

Torino, 23 settembre 2011

L'UNITA' D'ITALIA: DAL FILO DEL TELEGRAFO ALL'ETERE OTTICO

Le fibre e il sogno dei Terabit

Telecom Italia / T.TG.TD.TIP
Piergiorgio Pagnan



QUADRATO DELLA RADIO



Il Telegrafo di Ilio

(figurine Liebig 1897)



“Vicenda di stelle, tramonti e levate. Così monto la guardia all'avviso di luce, lama di fuoco che trasmette notizia da Troia, e squillo di conquista”

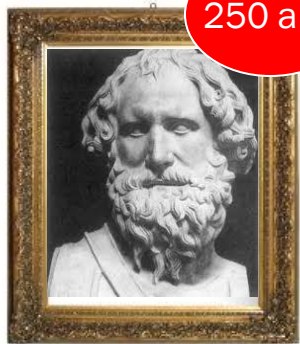
(Eschilo - Agamennone)



QUADRATO DELLA RADIO



2000 anni di scoperte



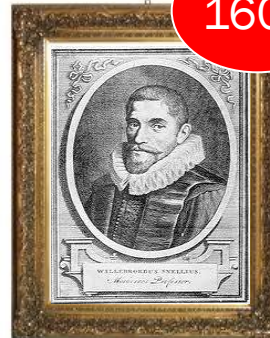
250 a.C.

Archimede e la riflessione



1000

Abu ibn Sahl e la rifrazione



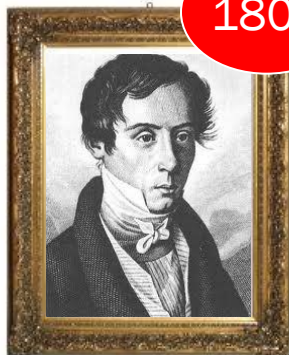
1600

Willebrord Snel van Royen
e la sua legge



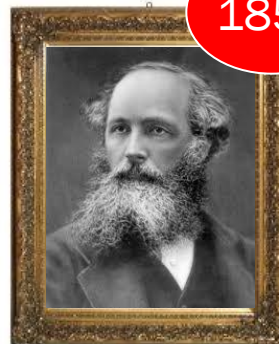
1650

Fermat e il suo principio



1800

Augustin - Jean Fresnel
e la diffrazione



1850

James C. Maxwell
e le sue equazioni



QUADRATO DELLA RADIO

La fontana di luce: Colladon e Tyndall

“La luce viene convogliata all'interno del rivolo d'acqua grazie al fenomeno della riflessione totale visto che l'indice di rifrazione dell'acqua è maggiore di quello dell'aria”

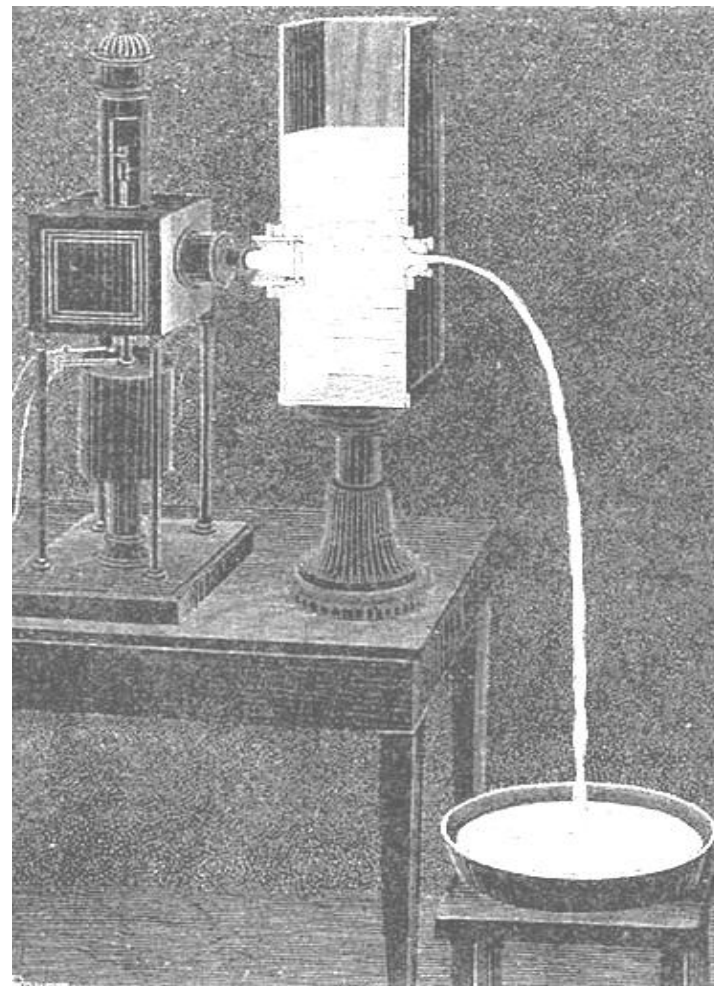
John Tyndall, 1863



Tyndall



Colladon



La fibra ottica

Nel 1965, Charles K. Kao e George A. Hockam dimostrarono che l'attenuazione delle fibre di vetro poteva essere ridotta da 1000 dB/km a meno di 20 dB/km. Cioè da 10^{100} volte/km a 100 volte/km



Attualmente l'attenuazione è 0.2 dB/km 0.05 volte/km

Charles A. Kao è stato insignito del Nobel per la fisica nel 2009:

“For groundbreaking achievements concerning the transmission of light in fibers for optical communications”



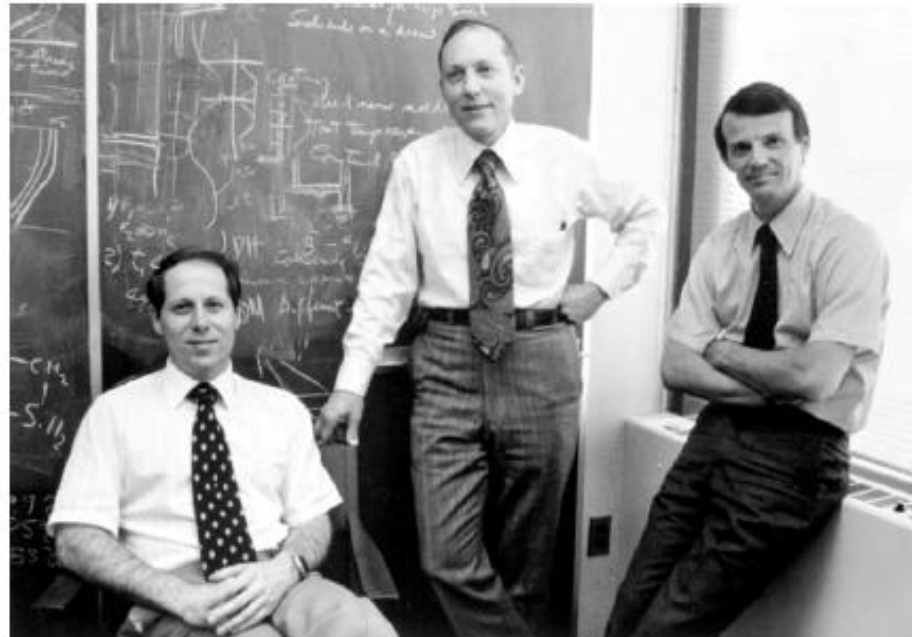
The Nobel Prize in Physics 2009



QUADRATO DELLA RADIO



1970, le prime fibre ottiche commerciali



Donald Keck, Robert Maurer, Peter Schultz

Then the attenuation is:

$$\alpha = 10 \log \frac{40}{354} = 17 \text{ dB/km} \quad \text{Whoops!!}$$

Must remeasure this to check!



In Italia

Nel 1976 si installa un primo cavo sperimentale nel cortile dello CSELT. Poi un primo cavo da 8 fibre lungo 4 km tra due centrali di Torino e le prime prove con segnali digitali a 34Mbit/s, 140Mbit/s e 565Mbit/s

Tra il 1980 e il 1984 si mettono in servizio 5 impianti per un totale di 1200km di fibra

Dal 1987 si decide di sospendere l'installazione di cavi in rame nella rete di giunzione

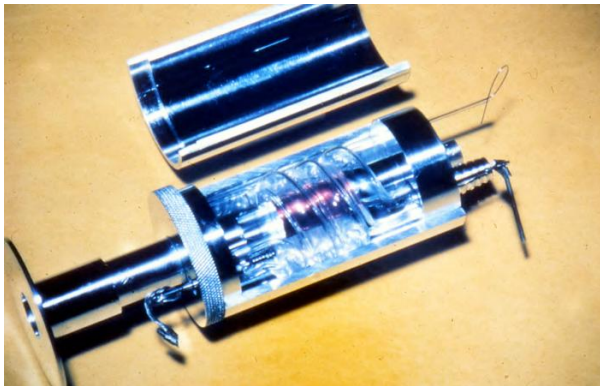
Oggi Telecom Italia dispone di 4,2 Milioni di km di fibra ottica tra lunga distanza e accesso



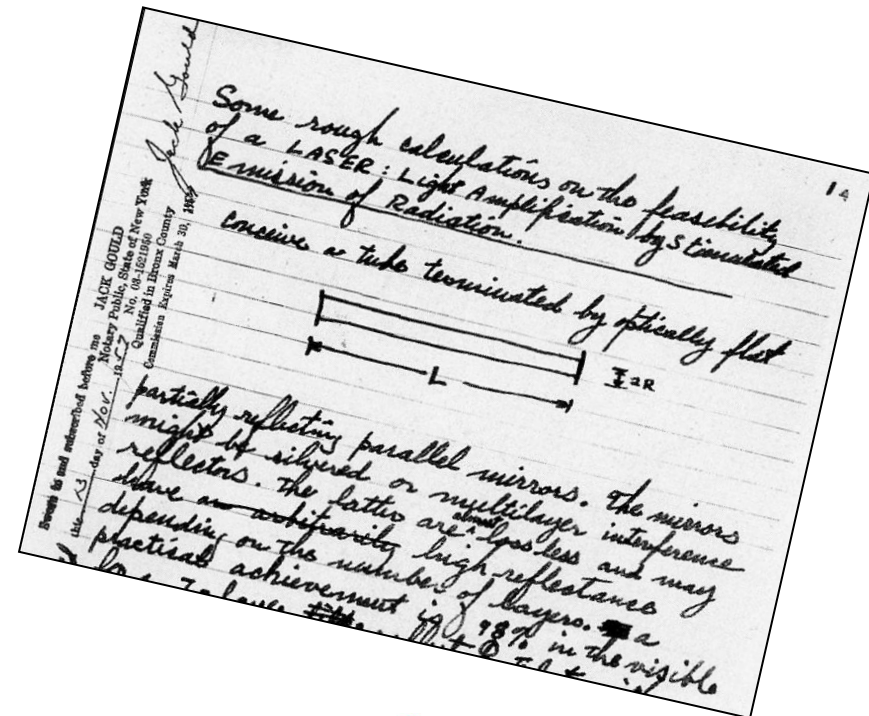
II LASER

Dicembre 1958: A. Schawlow e C. Townes pubblicano su Phys. Rev. un articolo che descrive la teoria dell'emissione stimolata

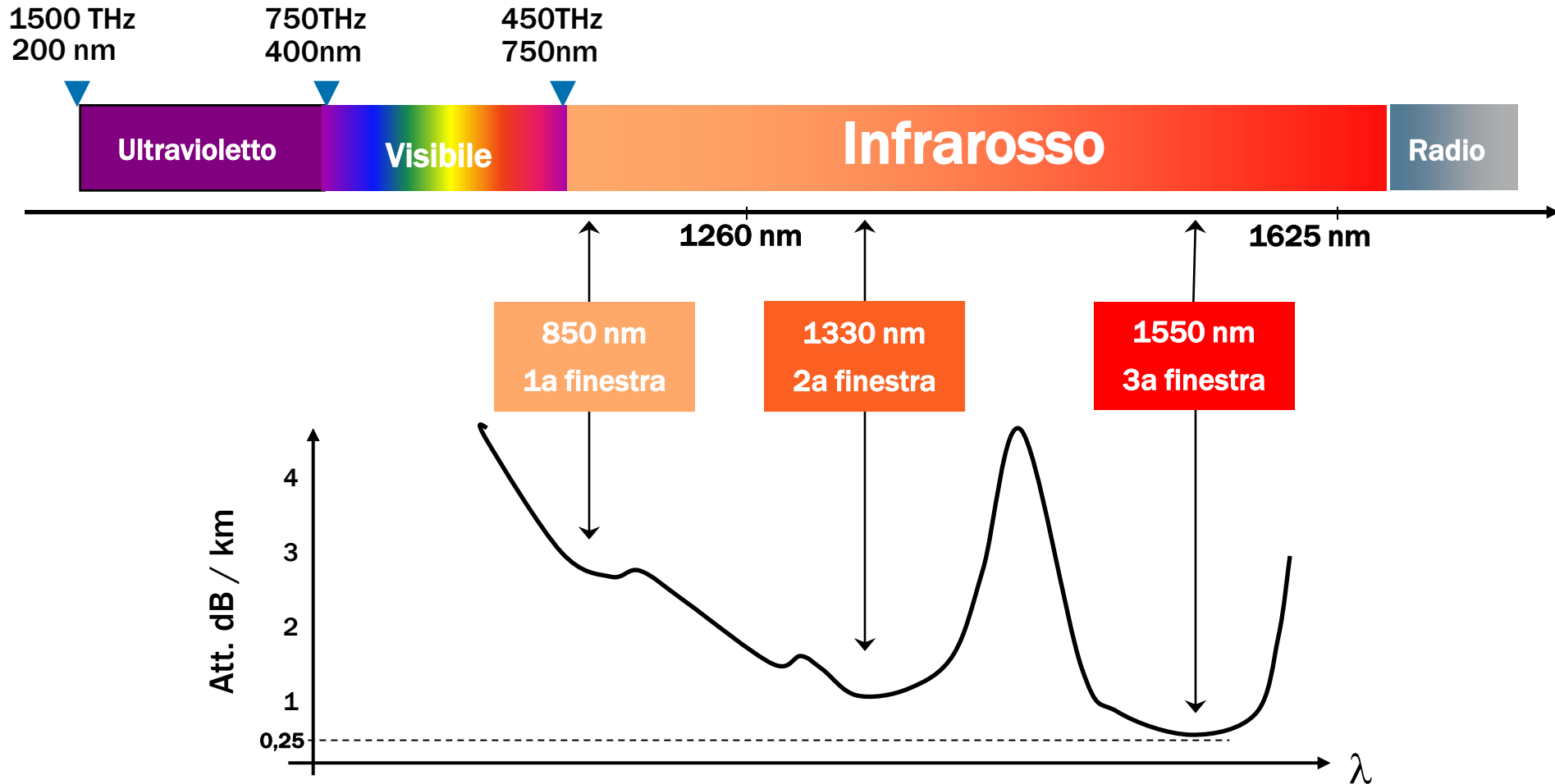
Maggio 1960: T. Maiman dello Hughes Research Labs costruisce il primo LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)



Il Laser di Maiman



Ogni "stagione" ha il suo colore



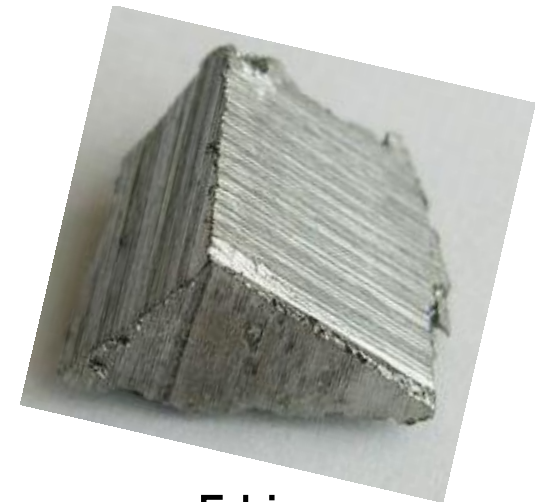
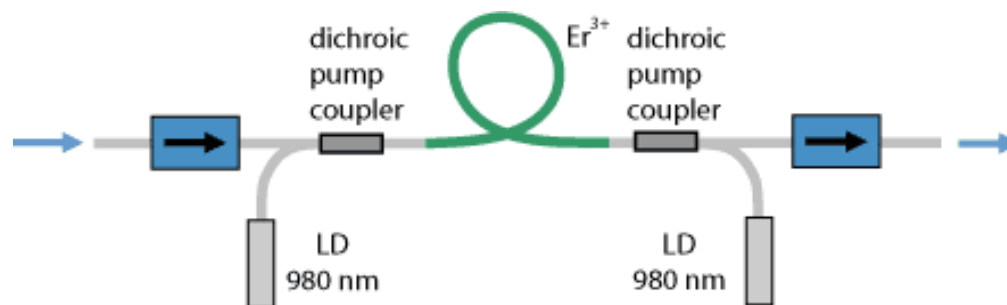
L'Erbio e l'Amplificatore Ottico

Nel 1985 i laboratori Pirelli insieme alle università di Stanford e di Southampton scoprirono che il metallo Erbio godeva di due proprietà di rilievo:

Un suo ossido si legava facilmente al vetro della fibra

Se opportunamente stimolato emetteva radiazione luminosa nella regione di minima attenuazione della fibra (terza finestra)

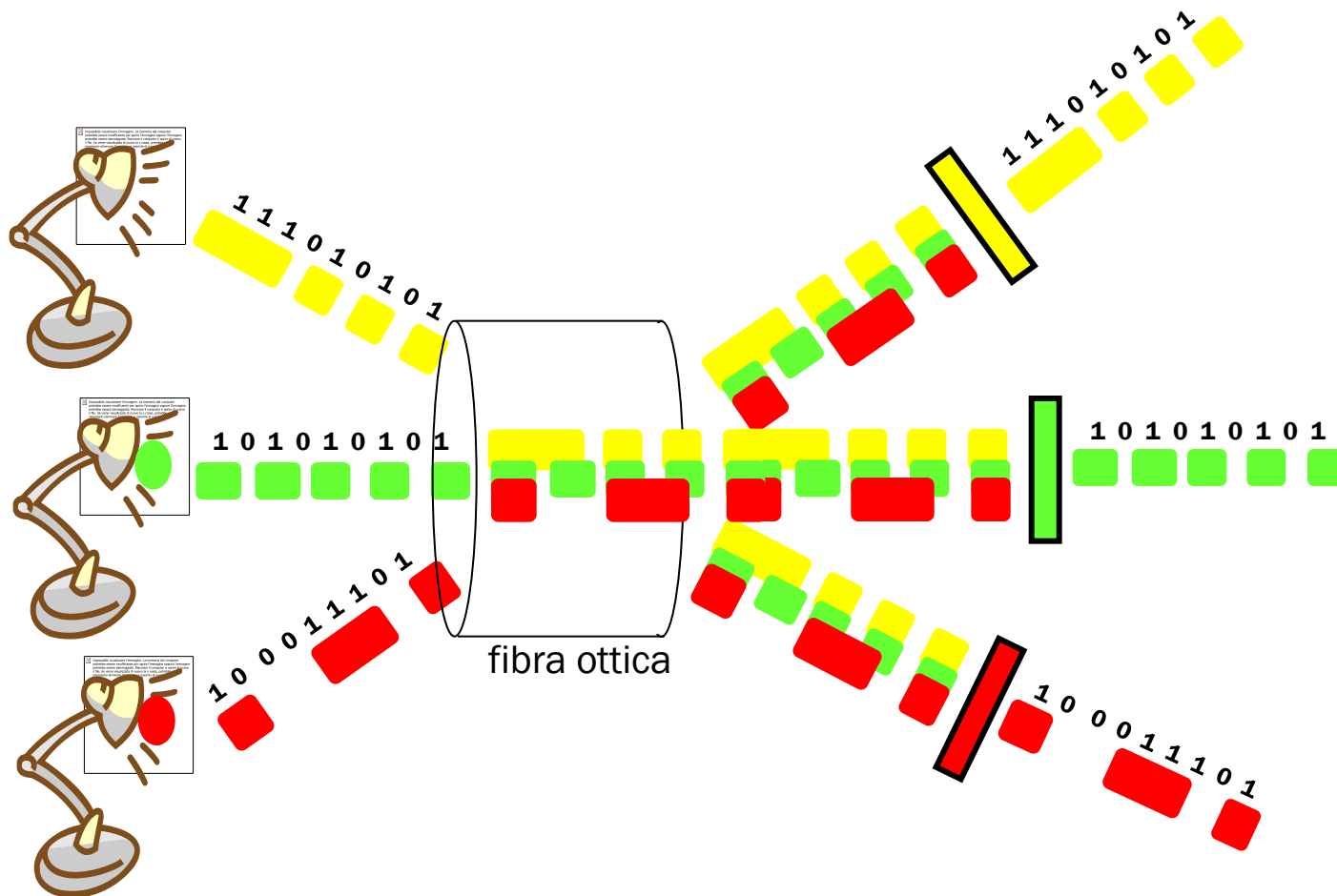
Nascono così gli EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier)



Erbium



Il DWDM, Laser e filtri colorati!



Mettiamo tutto insieme

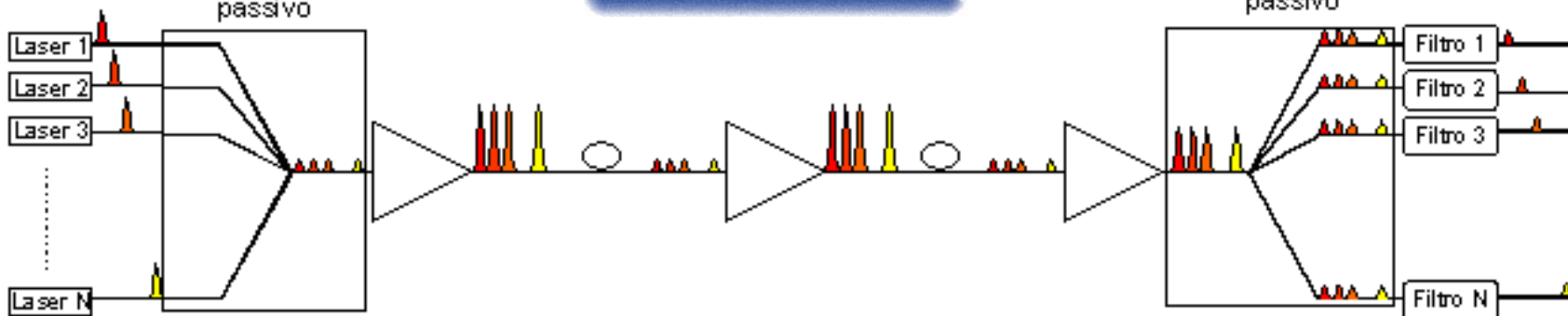
Cavo in fibra ottica



Accoppiatore passivo



Splitter passivo



Amplificatore di lancio



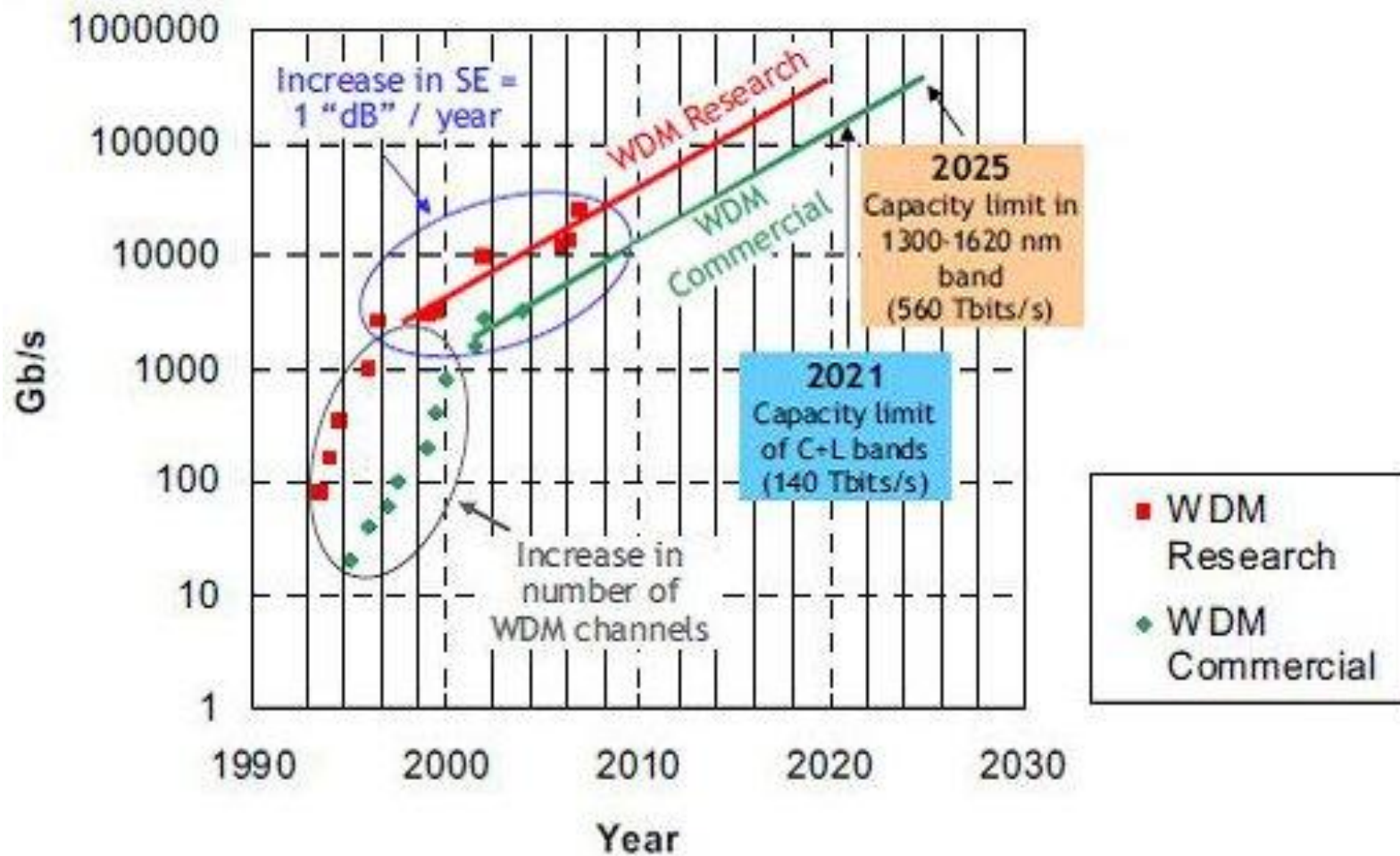
Amplificatore di linea



Preamplicatore



Un dB per anno



La lezione della Radio



560 Tbit/s



Trasmissione multilivello
Rivelazione coerente
DSP
MIMO

8 Tbit/s

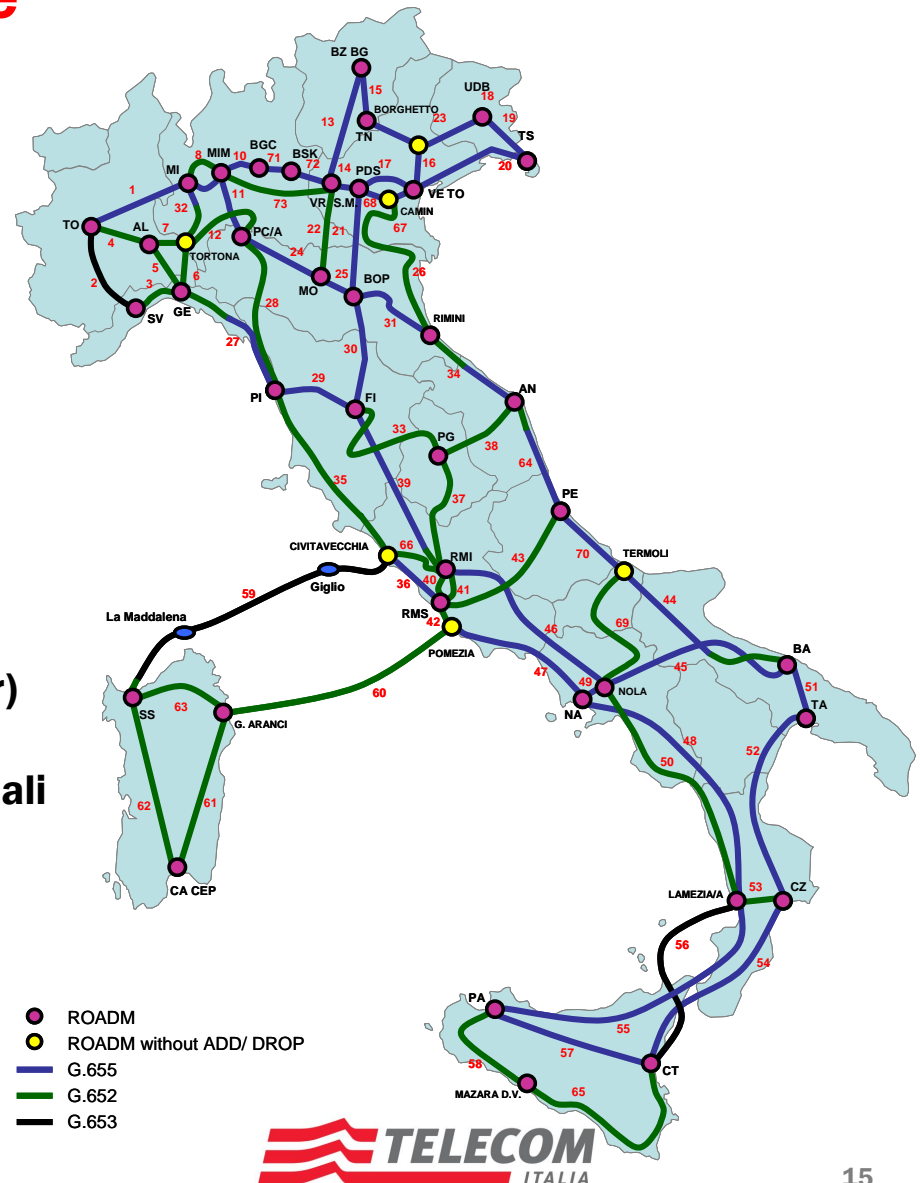


Il nuovo Backbone Nazionale

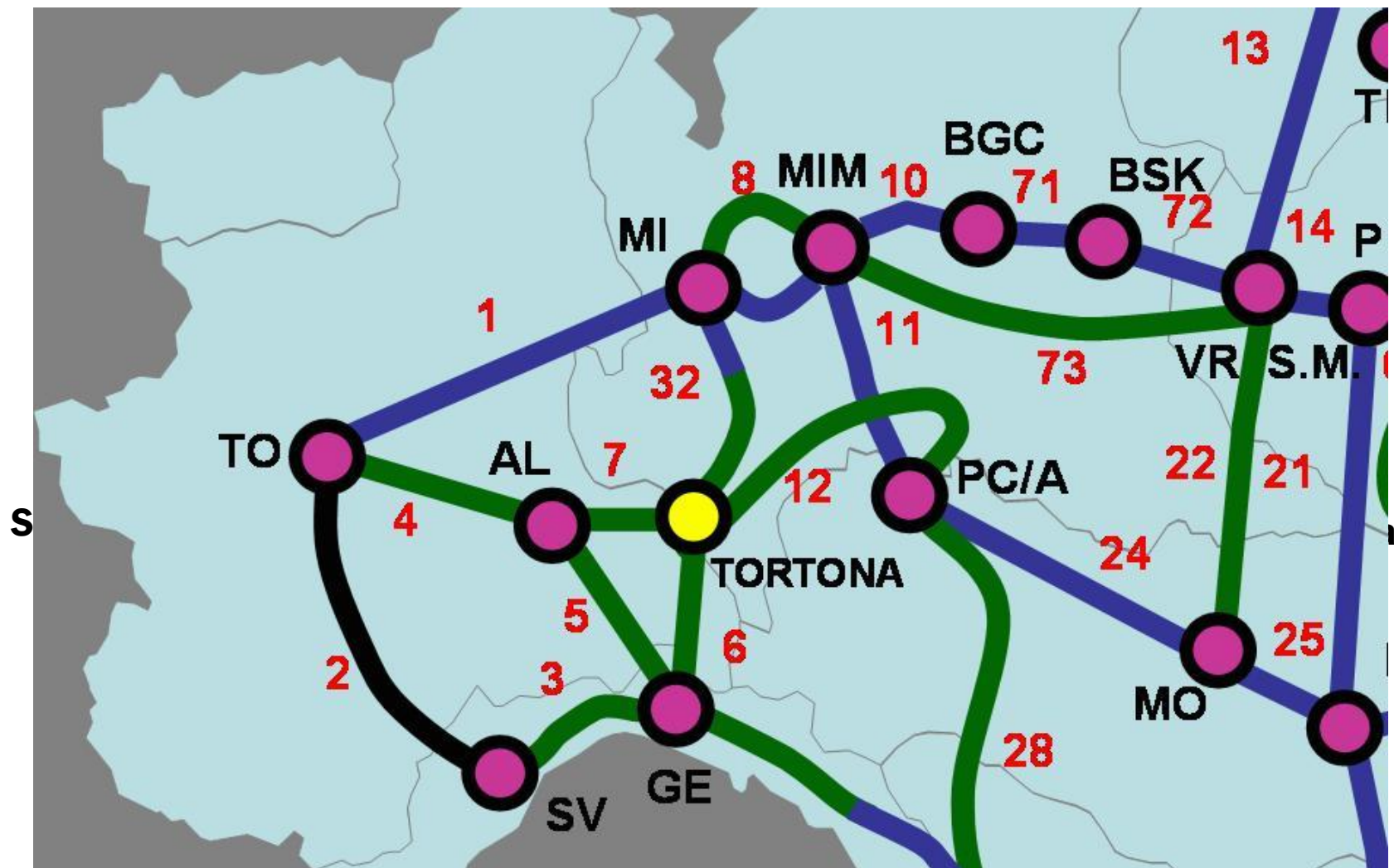
k a λ e i d o n
p h o t o n i c b a c k b o n e

**Ciascun nodo è un ROADM
(Reconfigurable Optical Add Drop Multiplexer)**

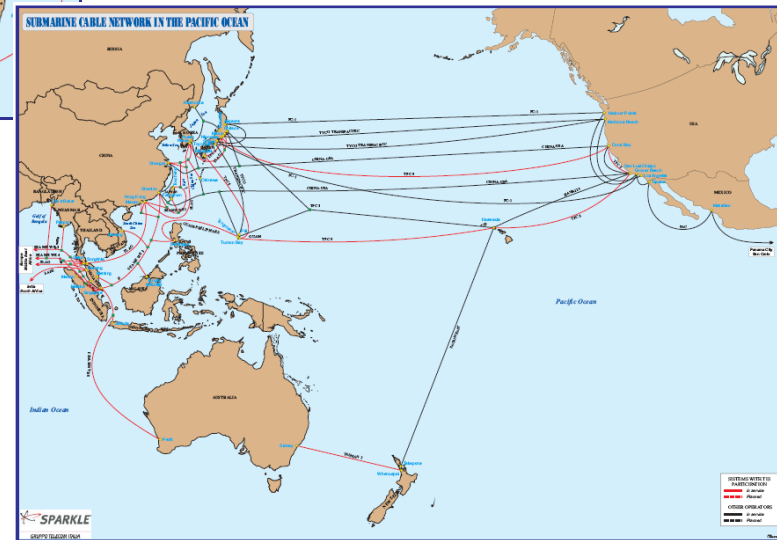
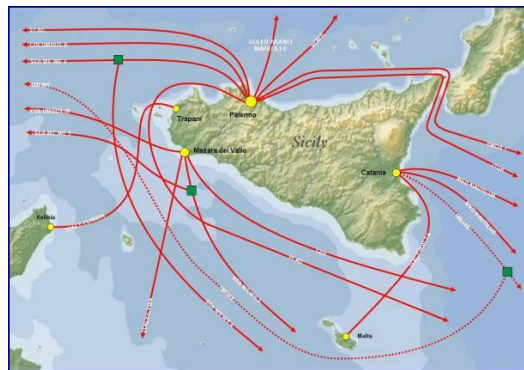
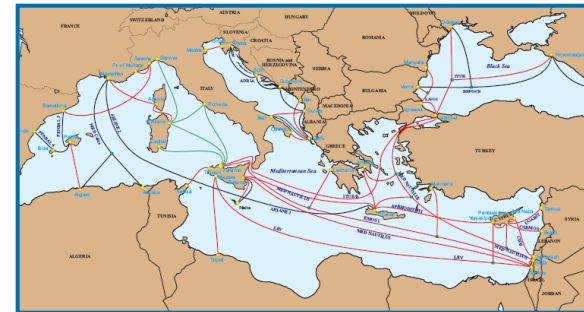
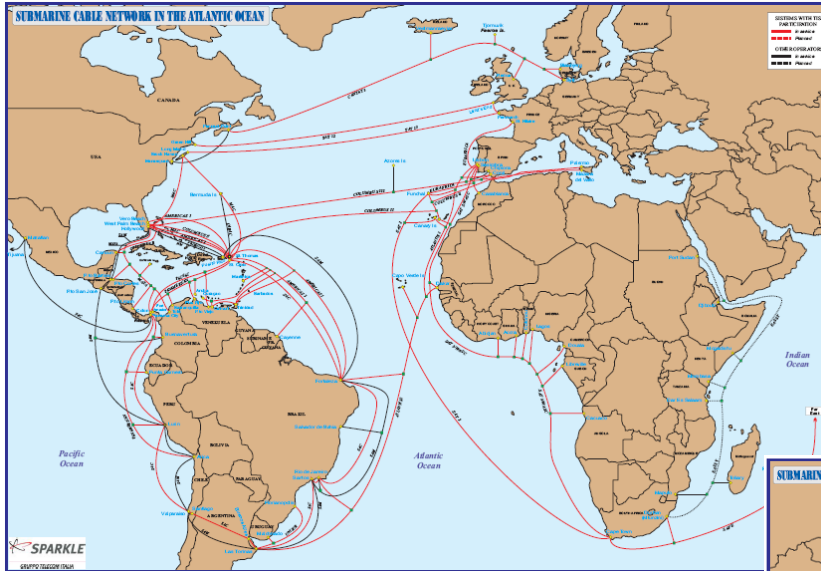
**Ciascun ramo è un sistema DWDM da 80 canali
ciascuno a 40Gbit/s (100Gbit/s)**



II ROADM ...non di sola banda...



L'etere ottico mondiale



GRAZIE



QUADRATO DELLA RADIO

