

PERFIDI,

**una classe di sequenze NMR operanti come
"filtro" a priori per sistemi multicomponenti**

Villiam Bortolotti^a, Paola Fantazzini^b, Stanislav Sykora^c

^a DICMA, Università di Bologna

^b Dipartimento di Fisica, Università di Bologna

^c Extra Byte, Castano Primo

Sito Web: www.perfidi.net

**Brevetto BO2005A000445 dell'Università di Bologna,
Autori S.Sykora, P.Fantazzini (già esteso alla EU)**

SIF, Pisa 26 Settembre 2007

Classe di Applicazioni

Sistemi fortemente eterogenei (mezzi porosi ...)
contenenti componenti con tempi di rilassamento NMR
 T_1 poli-dispersi su diversi ordini di grandezza

**Situazione tipica delle applicazioni NMR
ai beni culturali (materiali quali pietra, legno, ...)**

**Problemi di analisi matematica delle misure:
Trasformata Laplace Inversa (ILT)**

Idea base:

Filtrare i segnali provenienti da vari componenti del campione ancora prima che il segnale venga acquisito

allo scopo di

**evitare il malcondizionamento numerico
del problema inverso della ILT**

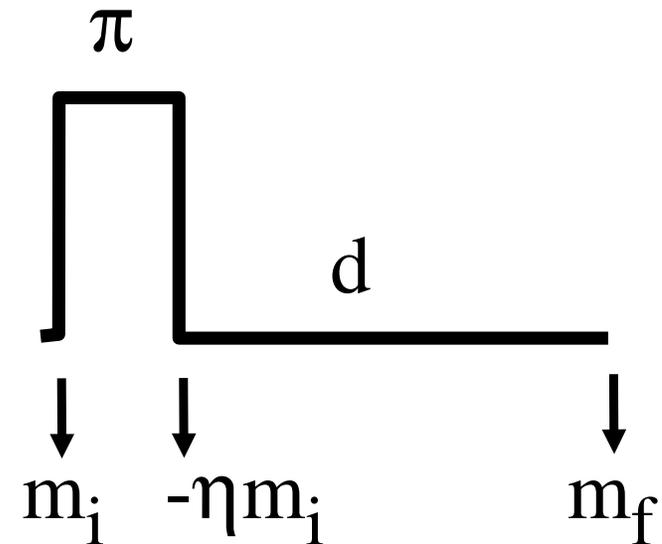
Approccio base:



Una inversione elementare seguita da un intervallo di evoluzione libera

$$m_f = 1 - (1 + \eta m_i) e^{-rd}$$

dove $-1 < \eta < 1$ è un fattore di efficienza dell'inversione (valori tipici: 0.5 - 0.9)



Equivalente ad un operatore $Q_\eta(d,r)$ che converte la magnetizzazione iniziale m_i in quelle finale m_f

Una serie di inversioni

Per una serie di impulsi d'inversione P_k , $k = 1, 2, \dots, n$, ognuno seguito da un ritardo d_k , applichiamo la successione di operatori $Q_\eta(d_k, r)$ ed otteniamo una relazione recursiva che ammette la seguente soluzione in forma chiusa:

$$\begin{aligned} F(r, d_1, d_2, \dots, d_n) &\equiv m_f = \\ &= Q_\eta(d_n, r) \{ \dots \{ Q_\eta(d_2, r) \{ Q_\eta(d_1, r) \{ m_i \} \} \dots \} = \\ &= 1 - (1+\eta) \sum_{k=0, n-1} (-\eta)^k \exp(-r \sum_{j=n-k, n} d_j) \end{aligned}$$

**La forma finale è quindi un polinomio in η
con coefficienti indipendenti da r**

Fattorizzazione $\eta * r$

Per costruire un buon filtro cui forma non dipende dagli artefatti, combiniamo linearmente due o più acquisizioni con differenti valori dei ritardi d_k , scelti in modo da ottenere un effetto finale descritto da

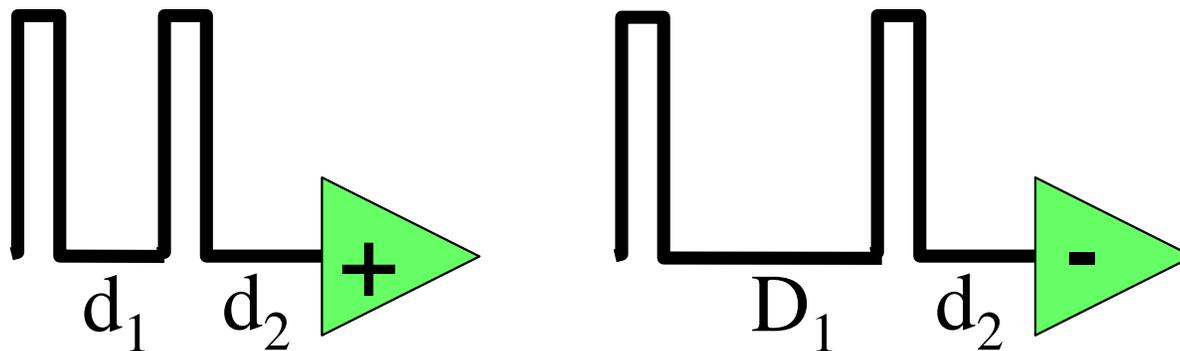
$$E(\eta) \cdot f(r, \{d_k\})$$

dove $E(\eta)$ dipende solo da η ed $f(r, \{d_k\})$ è un **profilo del filtro** completamente indipendente da η .

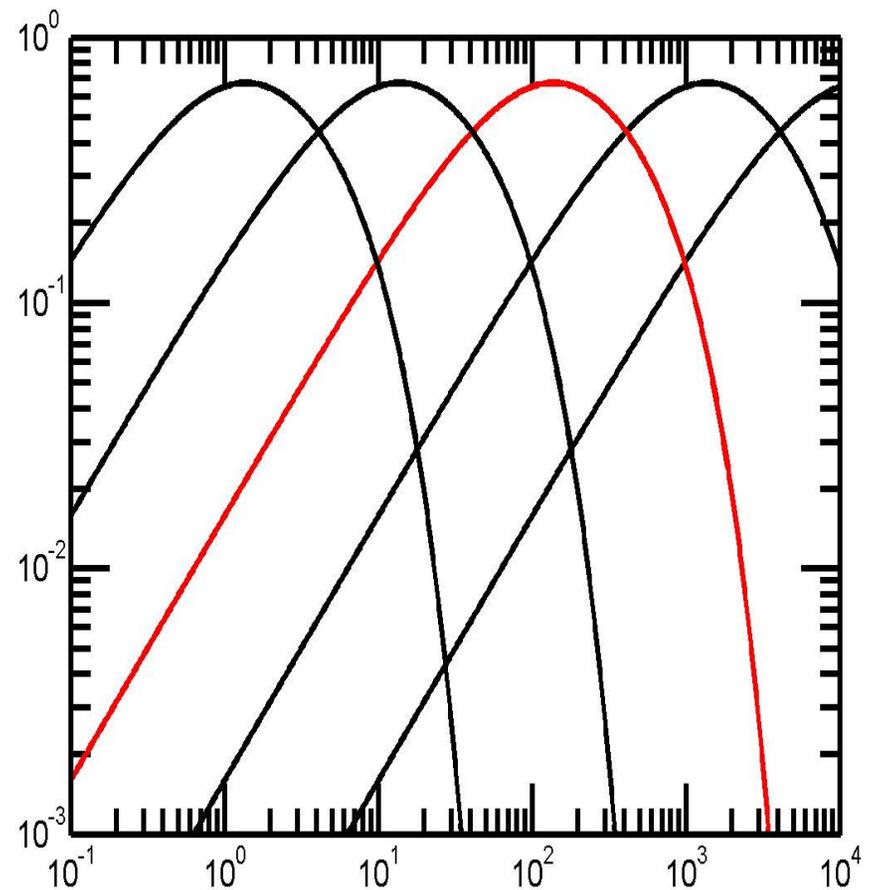
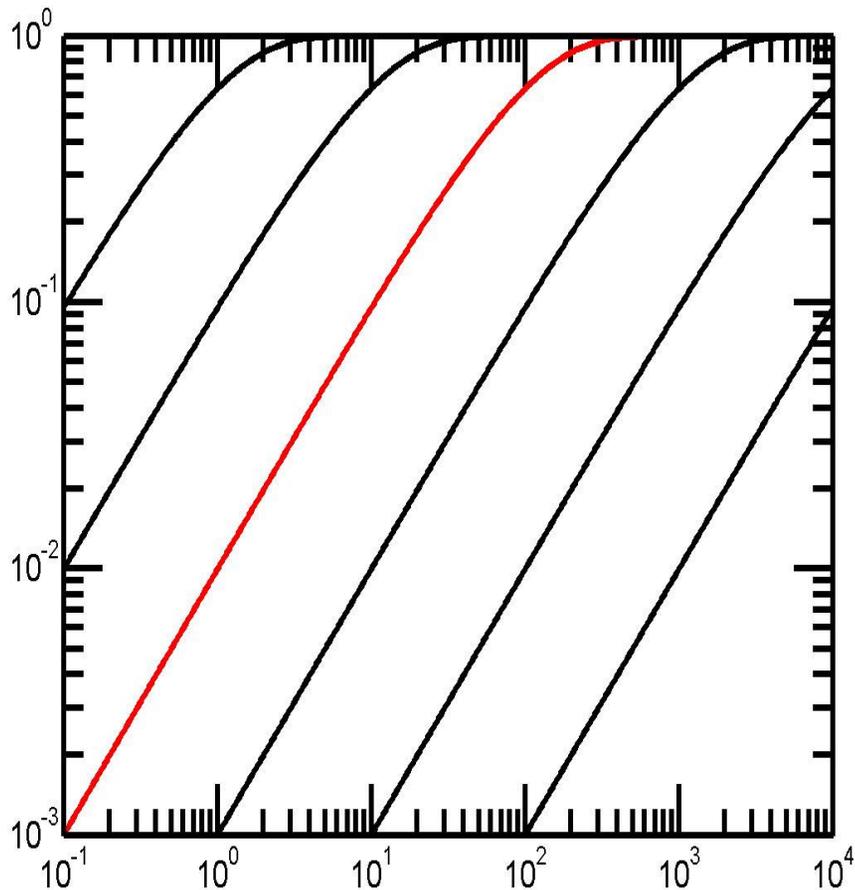
Esempio: PERFIDI a 2 impulsi

$$F(r, d_1, d_2) - F(r, D_1, d_2) = \eta(1+\eta) (e^{-rd_1} - e^{-rD_1}) e^{-rd_2}$$

$$f_2(D_1, d_1, d_2) = (e^{-rd_1} - e^{-rD_1}) e^{-rd_2}$$

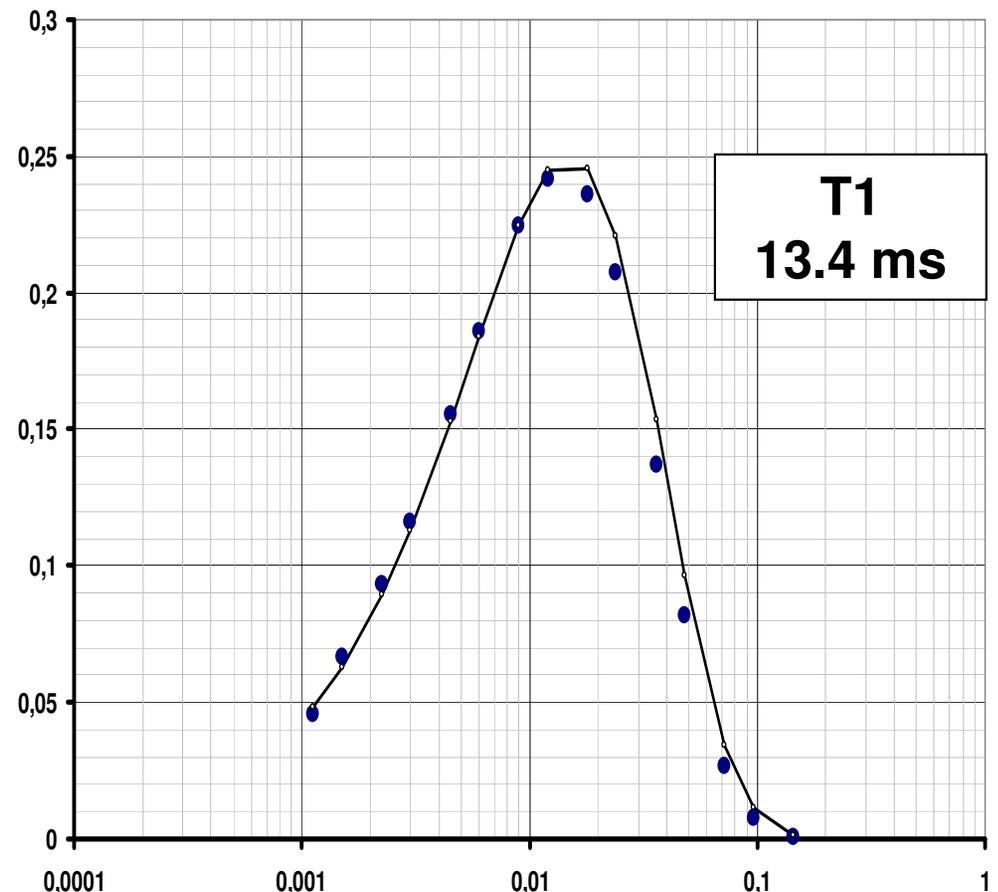
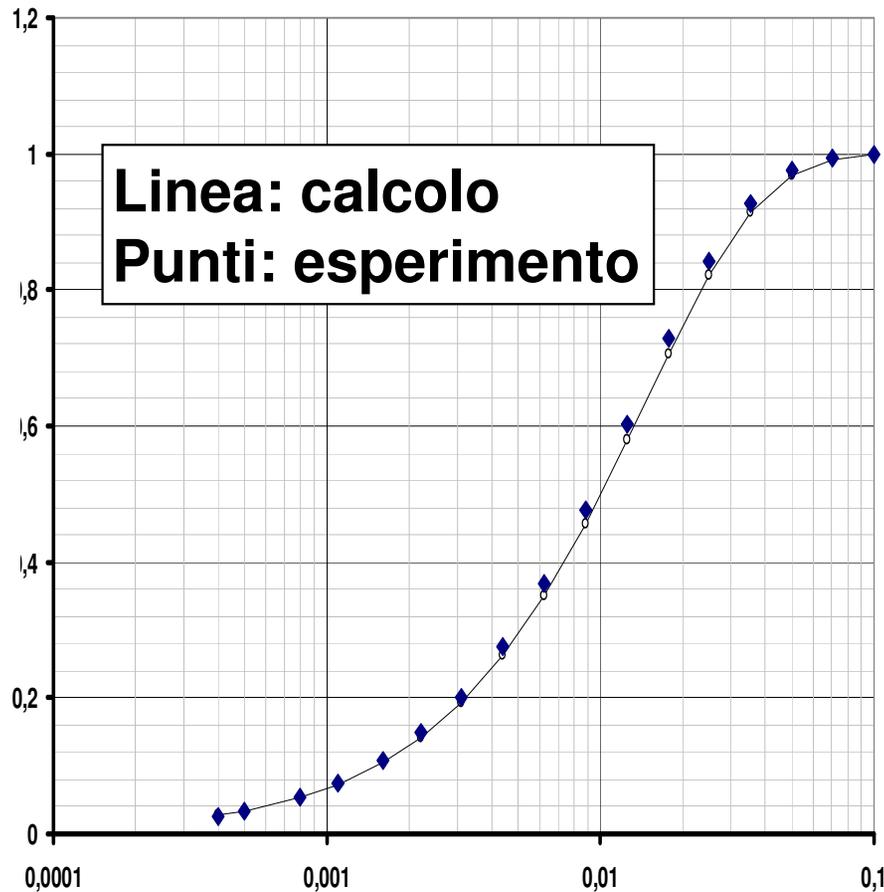


Profili dei filtri a 2 impulsi



Sinistra: $d_1 = 0$, $D_1 = \Delta$. **Destra:** $d_1 = 0.15 * \Delta$, $D_1 = 1.85 * \Delta$.
Asse orizzontale: r , **Asse verticale:** attenuazione (1 in cima).
 $d_2 = 0$. Δ è 1s per la curva più a sinistra e diminuisce per 10 da sinistra a destra (la curva rossa corrisponde a Δ di 10 ms).

Verifiche sperimentali



Campione mono-esponenziale, strumento con η di 0.85, segnale campionato con l'impulso a 90° . In ambo i casi $d_2 = 0$.

Sinistra: $d_1 = 0$, $D_1 = \Delta$. Destra: $d_1 = 2\Delta/3$, $D_1 = 4\Delta/3$.

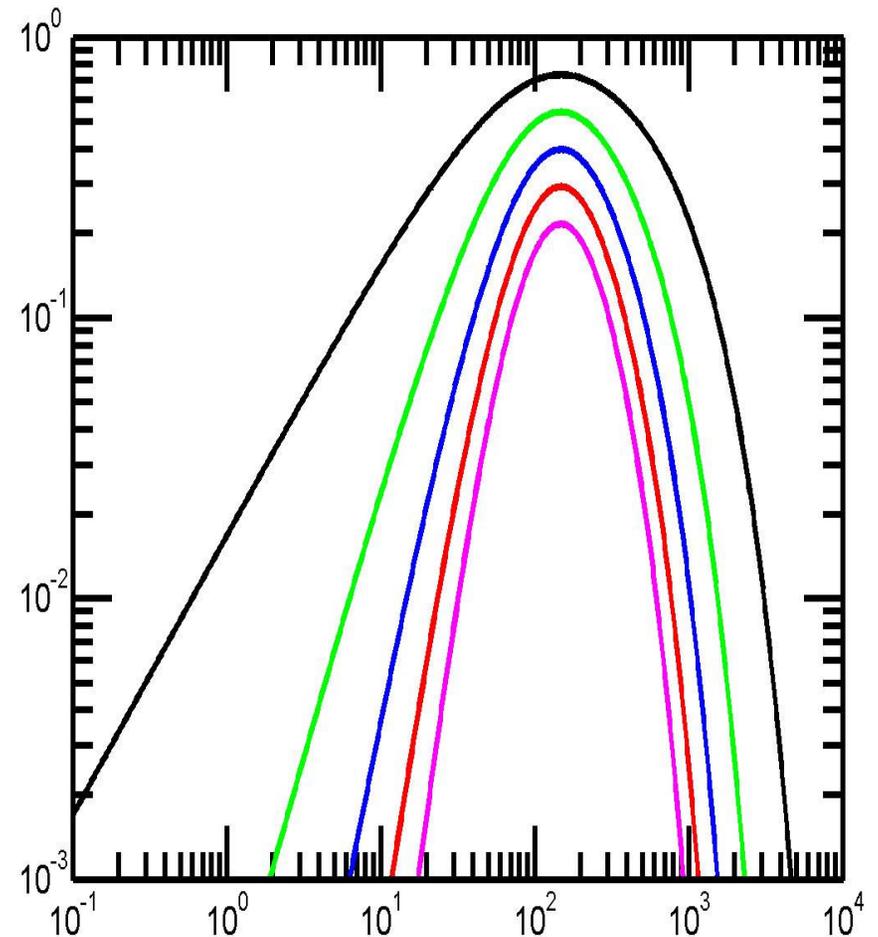
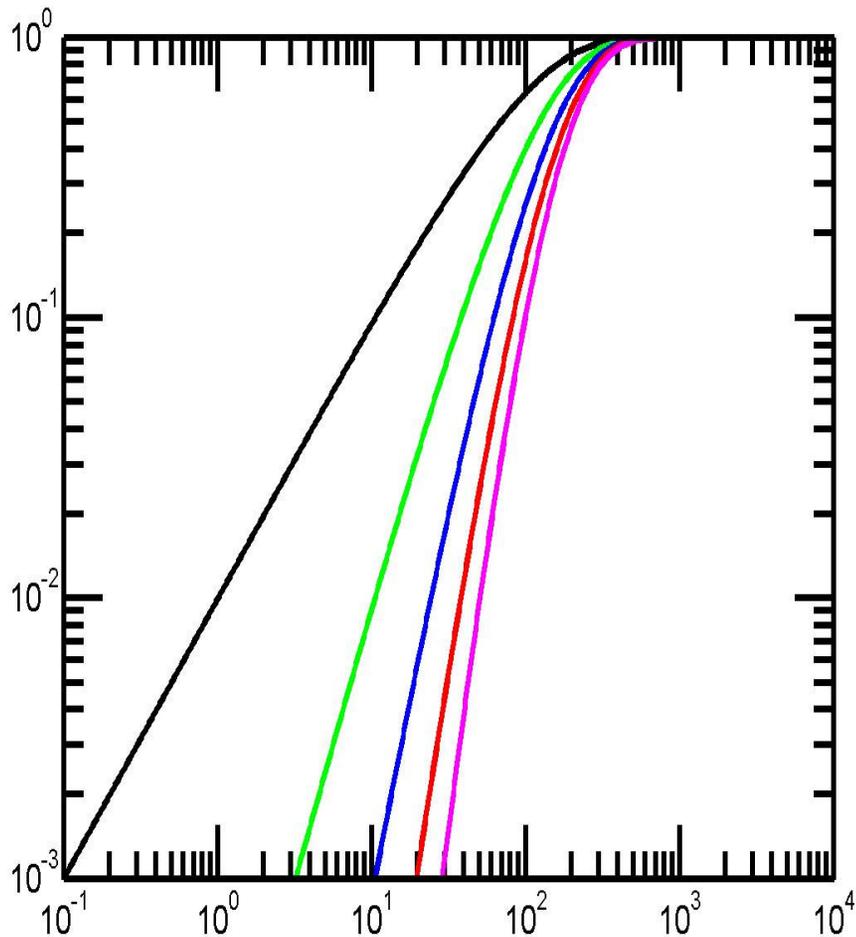
L'asse orizzontale indica il Δ , verticale il segnale normalizzato.

I tratti principali di PERFIDI

- I profili dei filtri dipendono solo da **esattamente noti ritardi** e non dalle proprietà del campione oppure dai fattori sperimentali
- Vi è una forte analogia con filtri elettronici: **passa-alto, passa-basso e passa-banda**
- Scalando in modo semplice tutti i ritardi, il profilo del filtro si sposta a volontà su/giù lungo la scala $\log(r)$ senza cambiare forma
- Non vi sono **passaggi per zero**, solo attenuazioni

PERFIDI di ordini più alti

Esempi con 2, 4, 6, 8 e 10 impulsi (1-5 filtri a 2 impulsi in cascata)



I parametri delle sottosequenze a 2 impulsi sono gli stessi come prima.
Le misure richiedono rispettivamente 2, 4, 8, 16 e 32 scansioni.

PERFIDI

=

**Parameter-Enabled Relaxation Filters
with Double and multiple Inversions**

Grazie per la Pazienza

Domande ?