

SERVIZIO SANITARIO REGIONALE
EMILIA-ROMAGNA
Azienda Unità Sanitaria Locale di Modena

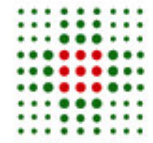
Unità Operativa Fisica Sanitaria

Origine fisica degli artefatti nelle immagini RM



Marco Serafini

m.serafini@ausl.mo.it



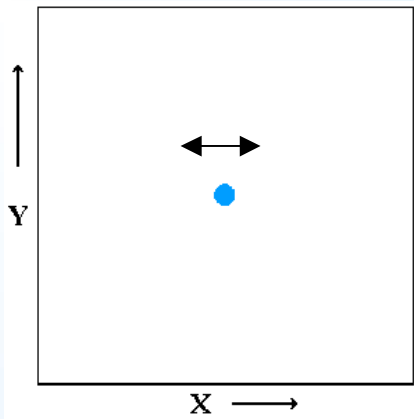
SERVIZIO SANITARIO REGIONALE
EMILIA-ROMAGNA
Azienda Unità Sanitaria Locale di Modena

Unità Operativa Fisica Sanitaria

Artefatti da movimento

Artefatti da movimento

In RM il movimento del soggetto crea un artefatto completamente diverso da quello che si ha con altre tecniche (es.: TC)



Oggetto con “movimento”

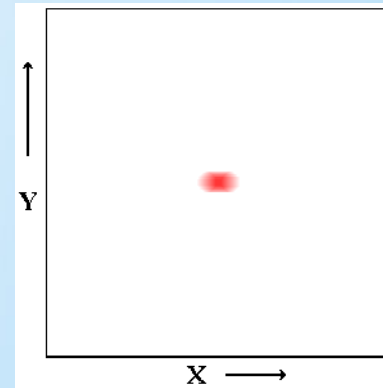


Immagine TC

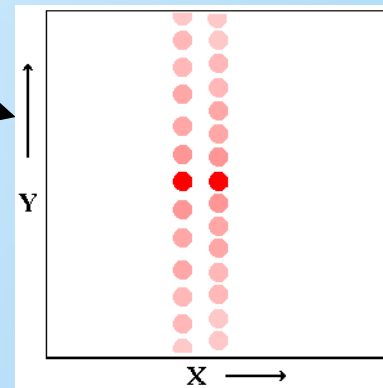
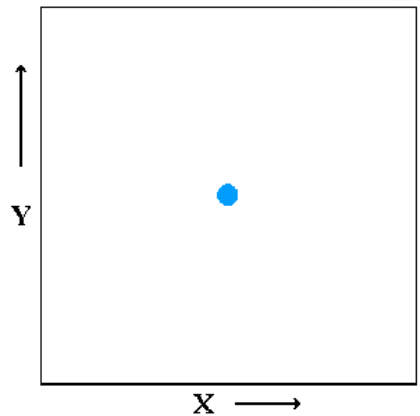
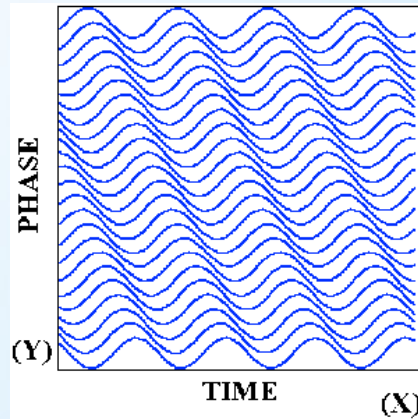


Immagine RM

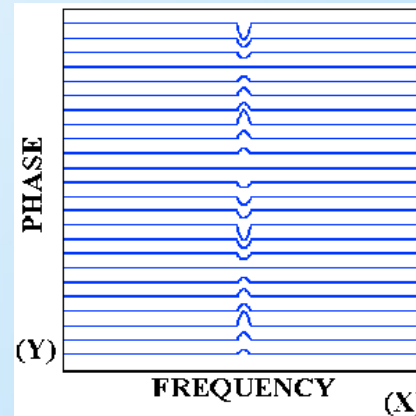
Artefatti da movimento ricostruzione dell'immagine di un oggetto fermo



Oggetto di partenza



Spazio K



Trasformata di Fourier bidimensionale

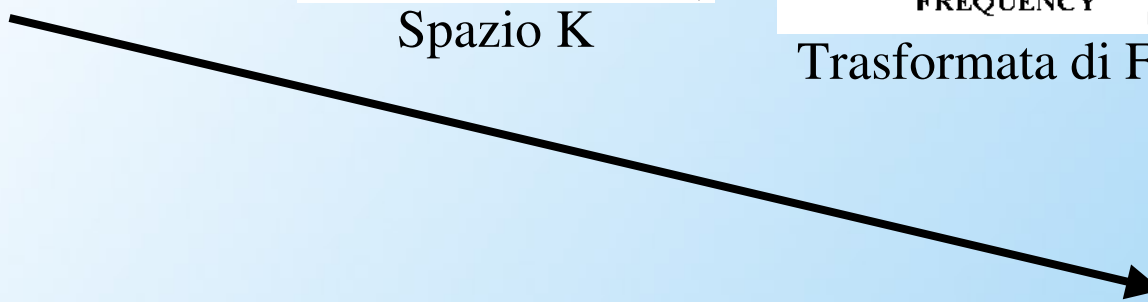
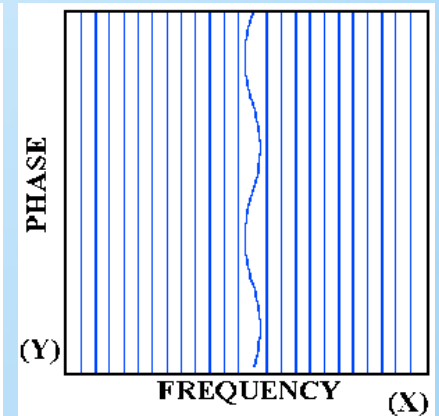
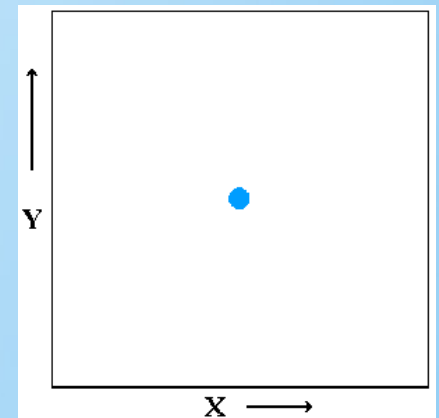
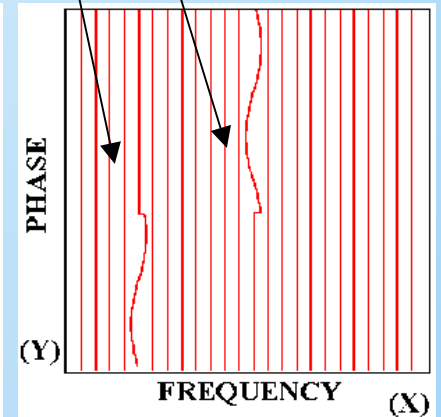
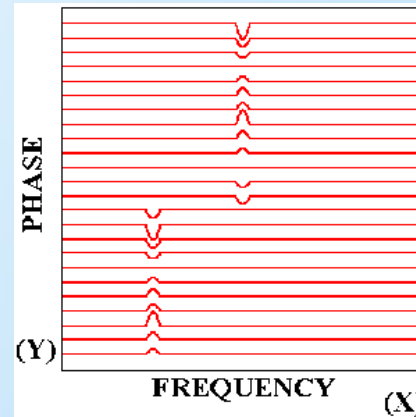
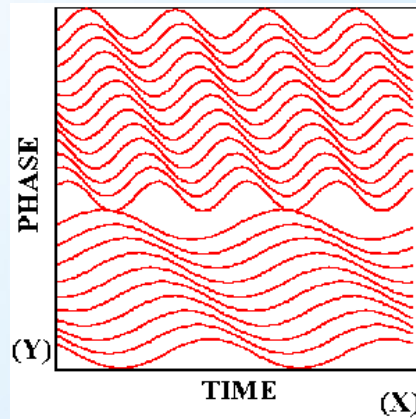


Immagine finale



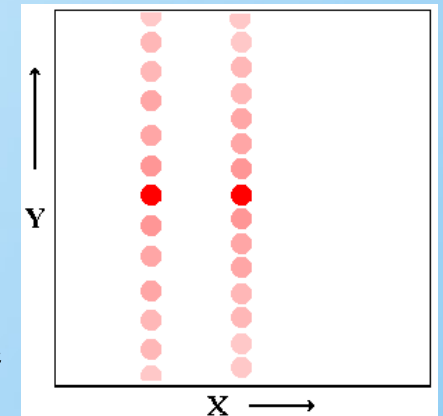
Artefatti da movimento ricostruzione dell'immagine di un oggetto in movimento



Trasformata di Fourier bidimensionale

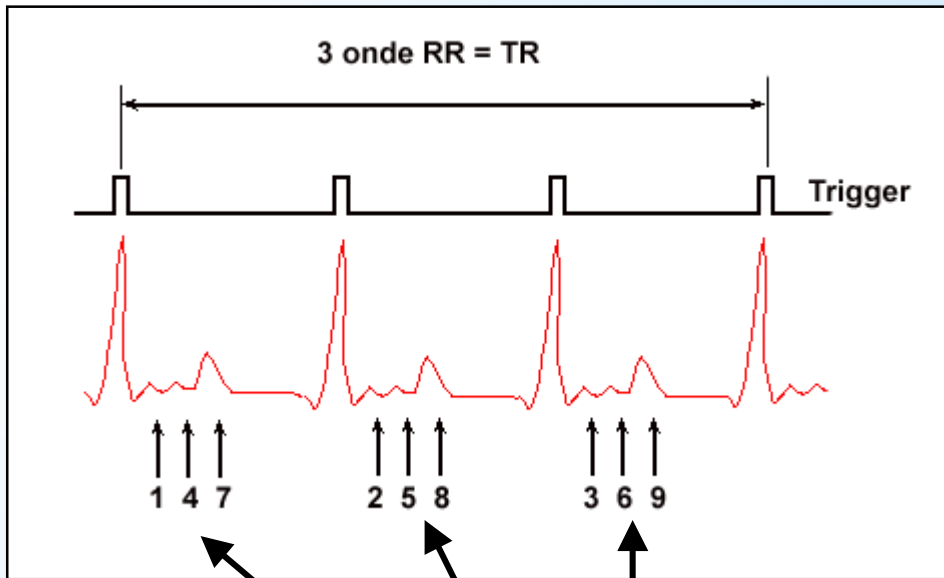


Immagine finale



Riduzione artefatti da movimento

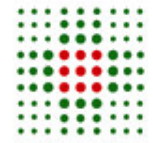
Nel caso di organi in movimento sincronizzati col battito cardiaco (vasi, csf, ecc.) è possibile eliminare gli artefatti da movimento “sincronizzando” l’acquisizione tramite un trigger ricavato dal segnale cardiaco (es.: gating periferico)



Con questa tecnica il TR è vincolato ad essere un multiplo del periodo R-R.

E' necessaria una certa "regolarità" della frequenza cardiaca.

Le varie slices vengono acquisite sempre nella stessa posizione “temporale” rispetto al ciclo cardiaco

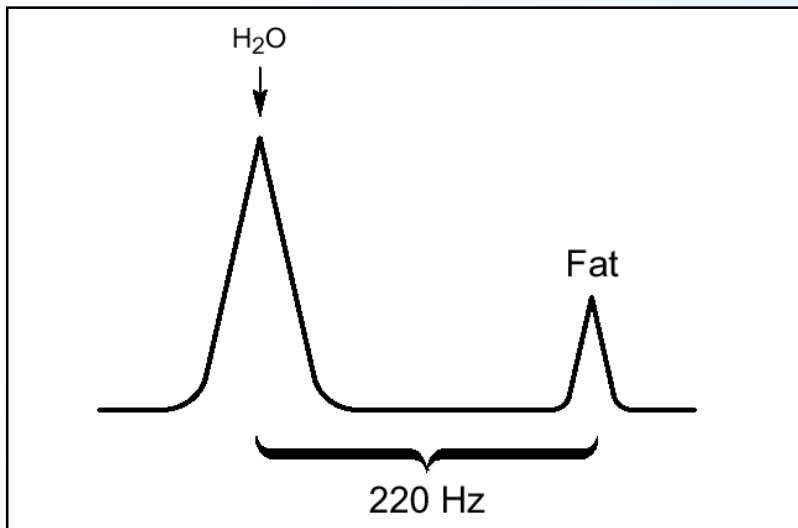


SERVIZIO SANITARIO REGIONALE
EMILIA-ROMAGNA
Azienda Unità Sanitaria Locale di Modena

Unità Operativa Fisica Sanitaria

Artefatti da Chemical Shift

Chemical Shift



La frequenza di risonanza di un protone (nucleo di idrogeno) dipende esattamente dal campo magnetico in cui è immerso.

Al campo complessivo che agisce sul protone contribuiscono anche i protoni e gli elettroni che circondano il protone stesso: in altre parole il protone sperimenterà un campo magnetico diverso a seconda che si trovi in una molecola piuttosto che in un'altra (da cui il nome “chemical shift”)

In particolare i nuclei di idrogeno dell'acqua e quelli dei grassi hanno frequenze di risonanza che differiscono di 220 hz per un campo B di 1.5 Tesla.

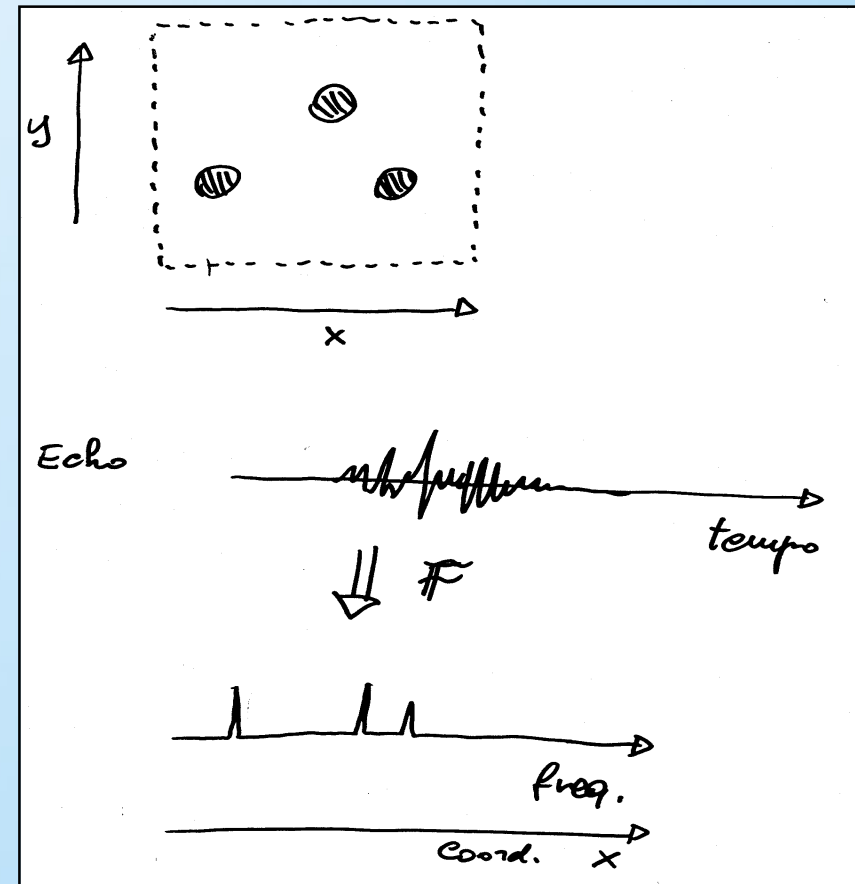
Chemical Shift

Questa differenza nelle frequenze di risonanza interferisce con la codifica nella direzione dell'asse delle frequenze:

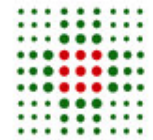
Infatti tramite l'uso del gradiente X (readout gradient) ogni voxel assume una frequenza corrispondente alla coordinata X.

A causa del chemical shift si aggiunge la frequenza di 220 Hz.

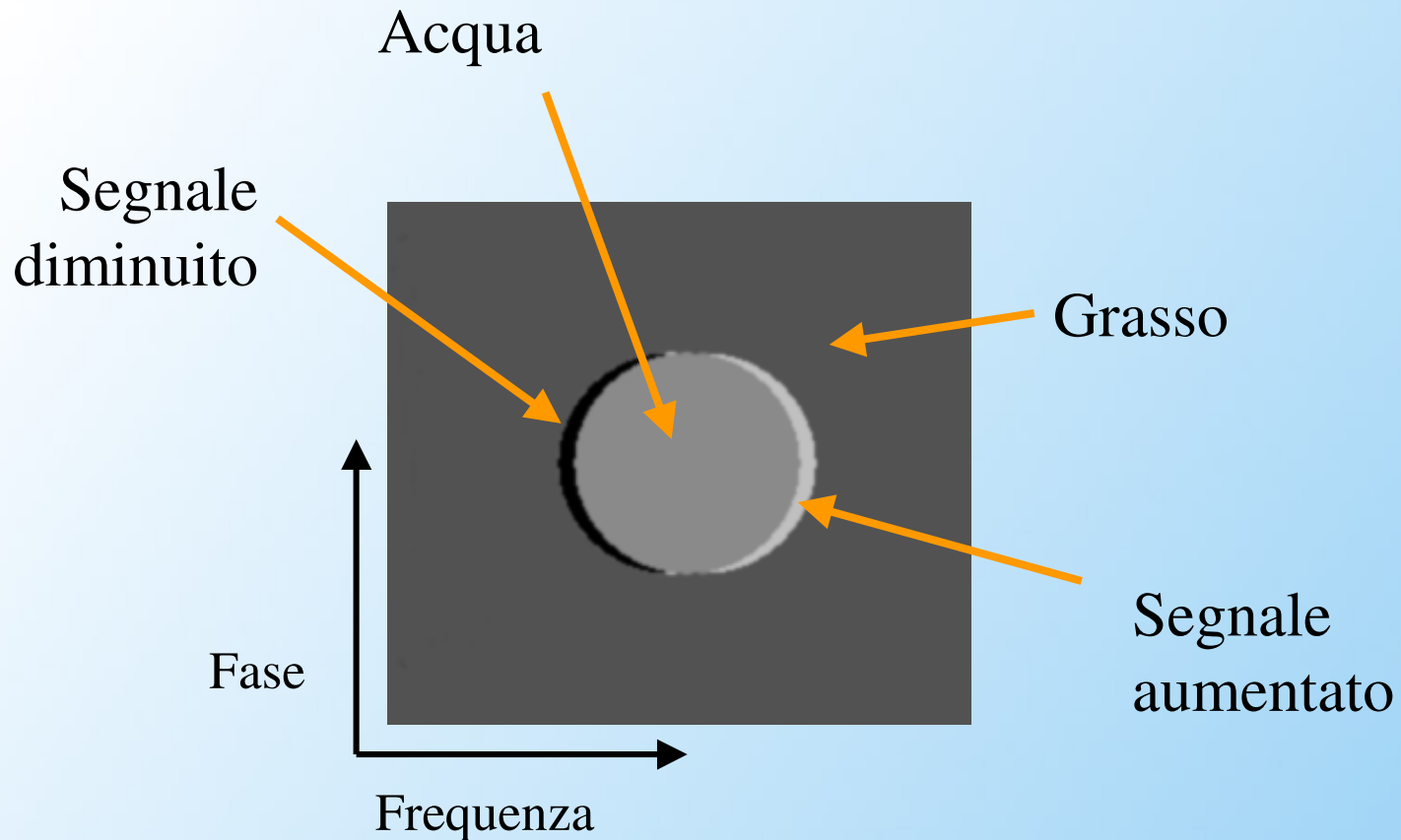
A 32 kHz di frequenza di campionamento, e con una matrice di 256, la larghezza di banda corrispondente ad 1 pixel è 125 Hz ($32000/256$). I nuclei di idrogeno del grasso si trovano quindi spostati di 1.7 pixel ($220/125$)

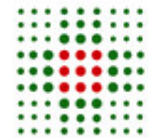


Codifica asse frequenze



Artefatti da Chemical Shift





Artefatti da Chemical Shift

$$\text{Pixel spostamento} = \frac{\text{Matrice}}{\text{BW}} \cdot B \text{ (tesla)} \cdot 146$$

Esempio:

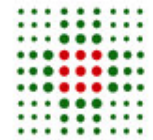
$$\text{Matrice} = 256$$

$$\text{BW} = 32000 (\pm 16 \text{ kHz})$$

$$B = 1.5$$

$$\text{Pixel spost.} = 1.7$$

L'effetto del chemical shift aumenta con la matrice (asse delle frequenze) e con il campo B e diminuisce con l'aumento della banda passante

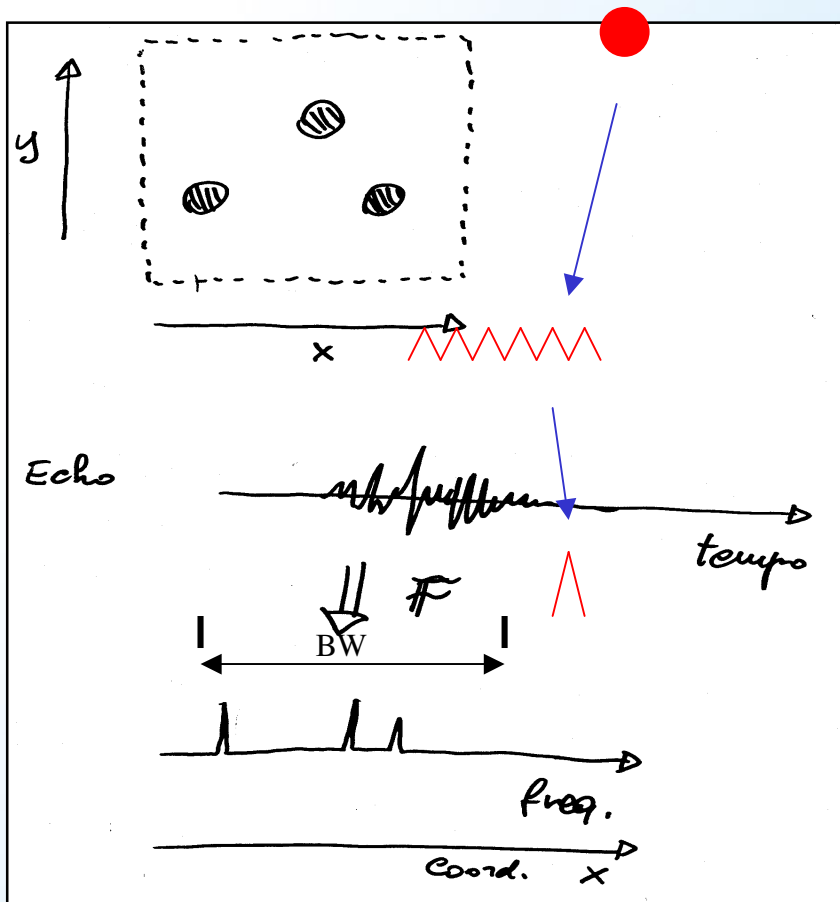


SERVIZIO SANITARIO REGIONALE
EMILIA-ROMAGNA
Azienda Unità Sanitaria Locale di Modena

Unità Operativa Fisica Sanitaria

Artefatti da Wrap around (sottocampionamento)

Wrap around

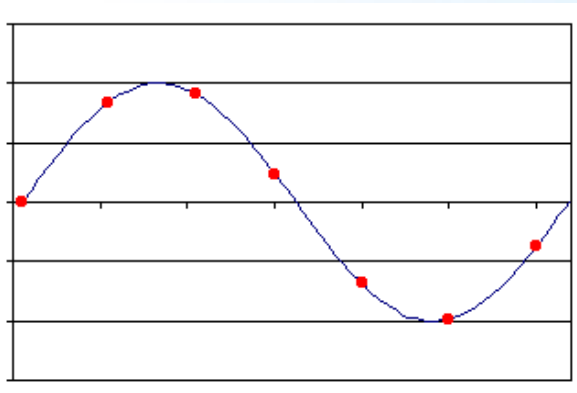


Se un oggetto si trova al di fuori del campo di vista, la frequenza che gli sarà associata per via del Gradiente di lettura (asse della frequenza) sarà **MAGGIORE** della massima prevista:

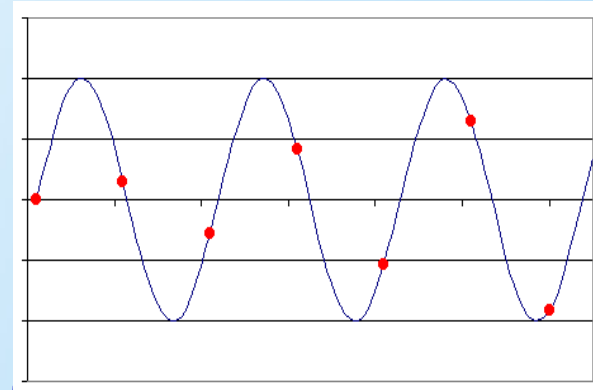
Durante il processo di digitalizzazione questa frequenza risulterà **SOTTOCAMPIONATA**

Wrap around

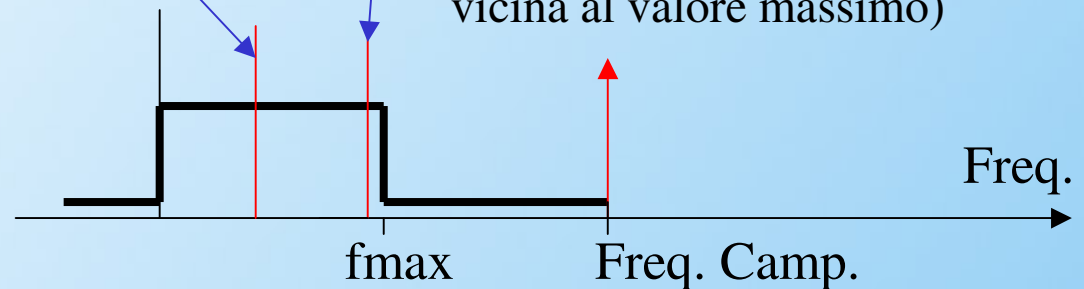
Teorema del campionamento: la frequenza di campionamento deve essere superiore al doppio della frequenza massima contenuta nel segnale



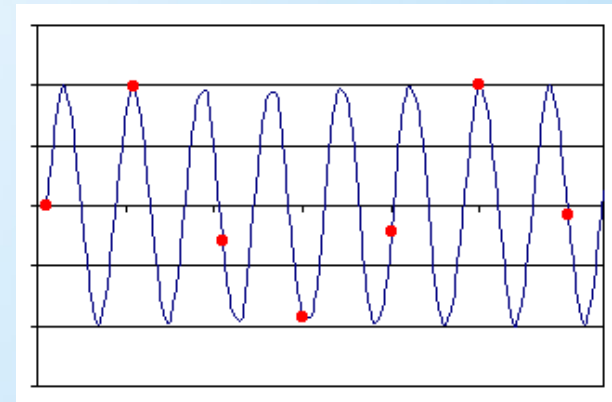
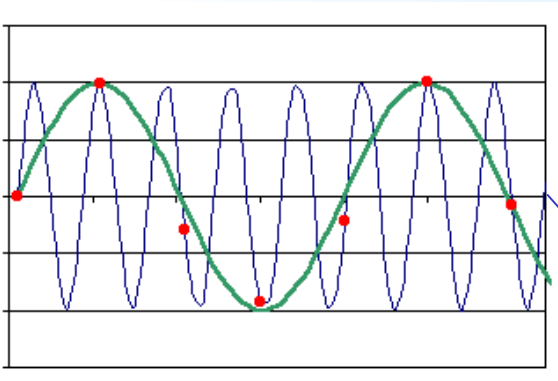
Sovracampionamento
(la frequenza da campionare è inferiore al valore massimo)



Campionamento al limite
(la frequenza da campionare è vicina al valore massimo)

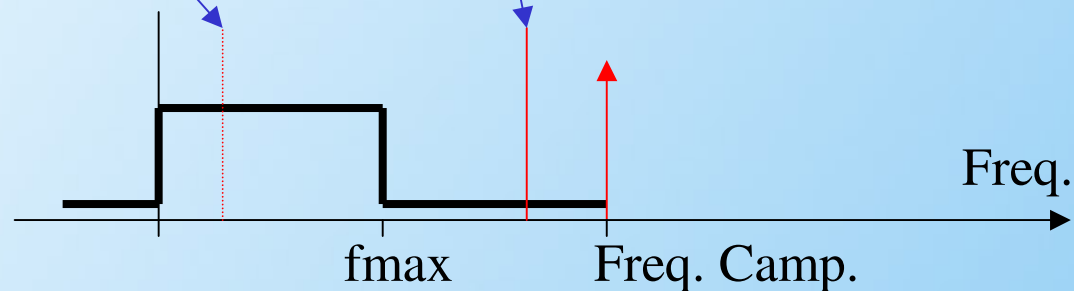


Wrap around (Aliasing)

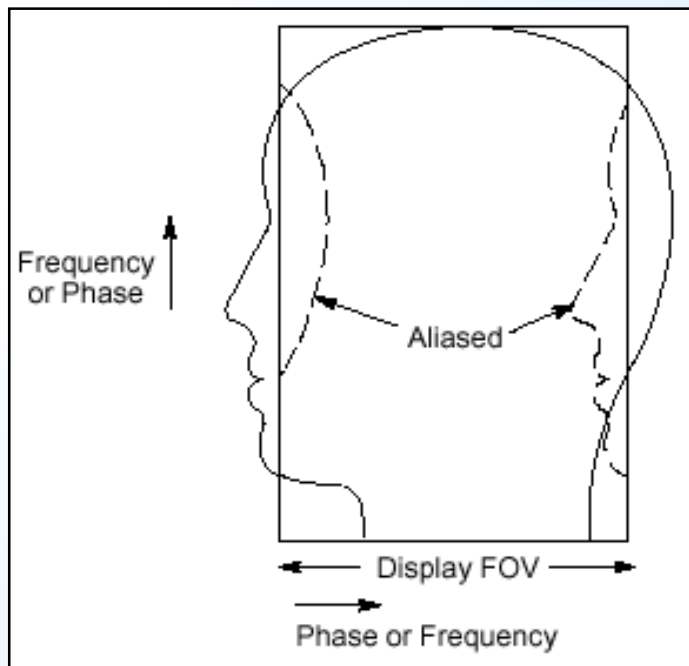


Sottocampionamento
(la frequenza da campionare è
superiore al valore massimo)

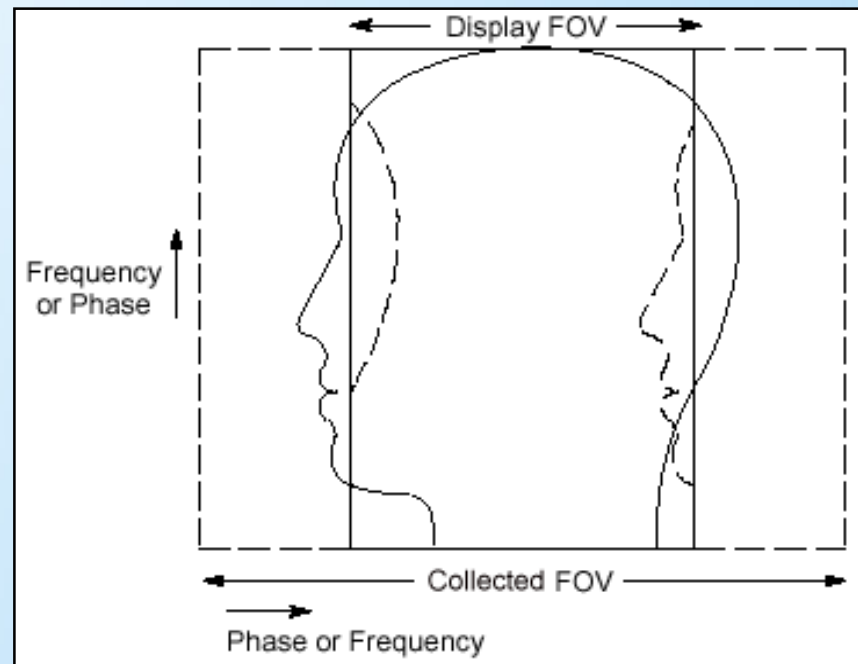
Quando si
sottocampiona si verifica
il fenomeno dell'aliasing
(comparsa di segnale
“fantasma”)



Wrap around

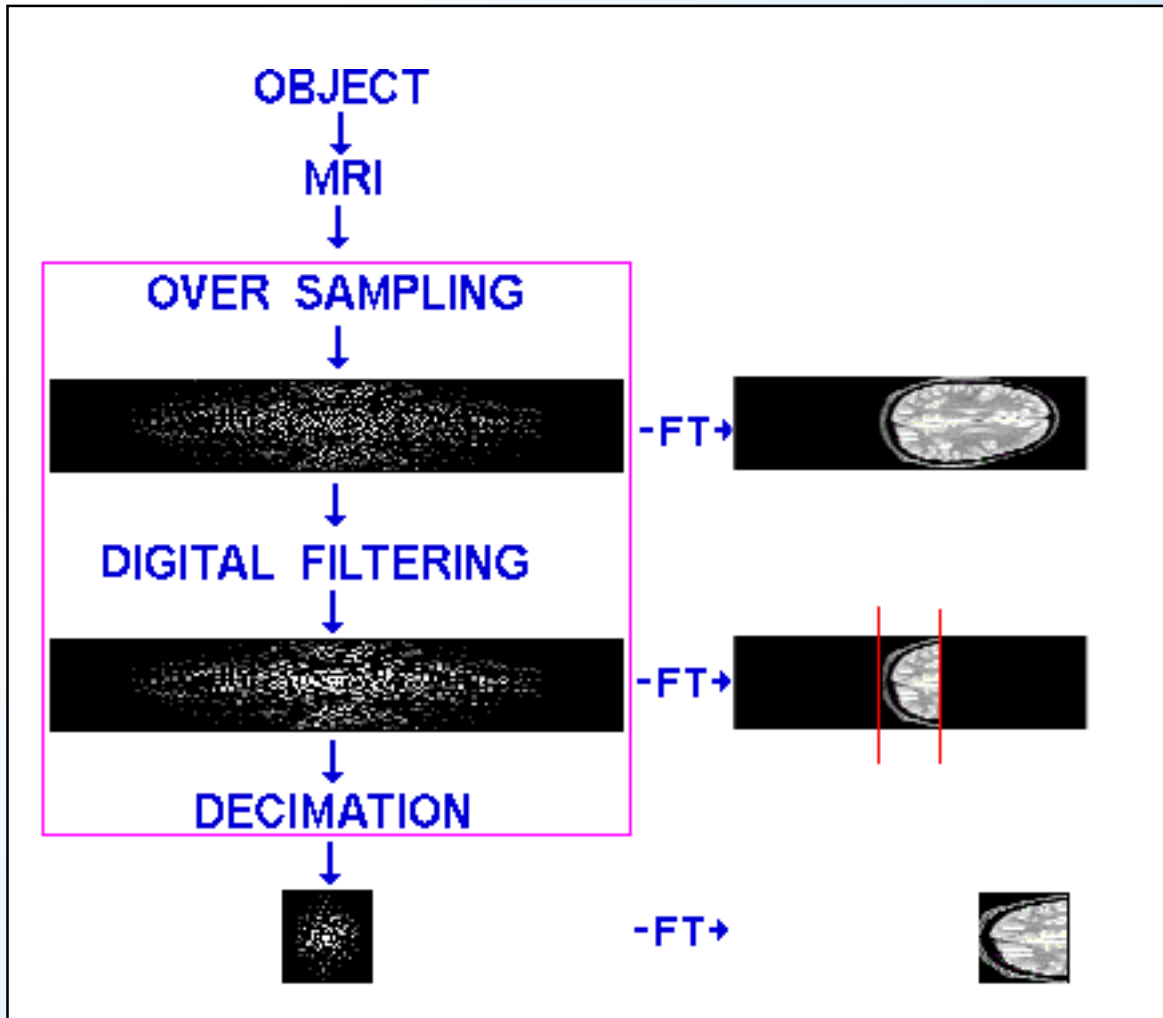


Quando il soggetto fuoriesce dal FOV si produce il fenomeno dell'aliasing



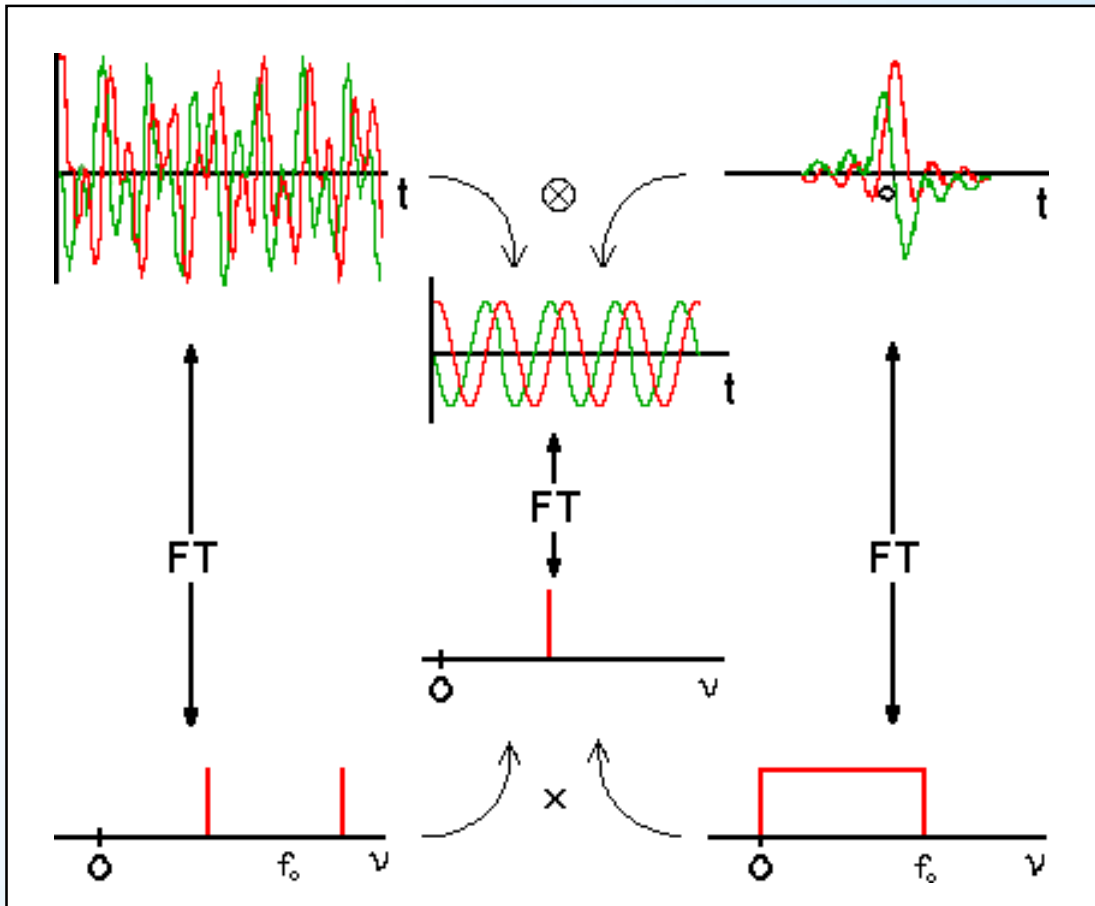
Allargando il FOV (almeno in acquisizione) si elimina il problema

Wrap around



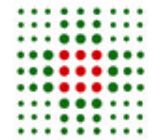
Un altro modo di risolvere il problema è quello di ricorrere al sovracampionamento e di eliminare poi le alte frequenze (prodotte da oggetti al di fuori del FOV) con un filtraggio digitale

Wrap around



Il filtraggio digitale equivale alla applicazione di un filtro passa-banda, in modo da eliminare tutte le frequenze esterne all'intervallo desiderato.

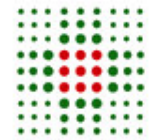
(Si utilizza la tecnica matematica della convoluzione)



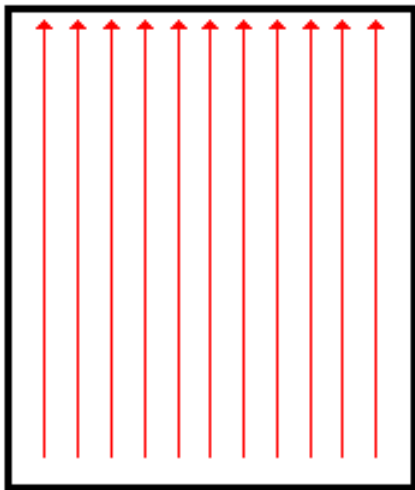
SERVIZIO SANITARIO REGIONALE
EMILIA-ROMAGNA
Azienda Unità Sanitaria Locale di Modena

Unità Operativa Fisica Sanitaria

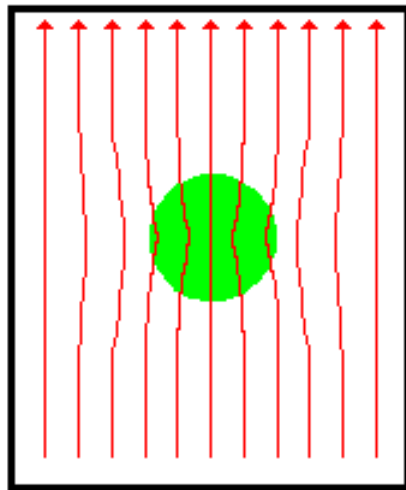
Artefatti da disomogeneità campo RF (oggetti metallici non ferromagnetici)



Disomogeneità campo RF

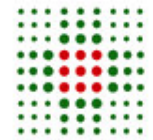


Normal Fields



Distorted Fields

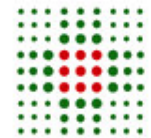




SERVIZIO SANITARIO REGIONALE
EMILIA-ROMAGNA
Azienda Unità Sanitaria Locale di Modena

Unità Operativa Fisica Sanitaria

Artefatti da suscettività magnetica



Il Campo Magnetico

Quello che comunemente chiamiamo campo magnetico è in realtà il *Campo di Induzione Magnetica* e dipende da H (il “vero” Campo magnetico e da μ . Nel vuoto si ha:

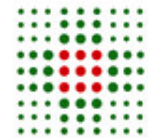
$$B = \mu_0 H$$

Dove:

μ_0 : Permeabilità magnetica del vuoto

H : Campo magnetico (Ampere spira al metro)

B : Campo di induzione magnetica (Tesla)



Il Campo Magnetico

Il campo di induzione magnetica (B) dipende dal Campo H (che è la “sorgente”) e dalla materia in cui è immerso.

I materiali, a seconda del loro comportamento magnetico, sono suddivisi in:

- Ferromagnetici
- Paramagnetici
- Diamagnetici

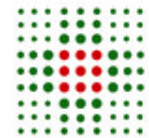
• In un materiale paramagnetico o diamagnetico il campo B è:

$$B = \mu_0 (1 + \chi_m) H$$

Dove χ_m è la **suscettività** di quel particolare materiale

Si pone anche $(1 + \chi_m) = \mu_r$ (permeabilità relativa) in modo che risulta:

$$B = \mu_0 \mu_r H$$



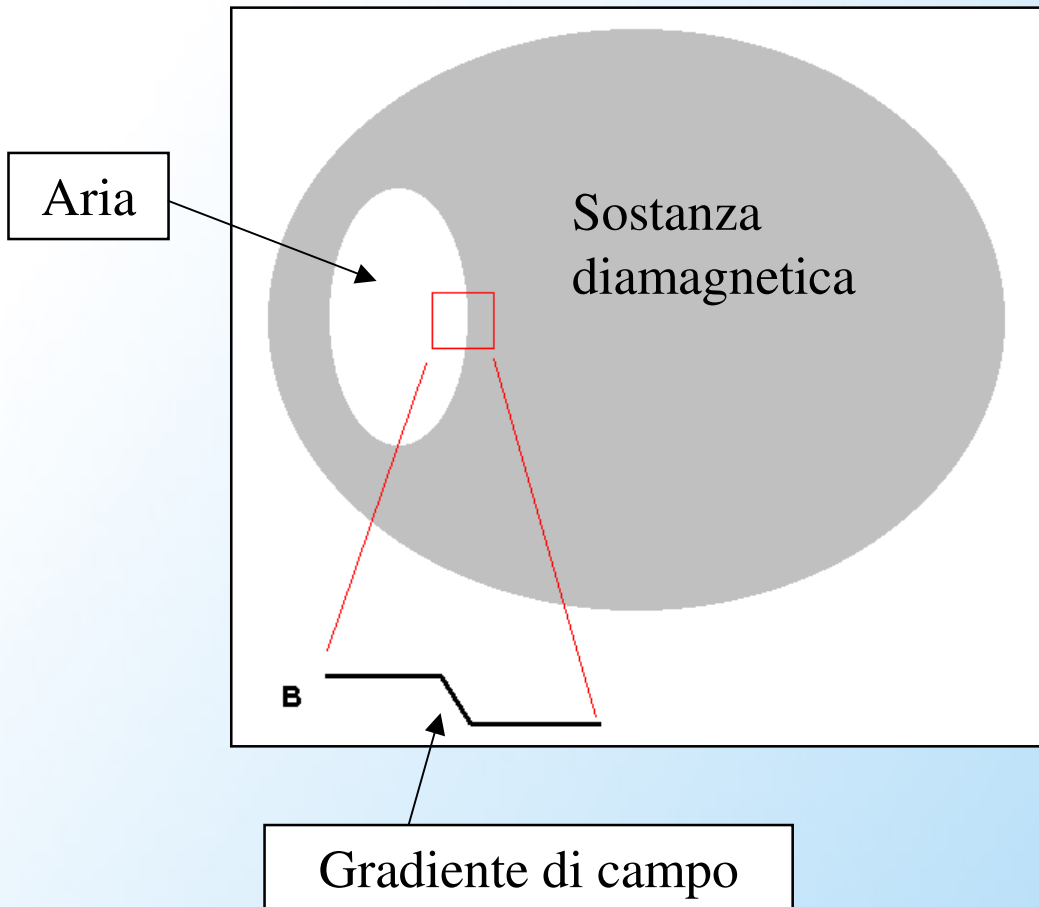
Il Campo Magnetico

Nelle sostanze **diamagnetiche** il campo H (esterno) induce un momento magnetico con lo stesso orientamento ma verso opposto ad H . Quindi il campo di induzione magnetica B risulta **leggermente inferiore** (0.1%) rispetto a quello del vuoto.

Nelle sostanze **paramagnetiche** gli atomi e le molecole sono dotate di momento magnetico proprio che si orienta nella stessa direzione e nello stesso verso del campo H (esterno). Il campo di induzione magnetica B risulta perciò **leggermente superiore** (0.1%) rispetto a quello del vuoto.

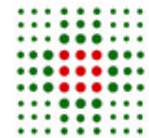
Nelle sostanze **ferromagnetiche** esistono delle regioni (domini di Weiss) in cui moltissimi atomi e molecole hanno già i momenti magnetici orientati nella stessa direzione. L'effetto di aumento del campo di induzione B è perciò **molto più elevato** rispetto alle sostanze paramagnetiche. Inoltre il legame tra H e B non è più di semplice proporzionalità: la costante μ diventa un tensore e i vettori H e B non hanno in genere la stessa direzione.

Artefatti da suscettività magnetica

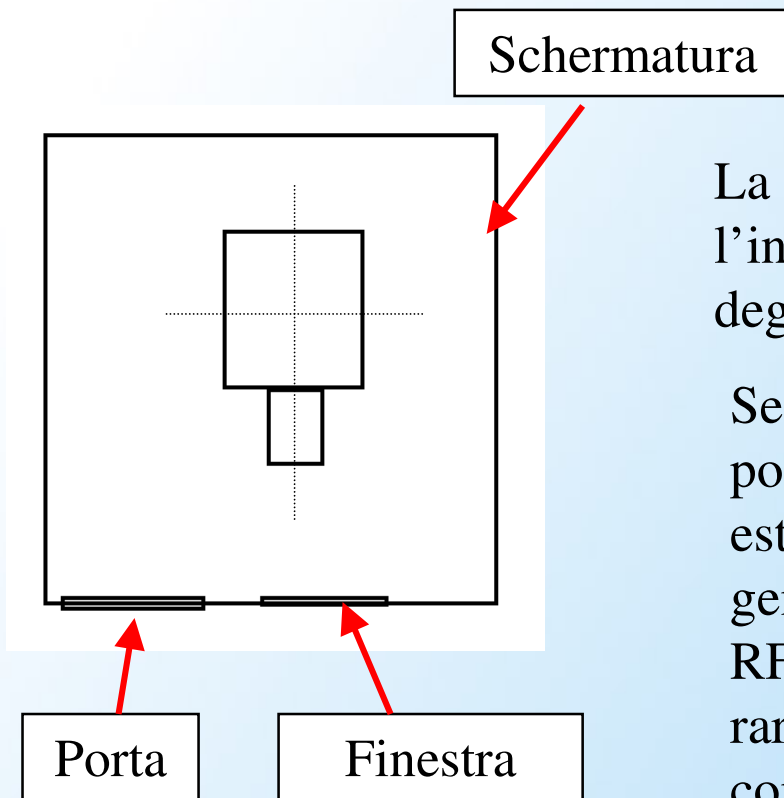


Nelle interfacce tra regioni con diversa suscettività magnetica il campo di induzione B è leggermente diverso e si creano così dei gradienti (disomogeneità) di campo.

Le sequenze basate su gradient echo saranno perciò particolarmente sensibili a queste disomogeneità che daranno luogo a sfasamento e quindi a perdite di segnale



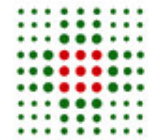
Perdite nella schermatura RF



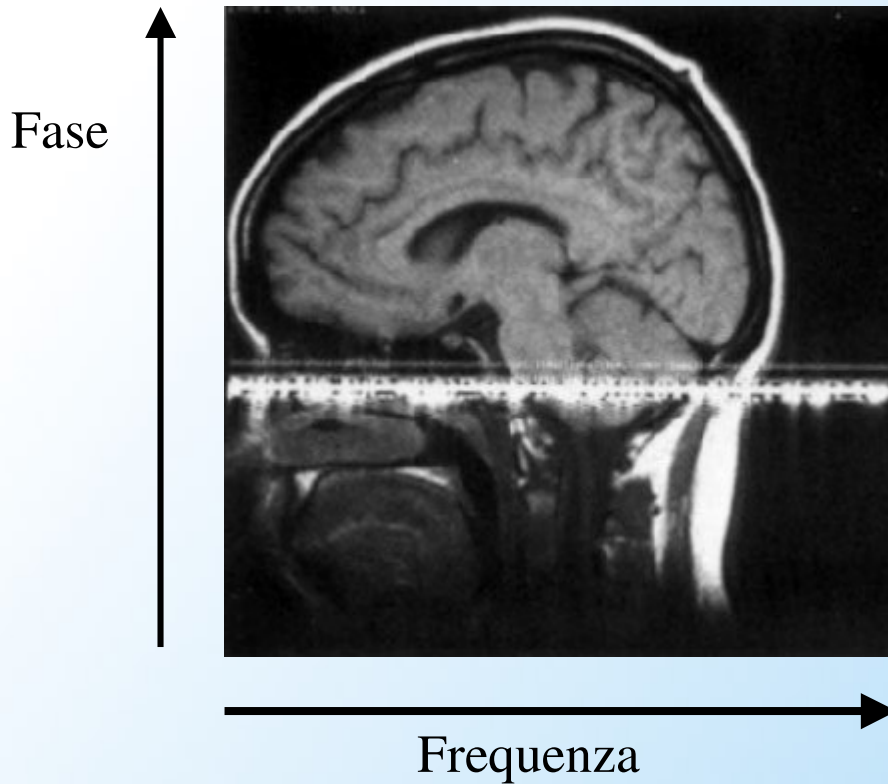
La schermatura (gabbia di Faraday) evita l'ingresso di RF dall'esterno che potrebbe degradare il debole segnale di RM

Se la schermatura non è efficace si possono avere degli artefatti da RF esterna: questi artefatti sono generalmente dovuti a impulsi (burst) di RF a largo spettro (rumore elettrico). Più raro il caso di una sorgente RF esterna con la stessa frequenza di risonanza.

A causa della natura di questi disturbi, l'artefatto si presenterà su una o su alcune righe nell'asse delle frequenze



Perdite nella schermatura RF



Esempio di artefatto dovuto a perdite nella schermatura RF