



# Déploiement d'infrastructures DWDM : retour d'expérience de RENATER

Emilie Camisard





# Plan de la présentation

- La FON (Fibre Optique Noire) dans RENATER : les objectifs
- Élaboration d'une architecture réseau
  - FON, équipements WDM et topologies retenues dans RENATER
- Déploiement et opérations
  - Livraison des liaisons, recette optique et supervision des liens





# RENATER et l'optique

- RENATER-4
  - Dans RENATER-3, il n'était pas possible d'allouer des ressources à 10 Gbit/s à de grands projets, pour des raisons de coûts
  - Acquisition d'expérience
- Île-de-France
  - Remplacement des liaisons louées par de la FON entre les quatre Nœuds RENATER centraux du réseau
  - Capacité quasi-illimitée
  - Possibilité de modifier le nombre de longueurs d'ondes de manière flexible





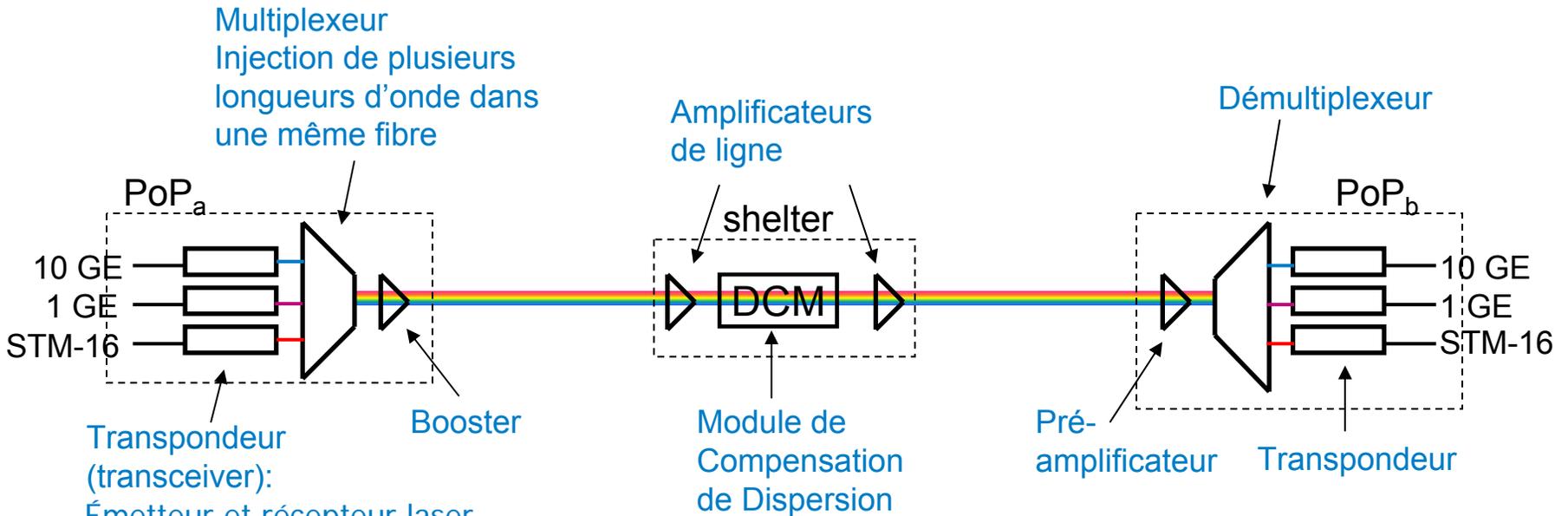
# Quelques notions d'optique...





# Éléments d'un lien optique

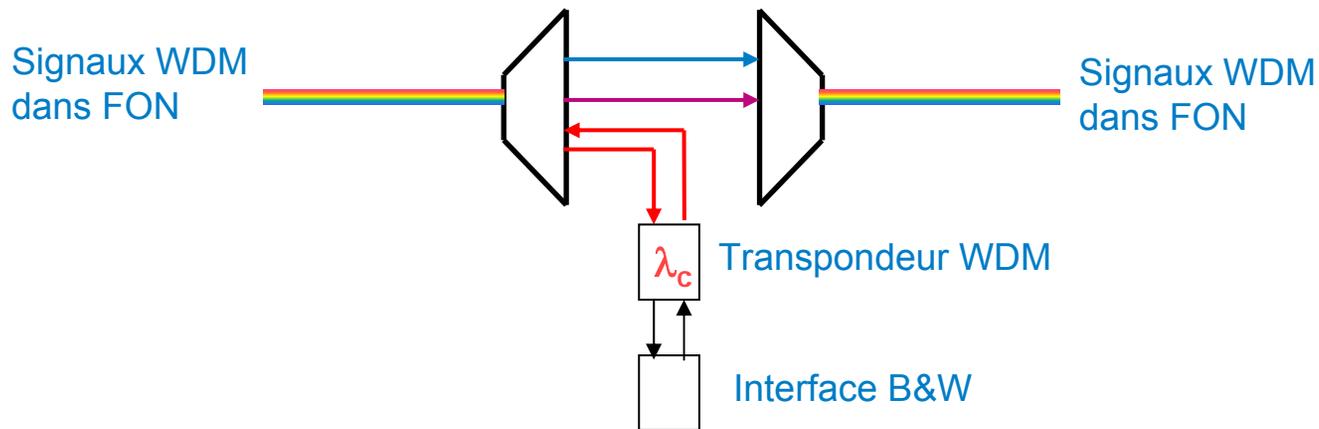
- La transmission est en général bidirectionnelle et sur deux fibres (un seul sens de trafic est représenté ci-dessous, de gauche à droite)



	Multiplex DWDM
	Liaison B&W
	Longueurs d'ondes DWDM
	DWDM

# OADM (Optical Add and Drop Multiplexer)

- Permet d'insérer ou d'extraire des longueurs d'ondes
- Configuration statique
  - Une intervention sur place est nécessaire pour effectuer des modifications





# Élaboration de l'architecture d'un réseau optique





# Expression des besoins

- Identification des débits nécessaires aux usagers.
- Identification des points de présence.
- Évaluation du nombre de longueurs d'ondes amenées à circuler sur chaque liaison.





# La fibre optique

- Les types de FON
  - Connaître les principales différences entre les fibres disponibles.
- Identification des chemins
  - Longueur des fibres.
  - Localisation d'éventuels tronçons communs.
- Points de ré-amplification ou régénération
  - Localisation des « shelters ».
- Points de terminaison de la FON
  - Génie civil parfois à prévoir entre le PoP du fournisseur de la fibre et le Nœud RENATER.
- Le budget optique (perte de puissance maximale autorisée sur la liaison)
  - A partir des caractéristiques physiques des fibres (atténuation, dispersion chromatique...), on détermine quels équipements optiques seront les mieux adaptés.

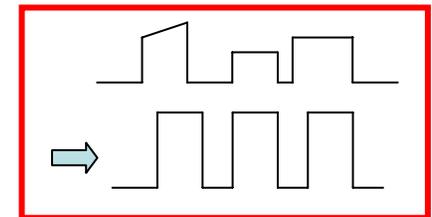
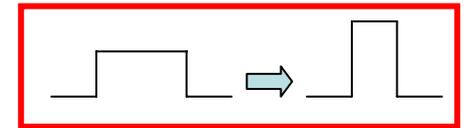


# Les équipements WDM

- 2 principales technologies existent:
  - Le CWDM (Coarse WDM)
    - Peu coûteux, équipements simples
    - Adapté aux réseaux métropolitains, mais pas à la longue distance comme sur RENATER
    - 18 longueurs d'ondes maximum
  - Le DWDM (Dense WDM)
    - Plus coûteux, éléments plus complexes et précis
    - Réseaux métropolitains ou longue distance car il est possible de ré-amplifier le signal
    - Nombre de longueurs d'ondes exploitables plus important

# Ré-amplification, régénération

- Les signaux lumineux subissent deux principaux phénomènes:
  - Une atténuation, provoquée par l'absorption des photons dans la silice de la fibre (atténuation de 0,20 dB/km)
  - Un étalement temporel (dispersion chromatique), causé par la différence de vitesse de circulation de photons de longueurs d'ondes non semblables.
- Il faut compenser ces effets tous les 80 à 120 km
  - Fonction 2R :
    - « Re-amplify » : ré-amplification des signaux
    - « Re-shape » : compensation de la dispersion chromatique
  - La mise en cascade d'amplificateurs le long d'une ligne provoque une accumulation de bruit. Quand le rapport signal-bruit est mauvais, on doit régénérer le signal.
  - Fonction 3R :
    - « Re-amplify, re-shape, re-time » : conversion optique-électrique-optique des signaux





# Coût des évolutions

- Coût incrémental d'ajout d'un canal WDM
  - Dépend principalement de la solution de multiplexage retenue, du type d'amplification effectuée si nécessaire
- Paliers financiers induits par des ajouts d'équipements

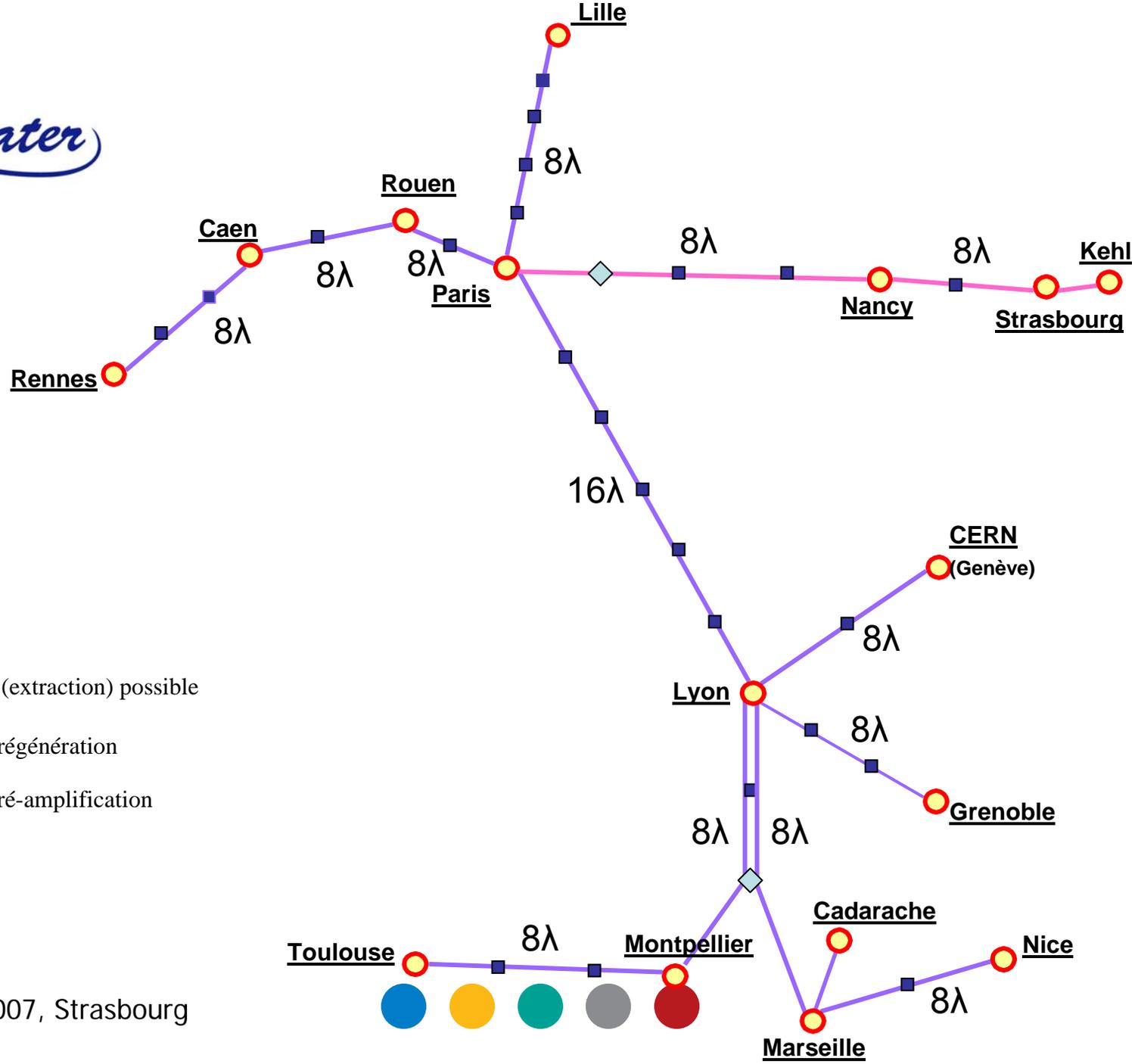




# Topologies retenues 1/4

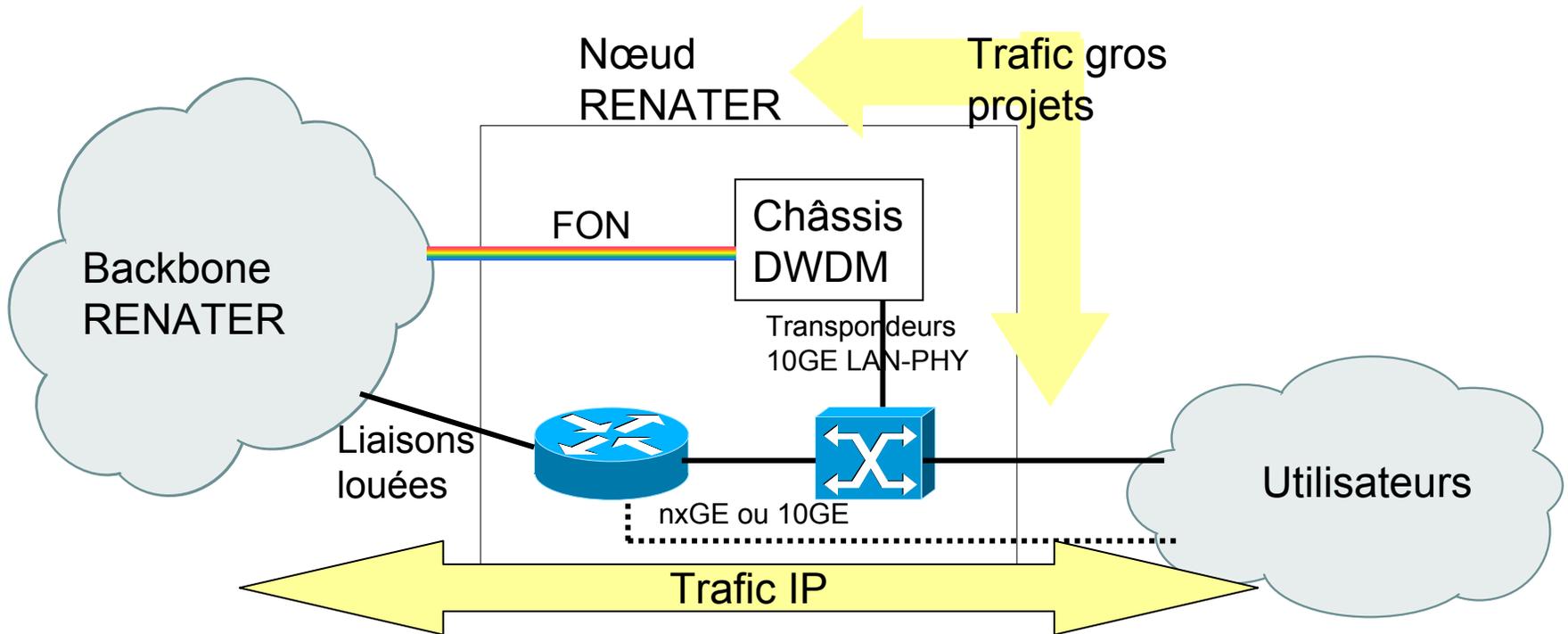
- Liaisons point-à-point
- Fonction d'insertion/extraction de longueurs d'ondes disponible dans certains NR
- Canaux DWDM de 10 Gbit/s, avec un espacement de 100 GHz (0,8 nm)





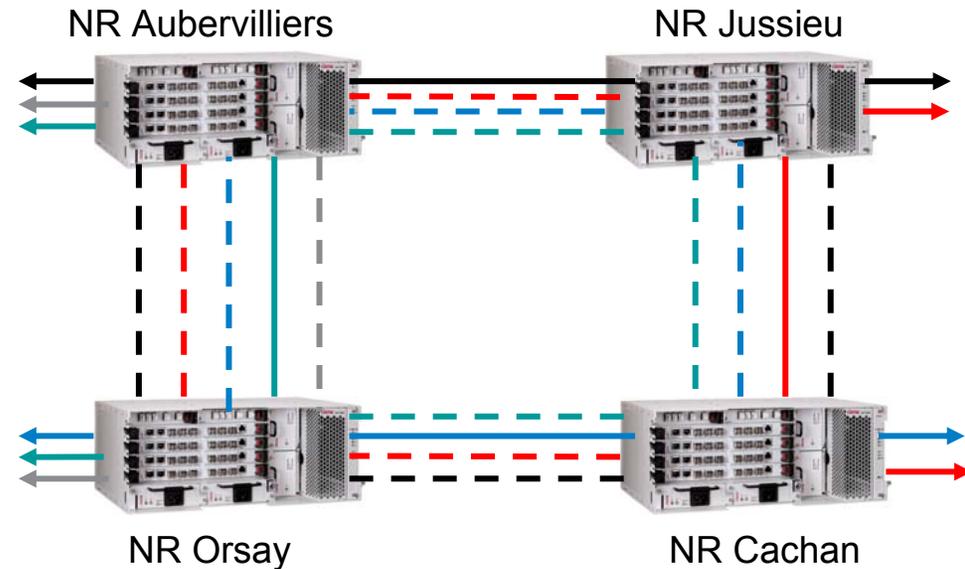
# Topologies retenues 3/4

- Détail d'un nœud RENATER avec extraction de longueurs d'ondes



# Topologies retenues 4/4

- En Île-de-France :
  - Interconnexion des quatre NR centraux en anneau de FON
  - Débit par canal de 10 Gbit/s
- Sécurisation des canaux DWDM de l'anneau :
  - canaux primaires entre deux NR adjacents
  - les canaux secondaires parcourent les  $\frac{3}{4}$  restants de l'anneau
  - Commutation rapide des données d'un canal à l'autre





# Déploiement et opérations





# Déploiement des liaisons

- Livraison des FON et vérification de leurs caractéristiques physiques par réflectométrie
  - Longueur des liaisons
  - Atténuations par tronçon
  - Localisation de connecteurs, soudures ou défauts
- Livraison des équipements
  - Contre-valeurs
- La recette peut être validée après vérification du bilan optique





# Supervision

- Utilisation de plates-formes de supervision
  - Propriétaires aux équipementiers
  - Peuvent intégrer des fonctionnalités standard comme SNMP
- Fournissent des informations sur les équipements et non pas sur l'état des circuits
- Récupération possible des données par deux biais
  - Solution In-Band : utilisation d'un canal de supervision circulant dans la FON
  - Solution Out-Of-Band : passage des informations par les liaisons louées ou un lien de secours



# Conclusion

Besoins	Débits, nombre de longueurs d'ondes, identification des PoP
Fibre	Type, identification des chemins, points de ré-amplification, étude de la boucle locale, budget optique à calculer
Équipements	Quelle technologie WDM, quelle gamme d'équipements employer? Solutions de sécurisation, d'amplification à prévoir?
Topologie	Validation de la topologie à l'aide d'un scénario détaillé Livraison des FON et des équipements Recette des liaisons





# Questions ?

Merci de votre attention !

