



# Une approche différente pour accéder aux très hauts débits dans les NREN

Emilie Camisard – GIP RENATER





# Plan

- Caractéristiques physiques d'une liaison optique
- Installation des fibres
- Gestion des longueurs d'onde
- Architectures de NREN
- Fibre noire dans RENATER-4





# Terminologie

- NREN : National Research and Educational Network
- FON (Fibre Optique Noire) : paires de fibres optiques louées. C'est au locataire de la fibre de l'activer.
- Shelter : petit local de ré-amplification en ligne





# Choix d'une topologie

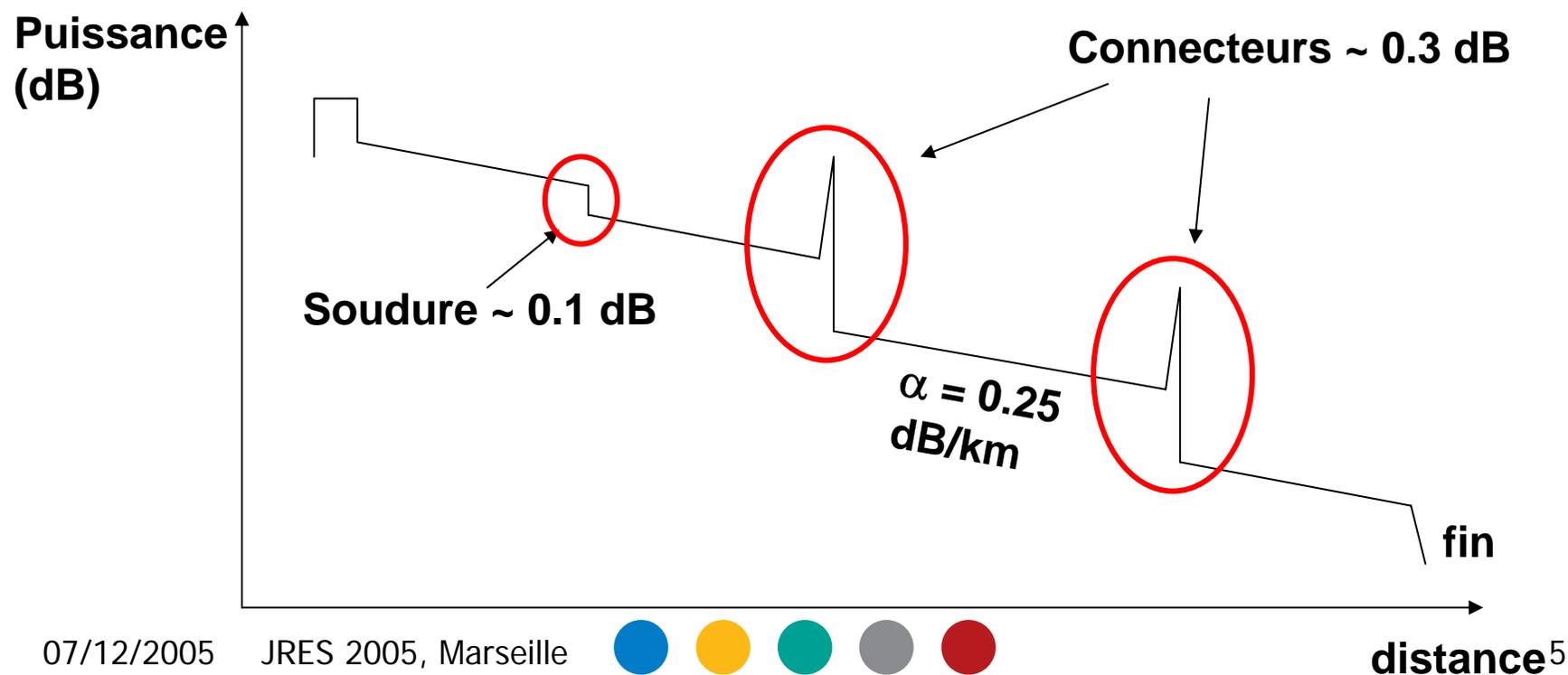
- Le design d'un réseau optique est réalisé en fonction :
  - Des propriétés physiques des liens
  - Du budget optique admissible par les équipements
  - De la politique de gestion des longueurs d'onde





# Facteurs limitant la transmission 1/2

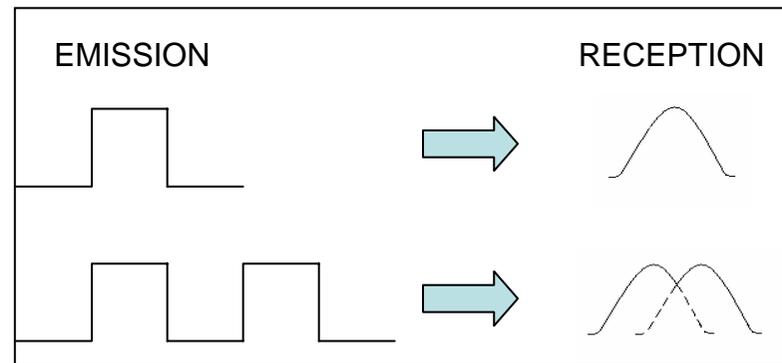
- **Affaiblissement linéique**
  - Se mesure par réflectométrie avec un OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)





# Facteurs limitant la transmission 2/2

- Interférences: à considérer à partir de 10 Gbit/s.
- Phénomènes de dispersion:



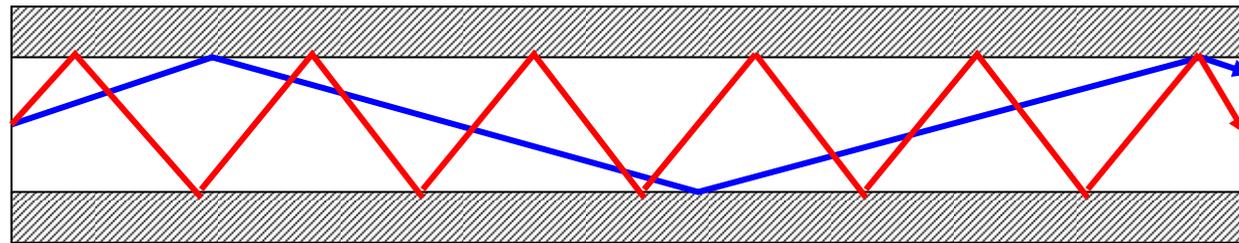
- Dispersion modale
- Dispersion chromatique
- Dispersion de mode de polarisation





# Dispersion 1/3

- Dispersion modale :
  - La distance parcourue par la lumière dans une fibre dépend du mode utilisé.



- Phénomène prépondérant dans les transmissions multimodes.



## Dispersion 2/3

- Dispersion chromatique :
  - La vitesse d'un photon injecté dans une fibre dépend de sa longueur d'onde.



- Conséquence : élargissement des canaux lumineux. 17 ps/nm/km sur de la fibre monomode classique.
- Phénomène à considérer lors de transmissions monomodes.



# Dispersion 3/3

- Dispersion de mode de polarisation (PMD) :
  - Provoquée par les propriétés physiques de la fibre: température, âge, contraintes mécaniques...
  - Phénomène aléatoire, difficile à prévoir, qu'il faut étudier lors de transmissions haut débit (> ou égal à 10 Gbit/s).
  - A vérifier lors de la livraison des FON, régulièrement durant la vie du réseau, à chaque planification d'augmentation de la bande passante.





# Assurer la qualité du signal

- Opérations à effectuer régulièrement sur un lien optique de WAN :
  - Ré-amplification optique: amplification de tous les signaux lumineux circulant dans une fibre, tous les 80 à 130 km.
  - Compensation de la dispersion chromatique.
  - Nécessité d'éliminer périodiquement les bruits accumulés et amplifiés.
  - Régénération : conversion électrique puis de nouveau optique d'un signal lumineux, afin de lui ôter tout bruit.





# Fibres utilisées dans les NREN

- G.652 (Non-Dispersion Shifted Fibre) : fibre monomode classique, la plus répandue. Optimisée pour des transmissions LAN à 1310 nm, mais également bons résultats à 1550 nm dans les WAN.
- G.654 (1550-nm Loss-Minimized Fibre) : fibre adaptée aux transmissions sous-marines, dans la fenêtre 1500 – 1600 nm. Supporte des puissances lumineuses élevées (adaptation aux longues distances sans ré-amplification).
- G.655 (Non-Zero Dispersion Shifted Fibre) : adaptée aux réseaux WAN à très hauts débits (10 Gbit/s) et très étendus. Atténue les interférences provoquées par des débits élevés.





# Installation d'une liaison FON 1/2

- Un NREN peut :
  - Louer de la FON à court terme (choix pour RENATER-4)
  - En poser
  - Souscrire un IRU (Indefeasible Right of Use) : exclusivité de l'utilisation de la fibre durant une certaine période, tant que la fibre est physiquement disponible
- Connaissances juridiques nécessaires pour illuminer la fibre noire.





# Installation d'une liaison FON 2/2

- Tests pour validation des lignes : définis par des recommandations ITU-T et EIA/TIA.
  - Réflectométrie : mesures bidirectionnelles des affaiblissements des liens à 1310 et 1550 nm.
  - Mesure de PMD : ITU-T G.650.2
  - Mesures de dispersion chromatique, par décalage de phase : TIA FOTP-175
- Validation des équipements WDM :
  - Spectrométrie pour égaliser les puissances des différents canaux, mesure du rapport Signal-Bruit...  
Opérations faites en général en collaboration avec les équipementiers.

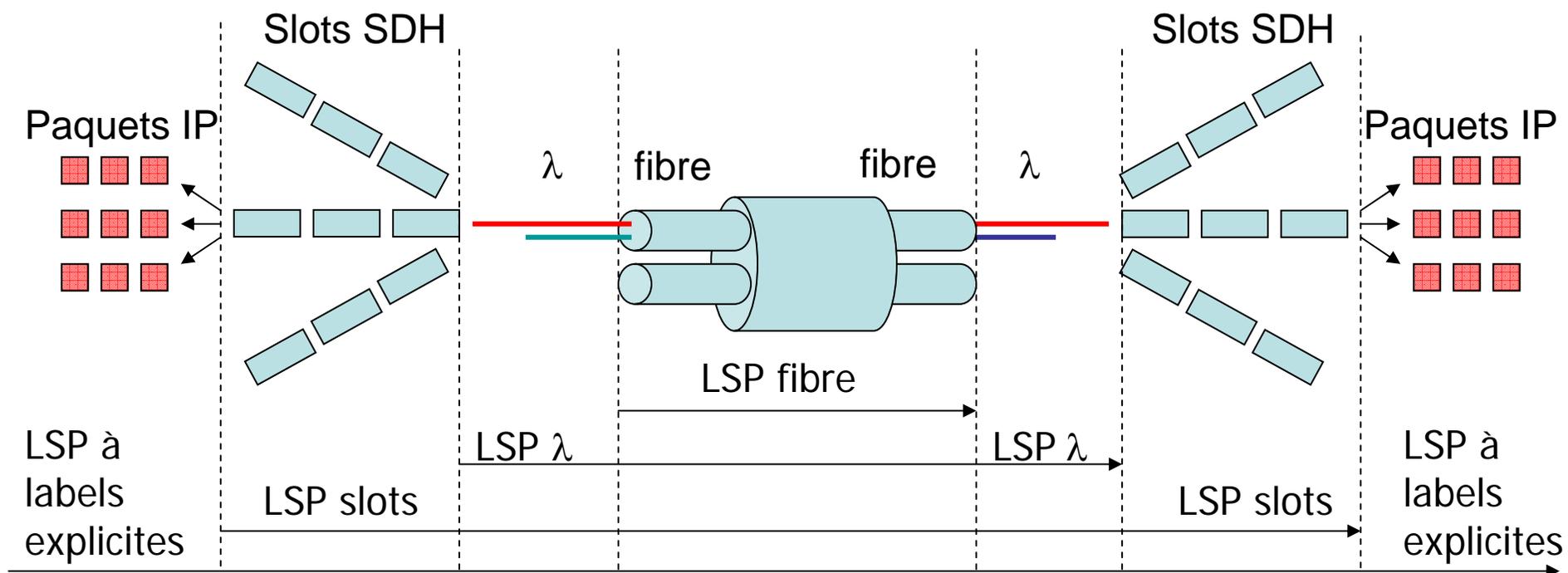




# Gestion des lambdas

- ASON (ITU-T G.8080) : [Automatic Switched Optical Network](#).
  - Proposition d'architecture d'un plan de contrôle permettant de gérer un réseau de transport commuté (pilotage des ressources du réseau)
  - Création d'une terminologie spécifique.
- GMPLS (IETF) : [Generalised MultiProtocol Label Switching](#).
  - Extension de MPLS-TE qui permet aux équipements réseau de supporter plusieurs types de commutations (paquets, fibres, longueurs d'onde, slots SDH)
  - Généralisation du concept de label MPLS : un label peut désormais être un nombre inséré dans une en-tête IP, un slot SDH, une longueur d'onde spécifique, une fibre.
  - Conséquences: ajouts d'extensions aux protocoles CR-LDP et RSVP. Création de LMP (Link Management Protocol) pour la gestion des liens et des erreurs.





- Un LSP (Label Switched Path) débute et se termine sur des interfaces de même type



# FON dans les NREN : expériences acquises

- Peu de problèmes de connectivité
- Les tracés réflectométriques facilitent la localisation des coupures de fibres
- Attention à la gestion des incidents si on loue des fibres à un grand nombre d'opérateurs (notamment pour la boucle locale)
- Dialoguer régulièrement avec les opérateurs pour bénéficier de prix compétitifs
- Création d'une base de données avec les caractéristiques des liens en FON disponibles
- Si l'on souhaite souscrire un IRU, une étude des caractéristiques physiques des fibres est plus que nécessaire.





# Architectures FON dans les NREN 1/3

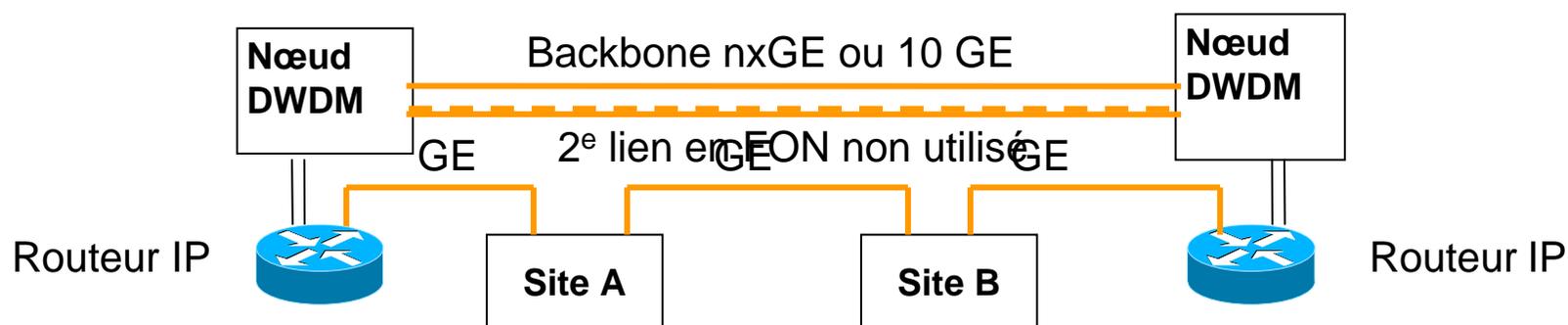
- Liens courts, avec concept NIL (Nothing In Line)
  - Adaptés aux pays à faible étendue : problématique plus MAN que WAN
  - Distance maximale de 250 km
  - Utilisation de boosters (puissants amplificateurs situés en début de ligne) optimisés par les NREN
  - Pas de ré-amplification en ligne, donc pas de location de shelters à prévoir





# Architectures FON dans les NREN 2/3

- Guirlandes de fibres



- Pose de 2 paires de fibres
  - 1<sup>ère</sup> paire: backbone WDM, très hauts débits
  - 2<sup>e</sup> paire: « guirlande » de sites intermédiaires en Gigabit Ethernet





# Architectures FON dans les NREN 3/3

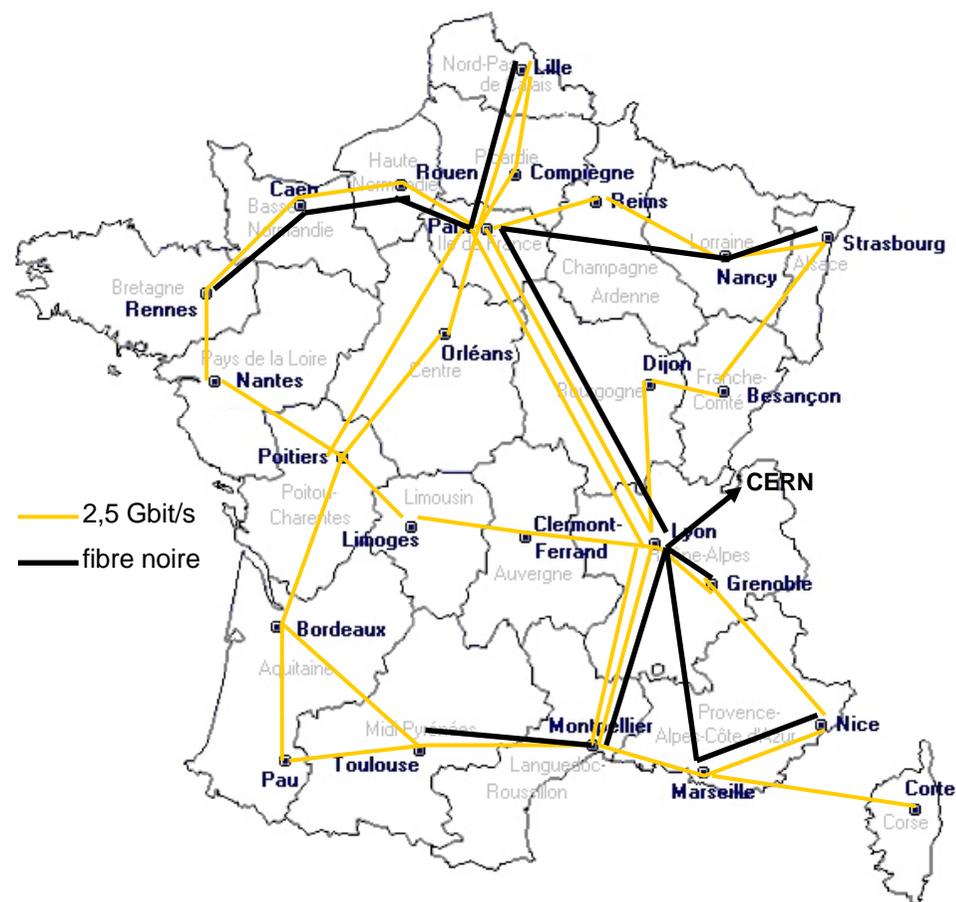
- Longue distance avec équipements DWDM
  - Dimension d'un pays peu adaptée au concept NIL ou débit requis pas adapté aux guirlandes de fibres
  - Ré-amplification périodique de signaux lumineux
  - Liaisons point-à-point ou anneaux
  - Un exemple : le « Réseau Projets » de RENATER-4 !





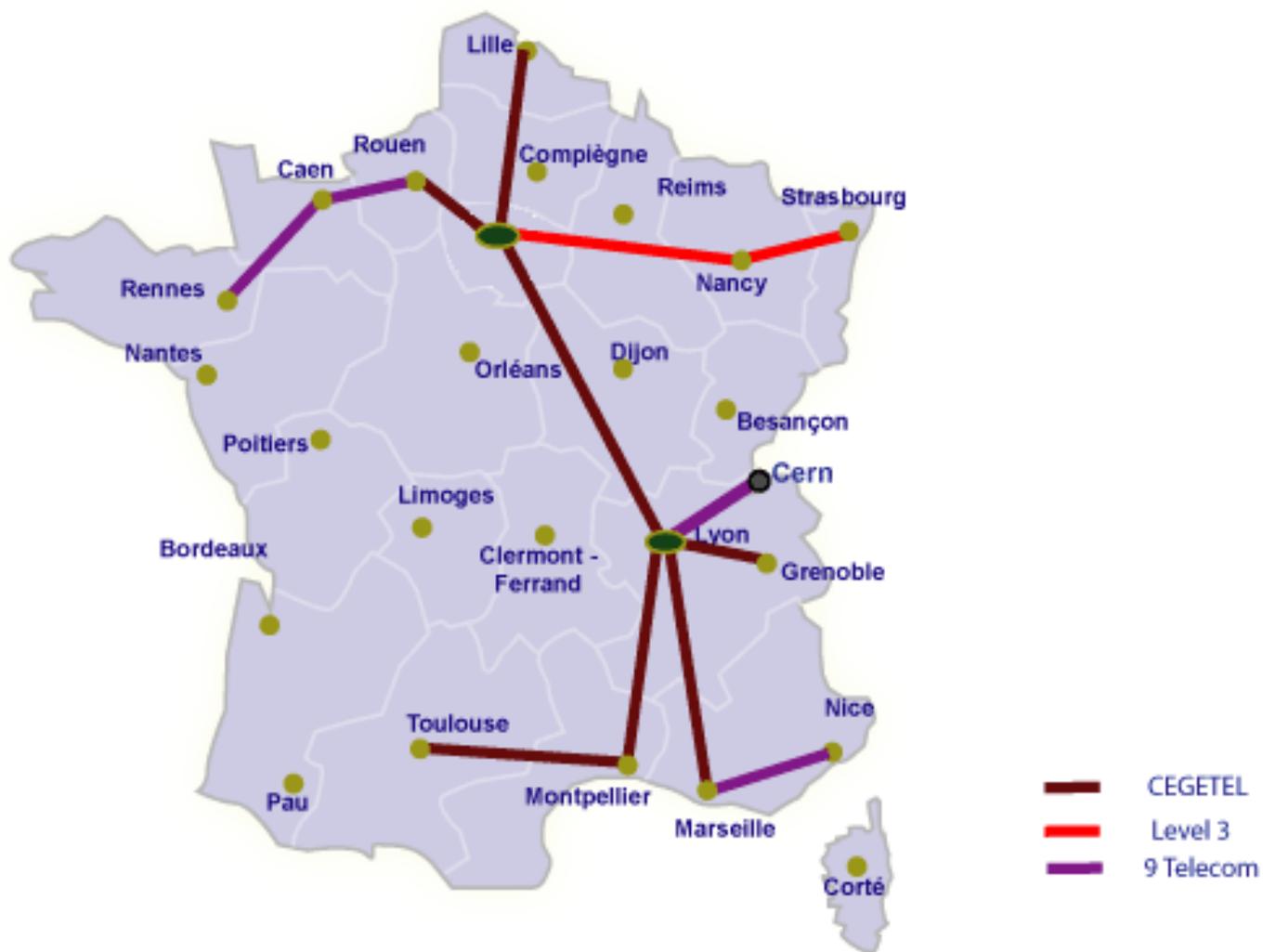
# RENATER-4

- Deux sous-ensembles:
  - Liaisons louées, destinées au trafic de production: 2,5 Gbit/s par lien.
  - FON avec une ou plusieurs longueurs d'onde à 10 Gbit/s: transport de gros projets.





# Le « Réseau Projets »





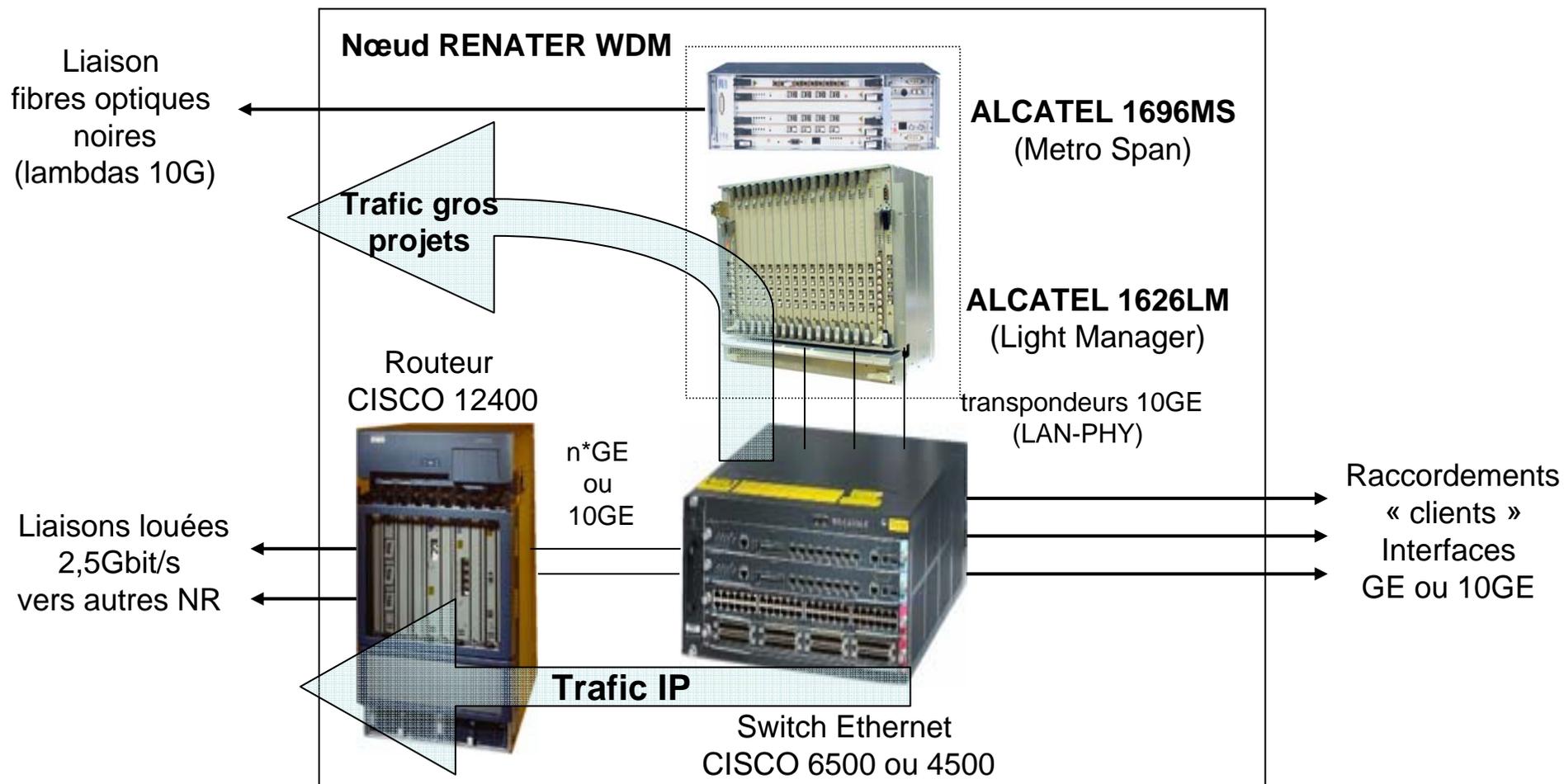
# Opérations effectuées sur les signaux lumineux

- Dans les NR :
  - Insertion / extraction de longueurs d'onde, sauf cas particulier.
- Dans les shelters :
  - Ré-amplification et compensation de la dispersion chromatique des signaux lumineux.





# RENATER-4 : architecture type d'un NR WDM





# Conclusion

- La FON est devenue une réalité dans le monde des réseaux pour la recherche, les premiers enseignements commencent à être tirés.
- Les limites physiques des transmissions optiques sont plus facilement atteintes lorsque les signaux lumineux parcourent de grandes distances : le design et le déploiement d'un MAN optique sont plus aisés que pour un WAN.
- Il est nécessaire de songer à l'harmonisation des technologies utilisées sur les WAN et MAN pour fournir à nos utilisateurs des services de bout en bout.





## Questions / réponses

**Merci de votre attention !**

