



## 4 – Costruiamo la rete (il LEGO)

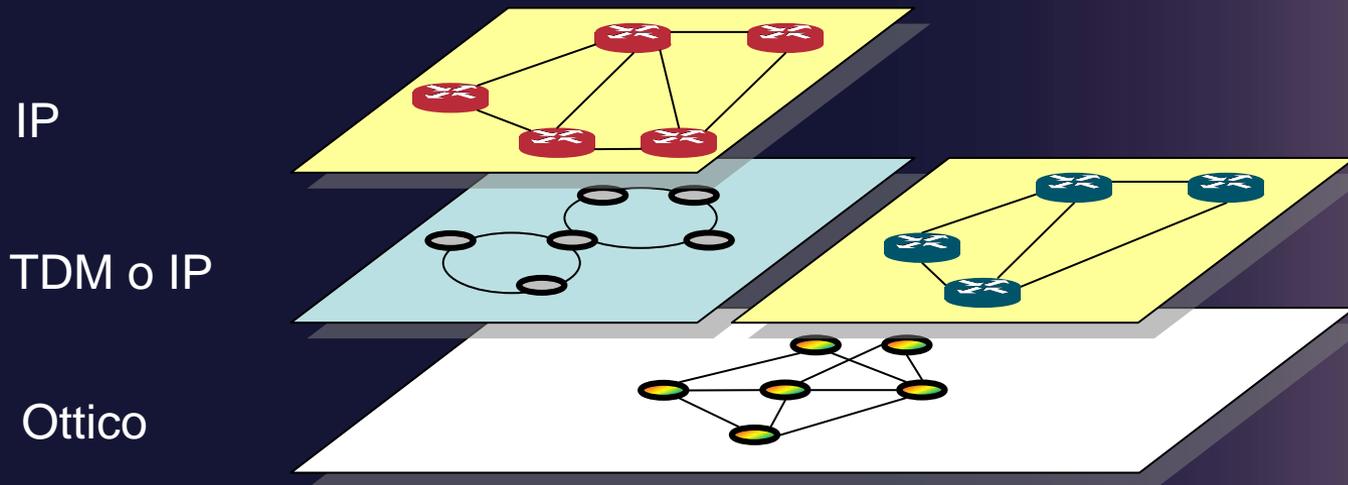
A. Pancaldi – M. Scarpa – U. Monaco

## ▶ SERVIZI GARR-X:



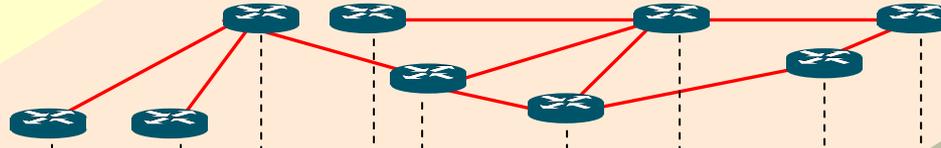
- ▶ IP Commodity: rete IP pubblica gestita da GARR
- ▶ Servizi IP avanzati: Servizi IP a valore aggiunto riservati agli utilizzatori della comunità GARR
- ▶ E2e: Servizi di trasmissione dati fra utilizzatori della comunità scientifica internazionale
- ▶ SAN Extension: Servizi di storage distribuiti fra utilizzatori della comunità GARR

- ▶ Infrastruttura ottica: trasporto DWDM
- ▶ Infrastruttura di switching: trasporto TDM
- ▶ Infrastruttura IP (su WDM o TDM)



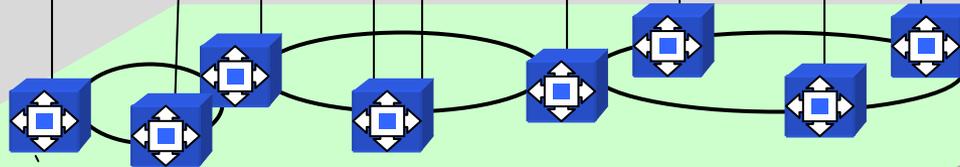
**Gestito da  
GARR**

Layer 3

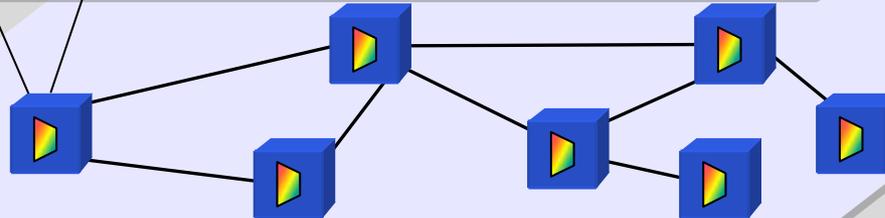


**Gestito da  
operatori**

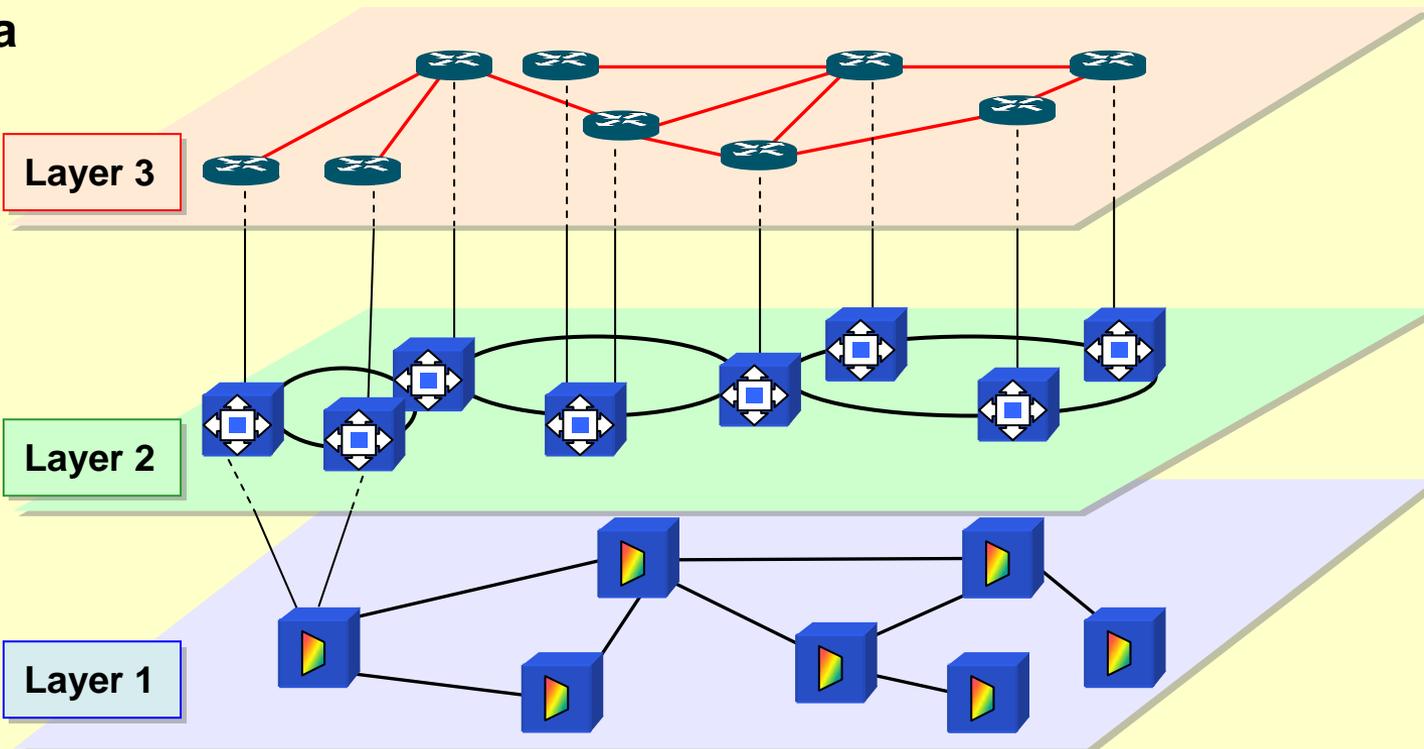
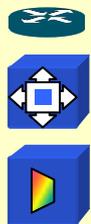
Layer 2



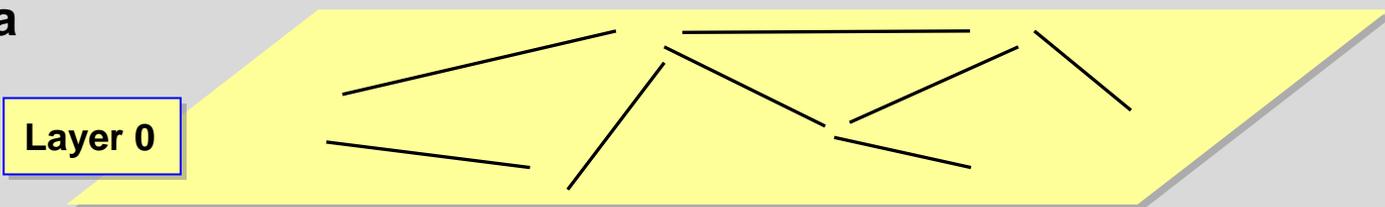
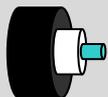
Layer 1



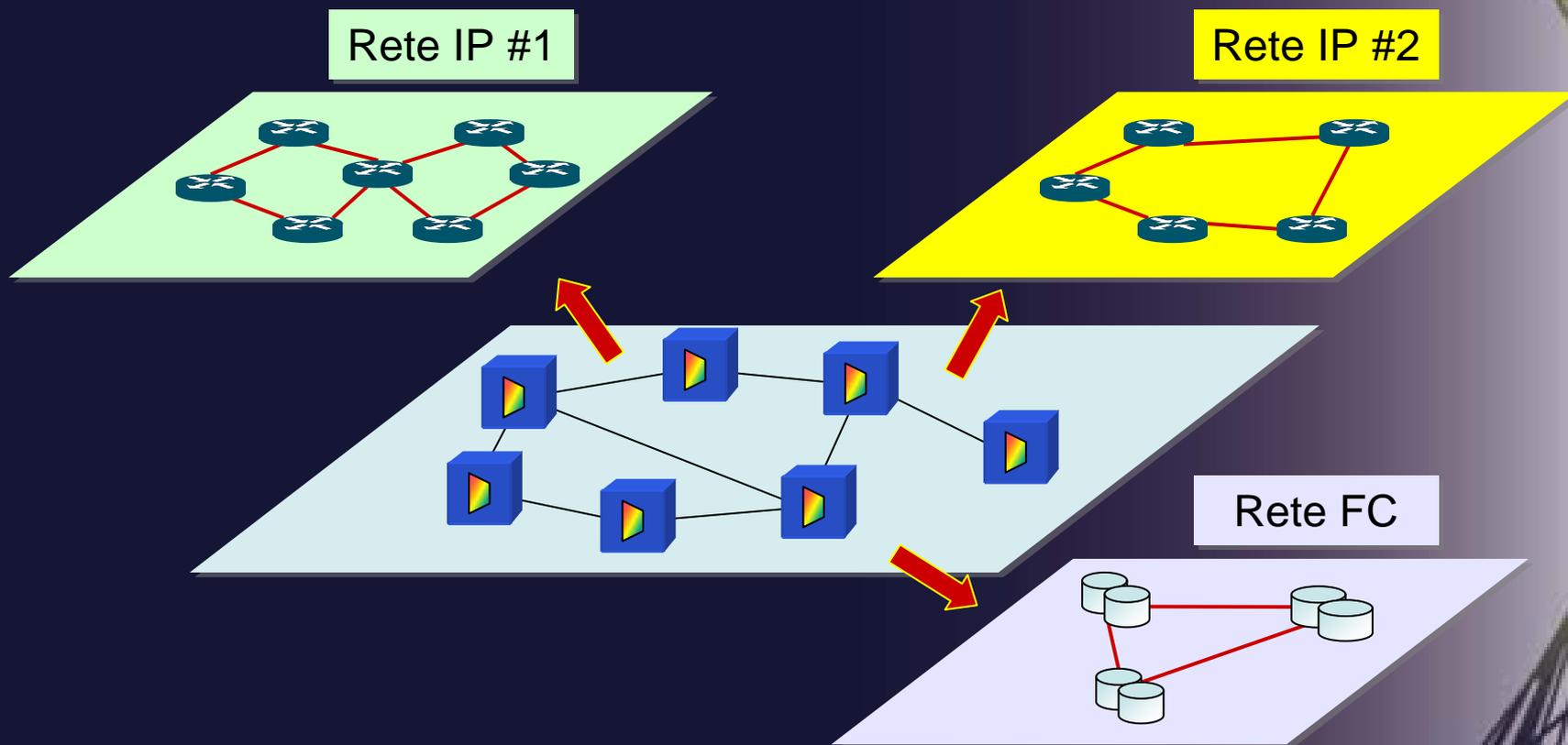
**Gestito da  
GARR**



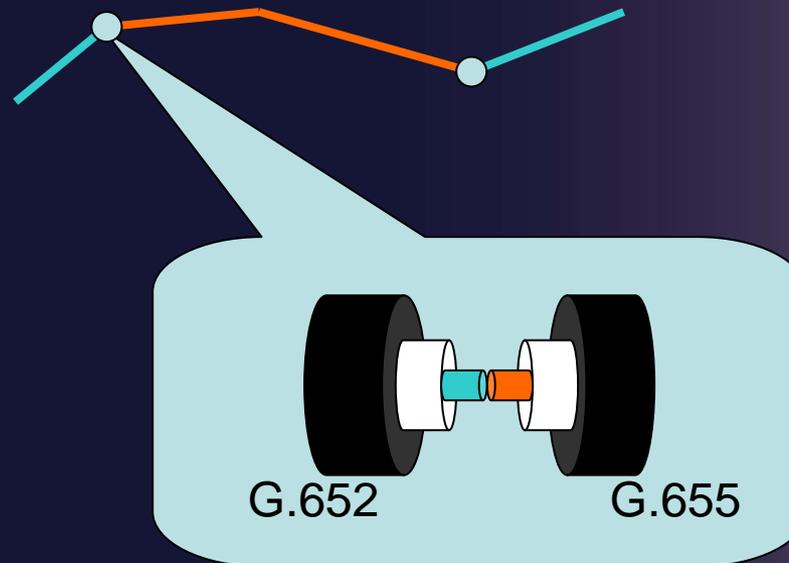
**Gestito da  
operatori**



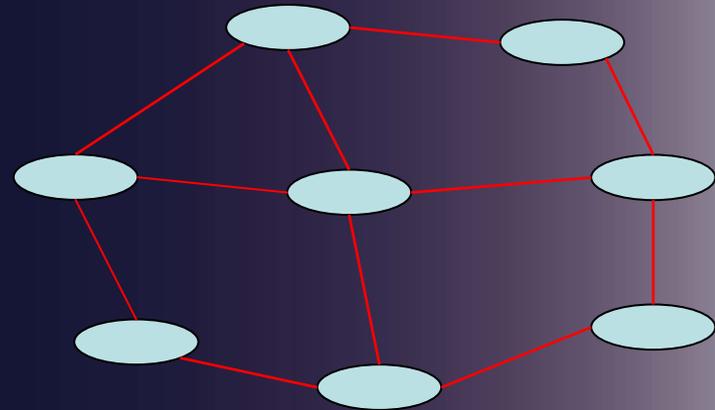
- Il controllo della infrastruttura trasmissiva consente di realizzare molteplici reti “ritagliando” le risorse disponibili



- Il design della rete parte dalla acquisizione dei parametri e della topologia fisica della fibra ottica
- Solo in pochissimi casi e' possibile richiedere che la fibra sia posata ad-hoc ed in genere il percorso della fibra dipende da vincoli sull'utilizzo dei cavedi o del fondo stradale
- Spesso la fibra disponibile si presenta come mix di diverse tipologie di fibra anche sulla singola tratta (Es. G.652 – G.655 – G.652)



- Acquisizione dei parametri della fibra
  - ▶ Tipo (G.652, G.655,...)
  - ▶ Lunghezza
  - ▶ Attenuazione
  - ▶ Dispersione cromatica
  - ▶ PMD, effetti non lineari



## La fibra influenza il design della rete



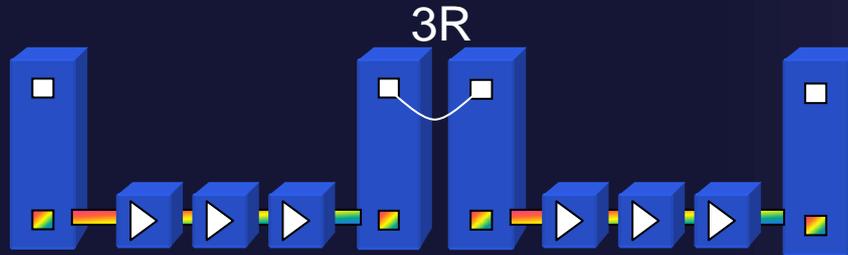
# amplificatori (1R)



**Budget ottico**  
(lunghezza massima span)

Un segnale ottico che viaggia su una rete O-O-O dopo aver coperto una certa distanza, attraversando un dato numero di amplificatori e di tratte in F.O. deve essere rigenerato 3R.

La rigenerazione 3R viene effettuata mediante una conversione O-E-O che puo' essere realizzata con due transponder connessi back-to-back



La connessione fra i transponder e' realizzata mediante patch cord. I transponder da collegare devono essere del tipo giusto. Ad esempio non è possibile rigenerare una lambda modulata 10Gbps POS utilizzando transponder 10GEthernet LAN PHY

In una rete con una matrice di traffico statica e nota a priori il 3R viene gestito in fase di planning prevedendo una coppia di transponder opportunamente posizionati in rete laddove necessario.

Pro:

contenimento costi (installazione di HW aggiuntivo solo dove realmente necessario)

Contro:

ogni nuovo circuito richiede analisi di fattibilità e potrebbe richiedere l'installazione di nuovo HW o patching anche nei nodi di transito.  
Tempi di provisioning lunghi.

In una rete con una matrice di traffico non nota a priori (matrice any-to-any) il 3R viene gestito ipotizzando i percorsi peggiori per raggiungere 2 qualsiasi punti della rete.

Si introducono siti di rigenerazione 3R equipaggiati per la rigenerazione delle lambda lungo le tratte di rete.

La rigenerazione e' configurabile via software dal sistema di gestione.

Pro:

tempi di provisioning piu' rapidi (la rete e' sempre pronta per la realizzazione di nuovi circuiti e non richiede interventi on-site)

Contro:

presenza di HW non utilizzato → **COSTI MAGGIORI E INNEFICIENZE**

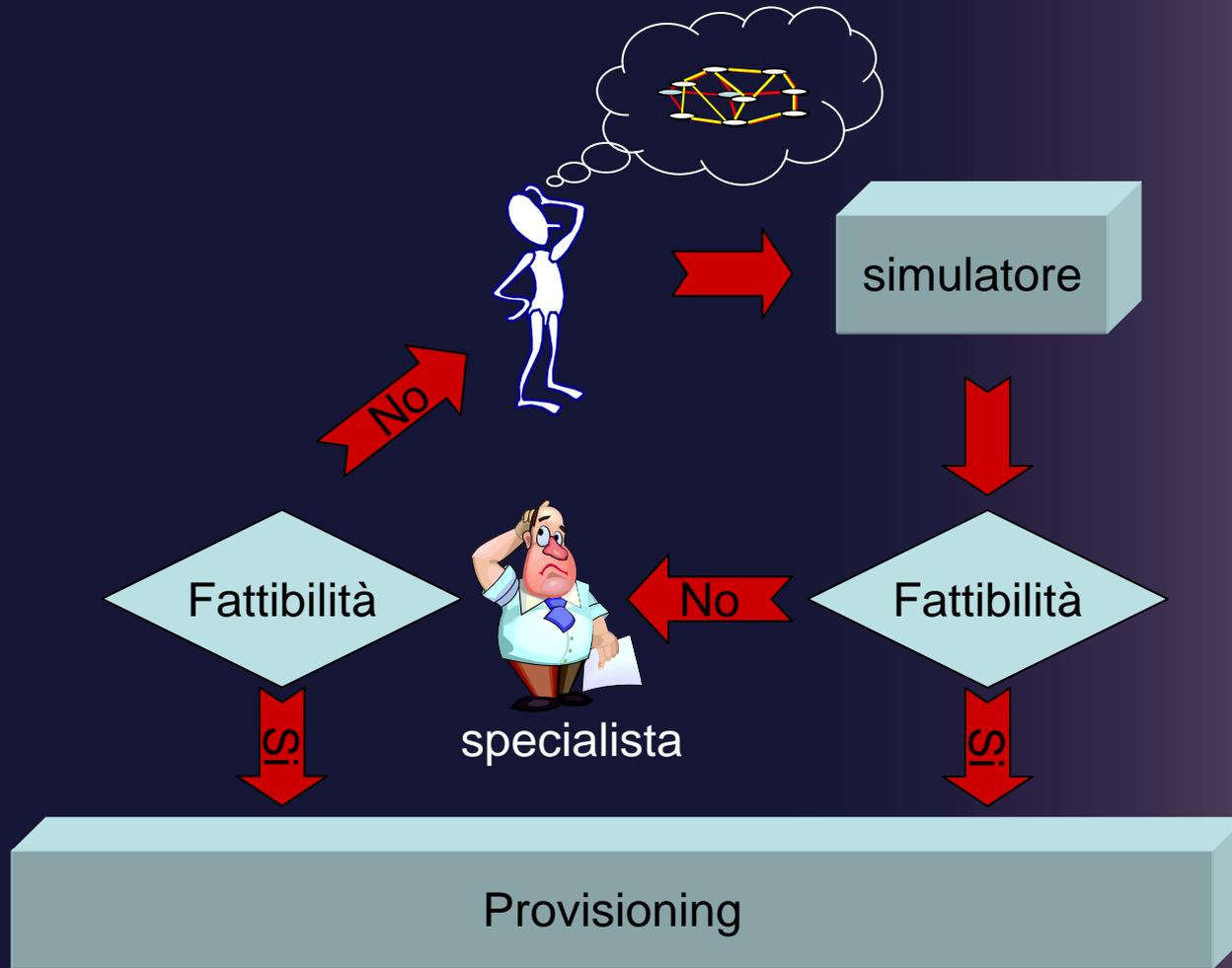
Il posizionamento dei punti di rigenerazione 3R e' uno degli output della fase di planning della rete WDM.

L'equipaggiamento dei siti di rigenerazione dipende dalla capacità delle singole tratte.

In un modello di rete geografica nazionale con matrice di traffico any-to-any (GARR-X) la rigenerazione on-demand può generare problemi in fase di provisioning (lentezza, complessità, interventi on-site anche nei siti di transito, ecc.)

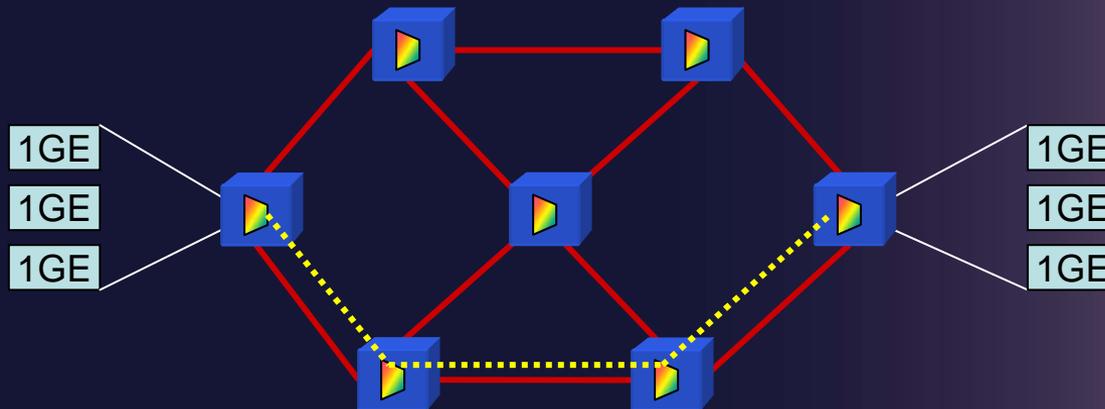
- Input:
  - Matrice di traffico
  - Topologia della rete ottica
  - Parametri della fibra
  - Margini
- Output:
  - Tipologia e dimensionamento dei nodi ottici
  - Posizionamento e dimensionamento amplificatori
  - Posizionamento e dimensionamento moduli di dispersione cromatica (DCM)
  - Posizionamento dei siti di rigenerazione 3R
  - Margini residui

- Manuale:
  - E' un lavoro molto complesso che richiede profonda conoscenza dei fenomeni ottici e della tecnologia
- Automatico:
  - Utilizza tool di simulazione.
  - Maggiori margini rispetto al metodo manuale ma e' molto piu' rapido e non richiede competenze eccessivamente spinte



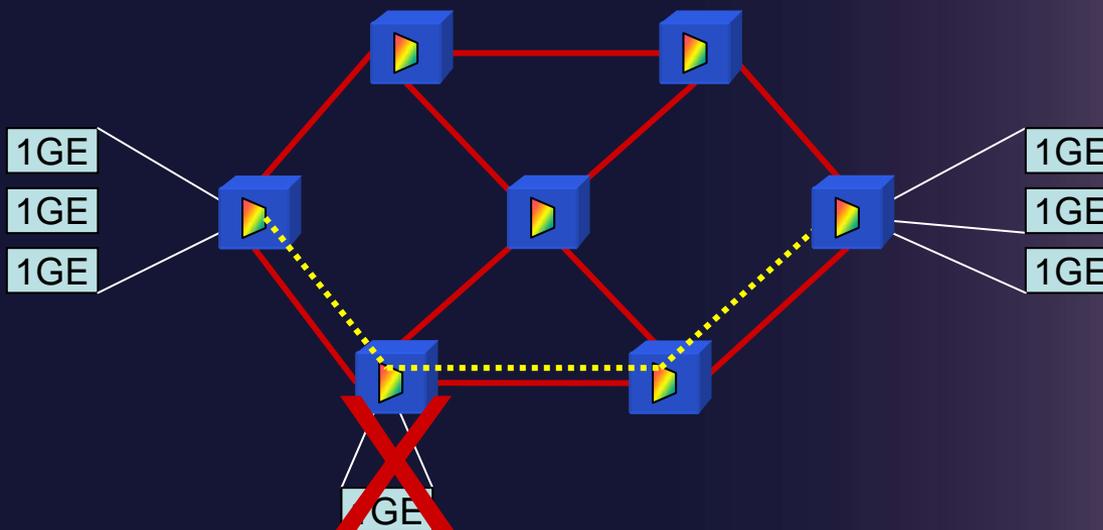
Domanda: Posso utilizzare una lunghezza d'onda modulata a 10Gbps per trasportare piu' segnali a frequenza inferiore?

Risposta: Si. Posso utilizzare i muxponder



Domanda: Posso utilizzare una lunghezza d'onda modulata a 10Gbps per trasportare piu' segnali a frequenza inferiore ed intercettarne parte lungo il percorso?

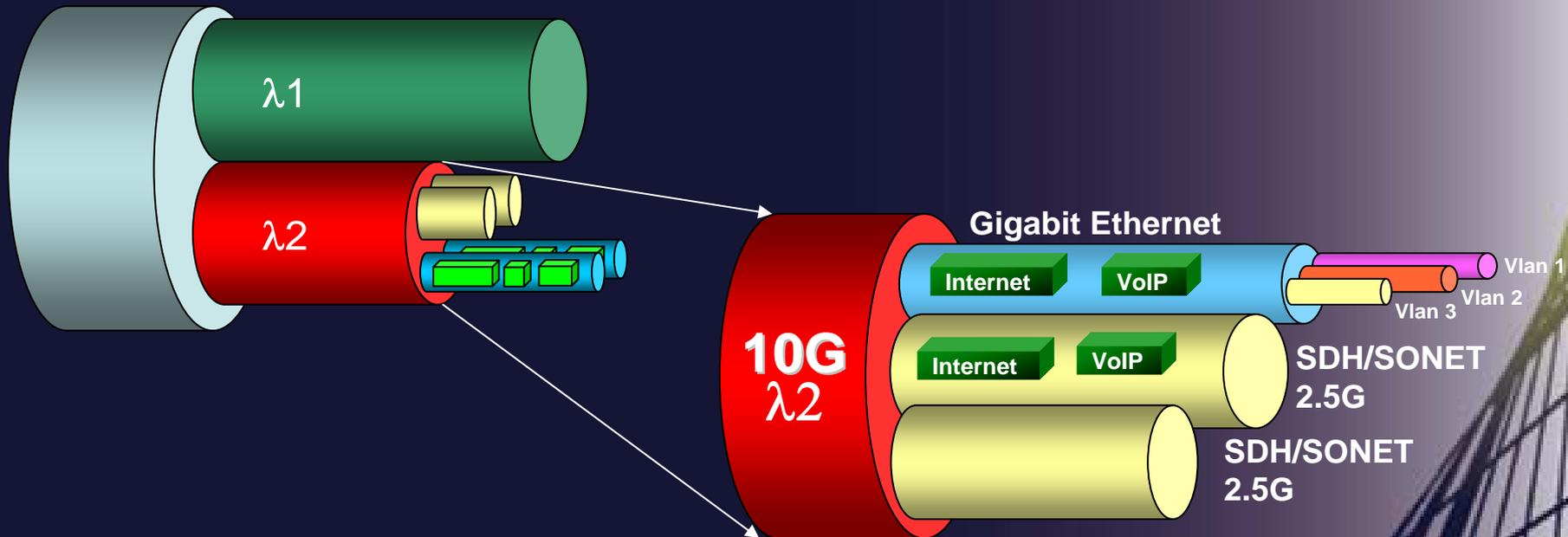
Risposta: No. il solo strato ottico non e' sufficiente



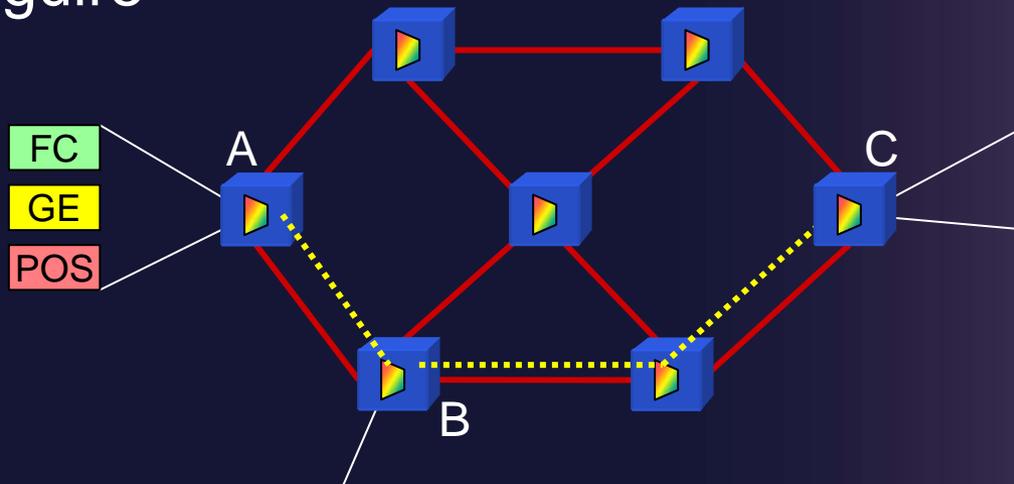
Sul piano ottico si opera una moltiplicazione di frequenza. E' possibile fare switching ma l'entità minima "switchabile" e' la lambda.

E' possibile strutturare le lambda in modo complesso ma lungo il percorso non e' possibile accedere a parte del contenuto della lambda.

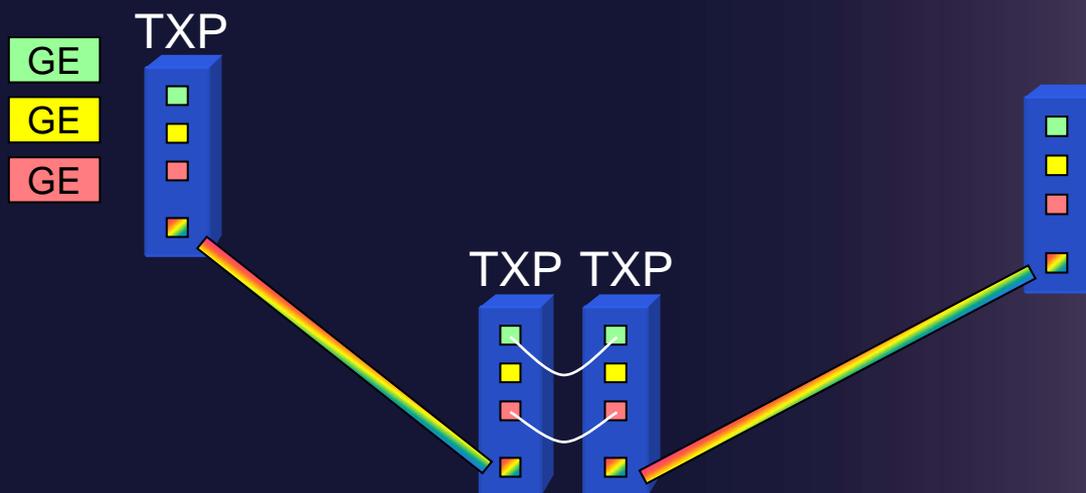
Le lambda sono entità punto-punto e per accedere al loro contenuto bisogna terminarle.



- Se ho pochi punti dove spillare segnali client trasportati in una lambda e soprattutto sono statici posso terminare la lambda in ciascun punto intermedio e rigenerarla reinserendo solo la parte del segnale che deve proseguire



- Per ciascun punto dove spillare parte del contenuto informativo trasportato da una lambda occorre una coppia di transponder ed una coppia di bretelle ottiche per ciascun client che prosegue il suo cammino.



Pro:

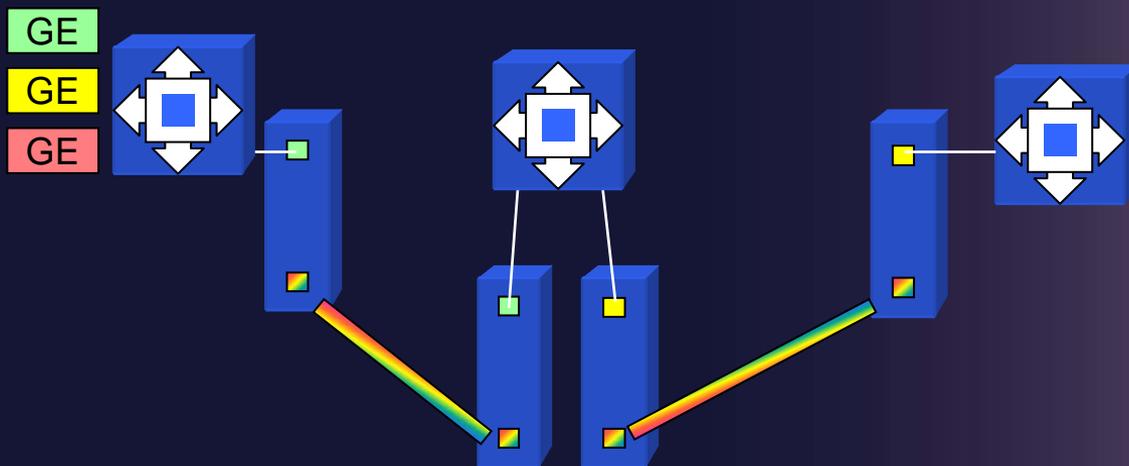
- Rigenerazione 3R ad ogni nodo (nessun problema di budget ottico)

Contro:

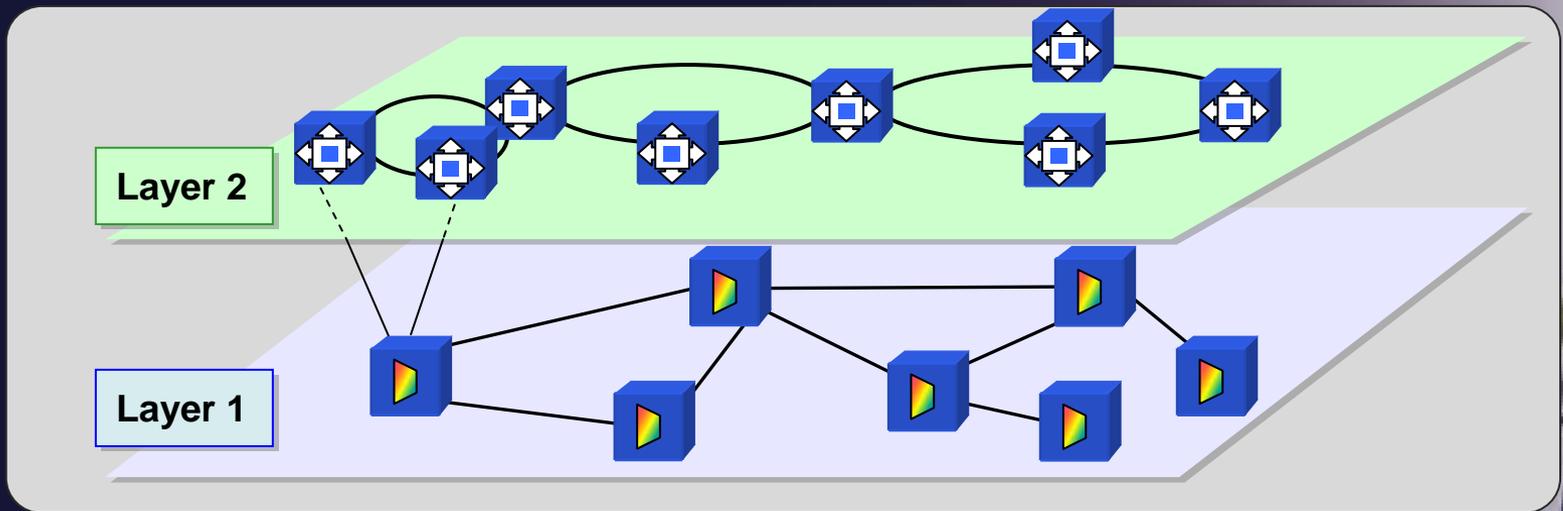
- Sistema rigido
- Provisioning di nuovi circuiti complesso

I sistemi ottici WDM sono in grado di fornire uno strato flessibile di trasporto di segnali con bit rate pari a quello di una lambda. Non e' possibile accedere al contenuto informativo di una lambda in siti intermedi.

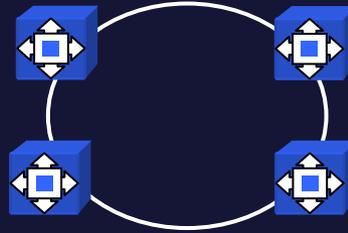
Si introduce lo strato TDM per poter accedere in maniera flessibile a parte del contenuto informativo trasportato da una lambda.



- L'introduzione del TDM richiede una migliore identificazione della matrice di traffico e della tipologia di servizi trasmissivi che la rete deve erogare
- E' possibile realizzare piu' layer TDM sulla stessa rete ottica WDM utilizzando lambda diverse
- La topologia dello strato TDM puo' essere differente dalla topologia dello strato WDM
- Generalmente si suddividono i servizi per layer (es. <10Gbps su TDM >=10Gbps su WDM)

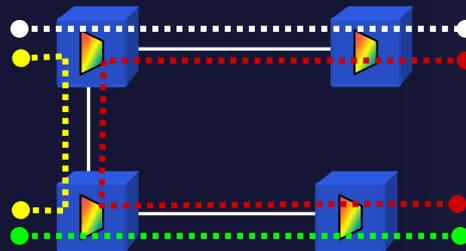


Se bisogna realizzare una rete TDM con questa topologia

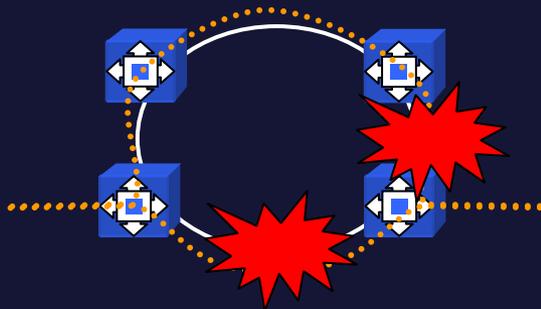


...e si dispone di fibra e sistemi WDM con questa topologia

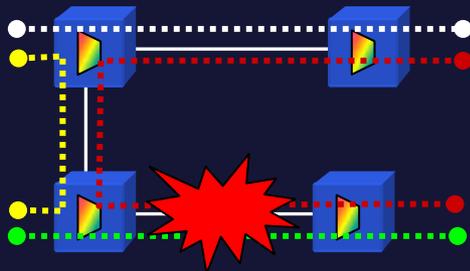
...e' possibile



Bisogna fare attenzione alle interazioni fra i vari livelli della rete  
Se si pensa solo al piano TDM:



Sul piano WDM:

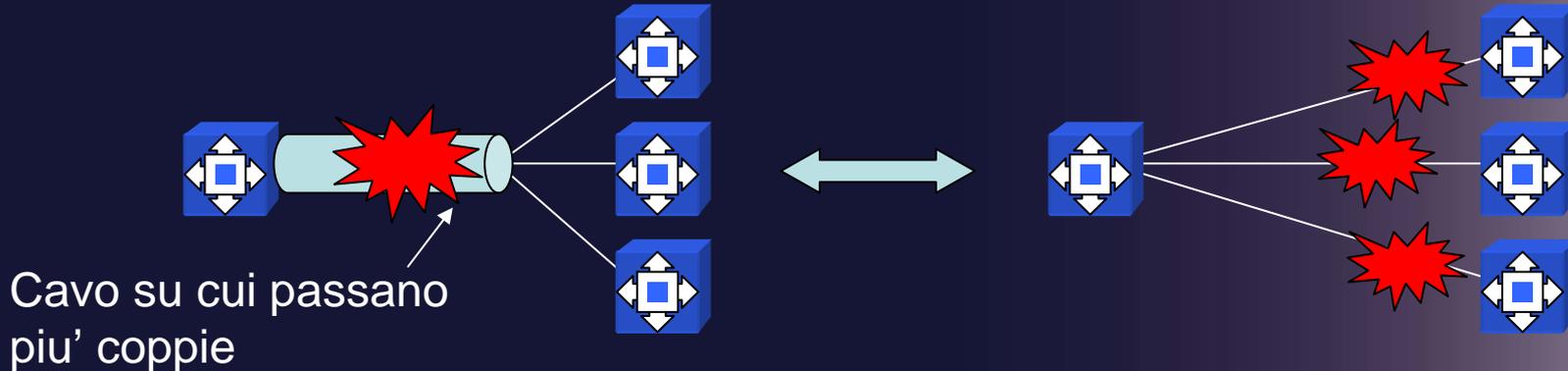


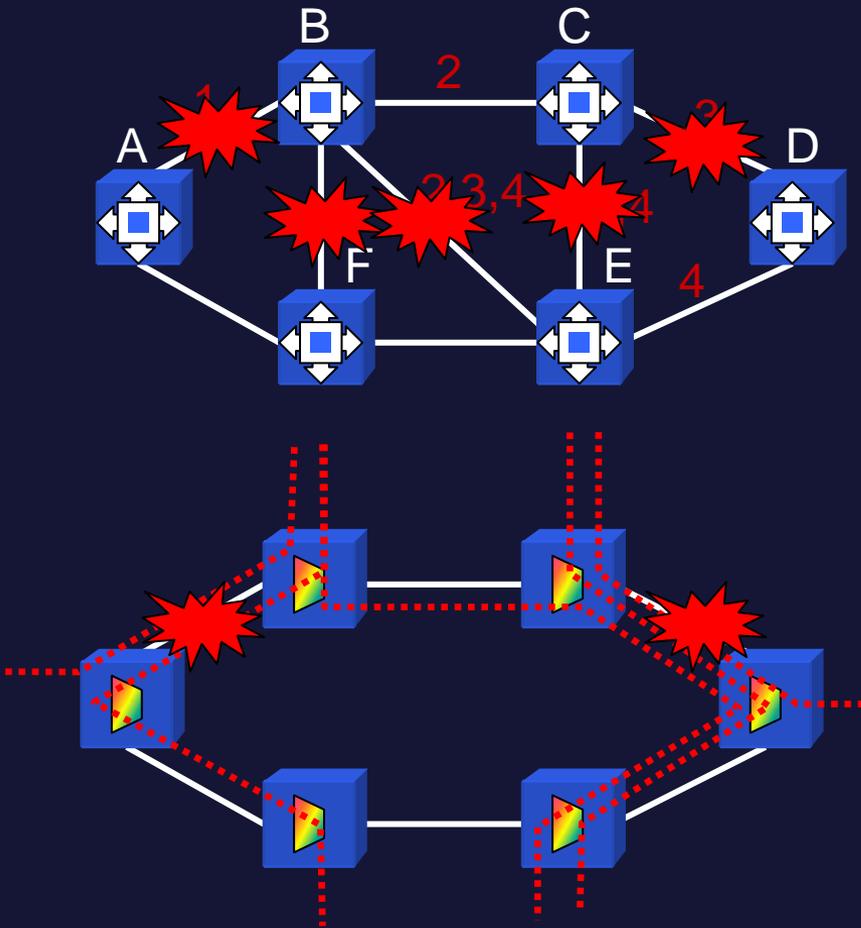
L'interazione fra i vari livelli (es. IP/MPLS e livello ottico) di una rete multilivello oggi viene gestita utilizzando sempre più spesso la tecnologia *Generalized Multiprotocol Label Switching* (GMPLS).

Es.:

L'esigenza che nasce è quella di informare un livello della rete su come scegliere i path in modo da renderli fra di loro disgiunti e quindi adeguati a creare le condizioni per la protezione.

Un SRLG è un gruppo di collegamenti che condividono una stessa risorsa trasmissiva





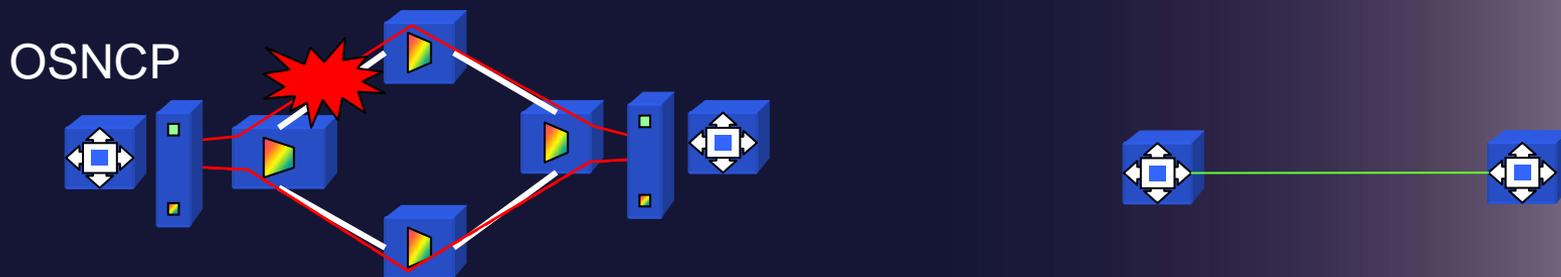
SRLG1 = {AB,BF}  
 SRLG2 = {BC,BE}  
 SRLG3 = {CD,CE,BE}  
 SRLG4 = {CE,DE,BE}

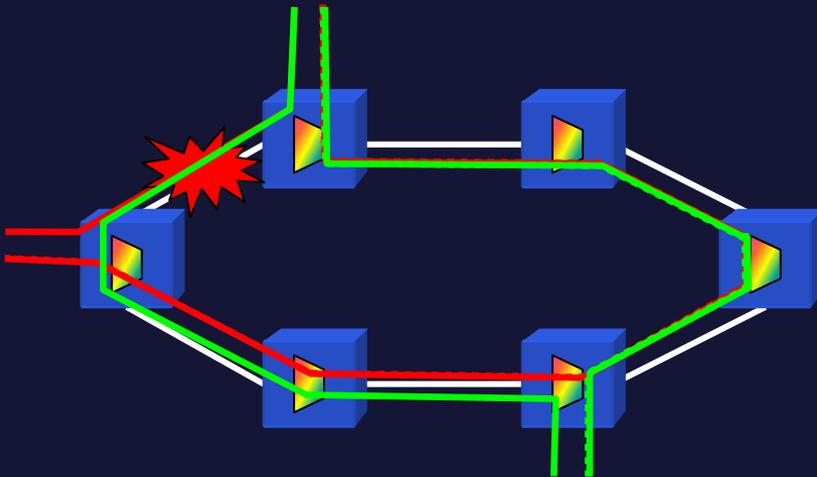
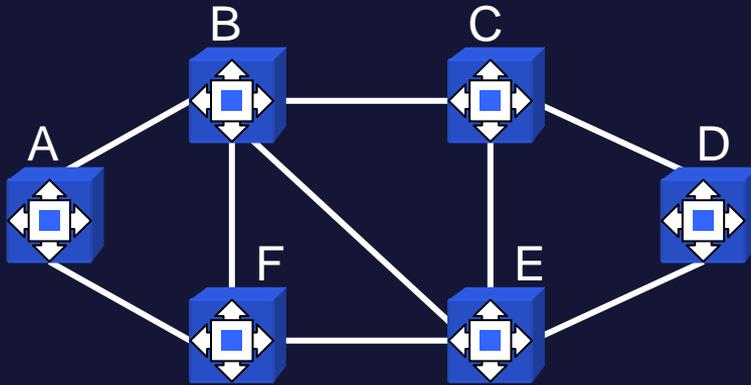
In una rete multilivello ben disegnata e' possibile implemetare meccanismi di protezione ad uno o piu' livelli della rete.

Ad oggi le protezioni non sono correlate (Es. la protezione di anello SDH non e' correlata alla protezione OSNCP del livello WDM – La protezione offerta dal layer IP non e' correlata alla protezione di anello del layer SDH, ecc.)

A ciascun livello della rete e' possibile identificare dei No Risk Link (NRL)

Un NRL e' un collegamento che risulta protetto da un livello di rete inferiore





NRL1 = AB

NRL2 = BE

...

E' possibile disegnare la topologia dei servizi in modo che in presenza di un fault la rete continui ad erogare i servizi anche se non tutti i servizi sono singolarmente protetti.

Pro:

maggiore banda disponibile in condizioni di normale funzionamento

Contro:

bisogna analizzare bene gli SRLG per evitare che un singolo fault causi la perdita completa delle funzionalità della rete

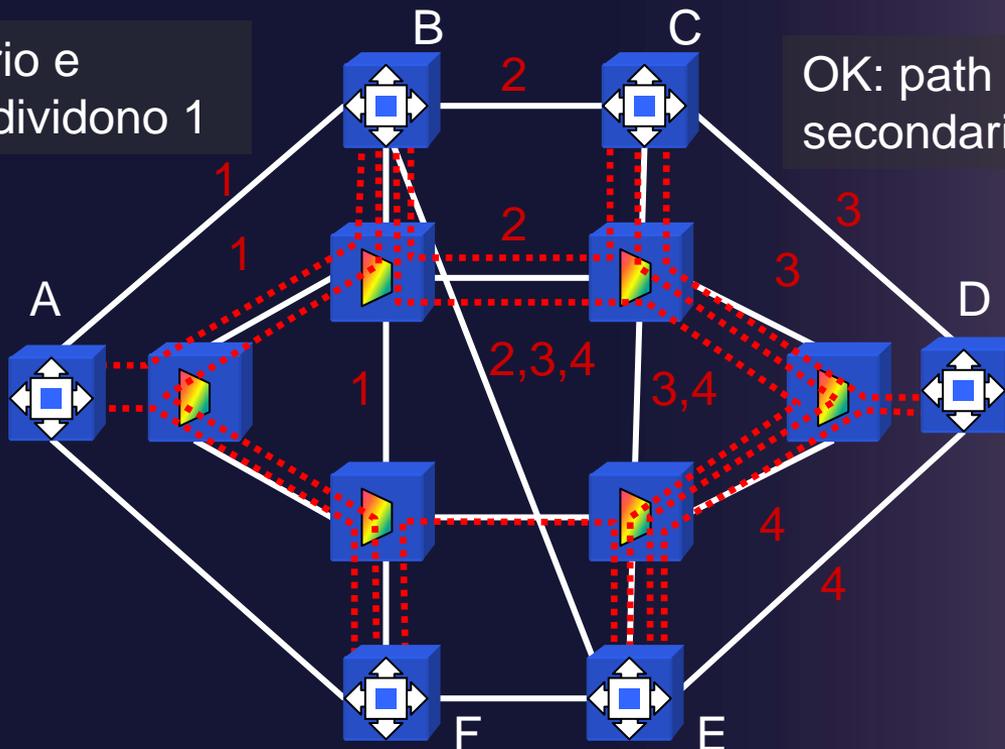
Ad esempio un servizio 1GE da B ad F protetto può essere configurato in molti modi  
Non tutti garantiscono la disponibilità del servizio a fronte di un guasto:

Es1:  
Path primario: BA-AF  
Path secondario: BF

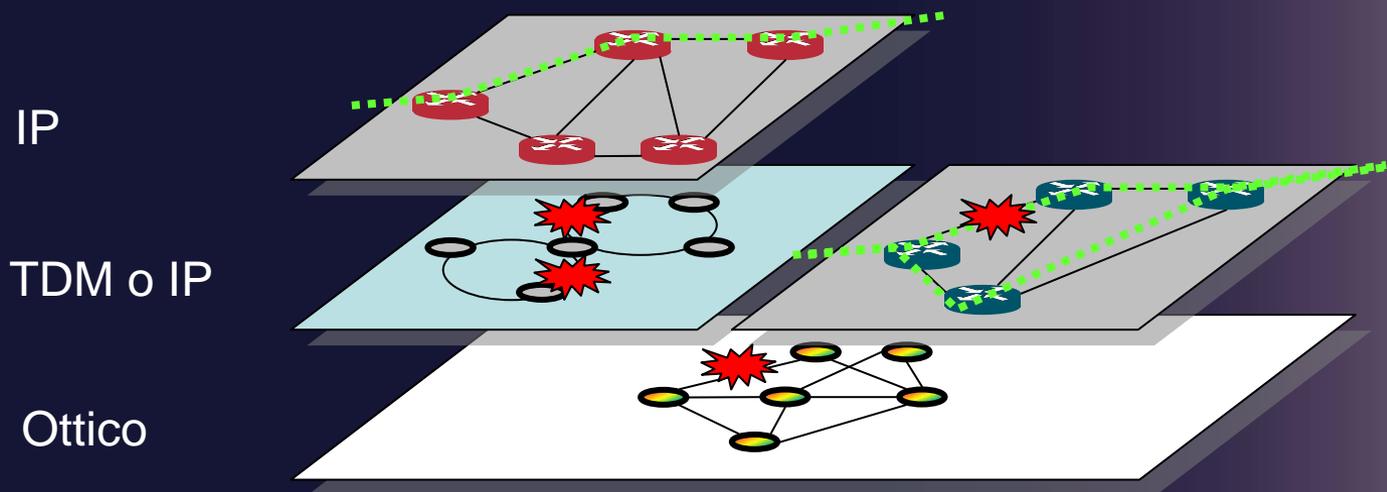
Es2:  
Path primario: BA-AF  
Path secondario: BE-EF

KO: path primario e secondario condividono 1

OK: path primario e secondario sono non correlati



- Esistono meccanismi di protezione ad ogni livello della rete.
- Bisogna scegliere bene a quale (o quali) livelli attivare la protezione
- La protezione attiva su piu' livelli puo' generare condizioni di mancato o ritardato ripristino



Le regole d'oro:

- pensare la rete in modo da avere piu' vie possibili ed incorrelate per i servizi di ciascun livello
- conoscere bene le interazioni fra i vari livelli
- identificare con precisione a quale livello far intervenire la protezione

In una rete multilivello anche con pochi nodi e' facile perdere il controllo della correlazione fra i vari livelli della rete. Per questo oggi ci si affida sempre piu' spesso a meccanismi automatici per l'identificazione dei percorsi in rete (GMPLS)

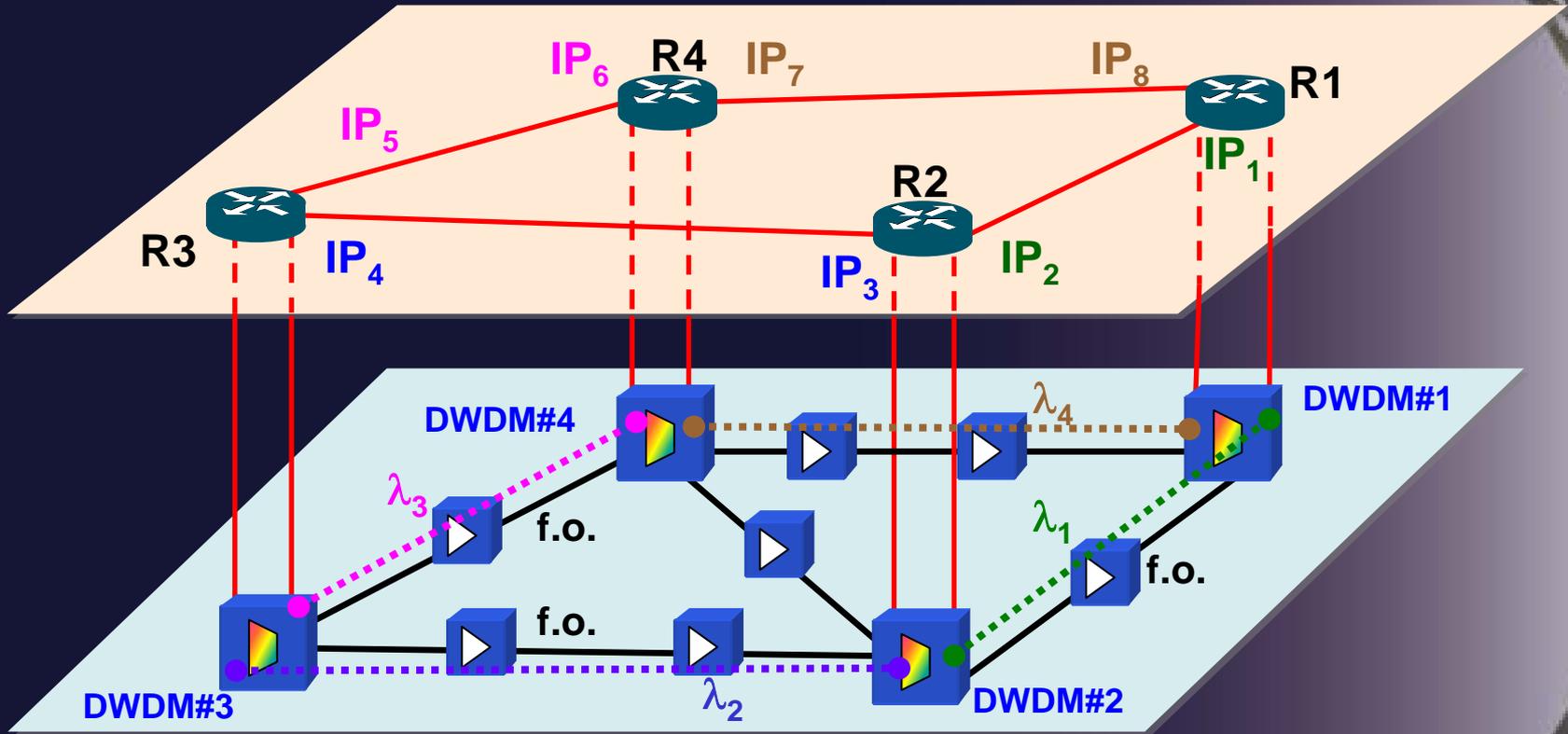
Topologia della rete f.o.  
Utilizzo del WDM  
Utilizzo del TDM

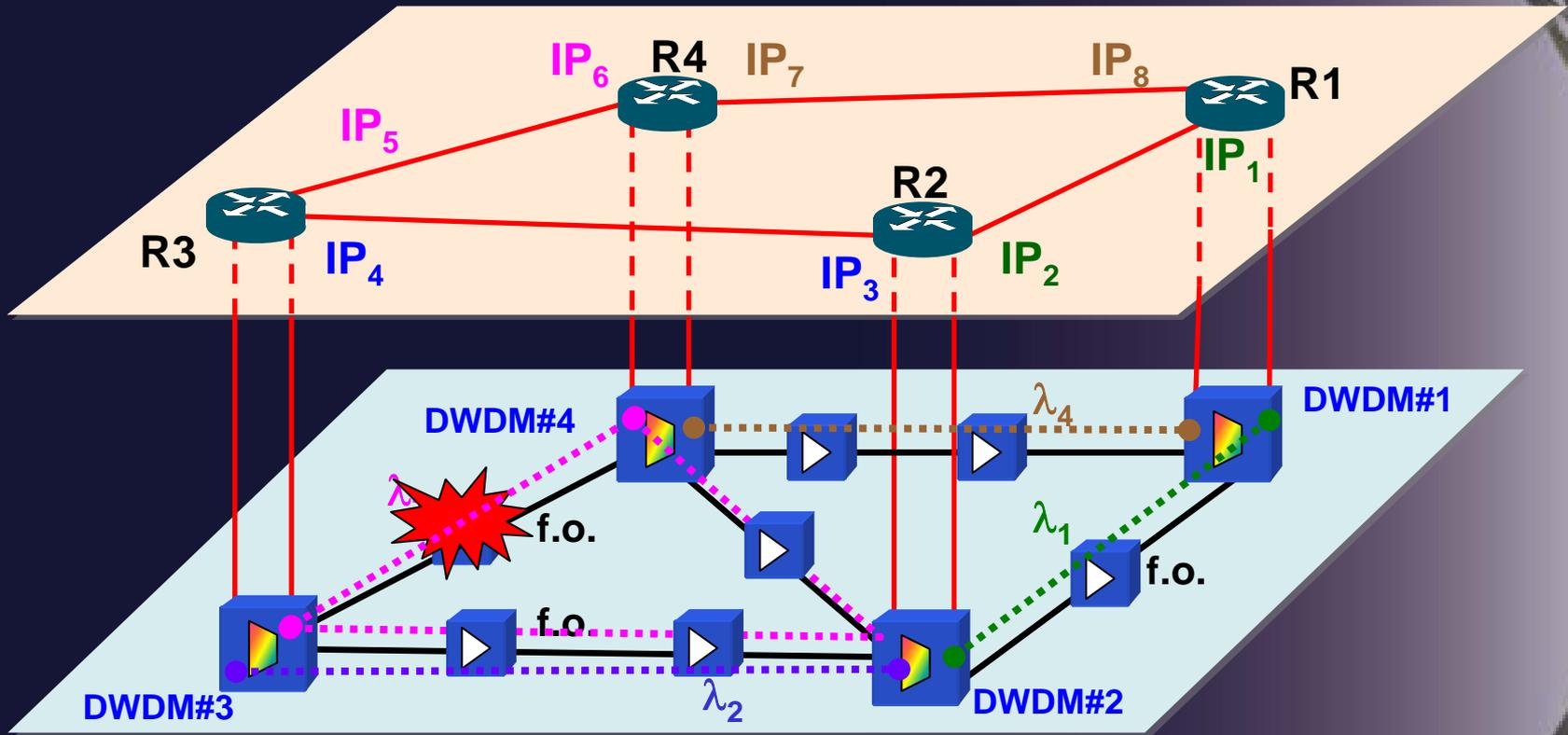


Topologia della rete IP  
Protezione rete IP  
Dimensionamento rete IP



Regole per i servizi  
E2E  
Criteri di protezione dei  
servizi E2E



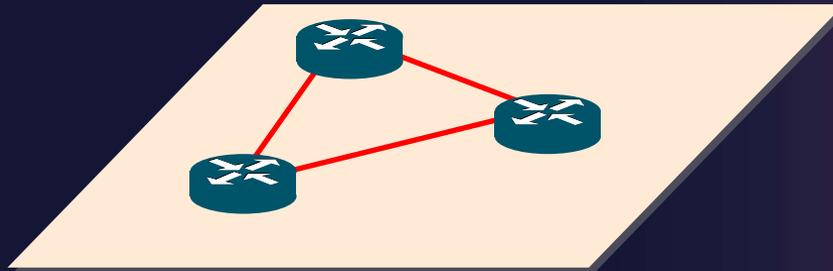


La rete IP dispone di efficaci meccanismi di routing in grado di sopperire al fault di un link.

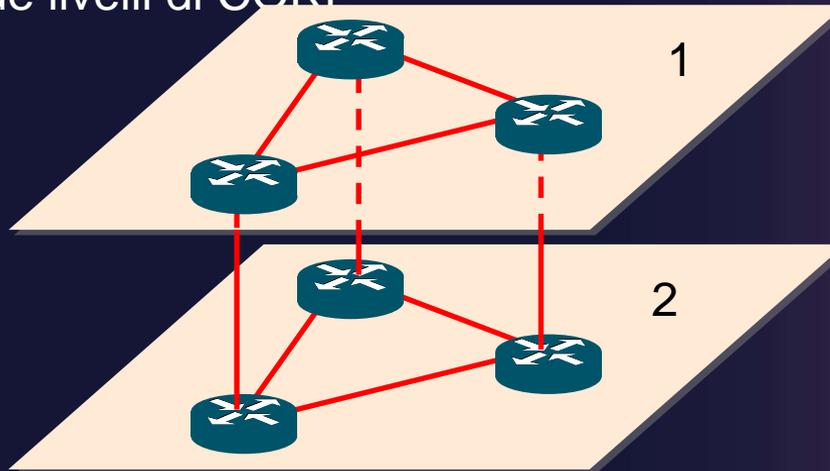
Se si effettua un planning attento dei servizi trasmissivi asserviti alla rete IP e' possibile aumentare la banda disponibile in condizione di normale funzionamento.

Bisogna studiare attentamente le interazioni fra lo strato ottico ed i link IP.

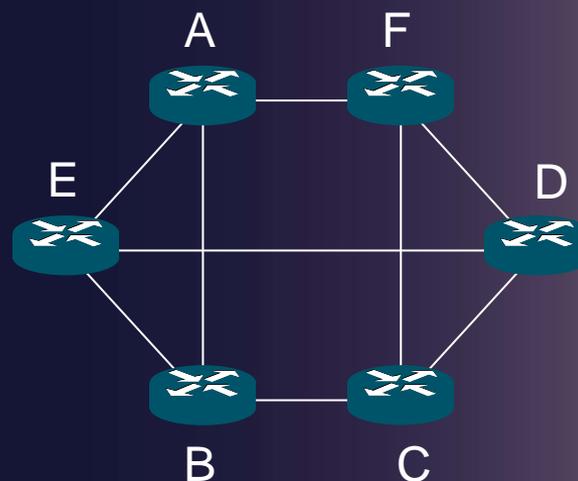
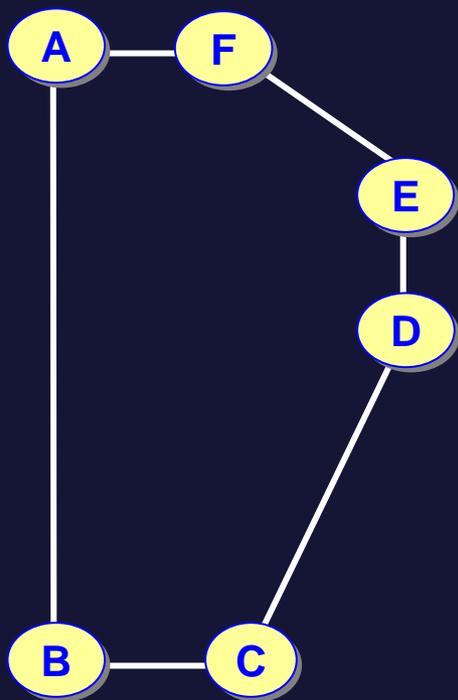
E' possibile realizzare un CORE a 3 nodi utilizzando NRL per interconnettere i router



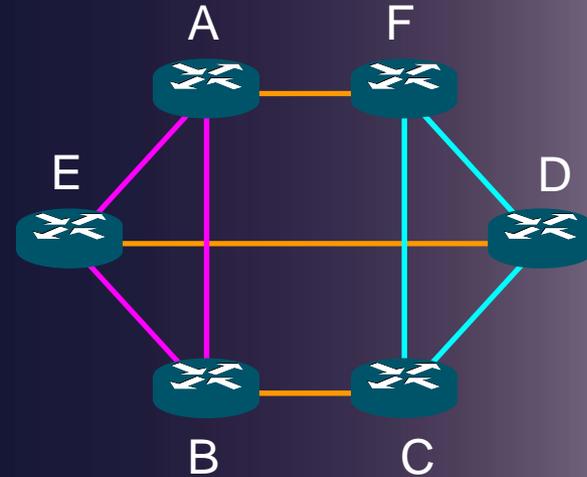
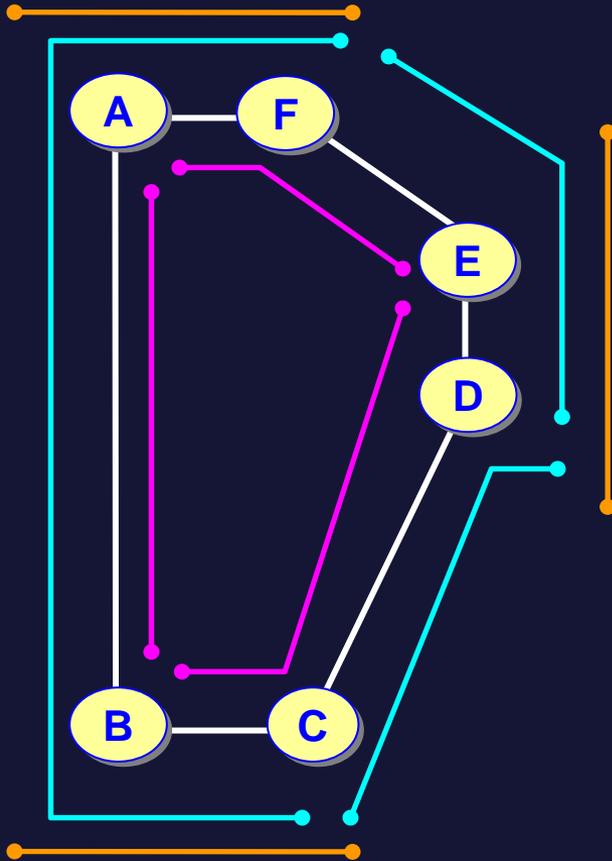
Oppure aumentare la banda utile in rete utilizzando link non protetti per interconnettere i router senza ridurre l'affidabilita' complessiva della rete realizzando due livelli di CORE

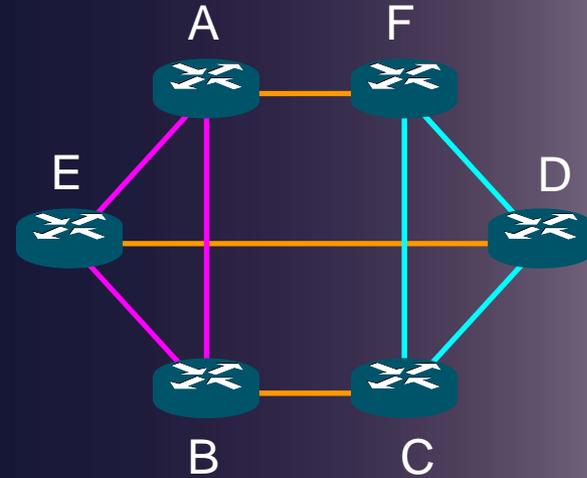
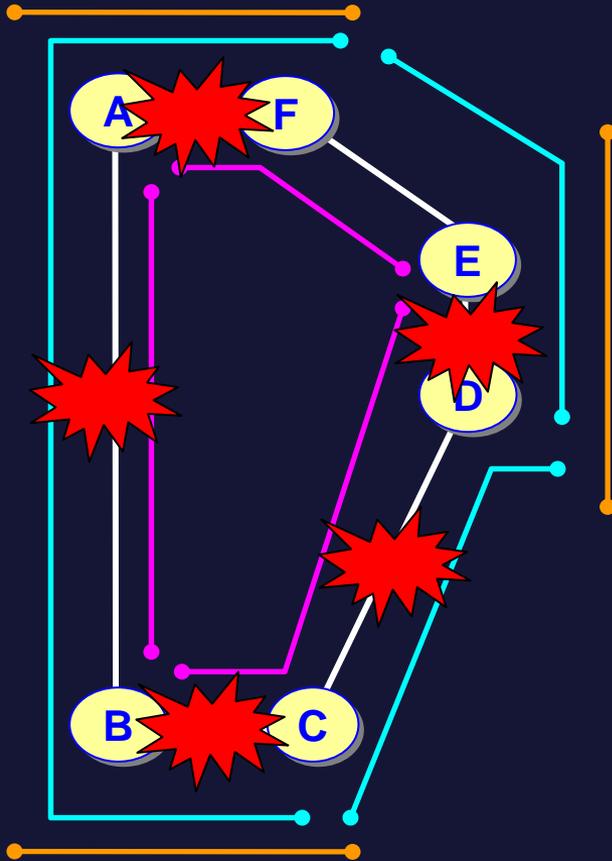


Una possibile topologia della fibra ottica per realizzare il CORE IP potrebbe essere:

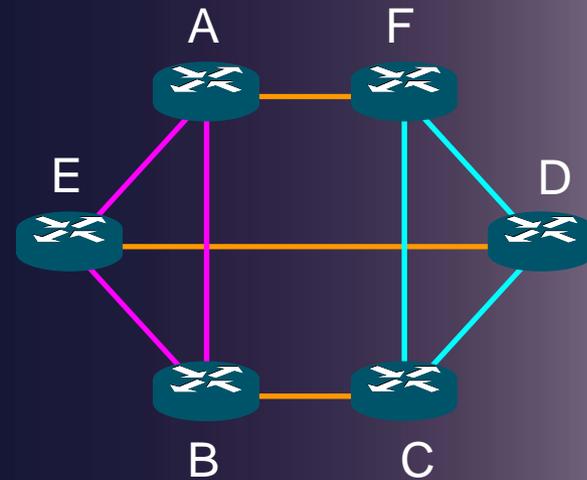
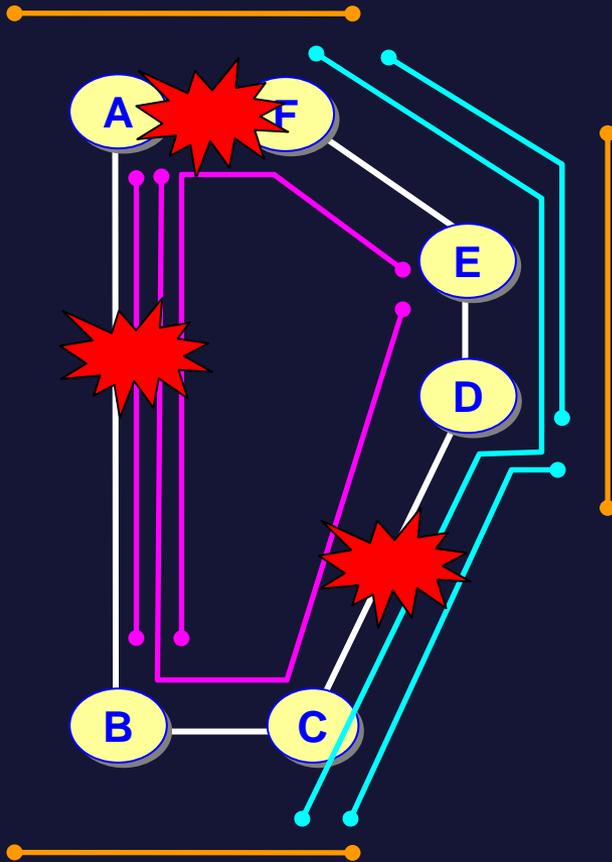


Una possibile allocazione dei link di core sulla infrastruttura trasmissiva può essere la seguente:





Una altra possibile allocazione dei link di core sulla infrastruttura trasmissiva può essere la seguente:



Il problema di allocazione e routing dei servizi su una rete ottica e' molto complesso

Esistono differenti approcci al problema

Al crescere della complessita' della rete e della magliatura diventa molto complesso trovare il routing ideale.

Oltre al routing bisogna pensare anche alla possibilita' di reinstradare qualche servizio a fronte di major fault di una tratta.  
Due lambda uguali non possono viaggiare sulla stessa tratta.

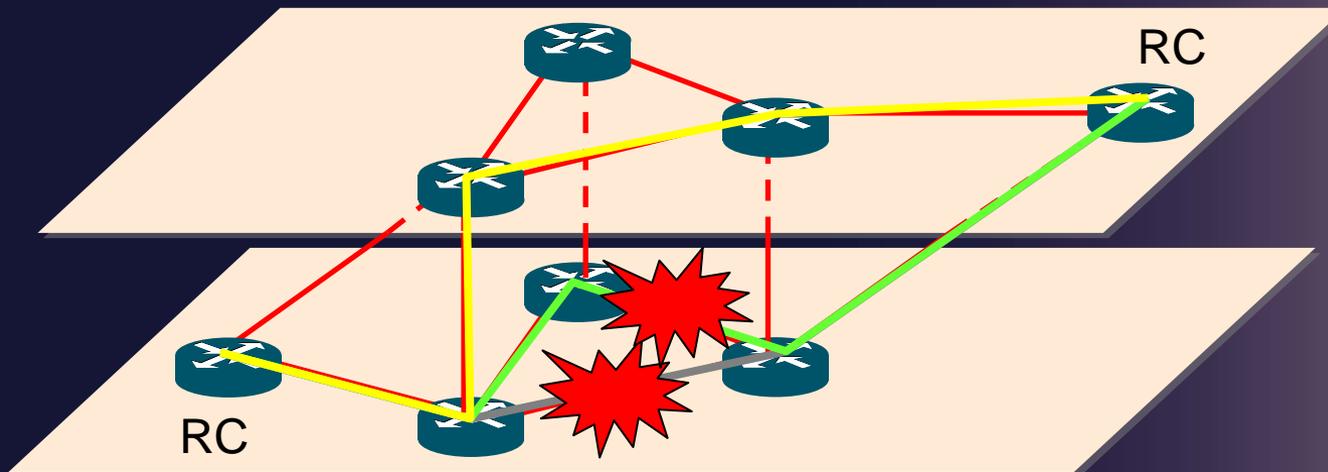
Il problema ha due aspetti:

- Routing
- Wavelength assignment

Per poter fornire il servizio di IP commodity la rete GARR-X utilizzerà un core IP a due livelli.

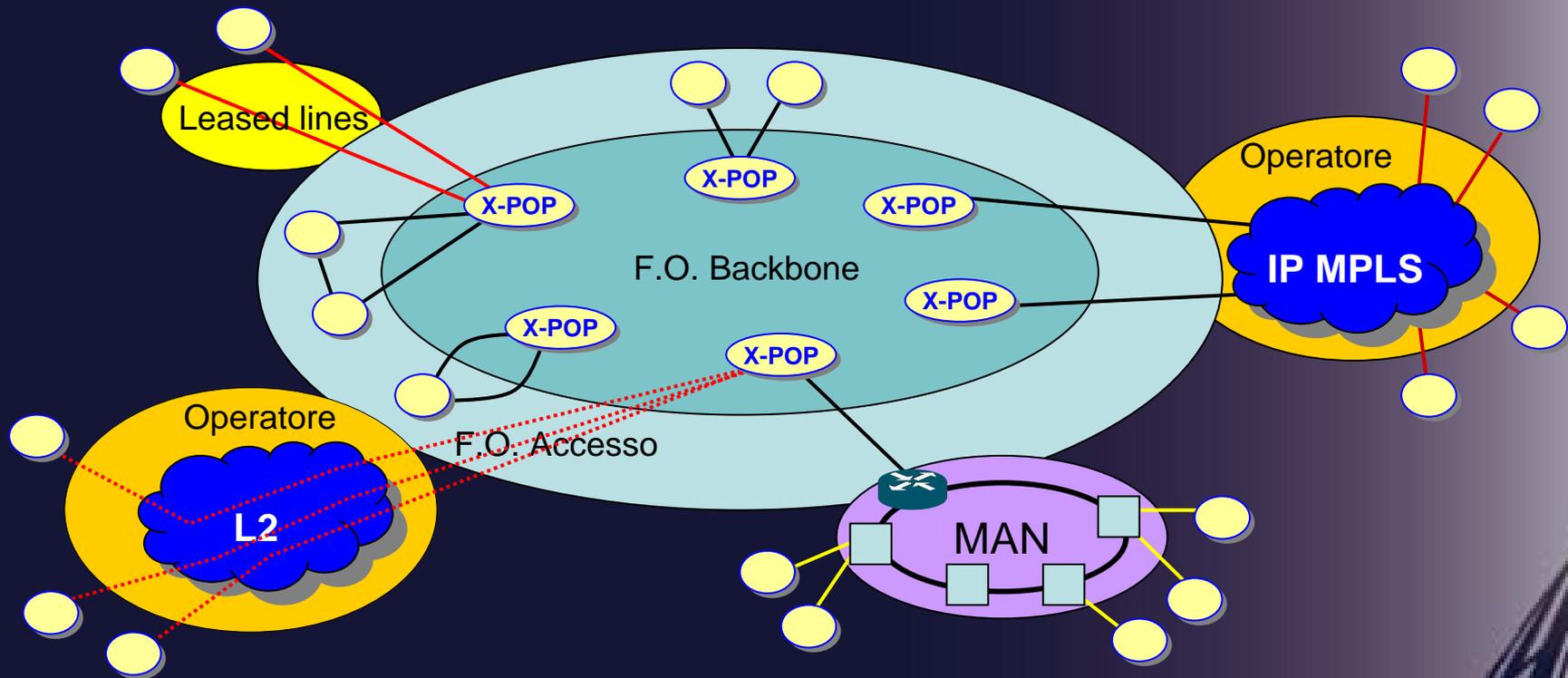
Ogni XPOP sarà connesso al Core in dual homing con una connessione su ciascun livello.

In questo modo senza ridurre l'affidabilità complessiva della rete si sfrutta l'opportunità di utilizzare circuiti non protetti duplicati ma incorrelati

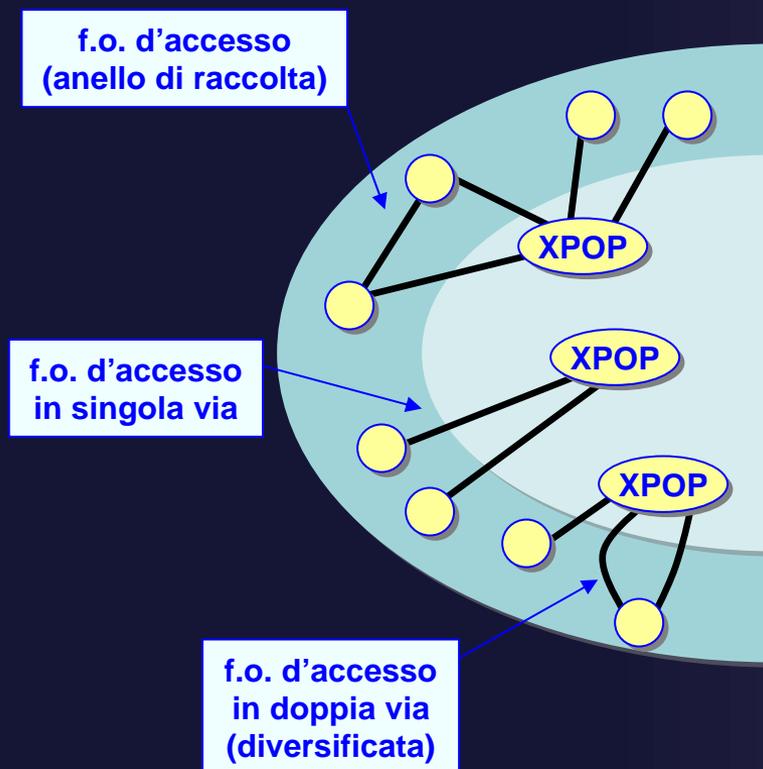


3 modalita' di connessione degli utilizzatori alla rete GARR-X:

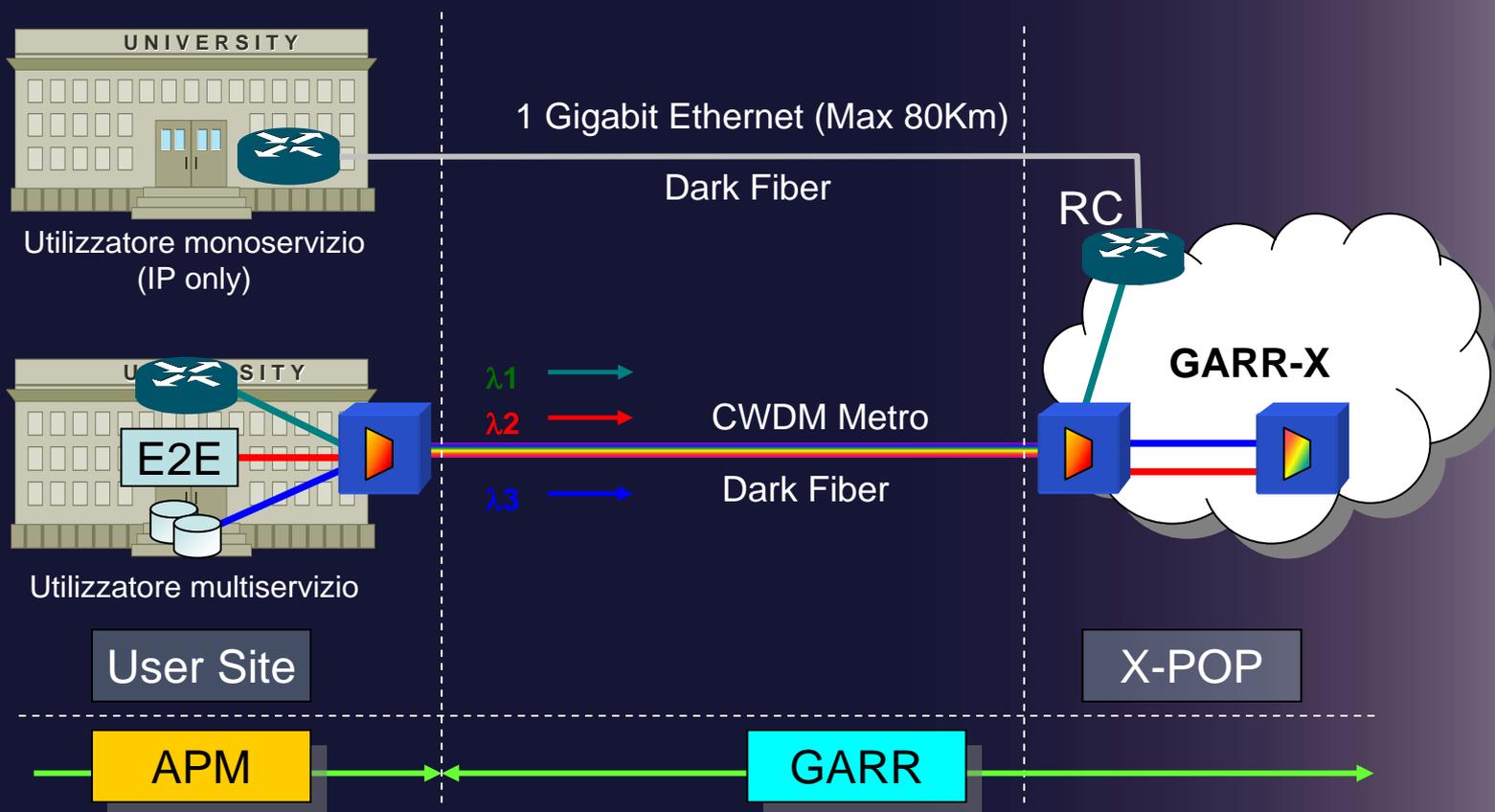
- ▶ Fibra Ottica fino all'X-POP
- ▶ Leased line acquisita da operatore
- ▶ Raccolta di traffico aggregato (grooming) mediante rete operatore



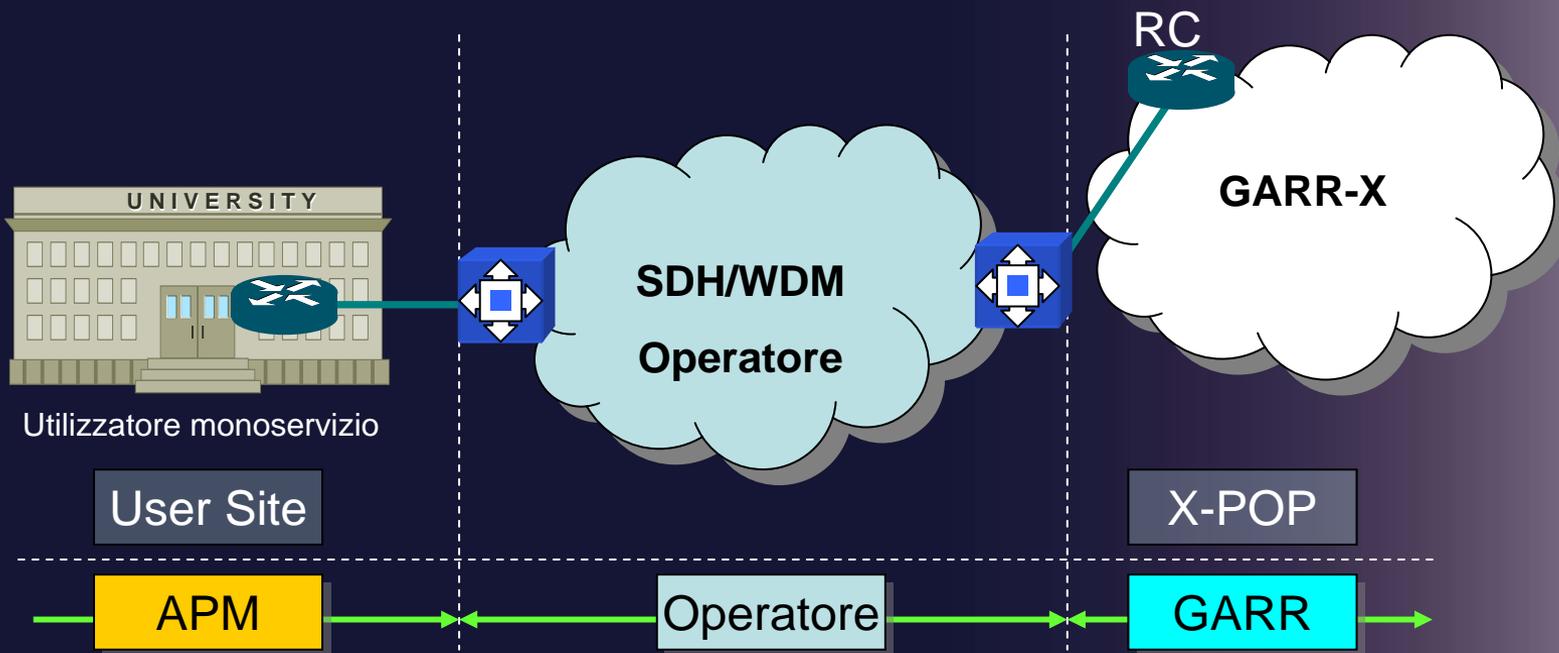
- ▶ Fibra Ottica fino all'X-POP
- ▶ Leased line acquisita da operatore
- ▶ Raccolta di traffico aggregato (grooming) mediante rete operatore



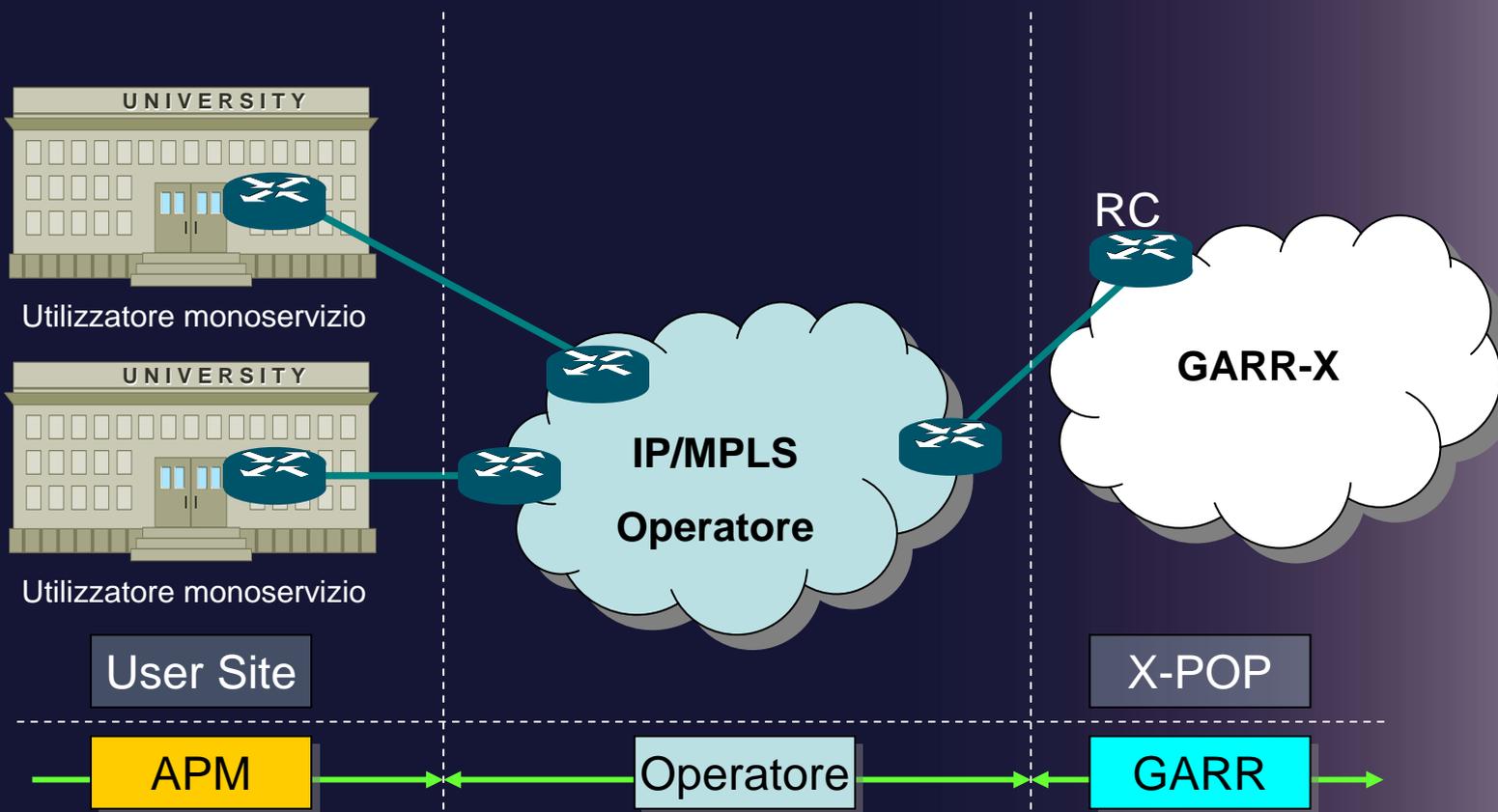
- ▶ Fibra Ottica fino all'X-POP
- ▶ Leased line acquisita da operatore
- ▶ Raccolta di traffico aggregato (grooming) mediante rete operatore

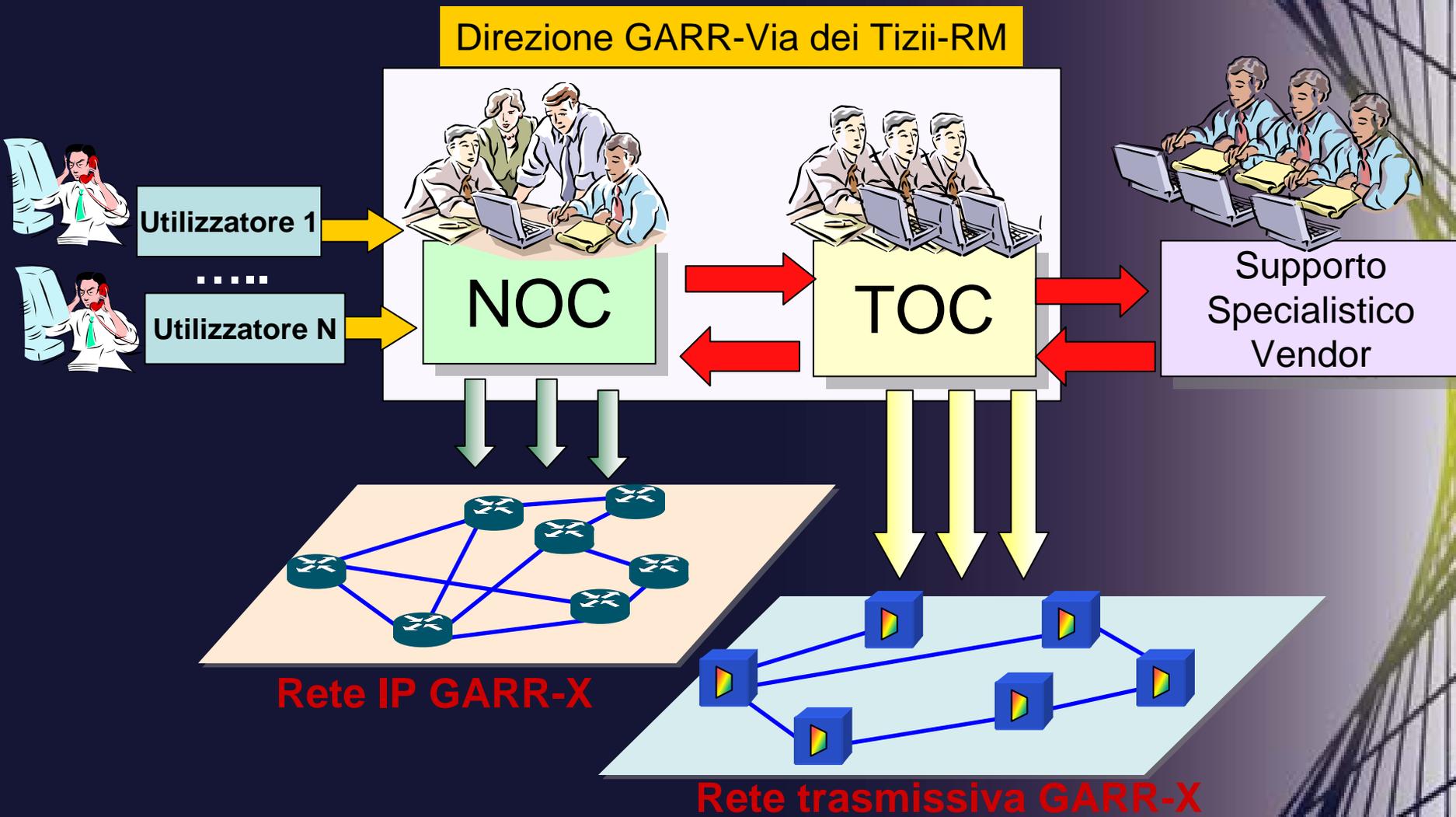


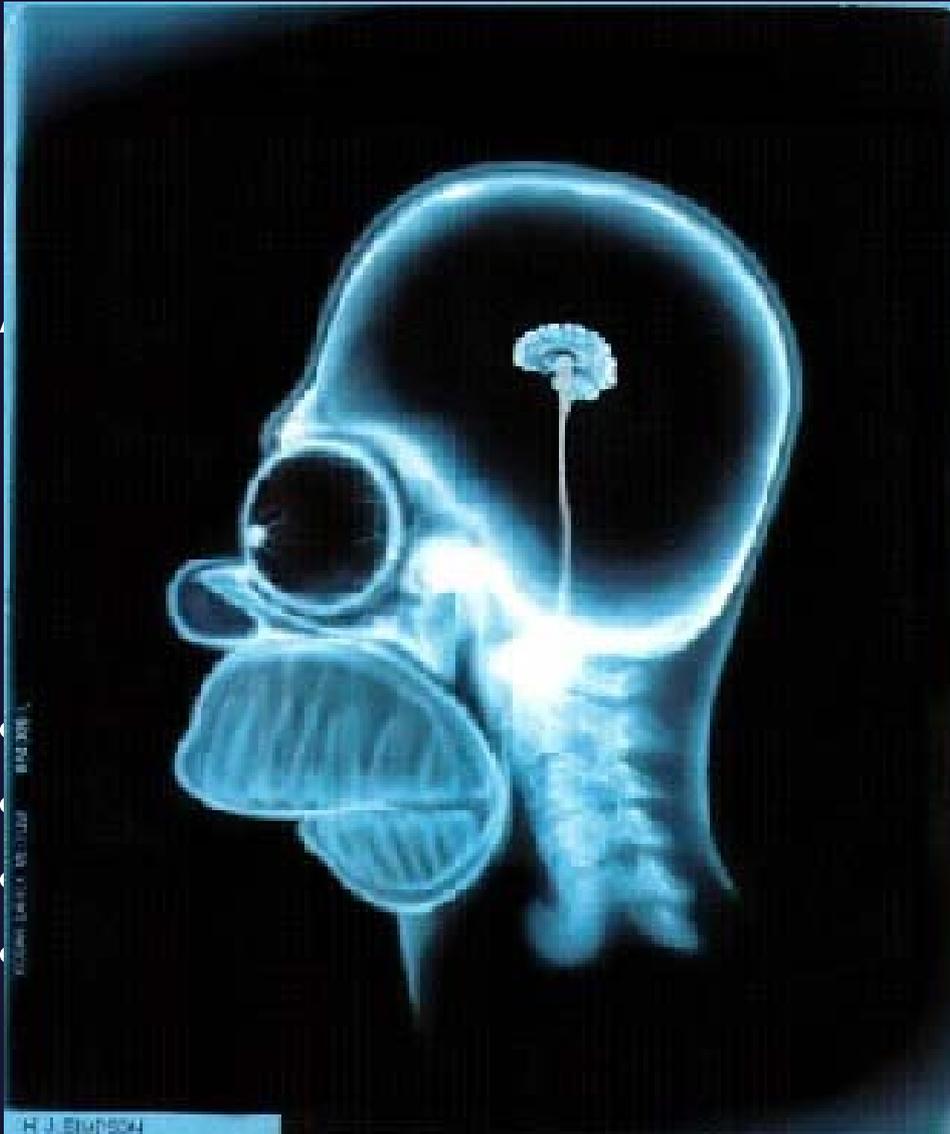
- ▶ Fibra Ottica fino all'X-POP
- ▶ Leased line acquisita da operatore
- ▶ Raccolta di traffico aggregato (grooming) mediante rete operatore

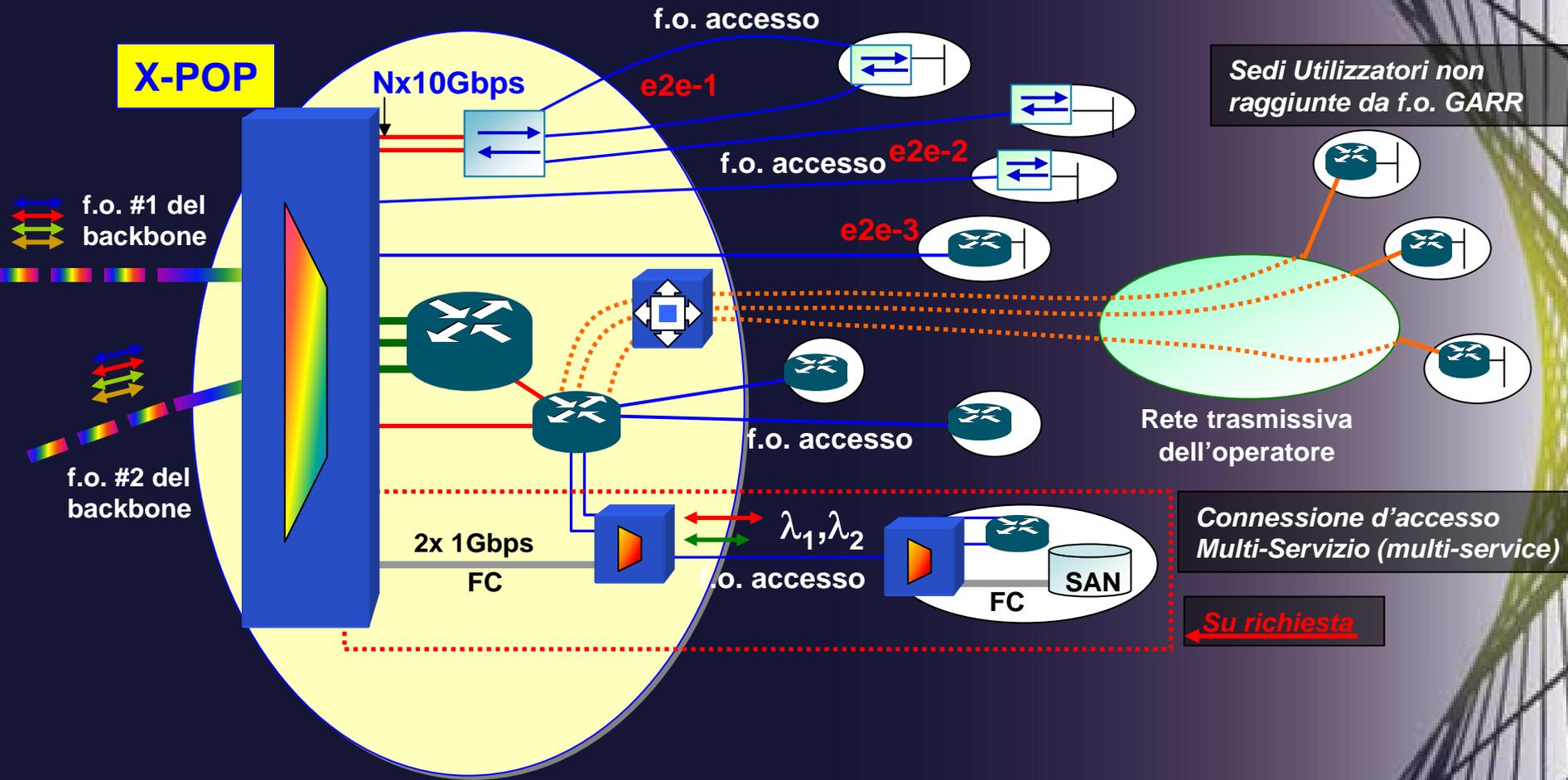


- ▶ Fibra Ottica fino all'X-POP
- ▶ Leased line acquisita da operatore
- ▶ Raccolta di traffico aggregato (grooming) mediante rete operatore









Cestelli WDM

Cestelli TDM

Armadi ETSI o 19" (EIA 310-D, IEC 60297, ...)

Alimentazione -48Vdc

Numero cestelli WDM cambia in ragione del numero di vie e degli add/drop

Numero cestelli TDM molto contenuto (1 o 2)

Richieste almeno 2 alimentazioni a -48Vdc indipendenti e protette da batterie

Cablaggio tramite ODF

Router IP di core

Router IP di concentrazione

Switch dell'X-POP

Armadi 19" (EIA 310-D, IEC 60297, ...)

Alimentazione -48Vdc o 220Vac

Cablaggio tramite ODF

Cablaggio tramite DDF

Router di DCN

Router di DCN (backup)

Terminal Server / consolle  
switch

Armadi 19" (EIA 310-D, IEC  
60297, ...)

Alimentazione -48Vdc o  
220Vac

Cablaggio tramite DDF

Sonde di monitoring

Server direttamente connessi ai PoP

Armadi 19" (EIA 310-D, IEC 60297, ...)

Alimentazione 220Vac

Cablaggio tramite ODF

Cablaggio tramite DDF

Maggiore controllo della rete

Maggiore banda disponibile

Possibilita' di fornire servizi E2E



???