

# **"Conferenza"** **Le funzioni di correlazione e i fasci preformati con processo numerico**

**Accademia  
Navale di  
Livorno 2020**



**Relatore: C. Del Turco**  
**già Dirigente**

**USEA / Alenia Elsig Sistemi Navali**

**[www.sonar-info.info](http://www.sonar-info.info)**





Sottomarino U  
212

**Anteprima**



**Concetti di base sui processi di  
correlazione e sulle variabili  
probabilistiche Priv; Pfa**

# Sui segnali idrofonici, sul disturbo e variabili probabilistiche

Esempio di situazione operativa: il smg. in primo piano deve rivelare la presenza della nave e del smg. lontano



Le “ funzioni di correlazione  $C(\tau)$  ” sono algoritmi sviluppati da macchine (**correlatori**) che, tramite opportuni livelli numerici o di tensione, consentono l'individuazione di segnali elettrici specifici, **rimessi in coerenza**, mascherati da disturbi a carattere casuale.

Se i segnali sono presenti tra i disturbi le macchine ne denunciano la presenza con un livello numerico o di tensione normalizzato (**funzione di correlazione**):

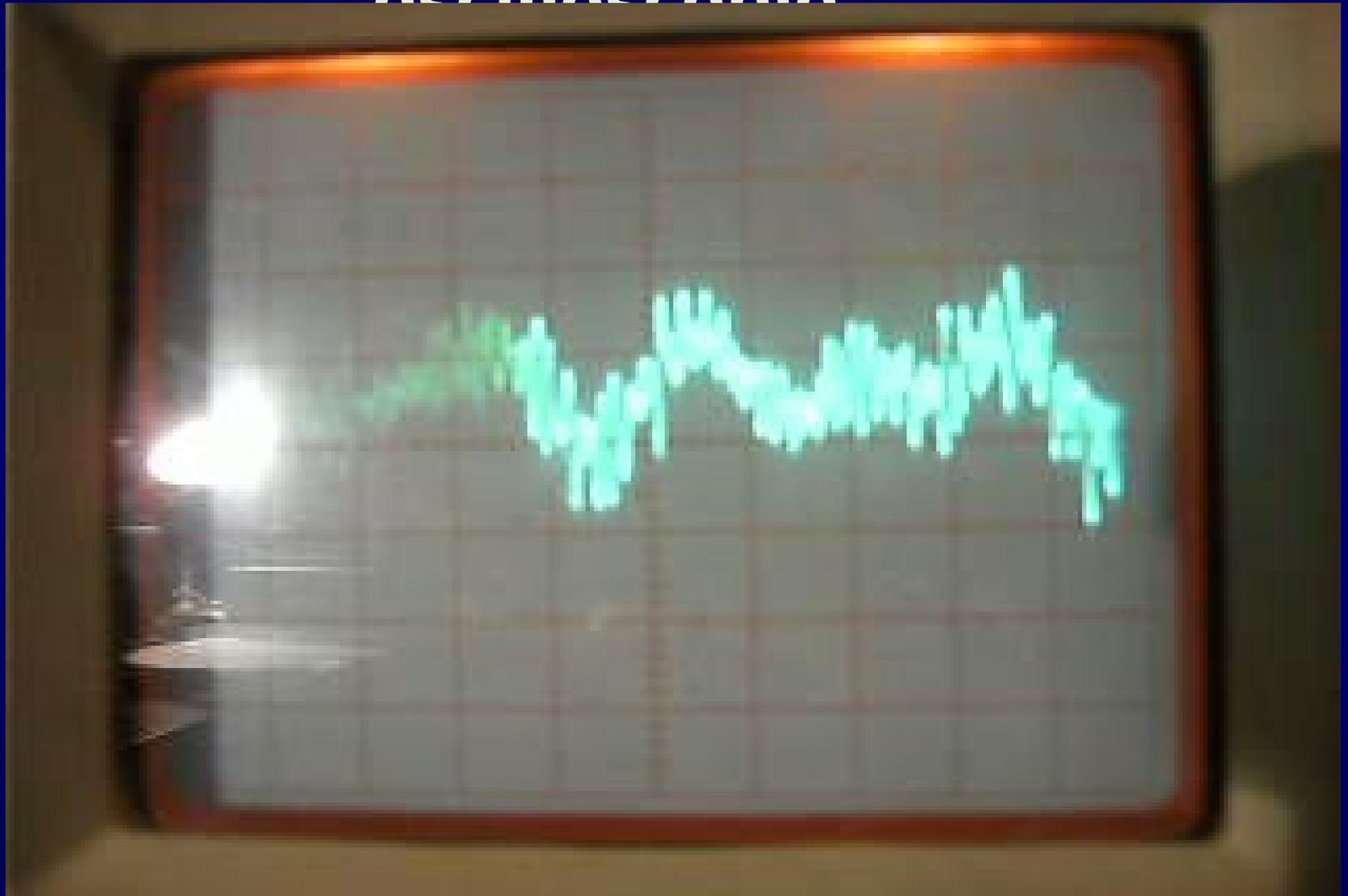
$C(\tau) \pm \varepsilon$  tale che:  $0 < C(\tau) \pm \varepsilon \leq 1$ .

Se i segnali sono assenti la presenza dei disturbi è evidenziata con un livello numerico o di tensione di **rumore N che ondula di  $\pm \varepsilon$  attorno al livello 0**.

# Segnale di ampiezza "S" con rumore casuale di ampiezza "N" visti con oscilloscopio

$S = 1$

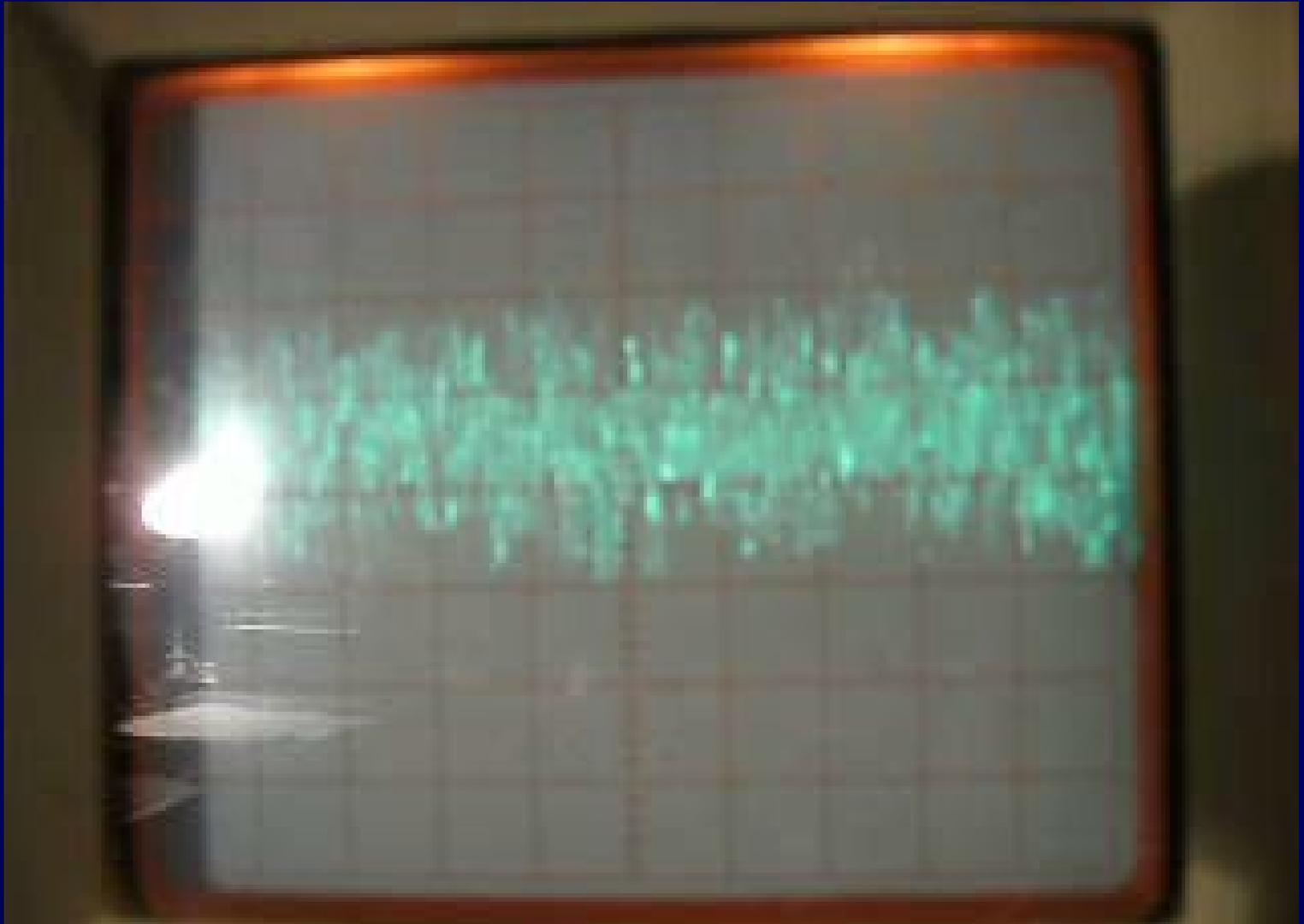
$N = 0.5$



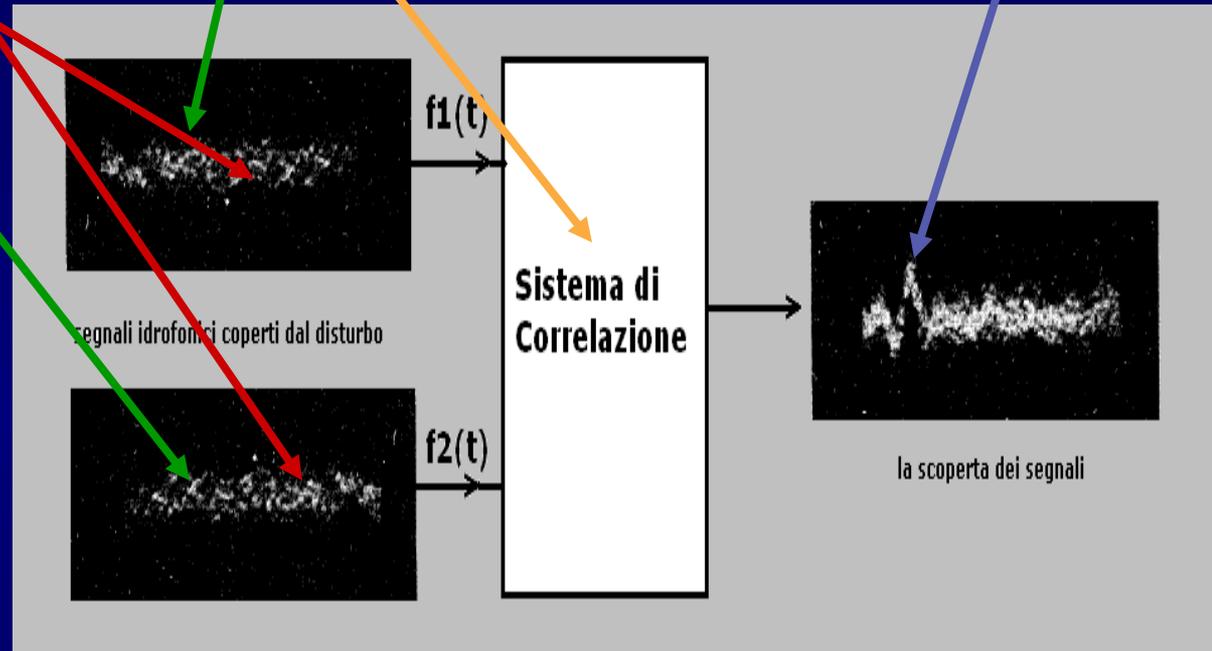
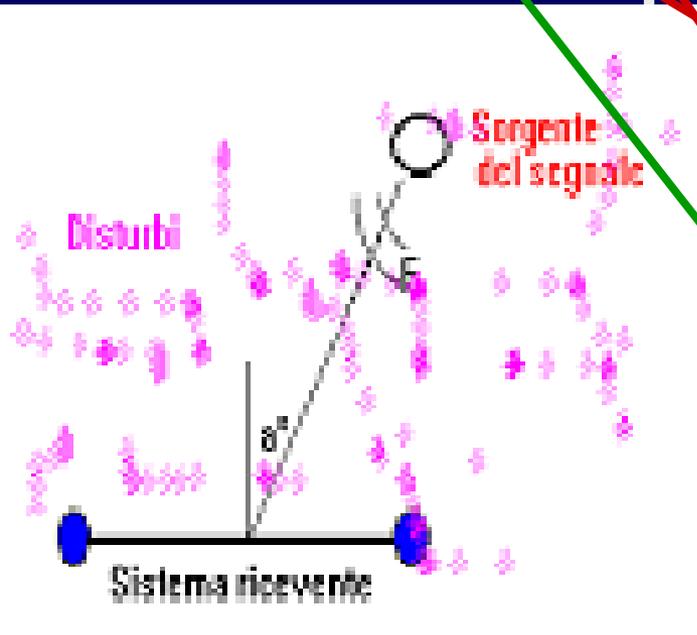
# Segnale di ampiezza "S" coperto da rumore bianco di ampiezza "N" visti con oscilloscopio

S =  
0.1

N = 1



# Le funzioni di correlazione nella scoperta dei segnali idrofonici di ampiezza "Si" in mezzo al rumore di ampiezza "Ni"



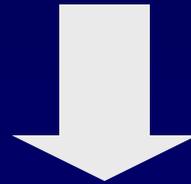
Idrofono per sistema ricevente



Con **Si** ed **Ni** s'intendono le ampiezze dei segnali "S" e dei rumori "N" all'ingresso del correlatore.

6 **SISTEMA DI CORRELAZIONE = rimessa in coerenza + correlazione**

$$S_i / N_i = 1/4 = 0.25$$



-12 dB

Rimessa in coerenza e  
correlazione



Variabili dovute  
alla casualità di  
Ni

Soglia di decisione

Priv = 80 %

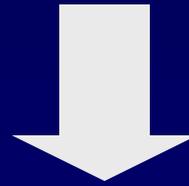
Pfa = 1 %

Priv = 90 %

Pfa = 10 %

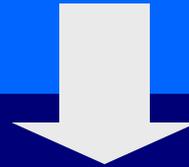
Priv; Pfa = variabili probabilistiche

$$S_i / N_i = 1/10 = 0.1$$



-20 dB

Rimessa in coerenza e  
correlazione



**Variabili dovute  
alla casualità di  
Ni**

Soglia di  
decisione

**Priv = 40**

%

**Pfa = 20**

**Priv = 60**

%

**Pfa = 30**

Priv; Pfa = variabili probabilistiche

La caratteristica peculiare di un correlatore è definita con la dizione:

**differenziale di riconoscimento “Δ”**

Il differenziale di riconoscimento è caratterizzato da tre variabili:

(Si / Ni) all'ingresso del correlatore

Priv. = X %

Pfa. = y %

all'uscita del correlatore

Il legame tra le variabili dipende da un caratteristico parametro probabilistico il “d”



# Il parametro probabilistico

## “d”

Il legame tra  $(S_i / N_i)$  e  $(P_{riv.})$  ;  $(P_{fa.})$  dipende dal parametro “d” secondo le due funzioni:

$$d = f(P_{riv}; P_{fa})$$

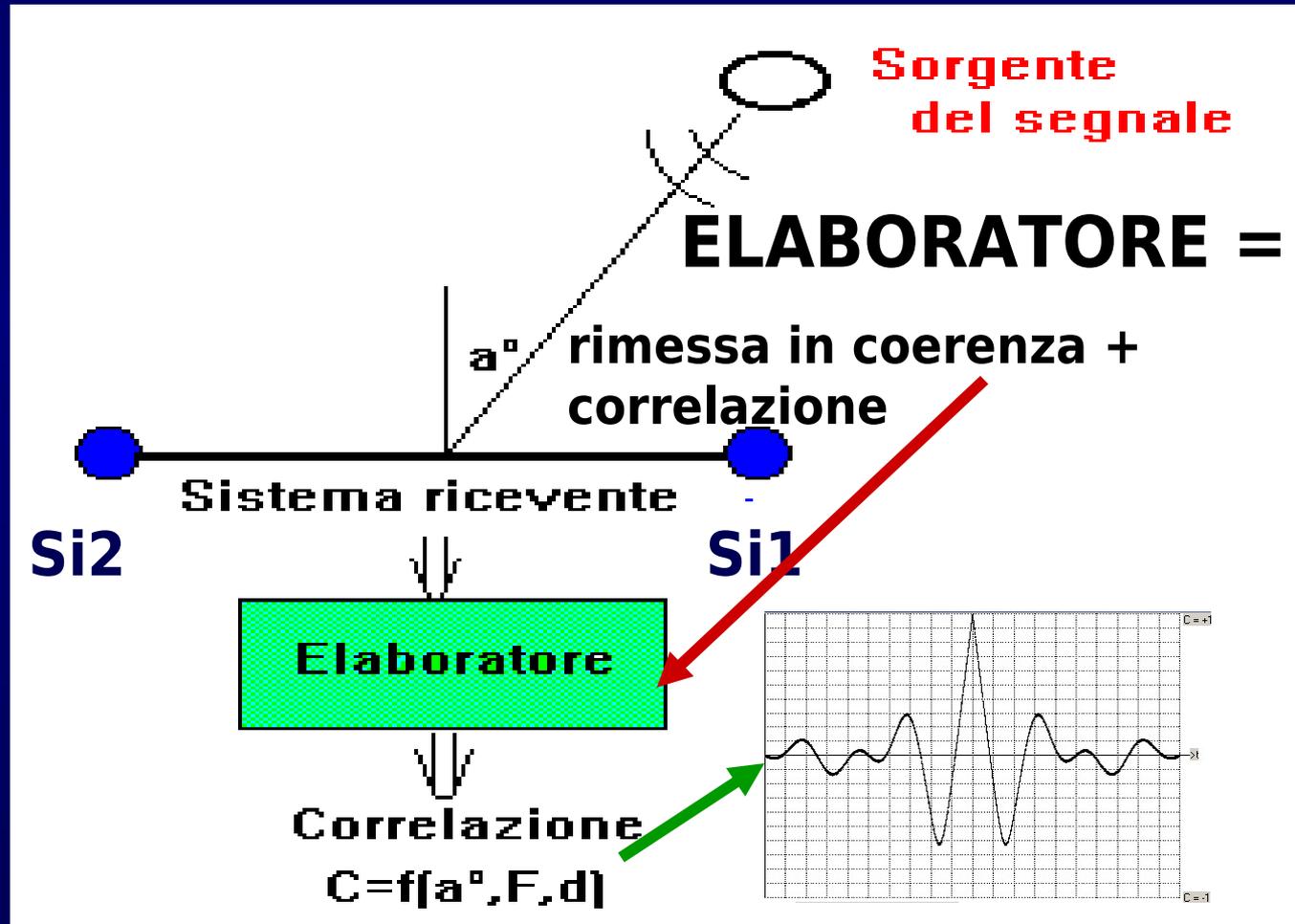
$$S_i/N_i = \left\{ d / [ 2 RC (f_2 - f_1) ] \right\}^{1/4}$$

vedremo in seguito il fondamentale ruolo del “d” nel calcolo delle portate di scoperta del sonar

# Ricevitore in correlazione

## modello di riferimento per $S_i/N_i = \infty$

Come si vede, in assenza di rumore,  $C(a^\circ)$  ha il massimo livello



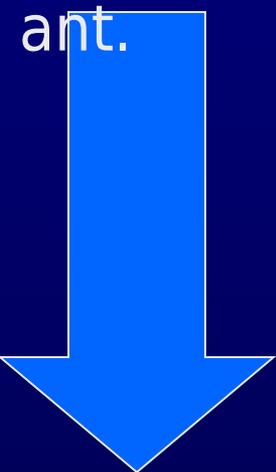
# Ricevitore in correlazione

## modello di riferimento per $S_i/N_i = 0.5$

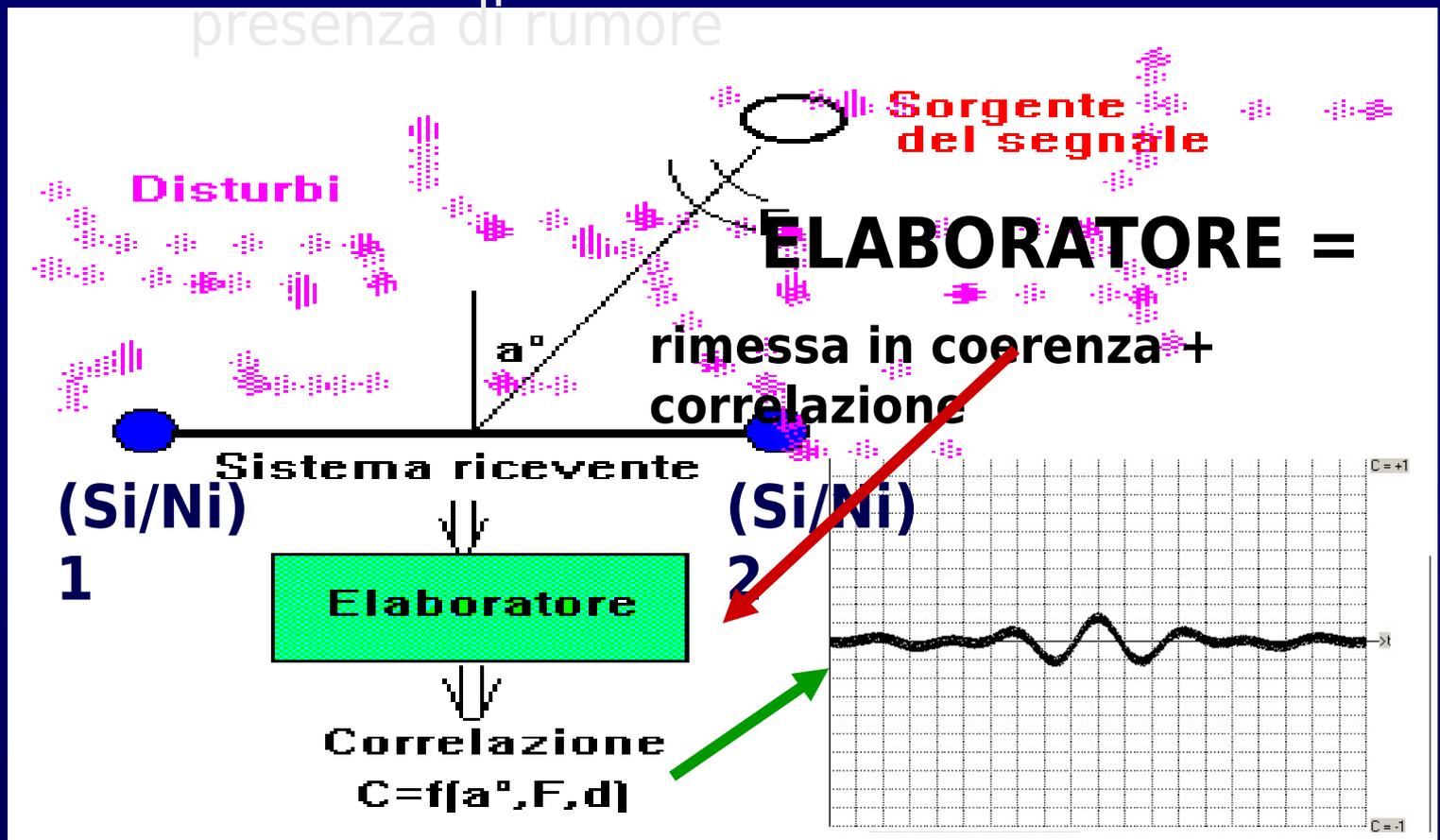
-6 dB

Come si vede il massimo di  $C(a^\circ)$  si riduce in presenza di rumore

Fine ant.



12



Scansione di ricerca su  
360°

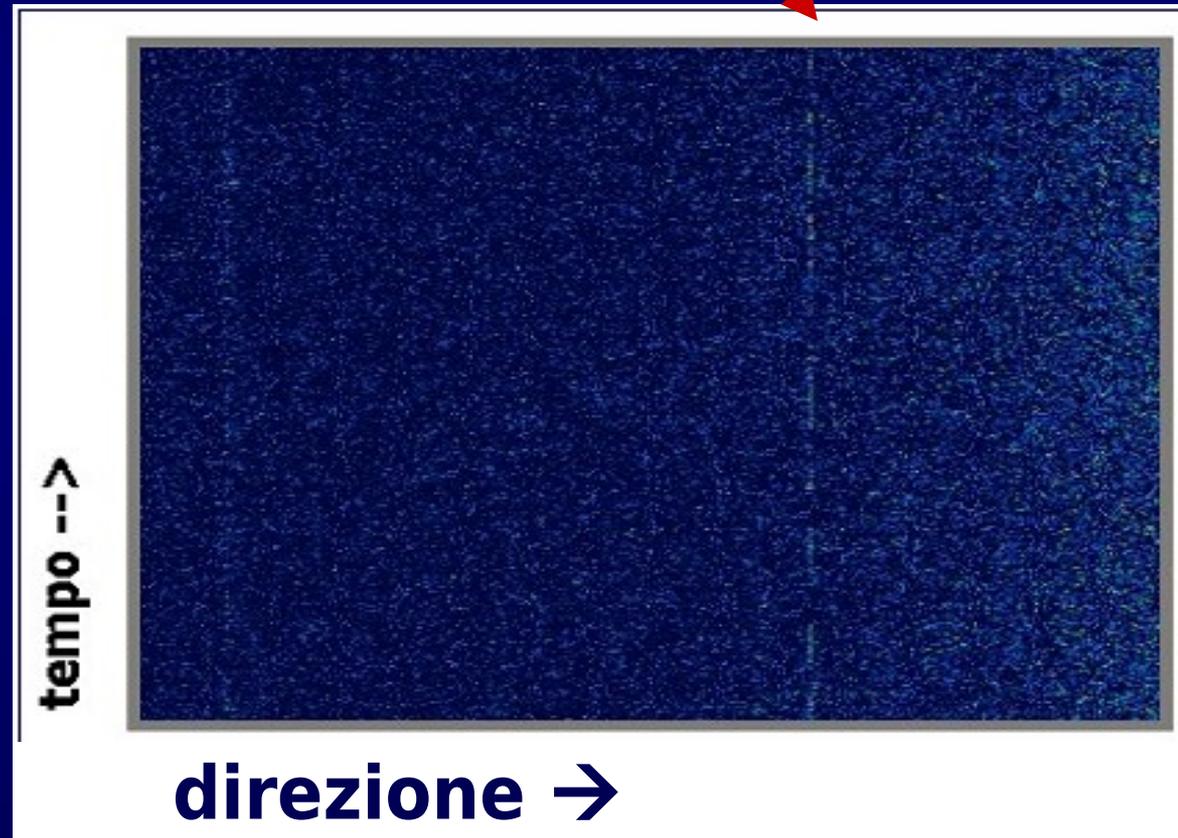
-In assenza della nave:

-Smg. in movimento  
lontano; prevalenza del  
rumore del mare sul  
segnale del smg.

$P_{riv} =$   
**40%**

$P_{fa} =$  **30%**

Presentazione video a  
cascata



13



# Rappresentazione grafica di una funzione di correlazione in via teorica

rimessa in coerenza +  
correlazione

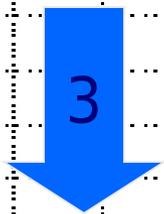
$\pm \varepsilon$

$C(\tau) < (1 \pm \varepsilon)$

$C = +1$

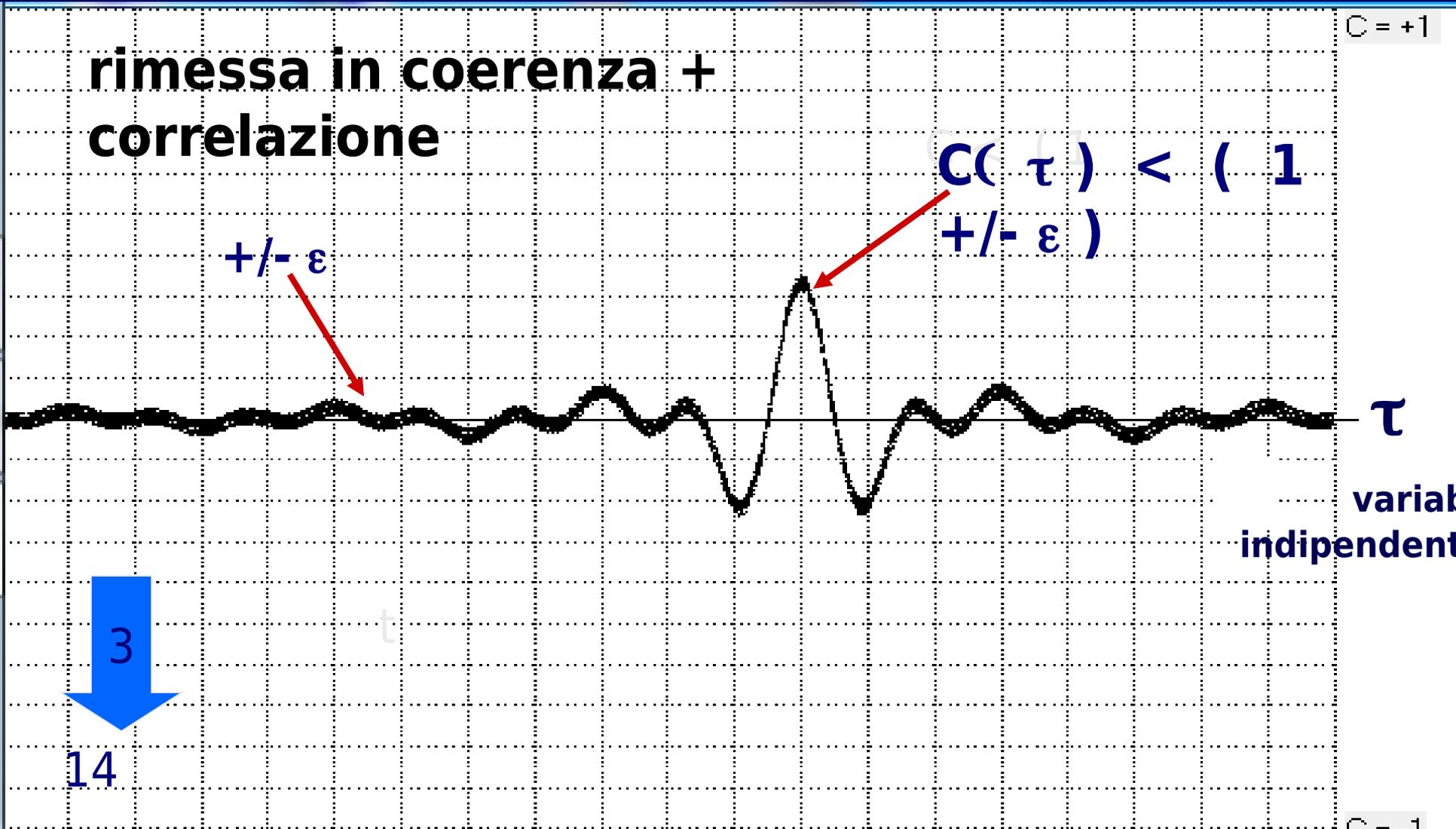
$\tau$

variabile  
indipendente

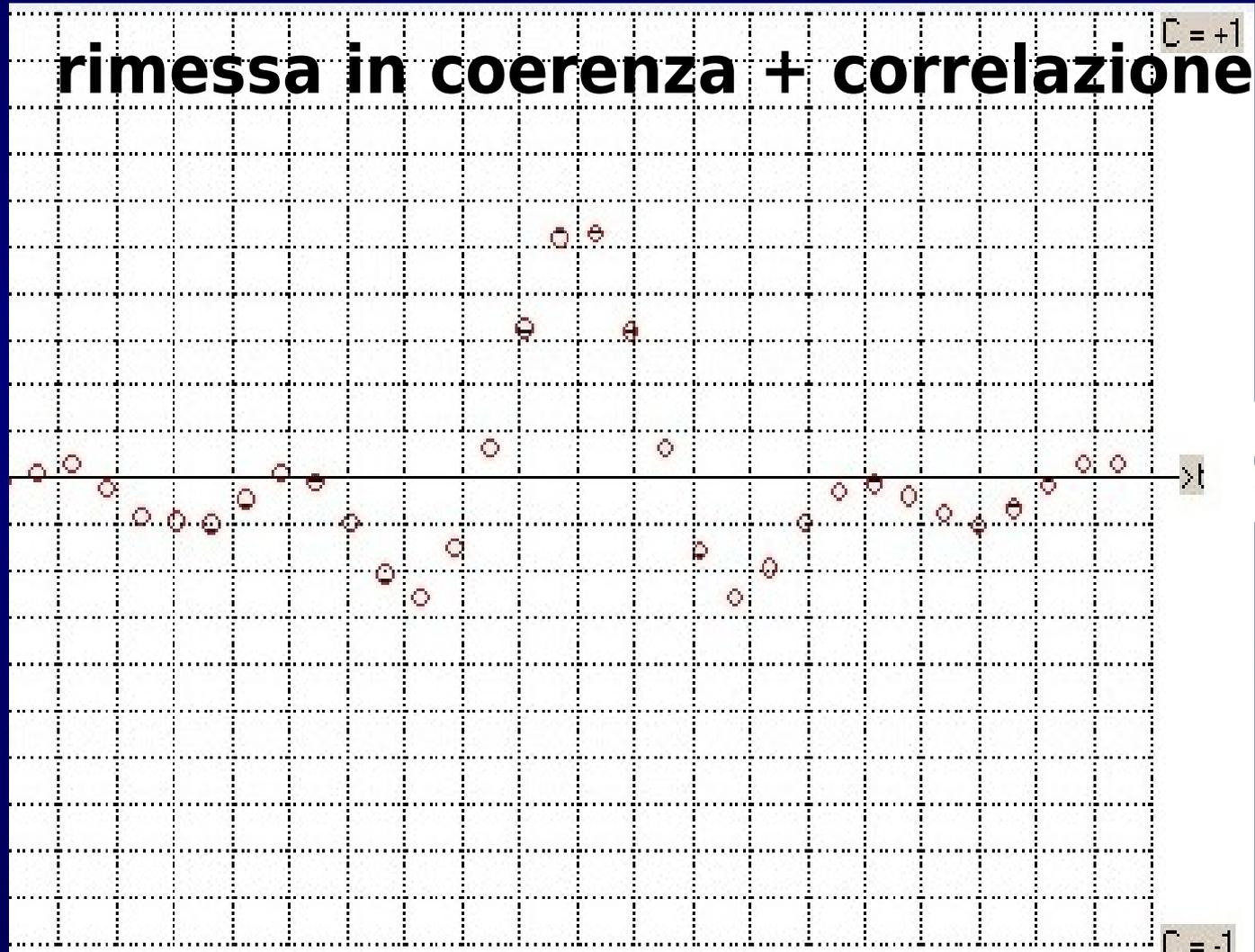


14

$C = -1$



# Rappresentazione grafica di una funzione di correlazione a passi discreti



15

variabile  
indipendente

Scansione di ricerca su  
360°

- Nave vicina in  
movimento;

prevalenza del segnale  
della nave sul rumore  
del mare

$P_{riv} =$   
**99.99%**

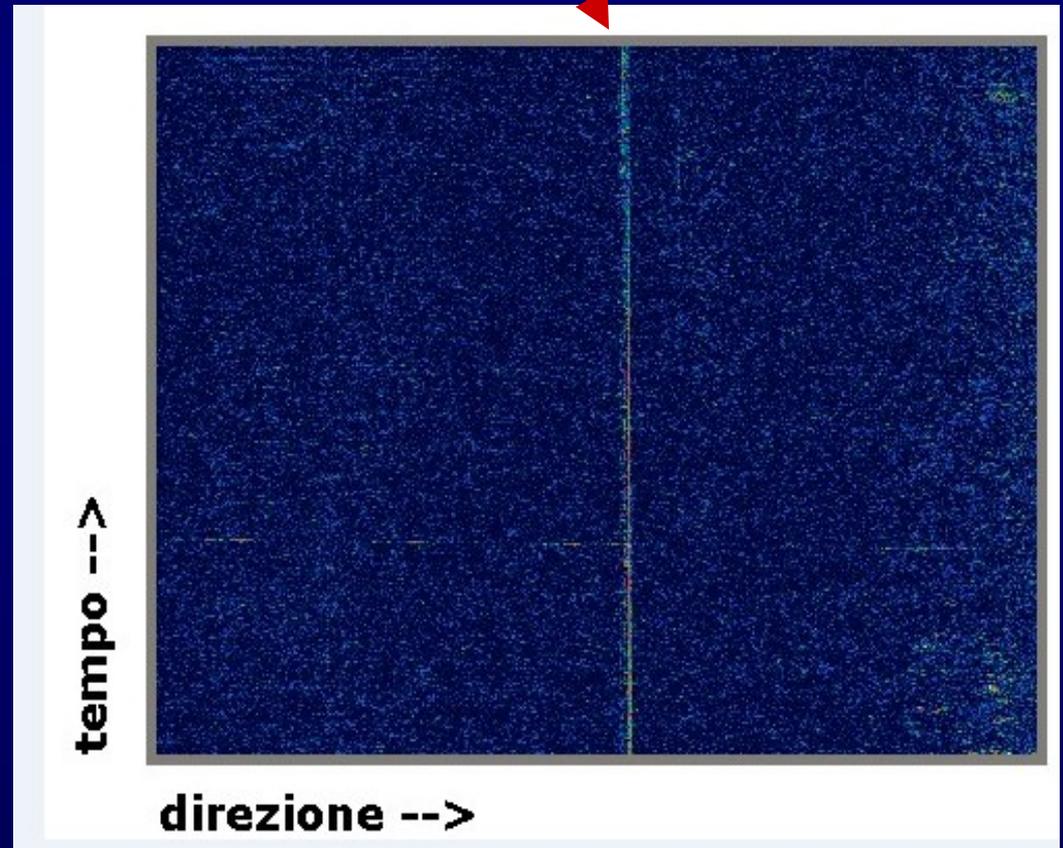
$P_{fa} =$   
**0.01%**



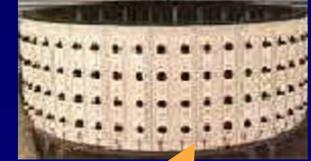
2

17

Presentazione video a  
cascata



# I dispositivi per la ricezione dei segnali idrofonici

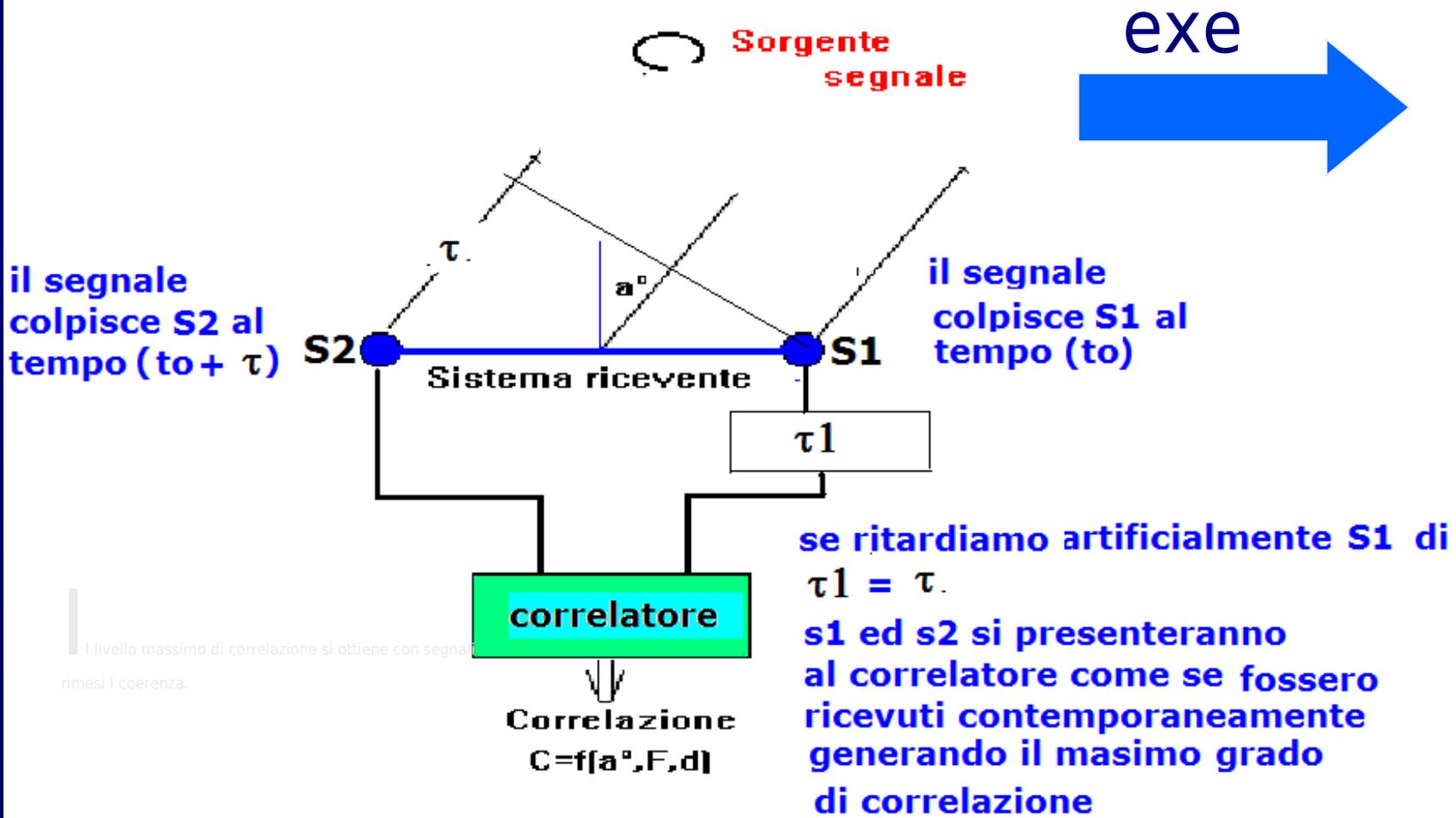
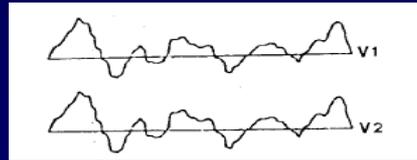


Idrofono per base conforme



# Il processo di rimessa in

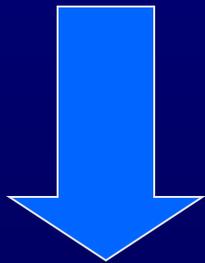
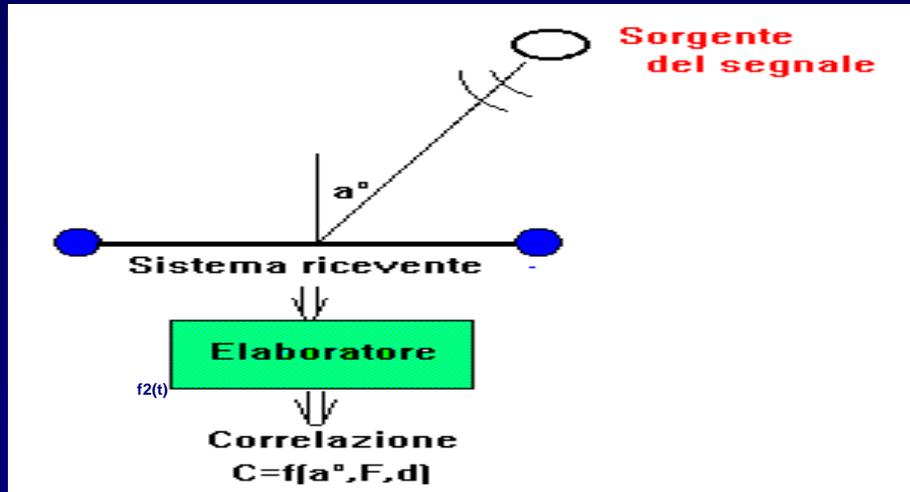
**coerenza**  
Segnali con lo stesso segno e  
ampiezza proporzionale ad ogni  
istante



3

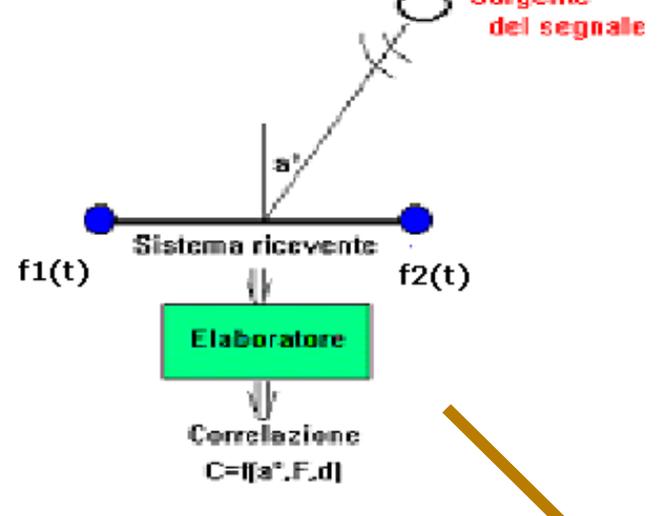


# L'integrale generale dal quale discendono tutti gli algoritmi di correlazione

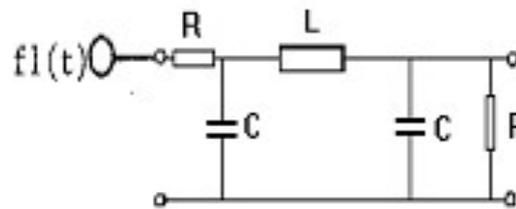


$$C(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} (1/T) \int_0^T f_1(t) f_2(t + \tau) dt$$

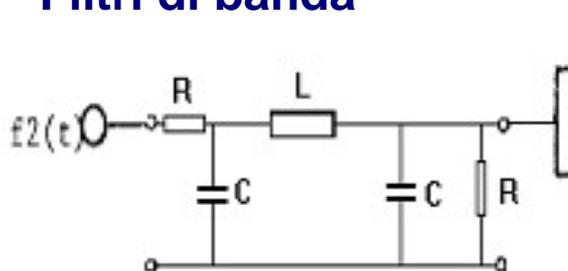
# Schema a blocchi di un correlatore analogico sperimentale da laboratorio



rimessa in coerenza + correlazione



Filtri di banda



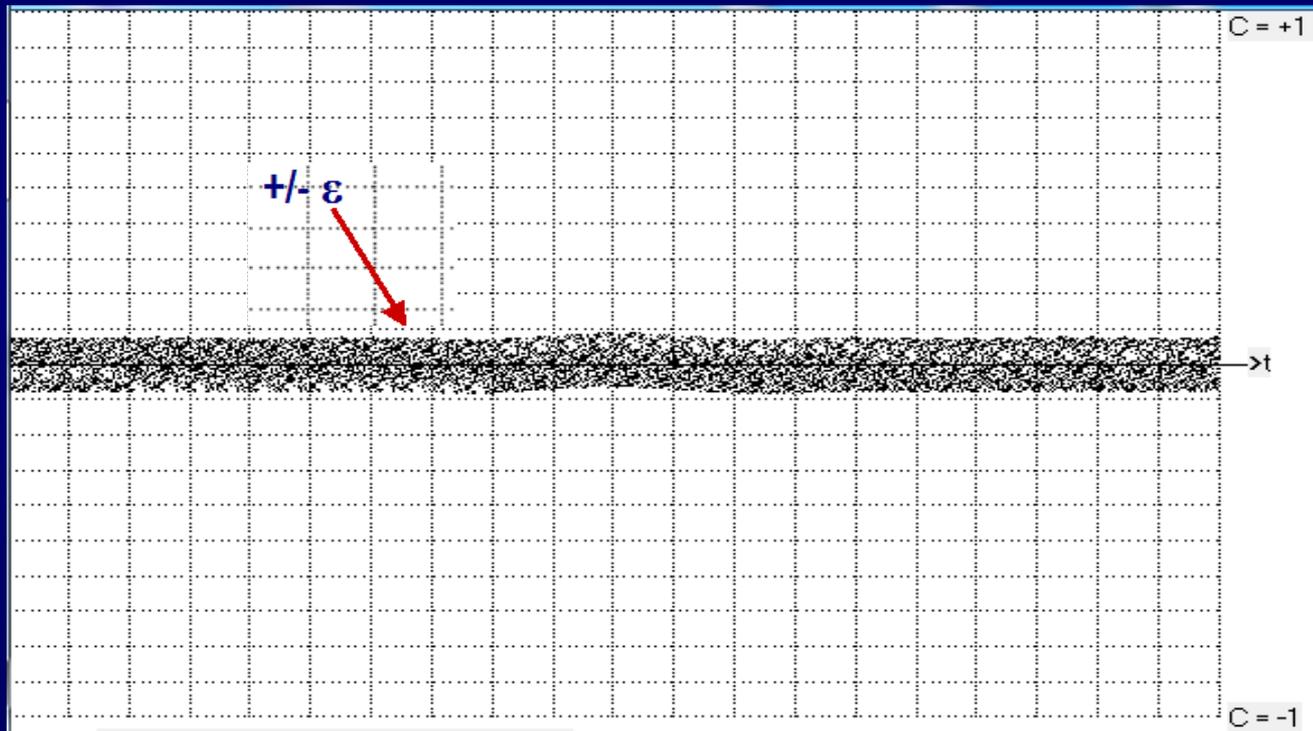
ritardi (a)

moltiplicatore (b)

integratore (c)

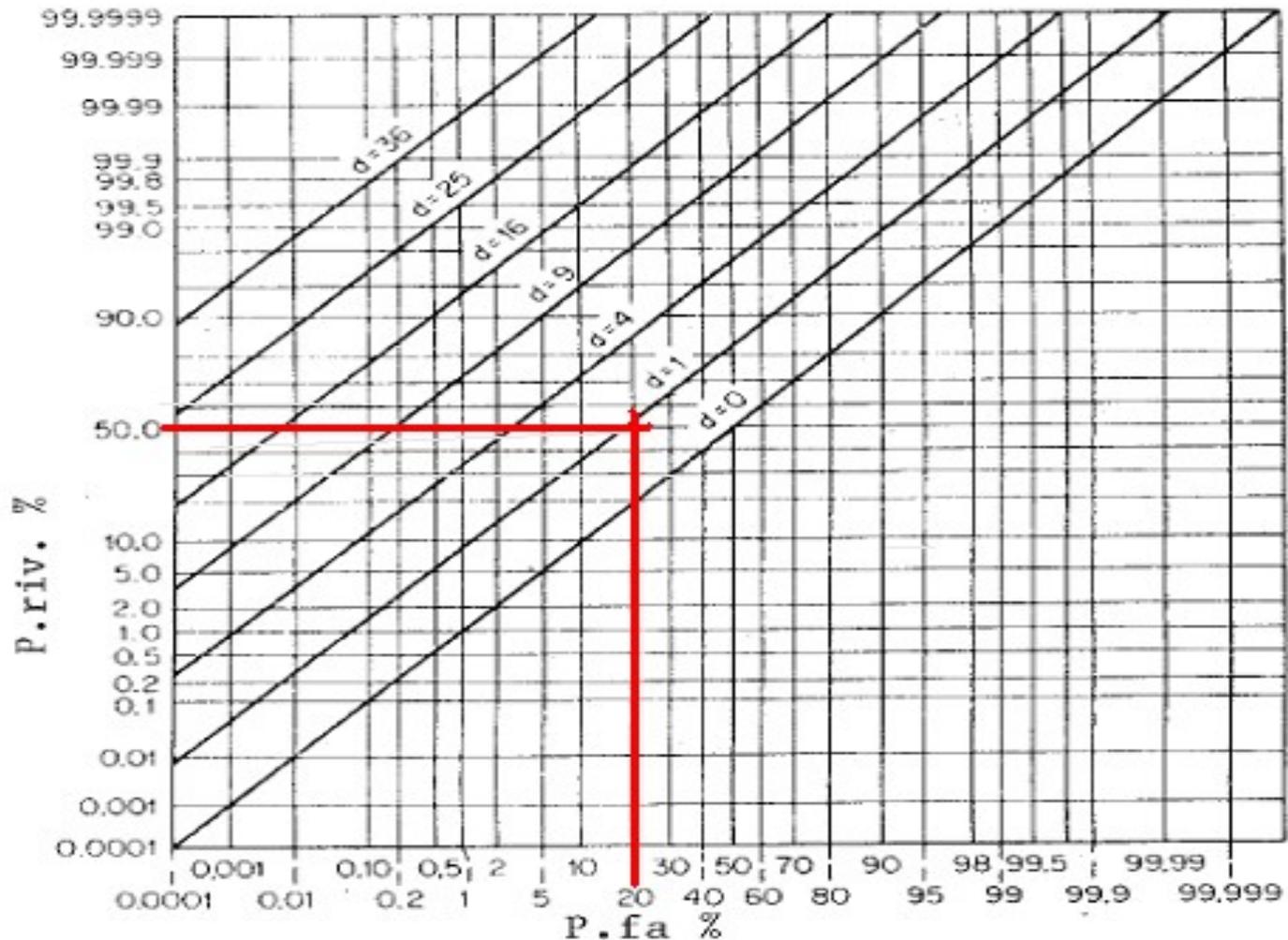
$u$   $C(r)$

# Rappresentazione grafica del rumore all'uscita di un correlatore in assenza di segnali



# Curve ROC

## Receiver Operating characteristic



esempio per  $d = 1$ :  $P.riv. = 50 \%$   $P.fa = 20 \%$

