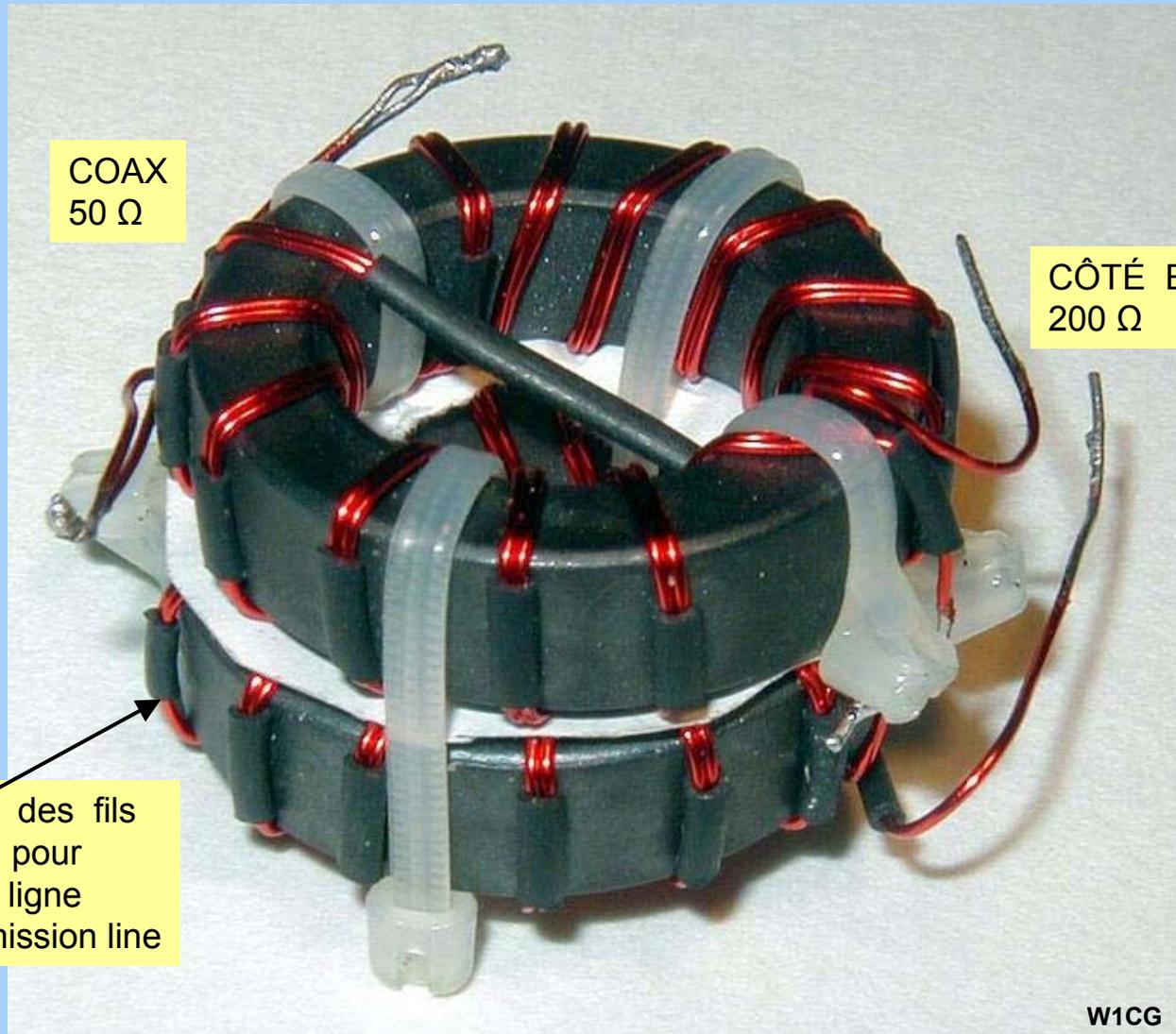
- BALUN COURANT UTILISANT 2 FILS PARALLÈLES AU LIEU D'UN COAX
- FORMANT UNE LIGNE DE TRANSMISSION COMPACTE



From: W1CG

NOTE: CE BALUN COURANT 4:1 EST  
SUPÉRIEUR AU BALUN VOLTAGE 4:1

- BALUN COURANT UTILISANT 2 FILS PARALLÈLES AU LIEU D'UN COAX
- FORMANT UNE LIGNE DE TRANSMISSION COMPACTE



COAX  
50  $\Omega$

CÔTÉ BALANCÉ  
200  $\Omega$

Les entrées sont  
en parallèle

Les sorties sont  
en série

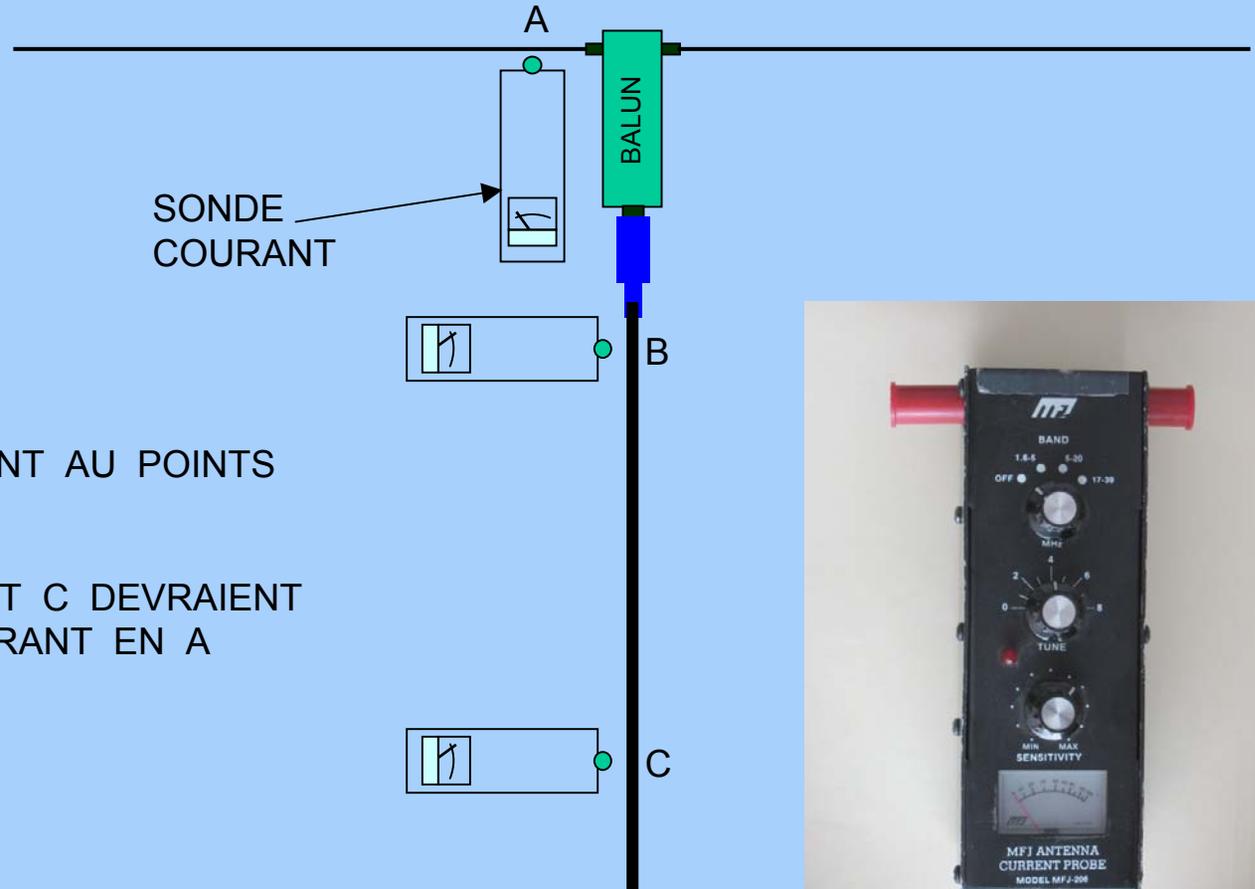
On utilise des fils  
parallèles pour  
faire une ligne  
de transmission line

W1CG

VE2AZX

# TESTS SUR LES ANTENNES

## MESURES DE COURANT



MESURER LE COURANT AU POINTS  
A, B, C.

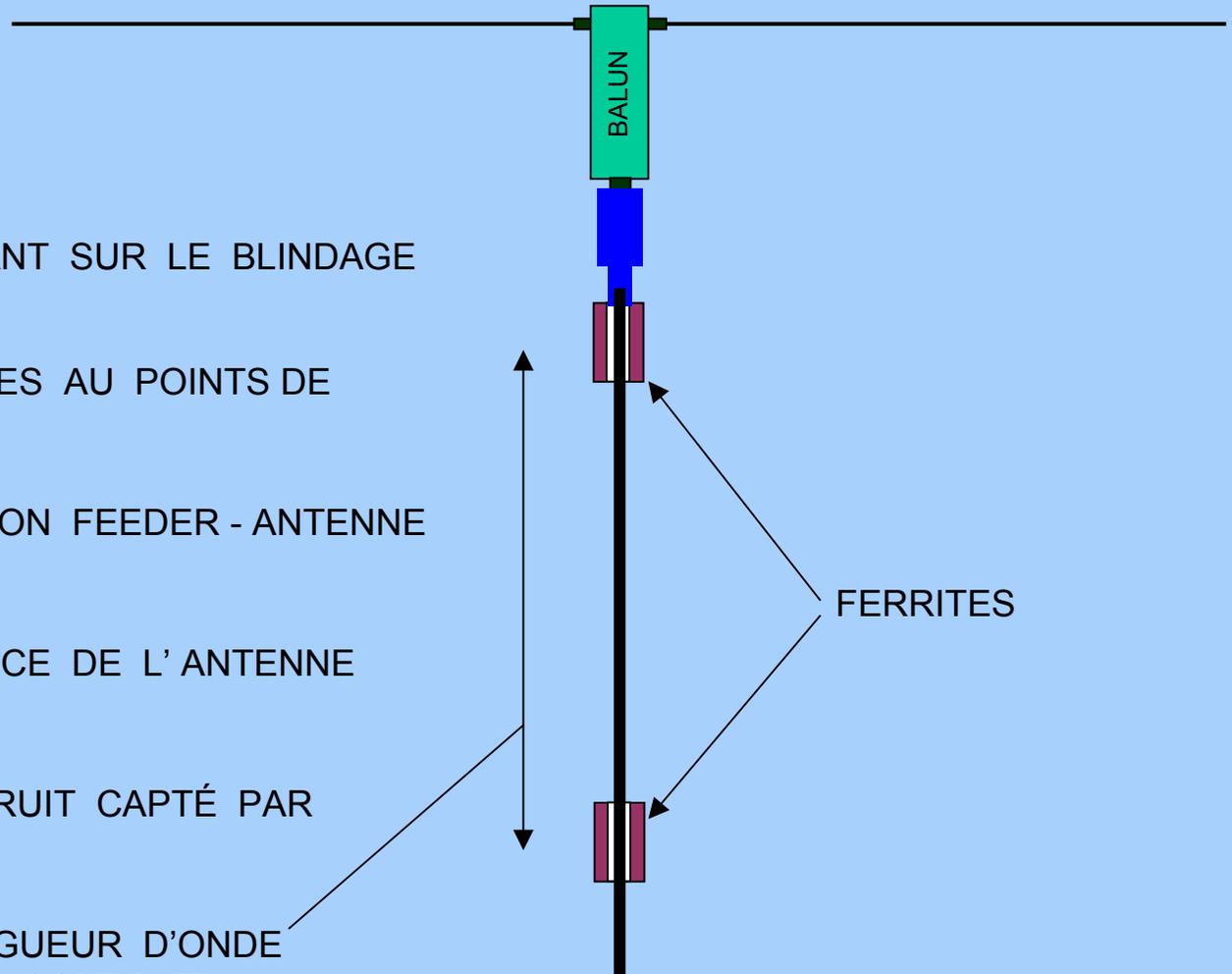
LES COURANTS B ET C DEVRAIENT  
ÊTRE  $< 10\%$  DU COURANT EN A



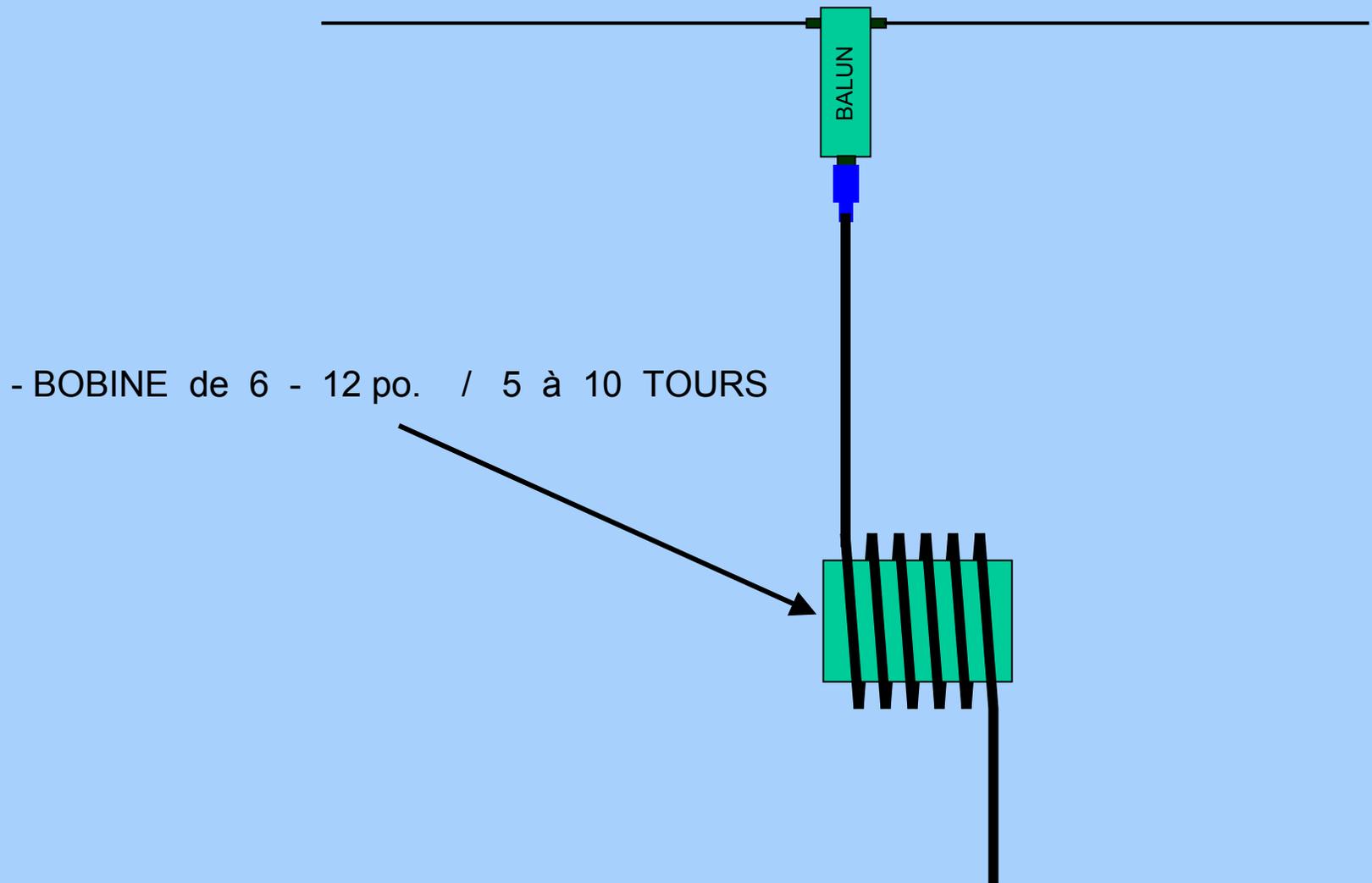
MFJ-206

# ON PEUT UTILISER DES FERRITES AVEC UN BALUN VOLTAGE

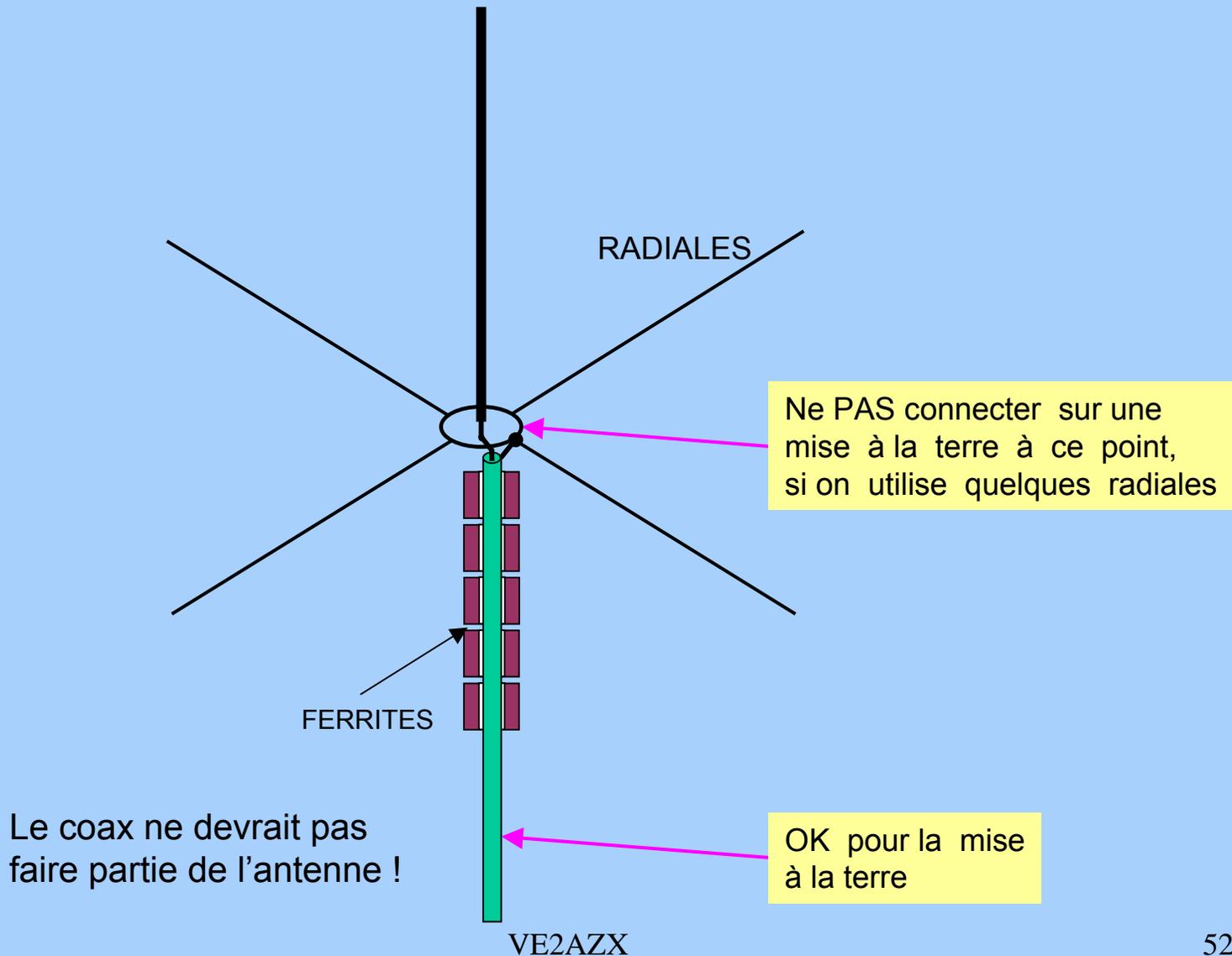
- MESURER LE COURANT SUR LE BLINDAGE
- PLACER DES FERRITES AU POINTS DE COURANT MAXIMUM
- AUGMENTE L'ISOLATION FEEDER - ANTENNE
- STABILISE L'IMPÉDANCE DE L'ANTENNE
- PEUT RÉDUIRE LE BRUIT CAPTÉ PAR LE FEEDER
- ESPACER  $\frac{1}{4}$  DE LONGUEUR D'ONDE OU AU MAXIMUM DE COURANT



# ON PEUT UTILISER UN ENROULEMENT DE COAXIAL



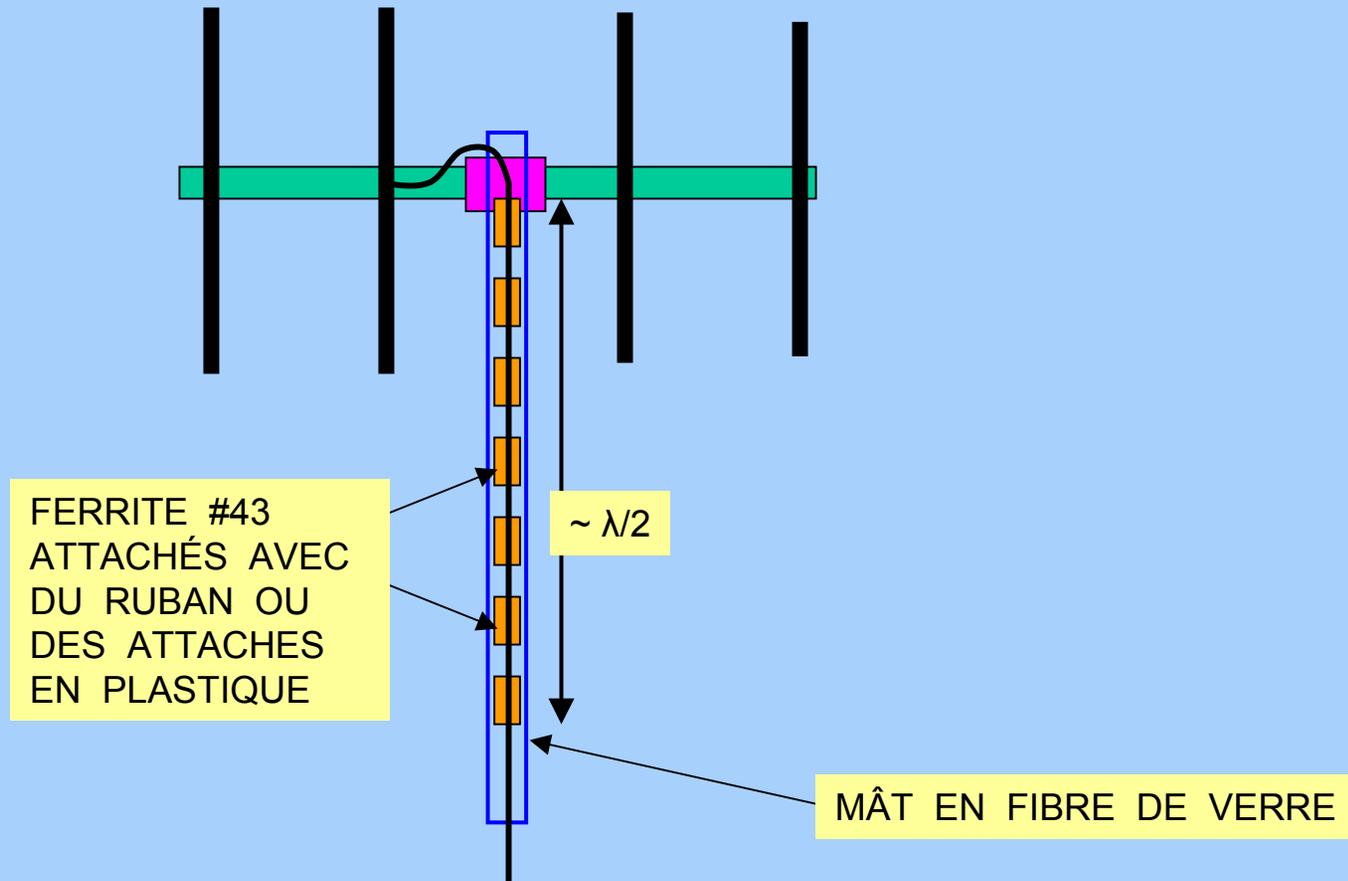
# UTILISATION D'UN BALUN SUR UNE ANTENNE VERTICALE



# UTILISATION DE FERRITES SUR LE FEEDER D'UNE YAGI VERTICALE

DIMINUE L'INTERACTION ENTRE COAX + MÂT AVEC L'ANTENNE YAGI

Ref: QEX Sept – Oct. 2006



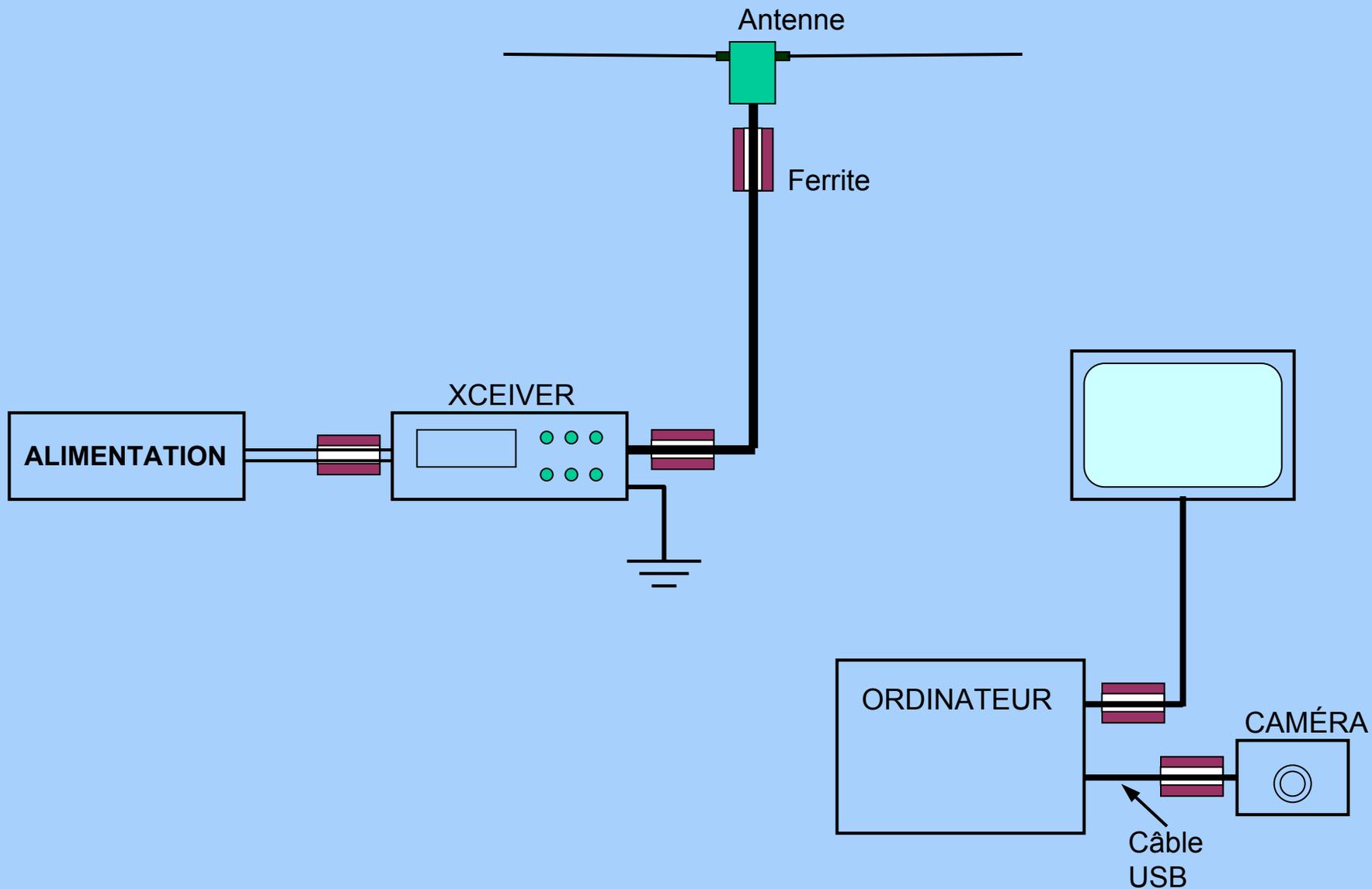
## NOTES

### - BALUN VOLTAGE UTILISÉ SOUS SWR ÉLEVÉ:

- VERIFIER L'ÉCHAUFFEMENT DU FERRITE
- DIMINUER LA PUISSANCE
- UTILISER DES FERRITES MIX 73 ( $\mu=2500$ ) OU 31 ( $\mu=1500$ )  
POUR USAGE À HAUTE PUISSANCE: MIX 43 ( $\mu=850$ ) Voir Ref. 4
- LES PERTES DANS LE BALUN VONT AUGMENTER SI SWR EST ÉLEVÉ
- LES BALUNS VOLTAGE NE SONT PAS RECOMMANDÉS SI SWR > 5:1  
À MOINS QU'ILS SOIENT CONÇUS POUR UN TEL USAGE

- LES BALUNS ONT UNE ATTÉNUATION TRÈS FAIBLE,  
NORMALEMENT < 0.3 dB ... QUAND LA CHARGE EST ADAPTÉE

# ON UTILISE DES FERRITES...



# À RETENIR

- **BALUN VOLTAGE** EST SOUVENT UTILISÉ POUR CHARGES PLUS ÉLEVÉES QUE 50 OHMS. BEAUCOUP DE RAPPORTS D'IMPÉDANCE POSSIBLES
  - FORCE DES TENSIONS ÉGALES À LA SORTIE
  - PAS DE PROTECTION CONTRE LES COURANTS QUI CIRCULENT SUR L'EXTÉRIEUR DU COAX - GÉNÉRALEMENT
  - PEUT ÊTRE COMBINÉ AVEC UN BALUN COURANT
- 
- **BALUN COURANT** CRÉE UNE RÉSISTANCE SUR L'EXTÉRIEUR DU CÂBLE COAXIAL (OU SUR TOUT CONDUCTEUR)
  - AUSSI APPELÉS "COMMON MODE CHOKES"
  - DIMINUE LA RADIATION DU COAX ET LA CAPTATION DE SIGNAUX
  - STABILISE L'IMPÉDANCE DE L'ANTENNE ET PEUT DIMINUER LE BRUIT RX
  - GÉNÉRALEMENT 50:50 ohms (AUSSI 50:200 DISPONIBLE)

# À RETENIR

## - DIMINUE LA RADIATION DU COAX ET LA CAPTATION DE SIGNAUX

Extrait de la réf. 4:

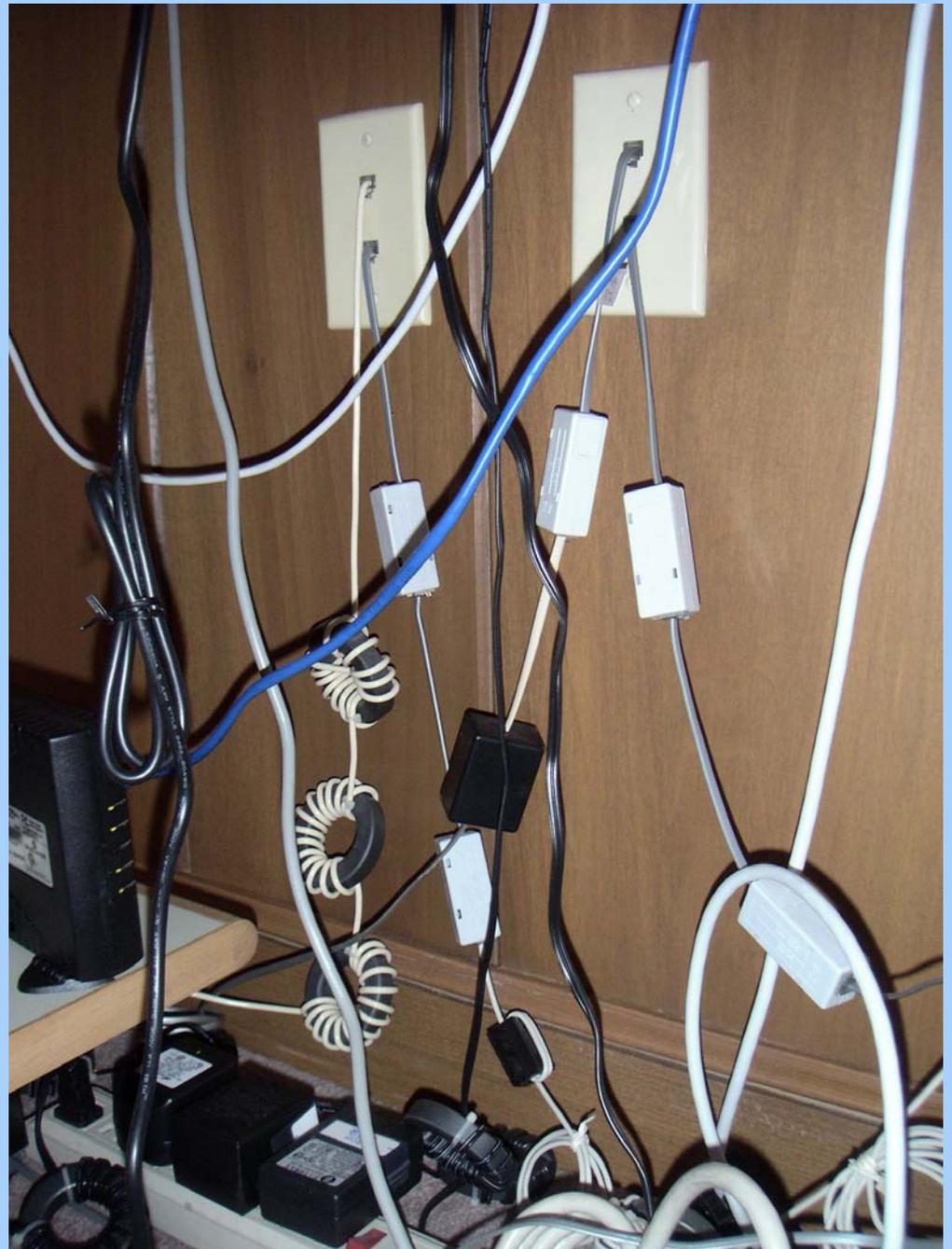
On utilise généralement des “COMMON MODE CHOKES” pour:

- 1- Réduire le niveau de RF provenant du TX qui est propagé en mode commun sur le **feeder** et causant des interférences (RFI) dans le shack ou ailleurs.
- 2- Réduire les **effets du RF transmis** ... sur les circuits 60 Hz, TV, téléphone et autres câbles susceptibles de capter le signal transmis... sur tous les appareils de la maison et des voisins.

### Extrait de la réf. 4:

Pour bloquer le bruit RF  
génééré par tous les appareils  
de la maison.

Pour atténuer la propagation de  
ces bruits via la ligne 60 Hz,  
téléphone et autres câbles ... vers  
votre radio via l'extérieur du coax  
et ensuite à votre antenne.



# RÉFÉRENCES

## 1- Informations générales sur les baluns – Index des bons articles:

[http://www.nonstopsystems.com/radio/frank\\_radio\\_baluns.htm](http://www.nonstopsystems.com/radio/frank_radio_baluns.htm)

## 2- Cost effective ferrite chokes and baluns

<http://www.nonstopsystems.com/radio/article-cost-effective-chokes.pdf>

## 3- VE2AZX Web Site (cette présentation): <http://ve2azx.net>

## 4- Réduction des interférences à l'intérieur de la maison:

**Chuck Counselman W1HIS :**

<http://www.yccc.org/Articles/W1HIS/CommonModeChokesW1HIS2006Apr06.pdf>

## 5- FOURNISSEURS

**Digikey** <http://www.digikey.com>

**Fair-Rite** <http://www.fair-rite.com>

**Aimdon** <http://www.amidoncorp.com>

**ByteMark** <http://www.cwsbytemark.com/prices/toroidal.php>

**The Toroid King** <http://www.kitsandparts.com/index.php>