



# Radar

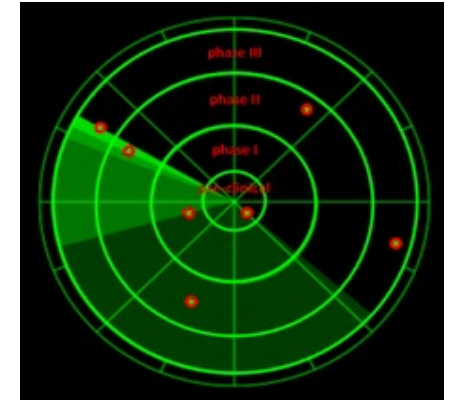
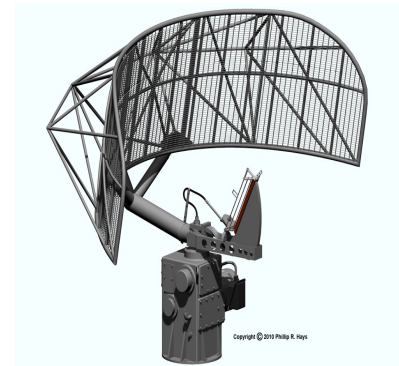
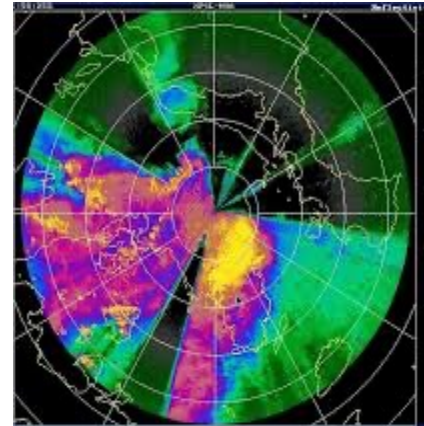
Corso di Laurea Magistrale:

Scienze e Tecnologie della Navigazione /  
Scienze Nautiche Aeronautiche e Meteo-  
Oceanografiche

Anno Accademico: 2022/2023

Crediti: 6 CFU

Docente: Giampaolo Ferraioli



**DiST**  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE  
E TECNOLOGIE



# + Sommario

---

- Sezione Radar



## + Sezione Radar

---

L'area dell'oggetto che intercetta la potenza trasmessa dall'antenna e la re-irradia prende il nome di **radar cross section** (rcs) o sezione radar s.

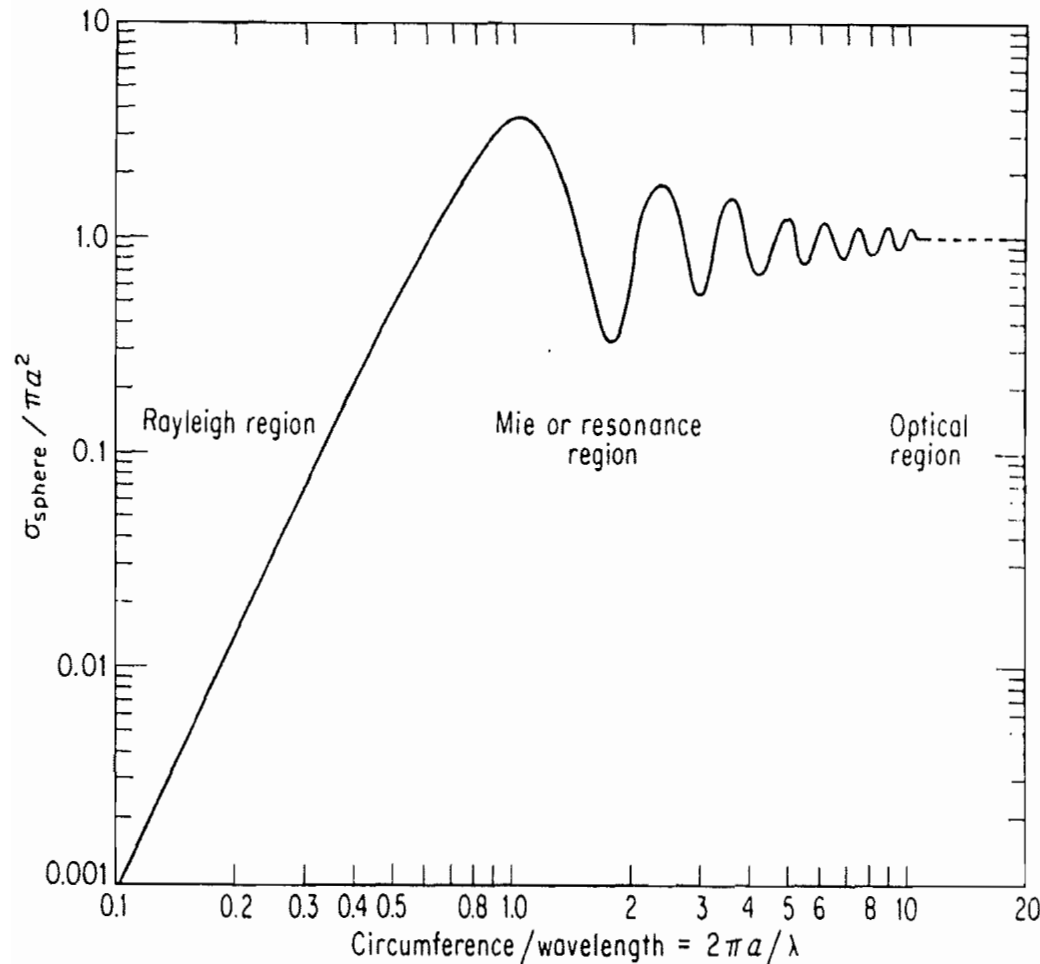
È una misura di quanto l'oggetto sia rivelabile. Si misura in  $m^2$ . Maggiore è la rcs più facilmente rilevabile è l'oggetto.

Nell'equazione radar si suppone che un target assorba una certa potenza e la re-irradi uniformemente in tutte le direzioni (**isotropico**).

Il comportamento di backscattering (retro-diffusione) di un target dipende da diversi fattori (la sezione radar è fortemente variabile): forma, materiale, dimensioni, direzione di arrivo del segnale...

## + Sezione Radar

Consideriamo la sezione radar di una sfera



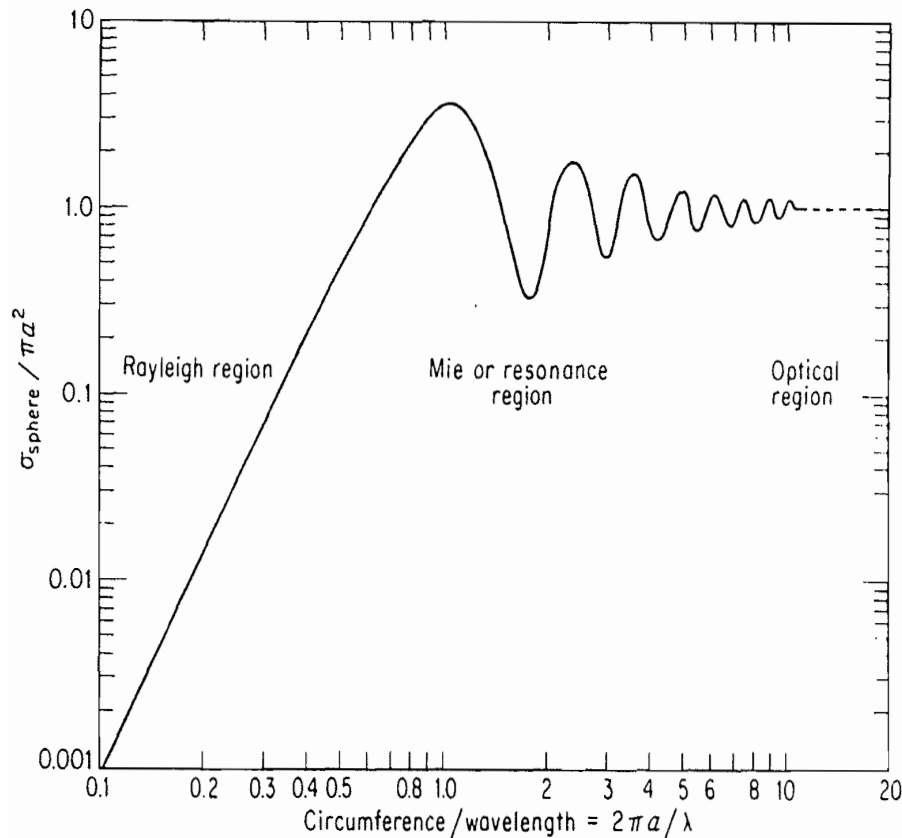
**Rayleigh** (dimensione della sfera piccola rispetto alla lunghezza d'onda)

**Mie** (dimensione sfera comparabile con la lunghezza d'onda)

**Optical** (dimensione sfera grande rispetto alla lunghezza d'onda)

# + Sezione Radar

## Regione Rayleigh



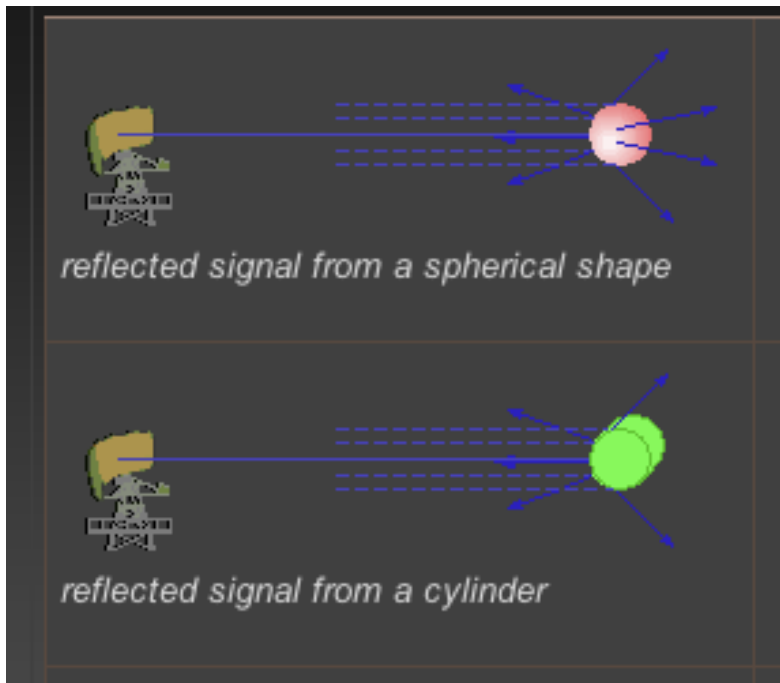
In questa regione cadono le particelle di acqua (piccole rispetto a  $\lambda$ ) alle frequenze radar.

I target sono normalmente più grandi.

Diminuire la frequenza (aumentare la  $\lambda$ ) al fine di eliminare l'effetto delle gocce di acqua (bassa sezione radar) non è un problema per la detection dei target (alta sezione radar).

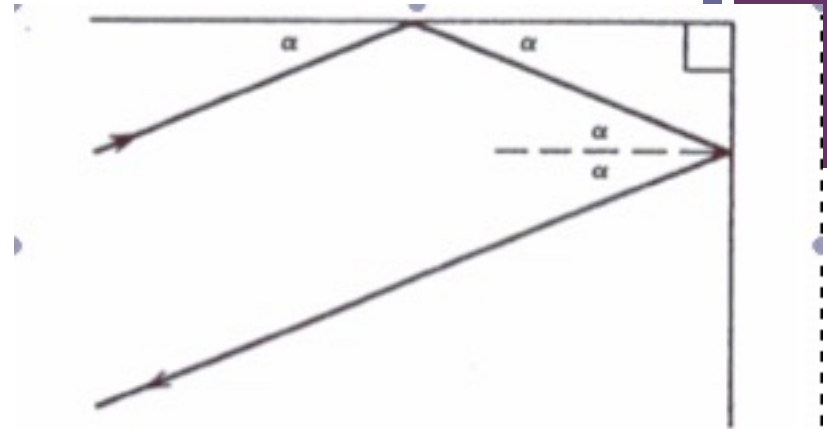
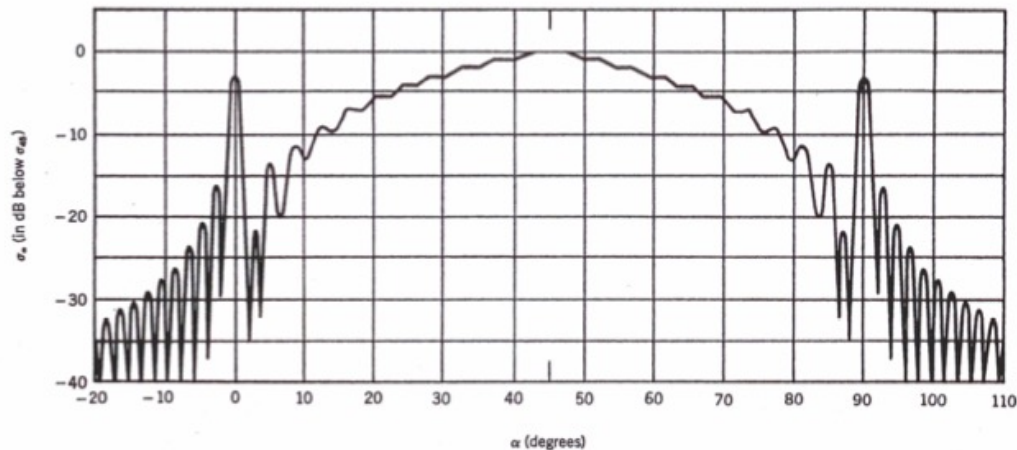
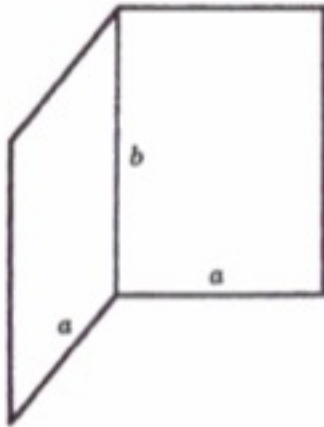
## + Sezione Radar

La sfera è un caso particolare. Riflette sempre alla stesso modo indipendentemente dalla direzione da cui la si guarda



## + Sezione Radar

### Corner reflector



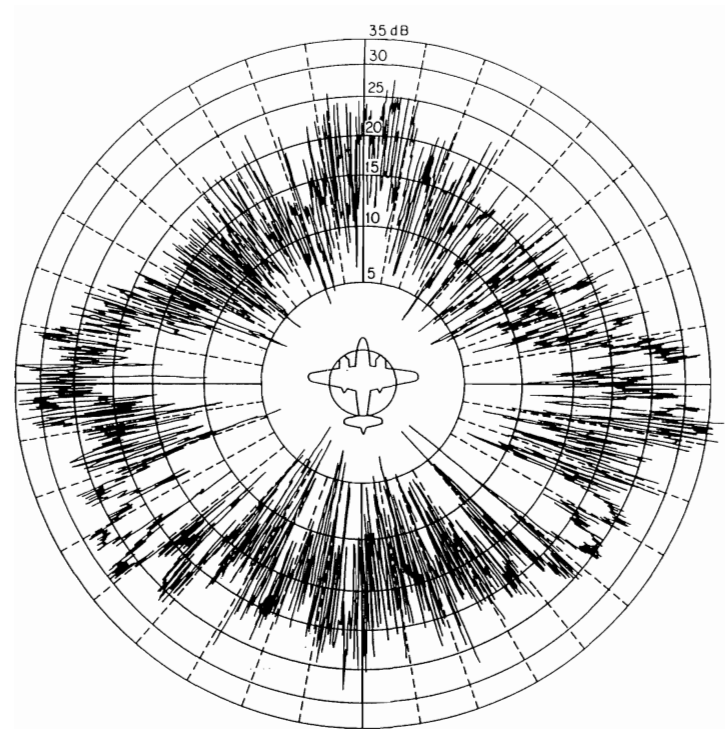
Indipendentemente dal valore di  $\alpha$  dopo due riflessioni il raggio riflesso esce parallelo al raggio incidente.

Si hanno ritorni anche per  $\alpha=0^\circ$  e  $90^\circ$ , e  $\alpha<0^\circ$  e  $>90^\circ$  (prima di eventuali zone di ombra)

## + Sezione Radar

La sezione radar di oggetti complessi viene determinata in maniera **empirica** o descritta in maniera **statistica**

Sezione radar empirica di un aereo B-26 misurata per  $\lambda=10$  cm



Si utilizzano modelli in miniatura



## + Sezione Radar

---

Bersagli complessi sono normalmente caratterizzati da una sezione radar fluttuante (**bersagli fluttuanti**)

Un modo efficiente per caratterizzare la rcs è quello di caratterizzarla **statisticamente**. La rcs è caratterizzabile mediante una densità di probabilità (**pdf**) e mediante la funzione di autocorrelazione (**acf**).

La pdf indica quali sono i valori più probabili di  $\sigma$

L'acf indica con che rapidità varia la  $\sigma$

La  $\sigma$  viene descritta mediante due possibili variabili aleatorie:  
**esponenziale** e **chi-quadro**

$$f(\sigma) = \frac{1}{\sigma_{av}} \exp\left(-\frac{\sigma}{\sigma_{av}}\right) u(\sigma)$$

Utilizzata per target complessi costituiti da **più scatteratori** (elementi) aventi la **stessa area riflettente**.

$$f(\sigma) = \frac{4\sigma}{\sigma_{av}^2} \exp\left(-\frac{2\sigma}{\sigma_{av}}\right) u(\sigma)$$

Utilizzata per target complessi costituiti da **uno scatteratore dominante** rispetto agli altri.

$\sigma_{av}$  è il valore medio (da inserire nell'equazione radar)

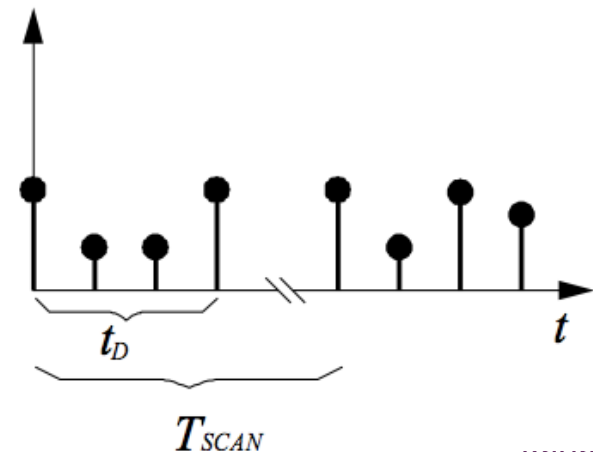
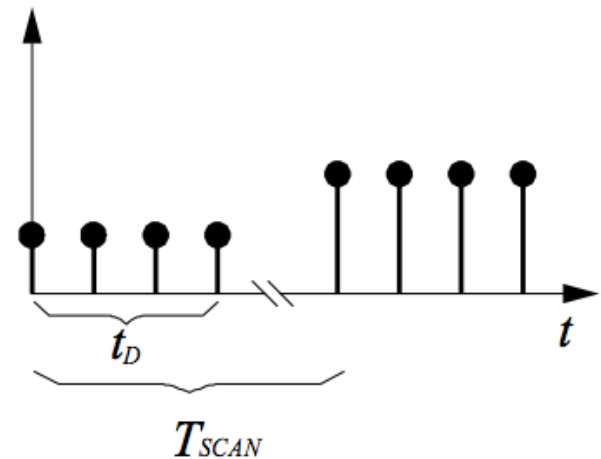
## + Sezione Radar

### ACF

La funzione di autocorrelazione fornisce indicazioni circa la velocità di variazione delle fluttuazioni

**Fluttuazioni lente:** echi ricevuti sono di ampiezza costante durante la scansione, ma incorrelati da scansione a scansione

**Fluttuazioni veloci:** echi ricevuti sono incorrelati da impulso ad impulso



## + Sezione Radar

Sulla base della pdf e dell'acf viene effettuata una classificazione dei bersagli basata su 4 modelli (modelli di Swerling)

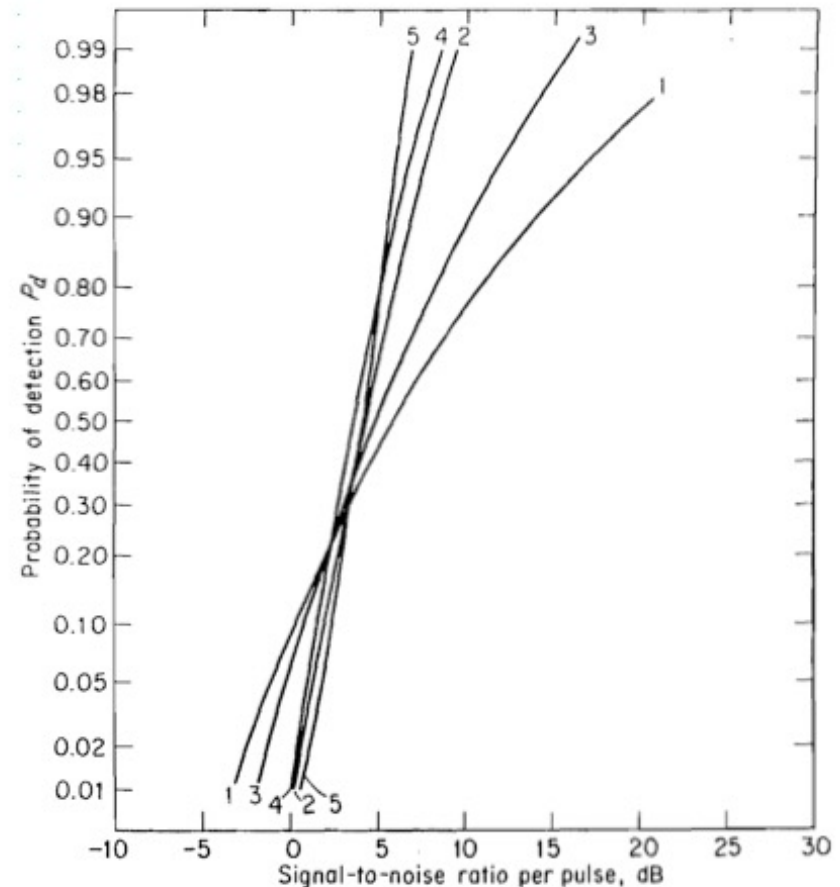
**Swerling 1:** distribuzione esponenziale, fluttuazioni lente

**Swerling 2:** distribuzione esponenziale, fluttuazioni rapide

**Swerling 3:** distribuzione chi quadro, fluttuazioni lente

**Swerling 4:** distribuzione chi quadro, fluttuazioni rapide

**Swerling 5:** no fluttuazioni



$n=10$  impulsi,  $P_{fa}$  fissata

G. Ferraioli – STN/SNAMO

Radar 22/23

## + Sezione Radar

---

Si fissa la  $p_d$  e la  $p_f$ , si determina l'SNR con un singolo impulso, con target non fluttuante.

Si aggiunge, mediante, opportune curve, un fattore che tiene conto delle **fluttuazioni** per il modello Swerling considerato rispetto al caso non fluttuante

Si determina il **fattore di miglioramento** dovuto all'integrazione di  $n$  impulsi, per il dato modello Swerling (il fattore di miglioramento sarà, chiaramente, inferiore a quello ideale)