



Sperimentando con il LOOP

Teoria (poca) e pratica (tanta)
negli esperimenti di
Giorgio IW3AFT

PREMESSA

Questa presentazione è rivolta a soci e simpatizzanti della Sezione ARI di Bolzano, quale supporto alla serata sulle Loop di Giorgio IW3AFT.

Il testo è in massima parte originale, derivato da testi, pubblicazioni, appunti di lezioni, ecc. rielaborati dallo scrivente Marco IN3AVW assieme a Giorgio IW3AFT

Il materiale grafico è in buona parte tratto dalle stesse fonti. In particolare molte delle fotografie sono riprese da siti internet di Istituzioni, Aziende commerciali e siti (radio)amatoriali.

Essendo materiale raccolto nel corso di mesi, non sempre avevo memoria della fonte; dove ho potuto per correttezza la ho citata. Per l'uso "privato" in sezione non è un problema. Per la pubblicazione sul sito dove possibile raccoglierò le autorizzazioni all'uso. Per il materiale tratto da siti radioamatoriali confido molto nell'Ham Spirit. In ogni caso, chiunque ritenesse lesi i propri diritti può scrivere ad [info @ aribz.it](mailto:info@aribz.it) e i materiali in discussione saranno immediatamente rimossi.

Programma

- Teoria ridotta all'osso
- La costruzione
- La mia versione
- Realizzazioni
- Test strumentali e prove sul campo
- Laboratorio libero

Teoria



Le formule fondamentali

EQUAZIONI DI MAXWELL

$$\nabla \times \mathbf{e}(\mathbf{r}, t) = - \frac{\partial \mathbf{b}(\mathbf{r}, t)}{\partial t}$$

$$\nabla \times \mathbf{h}(\mathbf{r}, t) = + \frac{\partial \mathbf{d}(\mathbf{r}, t)}{\partial t} + \mathbf{j}(\mathbf{r}, t)$$

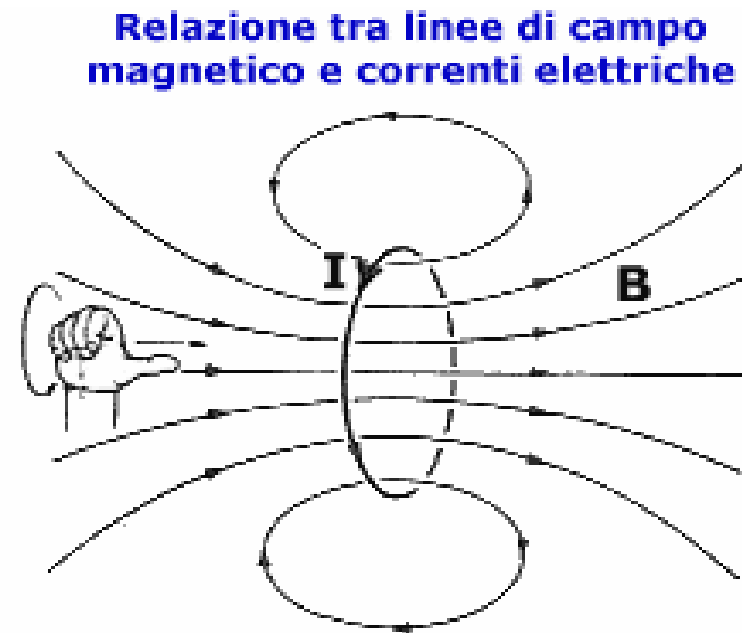
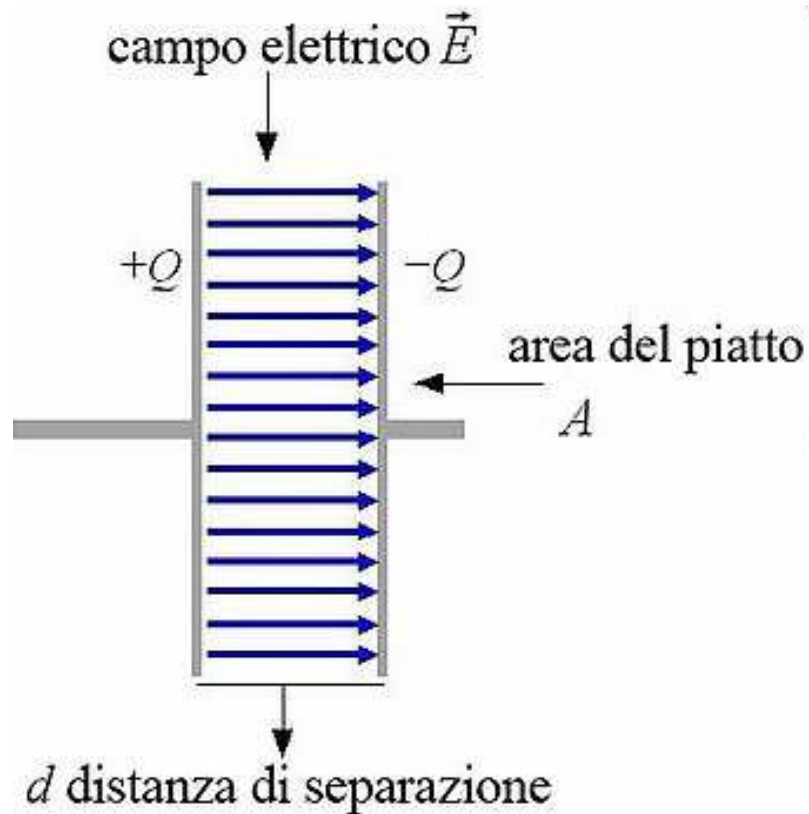
$$\nabla \cdot \mathbf{d}(\mathbf{r}, t) = + \rho(\mathbf{r}, t)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{b}(\mathbf{r}, t) = 0$$

$$\mathbf{f}(\mathbf{r}, t) = \rho(\mathbf{r}, t) \mathbf{e}(\mathbf{r}, t) + \mathbf{j}(\mathbf{r}, t) \times \mathbf{b}(\mathbf{r}, t)$$



Campo elettrico e campo magnetico



Campo elettrico e campo magnetico

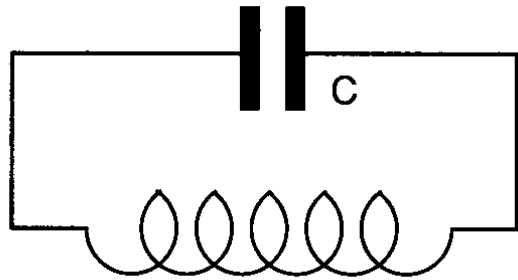


Fig. 1

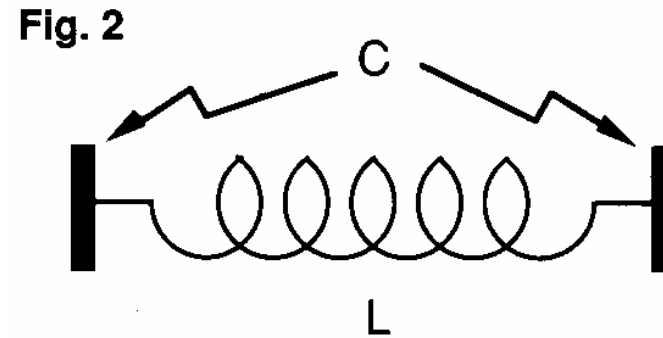


Fig. 2

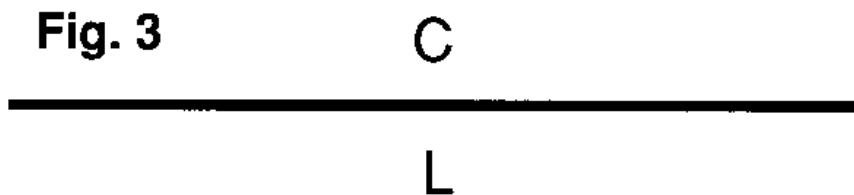


Fig. 3

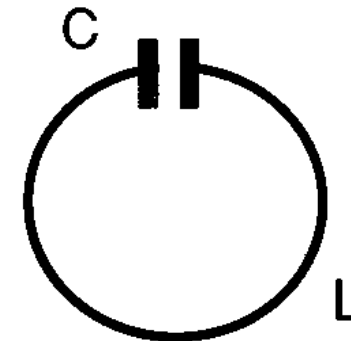


Fig. 4

Campo elettrico e campo magnetico

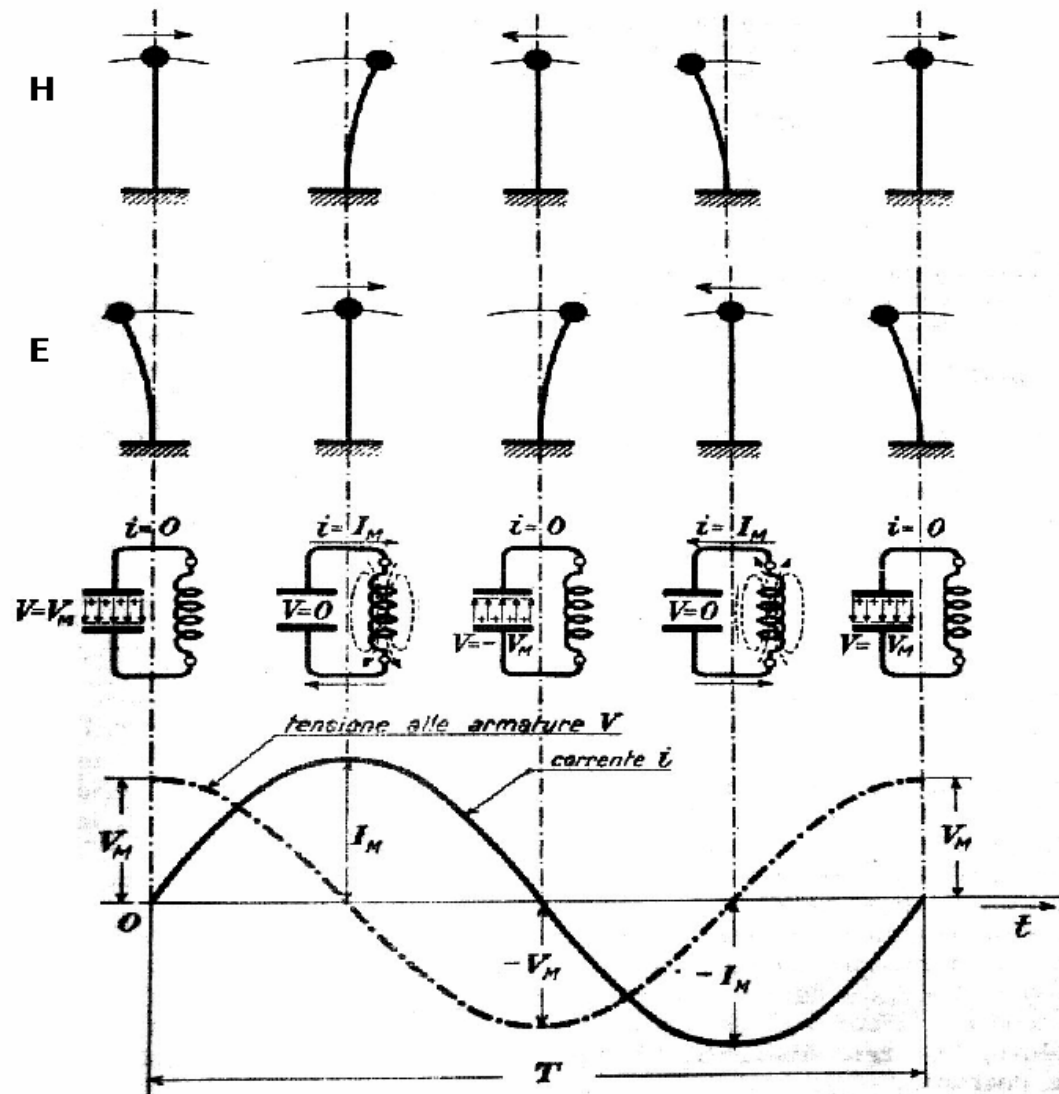
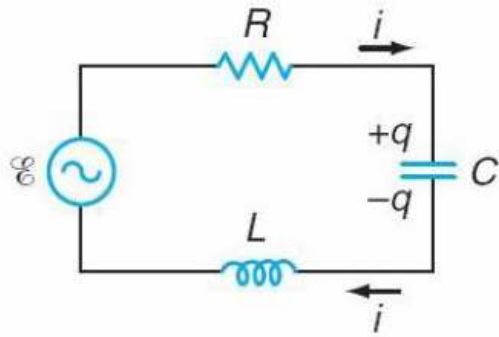


Fig. 2-612 - Raffronto fra il circuito oscillante ed un oscillatore meccanico.

Il “Q”



RLC fissi; vario ω per avere I_m massima

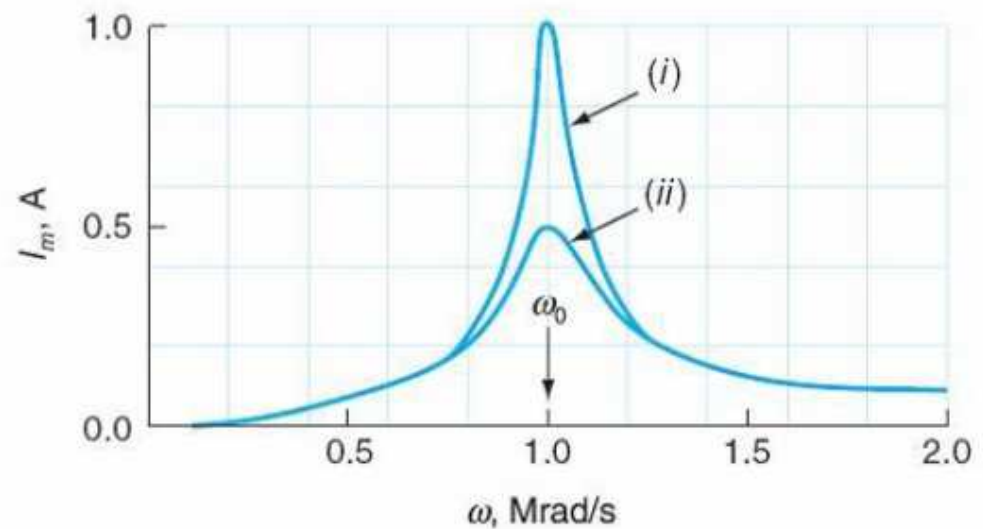
$$X_C = \frac{1}{\omega C} \quad X_L = \omega L$$

$$\frac{1}{\omega_0 C} = \omega_0 L \rightarrow Z_{\min} = R$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

(i) $R = 100 \Omega$

(ii) $R = 200 \Omega$

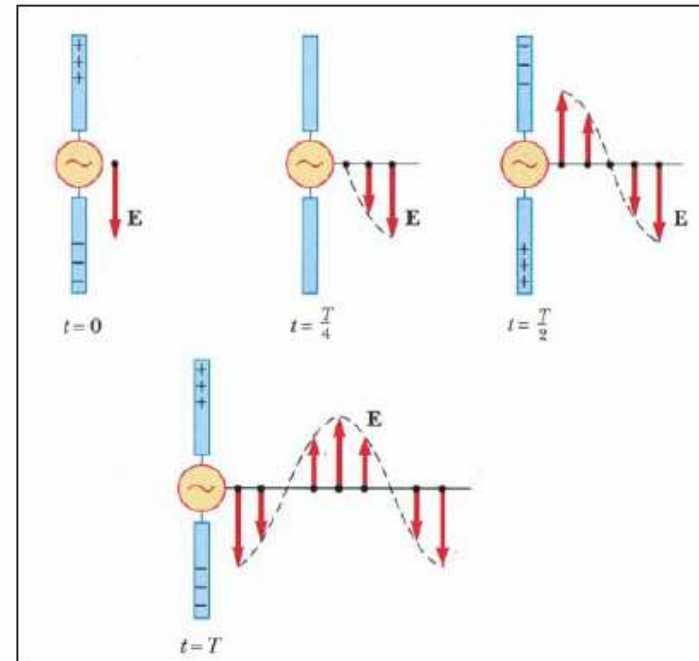
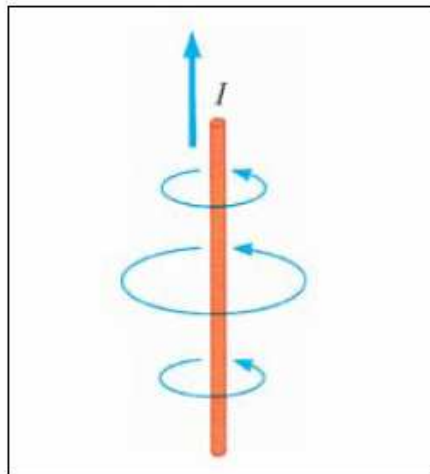


Onda elettromagnetica

cariche in quiete
→ elettrostatica

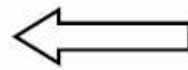
cariche in moto uniforme
→ magnetostatica

cariche accelerate
→ onda elettromagnetica

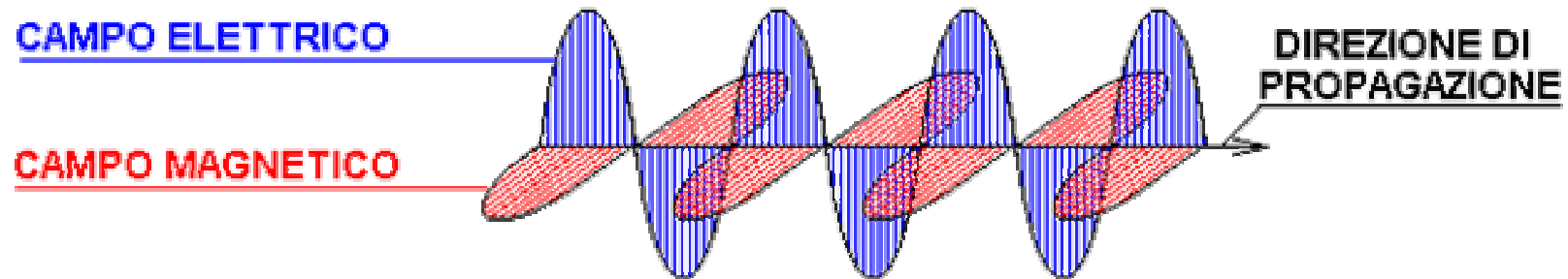


E prodotto dalle cariche di una antenna

B (\perp **E**) prodotto dalla corrente oscillante di una antenna



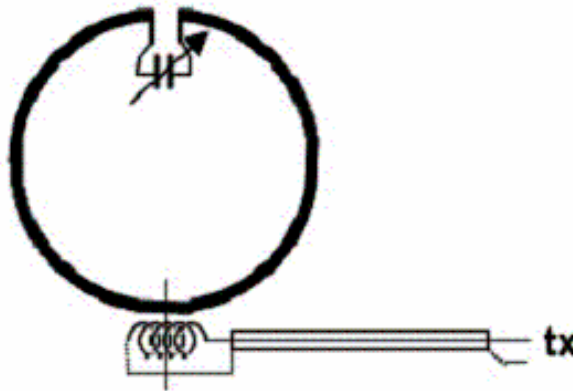
Propagazione di un' Onda trasversa



L'antenna "Loop magnetico"



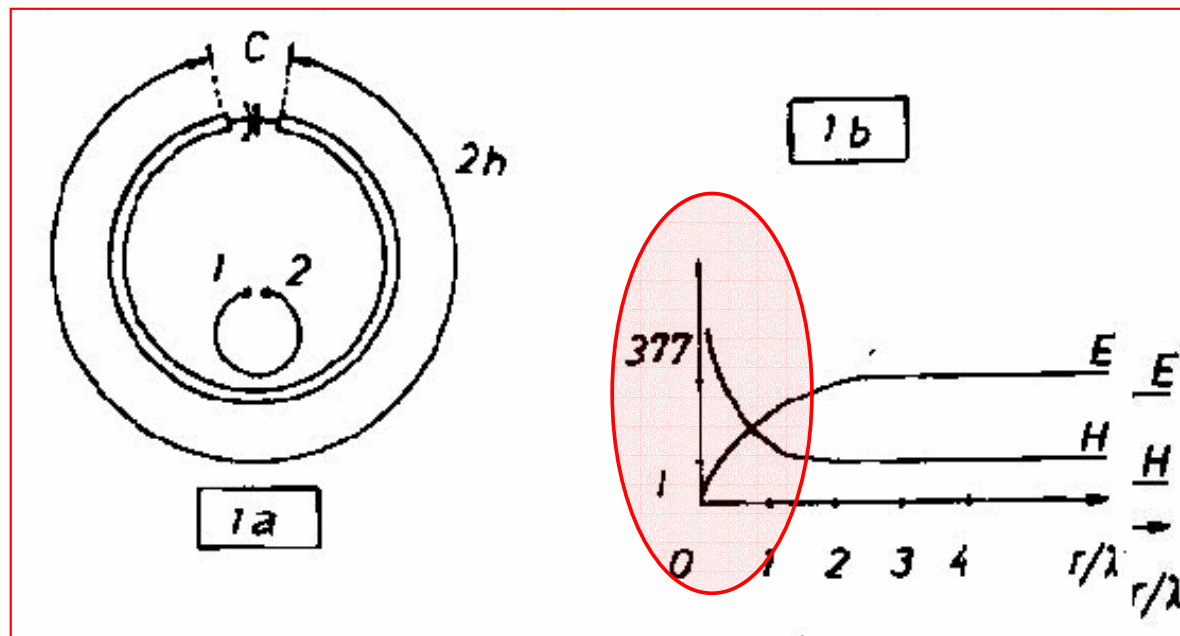
1937



1945

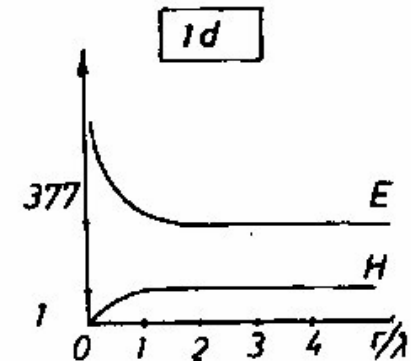
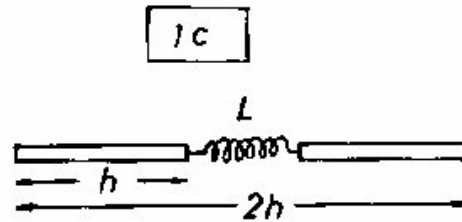
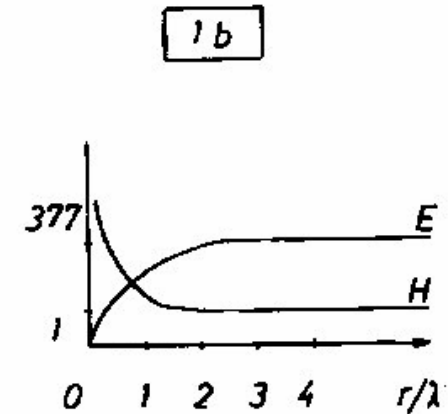
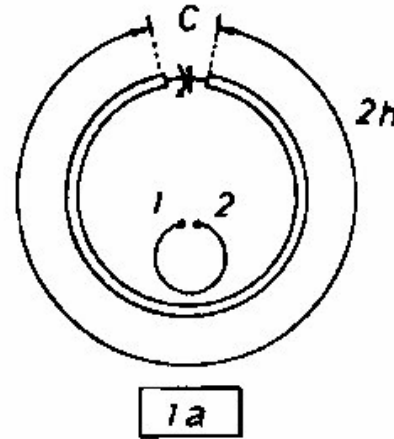
Perché “magnetica”

- Nel Loop corto ma maggior parte dell'energia in campo vicino è contenuta nella componente magnetica

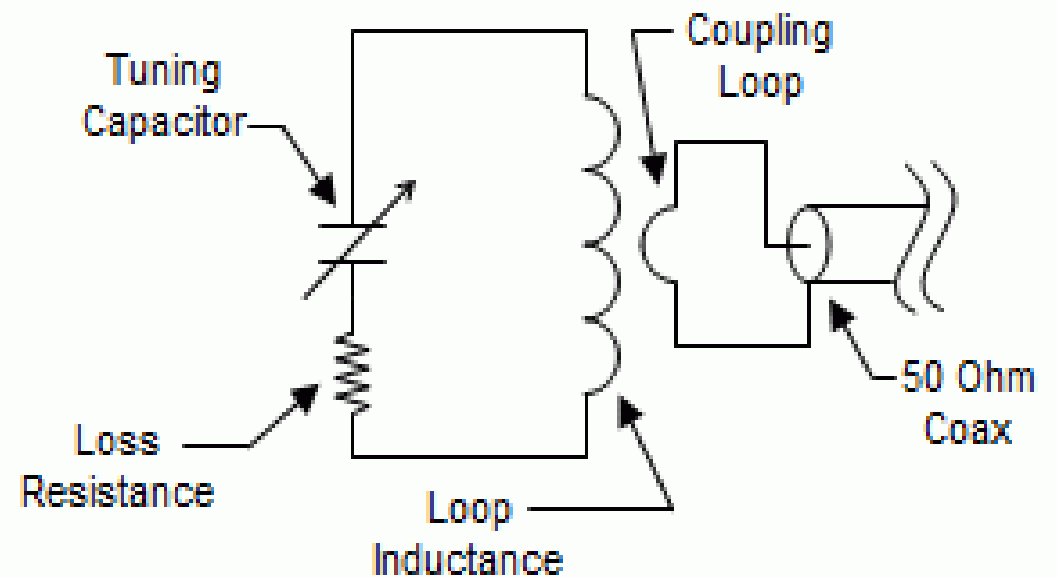
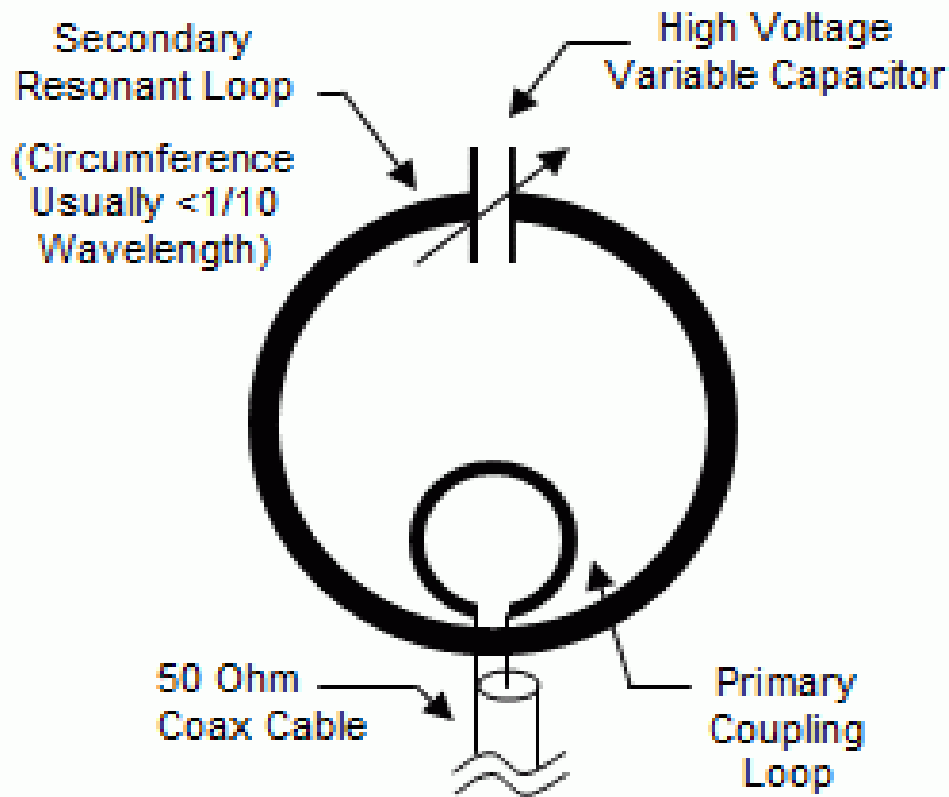


Perché “magnetica”

- In campo lontano la distribuzione non si distingue rispetto ad un’antenna “elettrica”, es. un dipolo
- Vantaggi e svantaggi si “concentrano” vicino all’antenna



Schematizzazione



Caratteristiche: dimensioni

Per far sì che la corrente sia pressoché costante su tutta la lunghezza del loop, e quindi che l'antenna abbia comportamento preponderantemente magnetico,

$$L \leq 0,25 \lambda$$

Resistenza di radiazione

$$\mathbf{R_r = 391,6 \times 10^{-8} \times (F^2 \times A)^2}$$

oppure

$$\mathbf{R_r = 31200 \times (A / \lambda^2)^2}$$

dove:

- R_r = resistenza di radiazione [Ω]
- A = area circoscritta dalla spira [m^2]
- F = Frequenza [MHz]
- λ = lunghezza d'onda [m]

Resistenza di radiazione

$$R_r = 391,6 \times 10^{-8} \times (F^2 \times A)^2$$

oppure

$$R_r = 31200 \times (A / \lambda^2)^2$$

Esempio:

supponiamo di avere un'antenna magnetica del diametro di un metro, accordata su 14,2 MHz.

$$R_r = 391,6 \times 10^{-8} \times (14,2^2 \times 3,14 \times 0,52)^2 = \underline{\underline{0,098 \Omega}}$$

Resistenza di perdita

La resistenza di perdita per “effetto pelle” per spira in rame si calcola nel seguente modo:

$$R1 = 90,91 \times 10^{-4} (F \text{ [MHz]} * G \text{ [m]} / d \text{ [mm]})$$

dove

R1 = "resistenza di perdita" [Ω]

F = frequenza [MHz]

G = lunghezza del conduttore [m]

d = diametro del conduttore [mm]

Resistenza di perdita

La resistenza di perdita per “effetto pelle”
per spira in rame si calcola nel seguente modo:

$$R1 = 90,91 \times 10^{-4} (F [\text{MHz}] * G [\text{m}] / d [\text{mm}])$$

Esempio:

loop in rame del diametro di un metro, diametro 20mm a 14,2 MHz

$$R1 = 90,91 \times 10^{-4} (14,2 * 3,14 / 20) = \underline{\underline{0,0203 \Omega}}$$

Effetto pelle

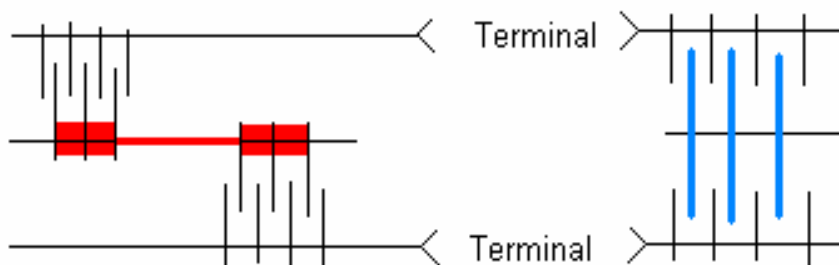
La tabella mostra lo spessore dell'effetto pelle in un cavo di rame a varie frequenze.

frequenza	δ
60 Hz	8,57 mm
10 kHz	0,66 mm
10 MHz	21 μ M

Fattore di merito

- L'antenna magnetica rappresenta, in effetti, un circuito con un fattore di merito assai elevato (un Q di circa 1000)
- Q elevato \rightarrow banda stretta \rightarrow occorre risintonizzare $\rightarrow C$ variabile
- Le perdite nel condensatore influenzano grandemente il Q
- No contatti striscianti: variabili a "farfalla" o split stator
- Altissime tensioni sul condensatore: dielettrico vuoto o aria con grande spaziatura: 5 o 10 mm sono normali

Tipo di condensatore

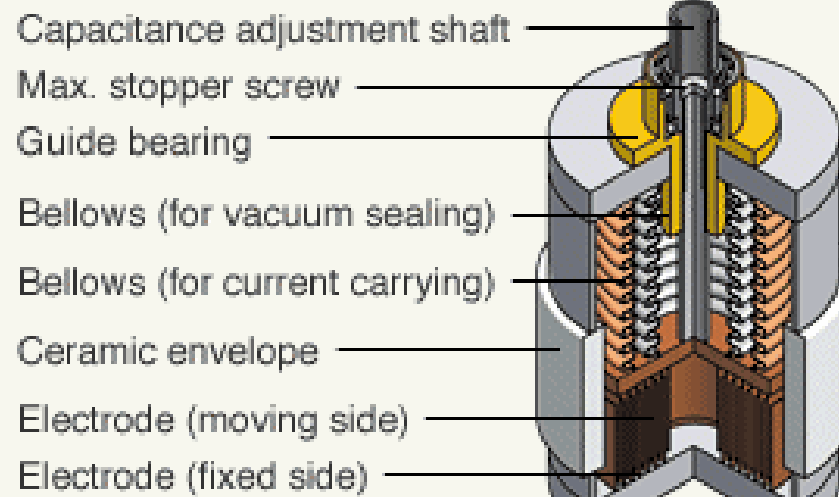


Split stator

Butterfly



Condensatore a vuoto



Rapporto L/C

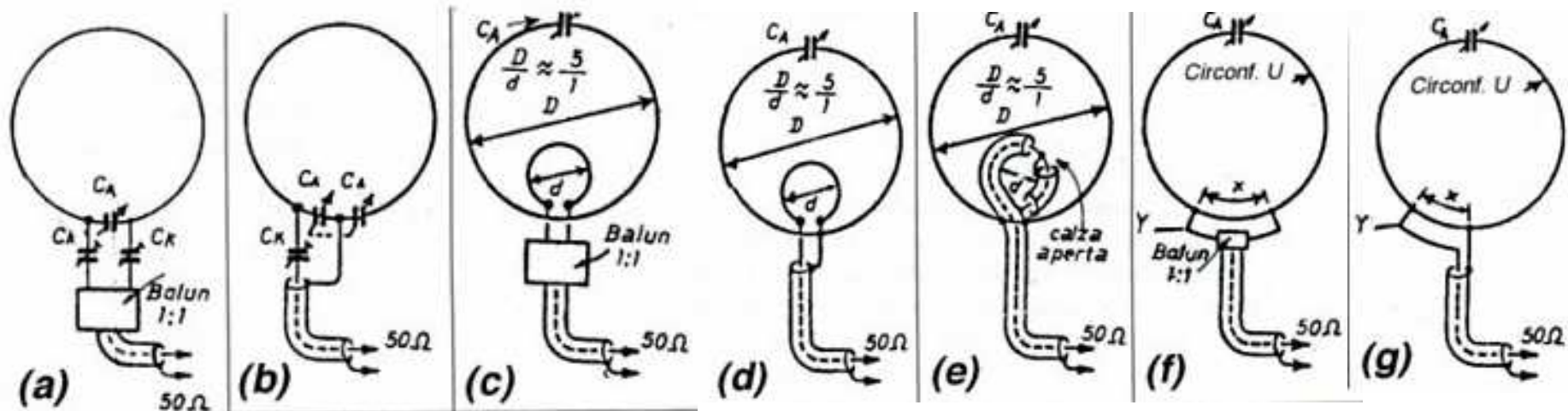
- per una data frequenza di lavoro, più l'antenna è grande, tanto più è efficace
- se si aumenta il diametro della spira, occorre diminuire la capacità per conservare la frequenza di accordo
- aumentando troppo il diametro subentrano comportamenti di tipo “elettrico”
- il compromesso ottimale si ha per una lunghezza del conduttore uguale ad un quarto della lunghezza d'onda

Forma della spira

- R_r dipende dall'Area circoscritta dal loop
- Per una linea di una data lunghezza, posta in modo da circoscrivere una certa area, la forma circolare è quella che presenta la maggiore superficie
- A parità di perimetro, l'area di un quadrato è circa il 20% in meno. Questo influisce su R_r (in modo quadratico) e sul rendimento
- Un buon compromesso tra semplificazione costruttiva e rendimento è la forma ottagonale

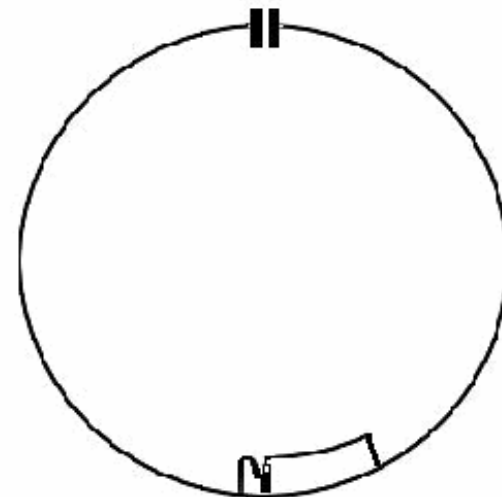
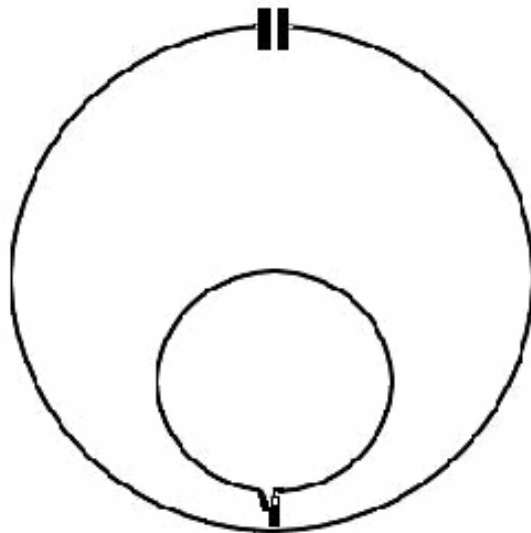
Accoppiamento

- Esistono varie possibilità di accoppiamento
- Sia per cavo bilanciato che sbilanciato



Accoppiamento

- La piú usata resta il loop schermato elettricamente, correttamente accoppiato
- In alternativa il “link induttivo” che sembra un gamma-match ma non lo è



Accoppiamento

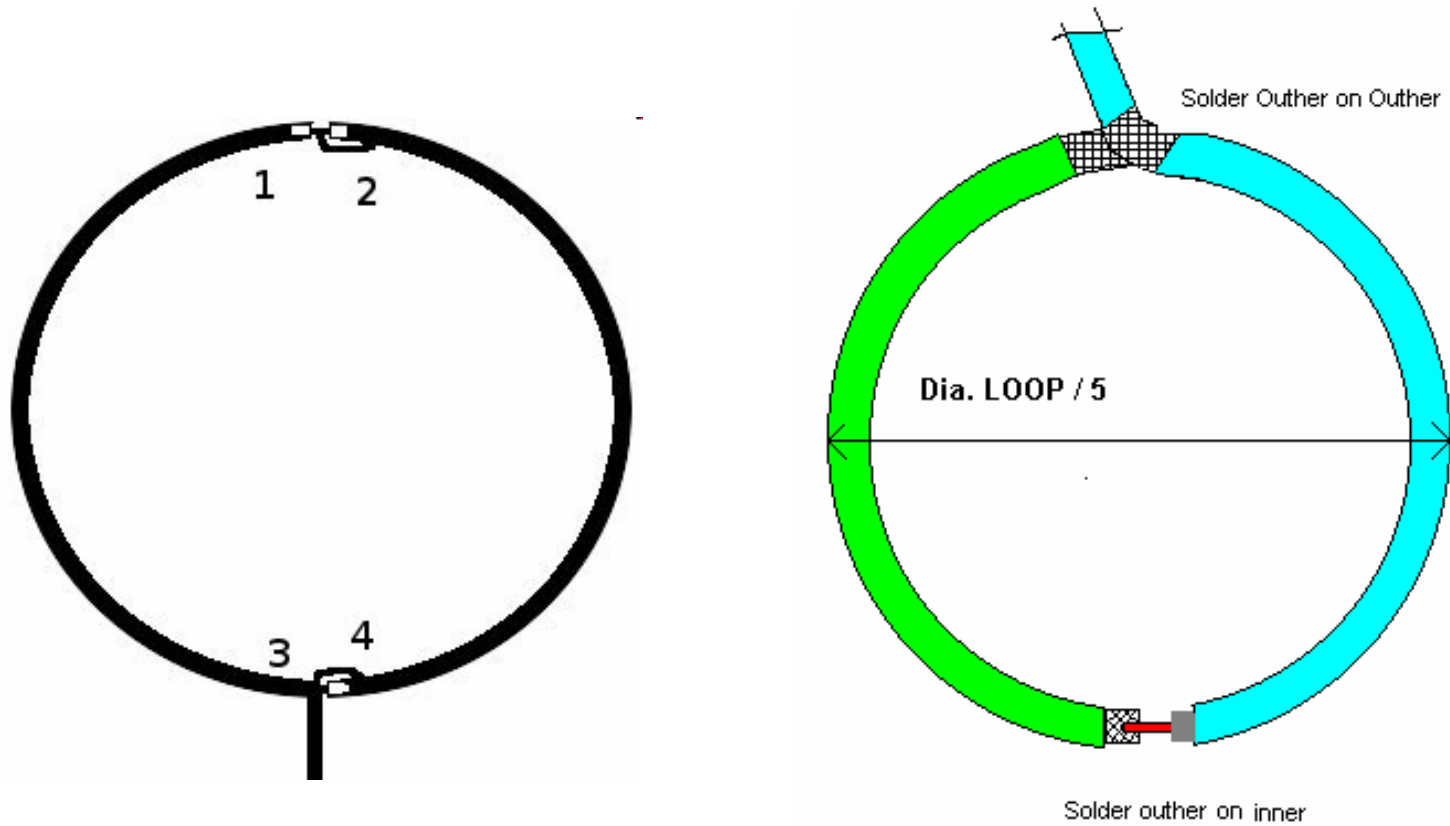


Diagramma di radiazione

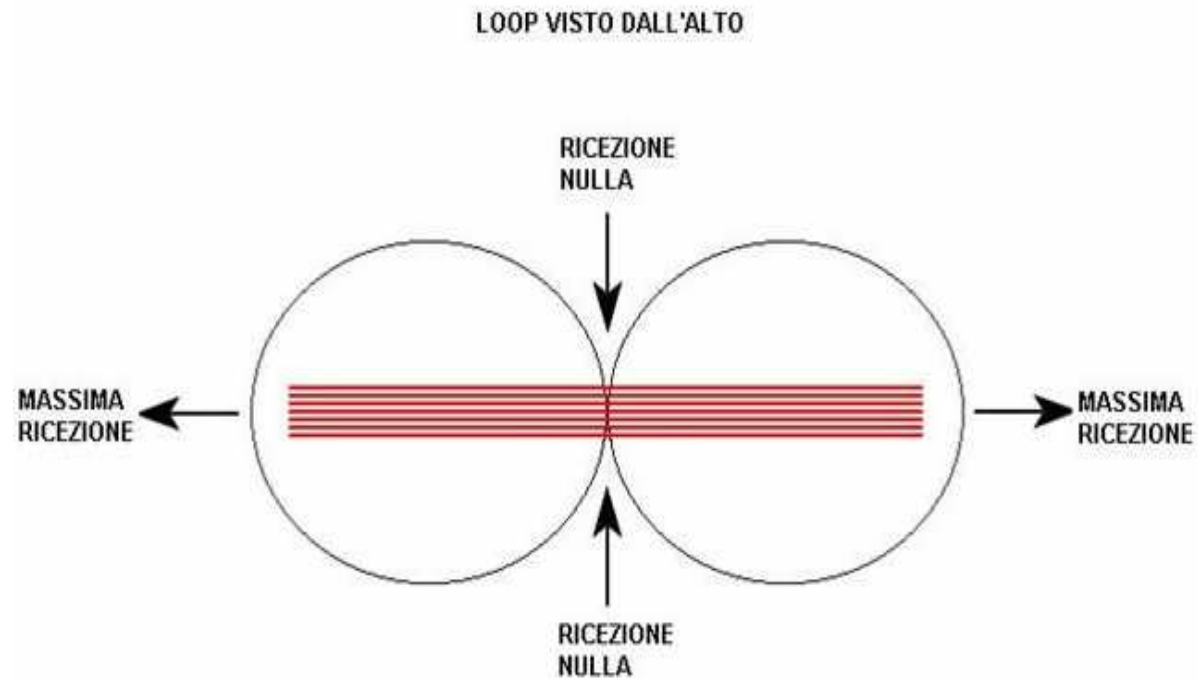


Diagramma di radiazione

Fig. 6

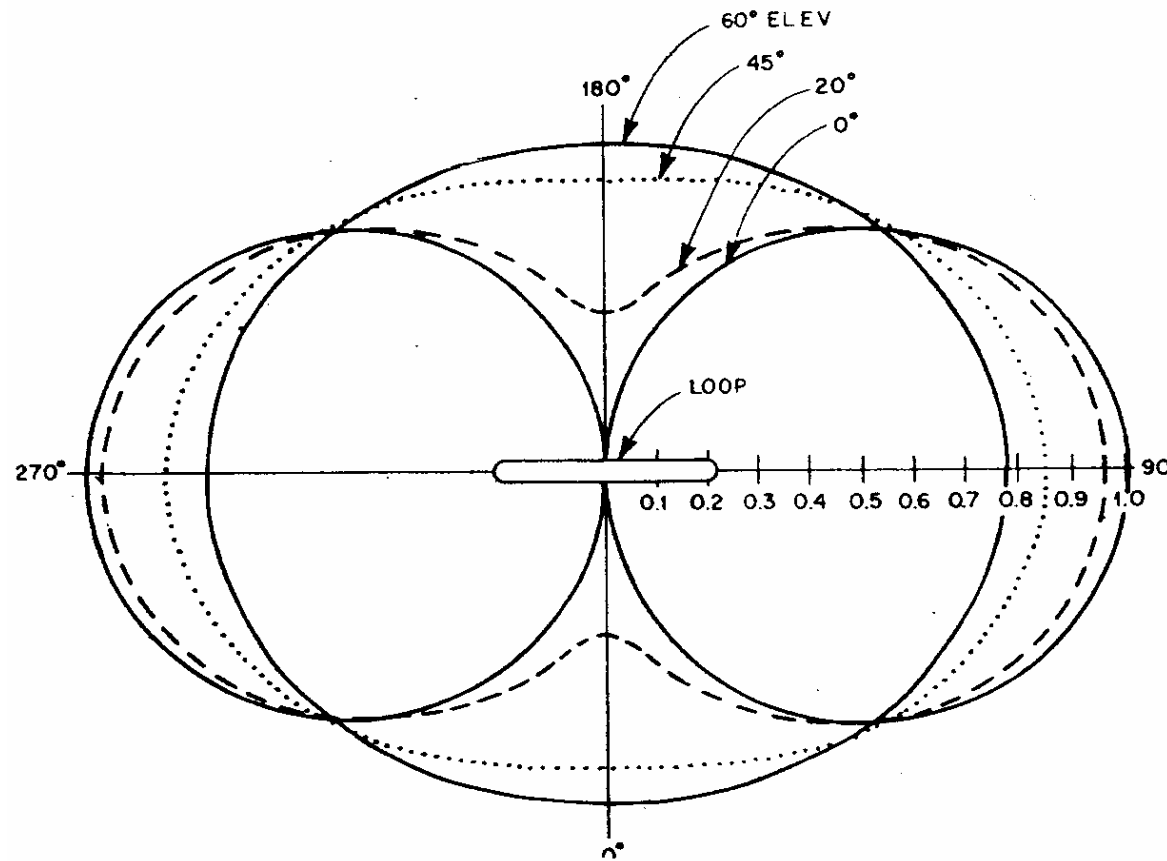
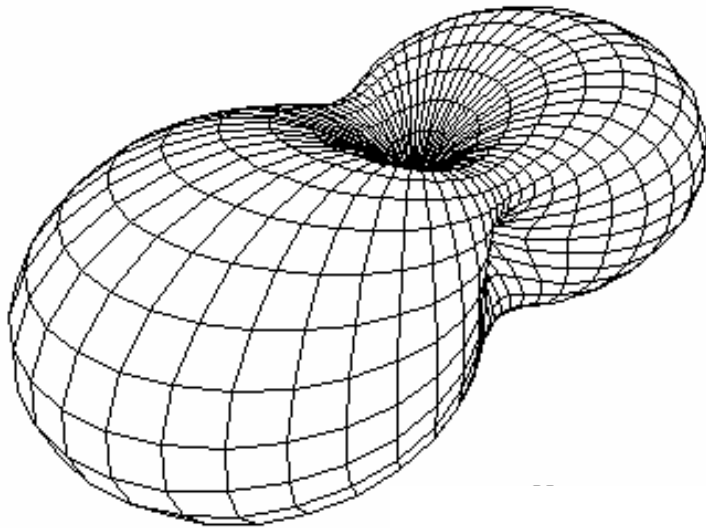
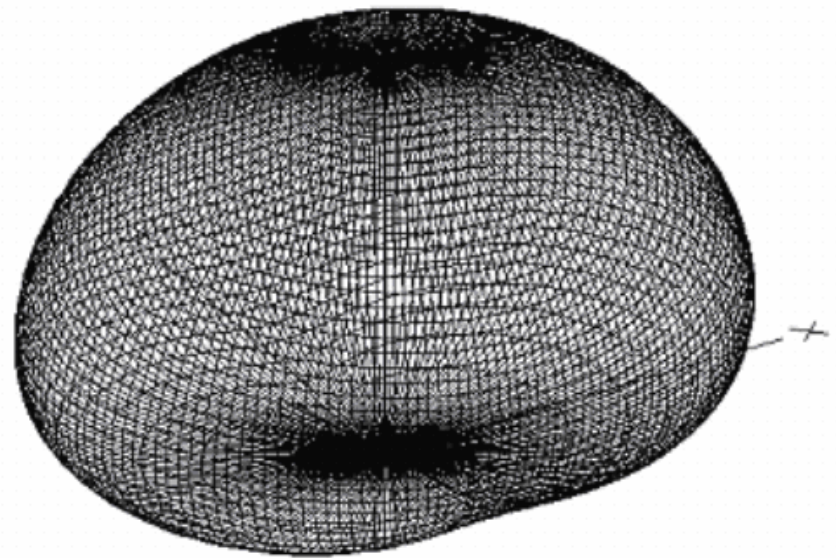


Diagramma di radiazione

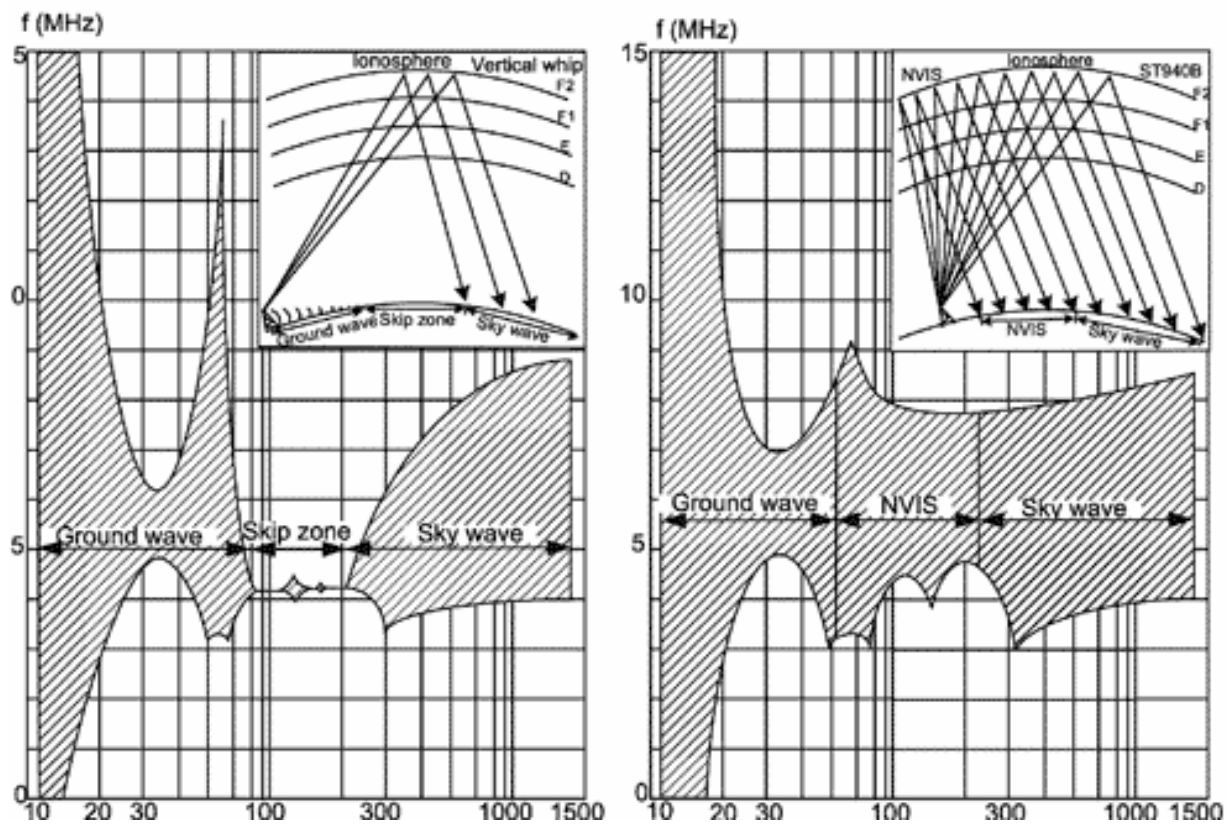


Dipolo



***Loop corto su
autoveicolo***

Diagramma di radiazione 2



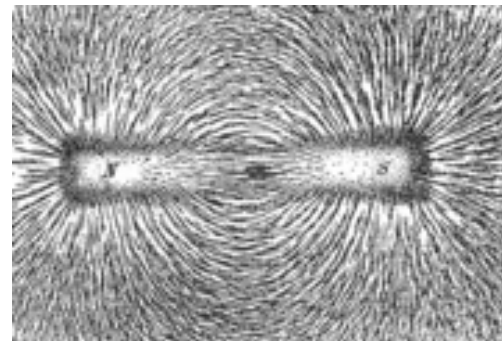
Efficienza

- Loop: 1,75 dBi
- Dipolo ben posizionato: 2,15 dBi
- Yagi 3 el. ben posizionato: 6,5 dBi

Ma la maggior parte dei dipoli e delle 3 elementi non sono esattamente in posizione ideale!!!

Posizionamento

- Nelle antenne “elettriche” è importante la distanza da terreno ed altri impedimenti per ridurre le perdite dovute alla chiusura del campo elettrico
- Nelle antenne magnetiche il campo magnetico si chiude ad anello, per la maggior parte in una zona molto vicina all’antenna



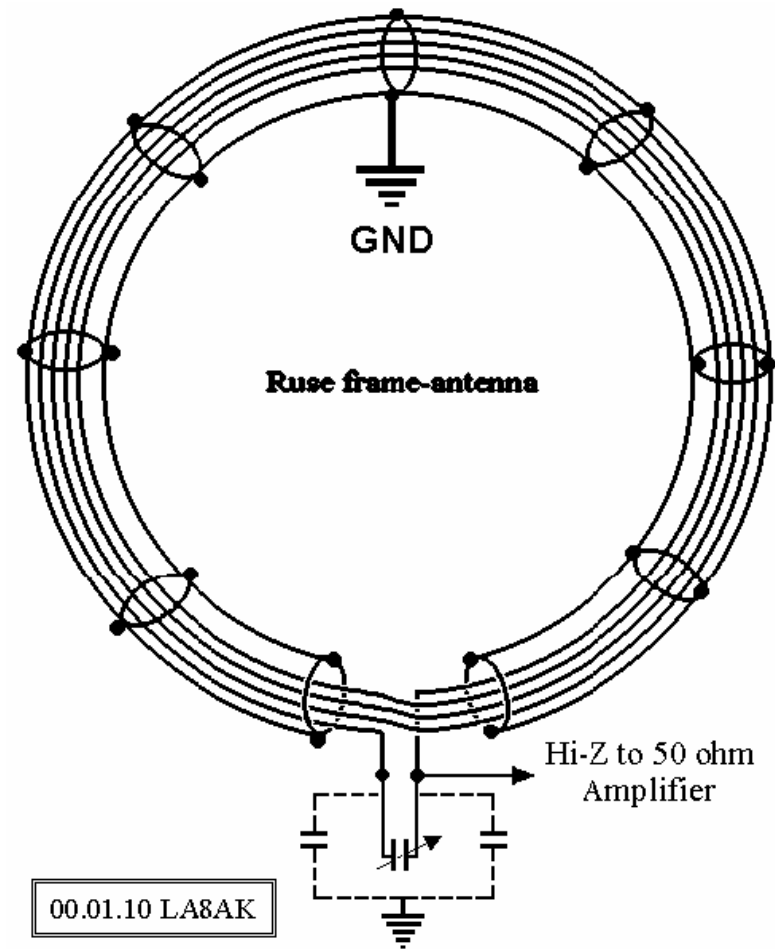
- Per la loop magnetica già a 2 o 3m l’influenza di terreno o altri ostacoli è molto ridotta

Schermatura



Sonda di campo magnetico
per misure da 0,05 a 130 Mhz

Schermatura



Attenzione!

Il Loop magnetico si adatta bene all'uso in spazi ristretti o addirittura all'interno di edifici, e quindi facilmente in prossimità di persone estranee oltre che dell'operatore.

Con 100W di RF il campo elettromagnetico già a qualche metro di distanza rientra nei valori limite previsti dalla normativa internazionale per la tutela della salute umana.

Tuttavia a brevissima distanza la forte componente magnetica potrebbe risultare dannosa per apparati medicali o apparecchi medici impiantati (ad esempio pace maker).

Aspetti costruttivi



Scelta dei materiali

- Resistenza meccanica – autoportanza e stabilità dei parametri
- Resistenza ohmica alla RF – effetto pelle
- Altre dispersioni di energia a RF
- Effetti elettrochimici
- Reperibilità

IL LOOP

- La R di perdita influisce molto sull'efficienza della Loop
- La R_s aumenta molto alle frequenze piú alte
- Correnti RF elevatissime con pochi Watt
- Scegliere tubo in rame o alluminio del massimo diametro possibile, specialmente alle basse frequenze

Il LOOP

- Limite basso: 40m. 80m con loop molto grandi
- Loop per 80m e 160m possibili ma non maneggevoli
- Limite alto: VHF. Oltre è possibile ma l'effetto pelle è pesantissimo

Il condensatore

- Evitare contatti striscianti
- Tensione di lavoro molto alta: fino a 15-20 Kvolt
- Condensatori a farfalla
- Condensatori in cavo e in tubolare
- Condensatori a vuoto
- Motorizzazione
- Criticità di regolazione

Variabile a vuoto



TNX: I6VMS project , IW6OVD, IZ6GAC, IZ6AVN,, **I6IBE**

Vedi: <http://www.hamradio.selfip.com/i6ibe/loop/loop.htm>

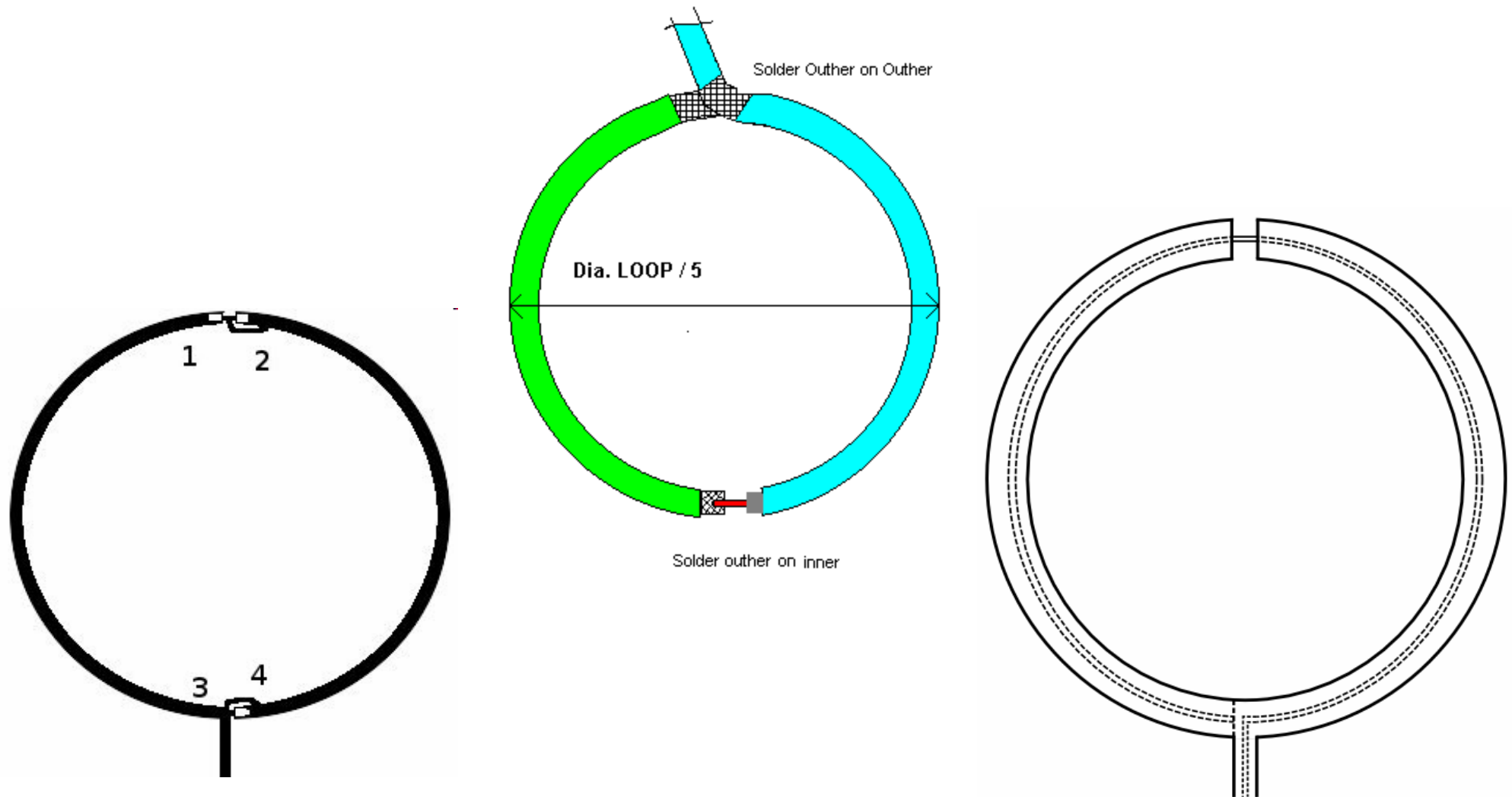
Variabile a vuoto



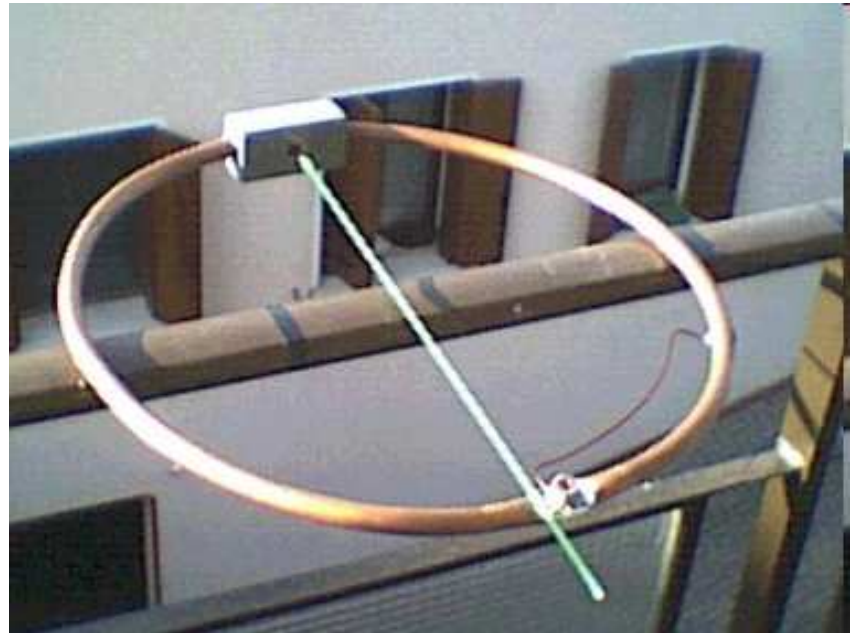
Accoppiamento

- Contribuisce a determinare l'impedenza verso la linea
- Anche il loop di accoppiamento deve essere di buona sezione
- Occorre sperimentare sulla posizione per trovare l'accoppiamento ottimale
- Dimensioni: diametro circa $1/5$ di quello del loop

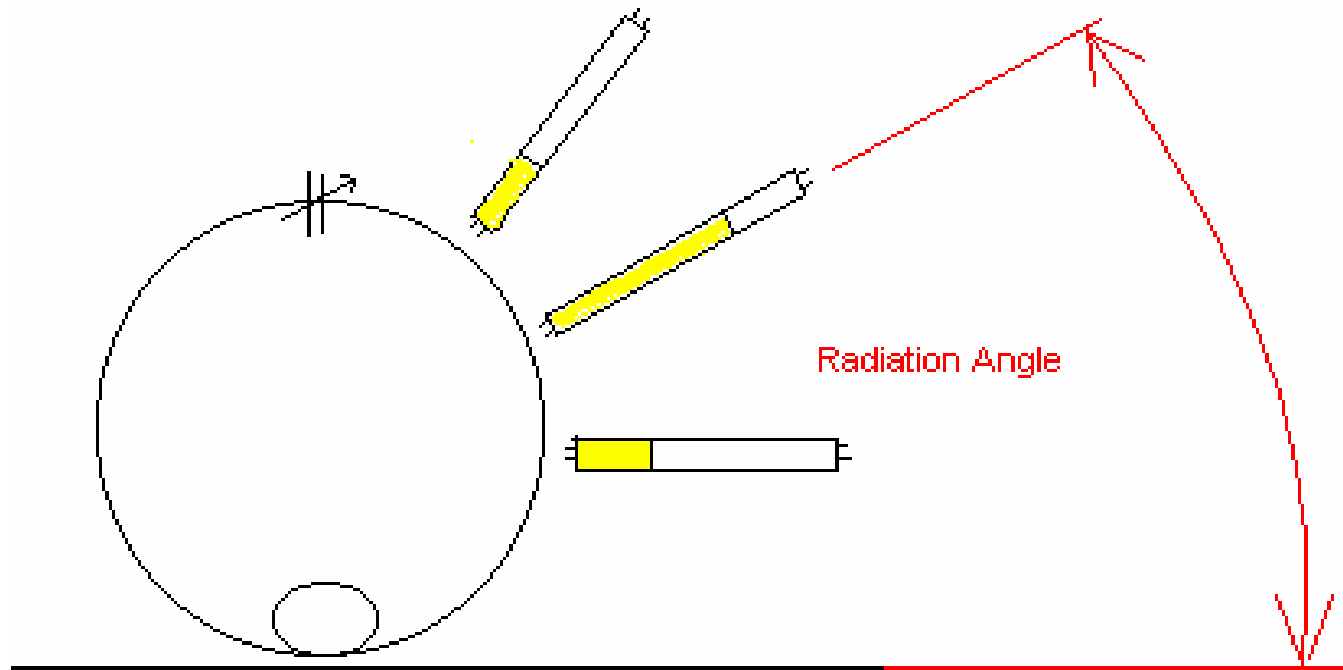
Accoppiamento



Accoppiamento



Angolo e diagramma di radiazione



Posizionamento

- Gli effetti di accoppiamento del campo magnetico già ad una distanza di 0,5 volte il diametro del loop sono limitati
- Tenendo l'antenna all'aperto alla distanza di 1 o 2 metri dal terreno si ha una buona resa
- È possibile un impiego in locali chiusi o addirittura l'interramento

Sintonia

- La sintonia è molto “acuta” e occorre muoversi lentamente
- Motorini con riduttore
- Sintonia fine con C ausiliario

Software

- RFSim99
- Fogli Excel di Giorgio IW3AFT

Software

- Radioutilitario

- Magloop

- Loop_calculator.xls

<http://www.kolumbus.fi/juha.niinikoski/magloop/magloop.htm>

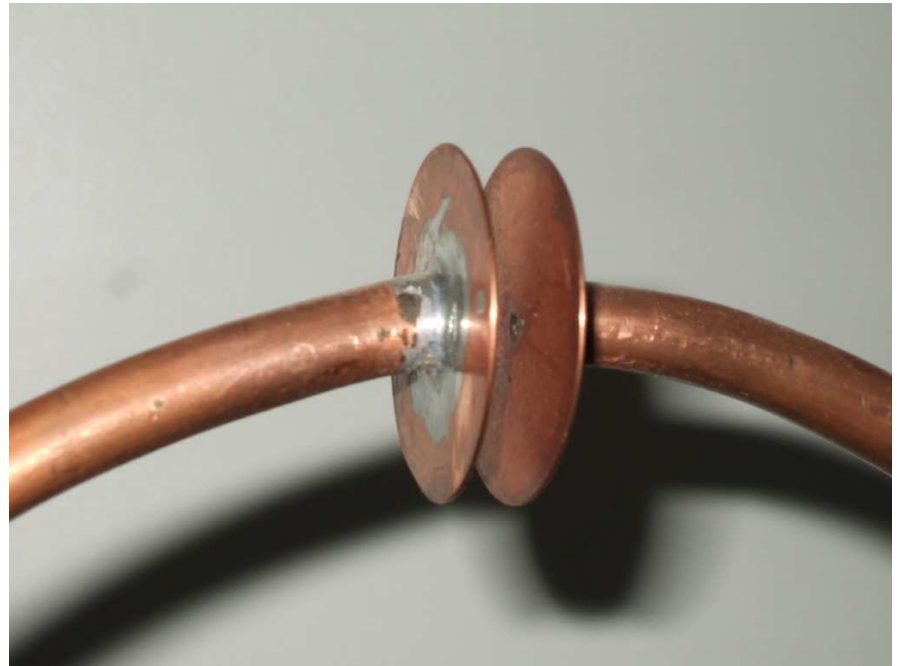
- Online:

<http://www.wolfgang-wippermann.de/loop.htm>

- E innumerevoli altre fonti

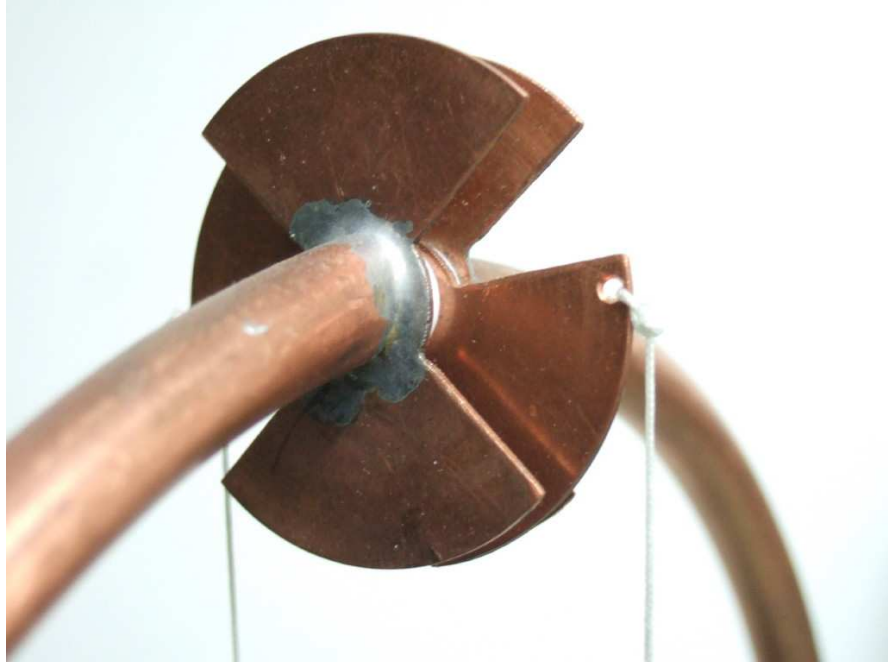
Le mie CIRCOLINE



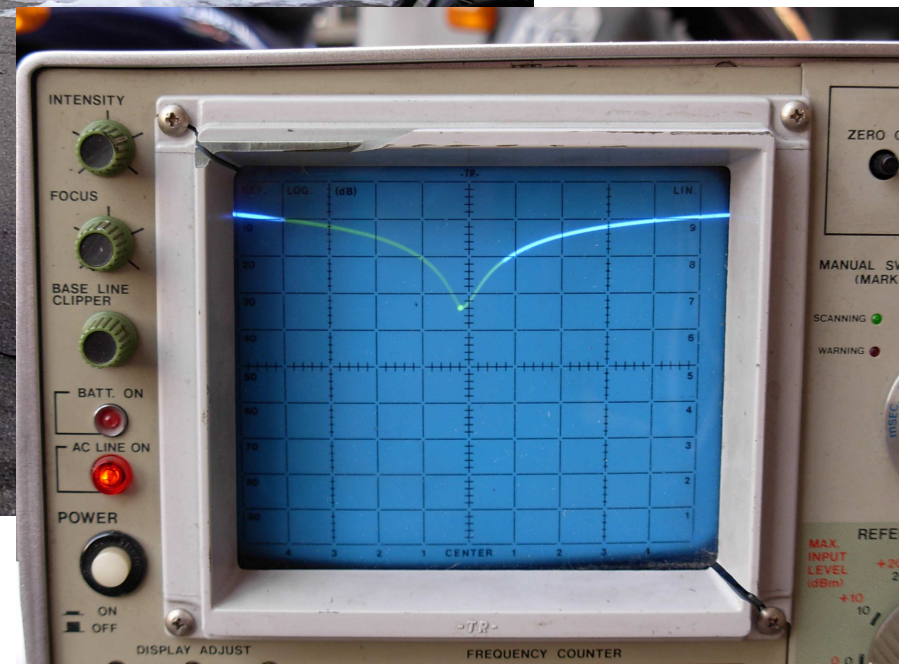




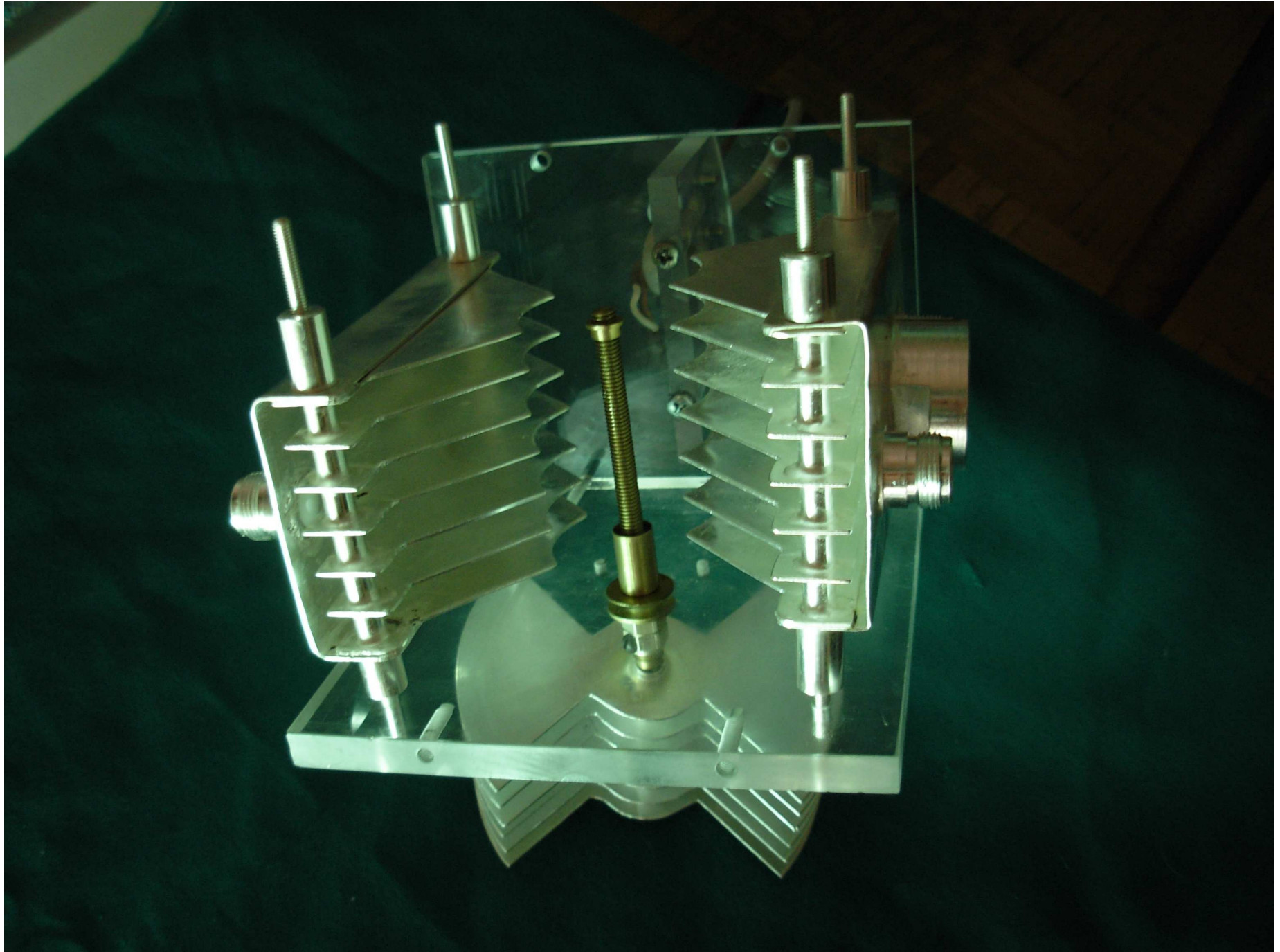


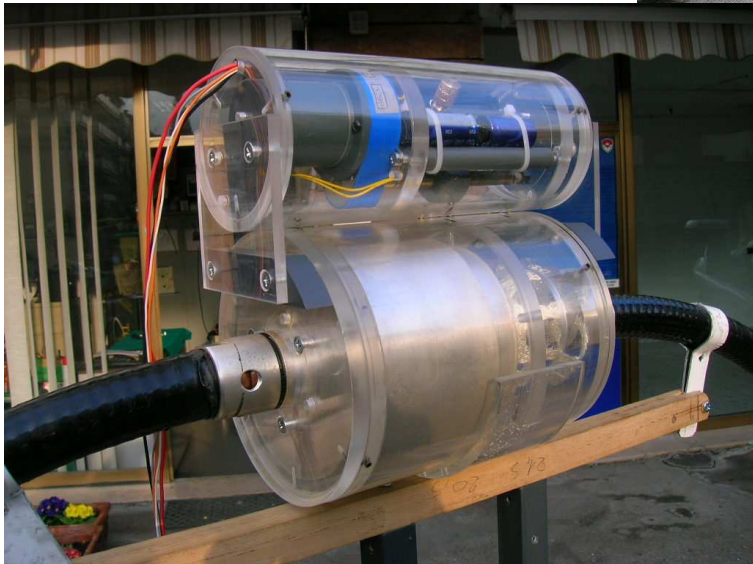












Laboratorio demo



Grazie

