



HAL
open science

RENATER 6 - Évolution des équipements de transport optique DWDM de Commutation et de Routage du réseau national de l'Enseignement Supérieur et la Recherche.

Karim Boudjemaa, Dahlia Gokana

► To cite this version:

Karim Boudjemaa, Dahlia Gokana. RENATER 6 - Évolution des équipements de transport optique DWDM de Commutation et de Routage du réseau national de l'Enseignement Supérieur et la Recherche.. JRES (Journées réseaux de l'enseignement et de la recherche) 2015, Renater, Dec 2015, Montpellier, France. <hal-04805460>

HAL Id: hal-04805460

<https://hal.science/hal-04805460v1>

Submitted on 26 Nov 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC 4.0 - Attribution - Non-commercial use - International License

RENATER 6 : ÉVOLUTION DES ÉQUIPEMENTS DE TRANSPORT OPTIQUE DWDM, DE COMMUTATION ET DE ROUTAGE DU RÉSEAU NATIONAL DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET LA RECHERCHE

Karim Boudjema

RENATER

Dahlia Gokana

RENATER

Résumé

En 2015, le réseau RENATER rentre dans sa sixième version, conçue pour répondre aux besoins toujours plus exigeants de ses Utilisateurs, pour adapter les infrastructures réseau sur les technologies les plus en pointe et pour augmenter la résilience dans certaines parties du réseau.

En se basant sur le bilan de la version précédente du réseau RENATER, un appel d'offres a été construit pour sélectionner des constructeurs capables d'accomplir cette évolution de réseau.

Une fois le déploiement d'équipements terminé, des nouveaux services vont être mis en œuvre pour répondre concrètement aux objectifs de Renater 6.

1 Introduction

1.1 Bref rappel historique

Au cours de ses 22 ans d'existence, le réseau RENATER a connu différentes évolutions tant sur le plan du maillage d'interconnexion des nœuds RENATER qu'au niveau de son réseau de transport.

D'abord construit à partir de liaisons de transport louées chez les opérateurs traditionnels en France, le réseau RENATER s'est progressivement muni d'équipements de transport optique (multiplexage DWDM), permettant d'exploiter directement les liaisons Fibres Optiques Noires (FON) et de contribuer plus facilement à des projets scientifiques avec topologie de grande envergure comme les grilles de calculs.

Depuis 2006, la couche transport optique s'est progressivement étendue.



Figure 1 - En 2006, RENATER 4 - Apparition des premiers liaisons FON



Figure 2 - En 2009, RENATER 5 : Généralisation des liaisons FON

Ce choix, décisif dans l'histoire de RENATER, a permis de devenir moins dépendant des opérateurs de télécommunications traditionnels, de mieux maîtriser les technologies mises en œuvre pour exploiter la FON, de garantir à ses utilisateurs la mise à disposition de technologie de pointe, de développer des projets scientifiques nécessitant l'accès direct à la FON et enfin de rationaliser les coûts.

Pour pouvoir offrir encore plus de services (forte densité de ports, une augmentation des débits par port (jusqu'à 100G)) et toujours plus de services innovants, une évolution de l'ensemble des plateformes de commutations et routage est nécessaire.

Après avoir décrit la préparation de ce projet RENATER 6, cet article présentera les apports technologiques attendus par cette évolution, donnera quelques lignes directrices de la future architecture et le déroulement prévisionnel du déploiement des équipements.

2 La préparation de RENATER 6

2.1 Etudes en amont

Après 6 ans de bons et loyaux services, nous avons entrepris un vaste chantier visant à étudier l'après RENATER 5.

Des études techniques internes, tout d'abord, basées sur le retour d'expérience du réseau RENATER 5 : les statistiques d'incidents, les comportements de trafic, etc., ont permis de déboucher sur des axes d'amélioration possibles de l'infrastructure existante (cf. 2.4.1).

Nous nous sommes aussi interrogés sur les besoins futurs des utilisateurs. L'arrivée possible de liaisons 100G pour la communauté de la Physique des Hautes Energies, l'augmentation de la résilience globale du réseau pour tous les utilisateurs sont des exemples de besoins identifiés.

En parallèle, plusieurs rencontres avec les principaux acteurs de l'industrie des télécoms (équipementiers, opérateurs, consultants, ...) nous ont permis d'observer certains écarts technologiques et économiques avec des matériels équivalents présents sur le marché.

2.2 P.O.C¹ Alien lambda

L'objet de ce P.O.C. était de réaliser une transmission en alien lambda. Cela désigne le transport d'un canal optique d'un équipementier tiers à travers la couche photonique de l'infrastructure DWDM existante.

Après des réalisations précédentes avec notre fournisseur actuel (Ciena) qui nous ont démontré le bon fonctionnement de leur technologie DWDM NG² et leur bonne intégration dans le backbone, nous avons décidé d'élargir l'opération à plusieurs autres partenaires.

Et, pour mieux éprouver les technologies présentées notamment le besoin en régénération, nous avons opté pour un test longue distance entre les sites de Paris 2 et Marseille 2 (1070 km).

Sur six partenaires contactés, cinq ont répondu présents et ont réussi à transmettre un signal 100 Gbit/s entre Paris et Marseille.

Ce test a permis de mettre en évidence la bonne intégration des différentes technologies sur notre infrastructure existante (besoin en bande de garde entre signaux, ajustement des puissances optiques, ...) et de s'apercevoir d'aspects opérationnels tels que la consommation électrique et l'encombrement en baie.

2.3 Contexte européen NRENs

L'examen des réseaux de nos homologues européens nous a aussi permis de mieux se rendre compte des infrastructures optiques mises en place pour remplir des missions communes et desservir des usagers membres de la communauté Enseignement Supérieur et Recherche.

La figure ci-dessous montre la répartition variée des différents équipementiers dans les principaux NRENs. Ils sont tous capables de proposer à minima des débits de 40 Gbit/s par canal. A noter, le réseau GEANT est équipé avec le constructeur Infinera.

¹ P.O.C. : Proof Of Concept

² DWDM NG : Dense Wavelength Division Multiplexing Nouvelle Génération

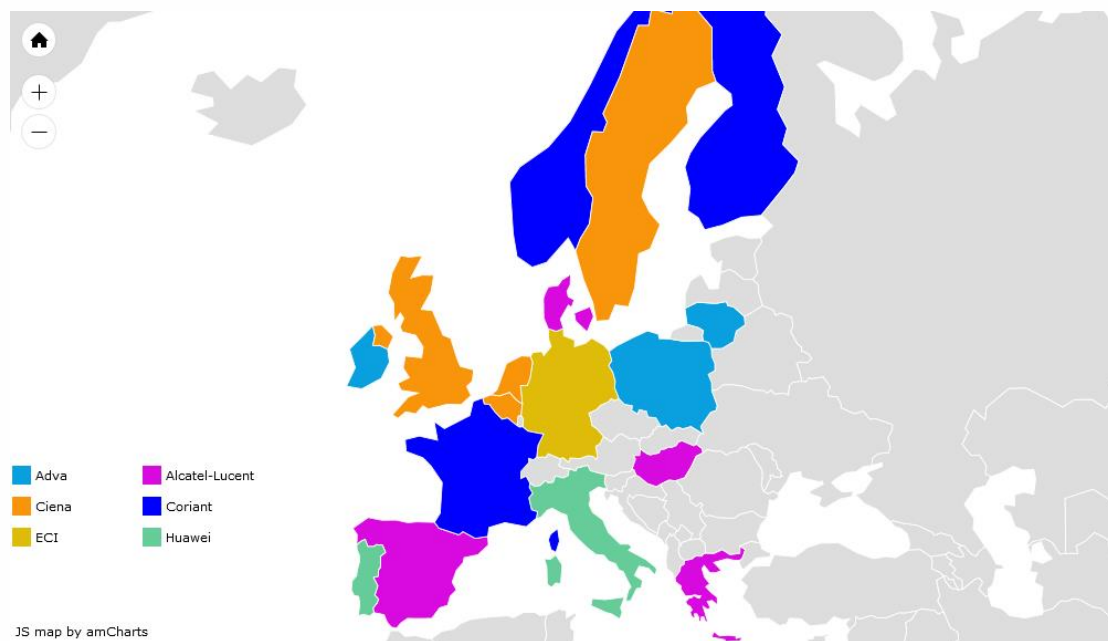


Figure 3 - Equipementiers DWDM NG par les principaux NRENS – Source : CESNET (2013)

2.4 État des lieux du réseau RENATER 5

2.4.1 Réseau de transmission

Le réseau optique RENATER 5 montrait une bonne flexibilité opérationnelle pour accueillir des longueurs d'onde alien facilement comme l'a démontré le P.O.C. Néanmoins, des points d'amélioration avaient pu être identifiés :

- réduire le nombre de point de régénération optique relativement important eu égard aux technologies DWDM, dite à réception cohérente, actuellement présentes sur le marché ;
- être en mesure de mettre en œuvre rapidement des liaisons point à point de débits en ligne supérieurs à 10Gbits/s, compte tenu de l'évolution importante des débits et des besoins de certains utilisateurs ;
- adapter l'infrastructure DWDM existante pour mieux intégrer le projet REFIMEVE+ (<http://www.refimeve.fr/index.php/fr/>) ;
- renouveler une partie des matériels DWDM arrivés en EOL³ ;
- souhait de mieux équilibrer les fonctions entre la couche transport et réseau, en particulier généraliser les protections optiques dès la couche transport ;
- augmenter la résilience et la continuité de services dès la couche de transport optique :
 - en agissant sur les tracés FON pour diminuer les zones de chemins communs ;
 - en agissant sur les matériels optiques pour compenser les incidents ou les contraintes opérationnelles (maintenances) des liaisons FON.

Il ressortait aussi de ces études que ces équipements de transmission DWDM, depuis 2008, représentaient une ressource stratégique pour le GIP. Le recours massif aux liaisons FON par des contrats IRU⁴ 10 ans et

³ EOL : End Of Life

⁴ IRU : Indefeasible Rights of Use – Droit irrevocable d'usage

l'introduction du RIE directement sur la couche transport de RENATER ont rendu ces matériels vitaux pour le bon fonctionnement de RENATER.

2.4.2 Réseau de commutation/routage

Au-dessus de cette infrastructure fibre optique est bâti un réseau maillé IP qui s'appuie sur des routeurs à la fois pour interconnecter les réseaux partenaires via des liaisons longue distance, et pour fournir le service IP aux sites utilisateurs.

Pour chaque nœud RENATER (NR), le même équipement est en charge des fonctions de cœur de réseau (P) et de collecte (PE).

Pour chaque Point de Présence RENATER (POP), l'équipement fait office de collecteur⁵ vers un ou plusieurs NR.

Le réseau est principalement constitué d'équipements Cisco :

- 3 routeurs de cœur (Paris et Lyon) ;
- 54 routeurs de collecte (NR métropolitains) ;
- des routeurs pour l'Outre-Mer ;
- 19 commutateurs d'agrégation ;
- 5 commutateurs d'accès en région Poitou-Charentes ;
- 4 réflecteurs de route.

Par le biais de ce cœur de réseau IP/MPLS, nous fournissons les services suivants :

- service Unicast IPv4 et IPv6 ;
- au sein du réseau, le trafic IPv4 unicast est commuté sur MPLS en LDP et RSVP. Le service IPv6 est déployé nativement sur le cœur de réseau. ;
- service Multicast IPv4 et IPv6 ;
- RENATER propose un service multicast IPv4 et IPv6. MBGP est utilisé pour l'échange des topologies multicast IPv4 et IPv6 entre les domaines ;
- services de ressources dédiées, notamment de réseaux privés virtuels ou de circuits ;
- cette offre propose notamment le service L3VPN MPLS (VRF), L2VPN EoMPLS et VPLS, et aussi des lambdas optiques dédiés pour de grands projets de recherche.

Pour offrir plus de services innovants et face à des exigences de plus en plus fortes, il est devenu opportun de rénover l'infrastructure.

Début 2014, la décision fut prise de lancer une procédure d'achat et de maintenance visant à moderniser les infrastructures réseaux.

2.5 La procédure d'appel d'offres pour les matériels et services DWDM NG

2.5.1 Organisation et préparation de la procédure

Fort des connaissances recueillies lors de nos précédentes études (nombre de candidats potentiels, confidentialité des données échangées, ...) et des conseils de notre responsable juridique, nous avons opté pour passer un accord-cadre après un appel d'offres ouvert.

⁵ Fonction de collecte

Le GIP a choisi un accord cadre mono-attributaire de 5 ans renouvelable annuellement trois fois. Durant cette période, des marchés subséquents spécifieront en détails le périmètre de chaque projet d'achat et de maintenance de nouveaux équipements.

L'analyse technique et économique était basée principalement sur les réponses des candidats à :

- un Cadre de Réponse Technique, composé de plus de 200 questions, permettant l'évaluation des caractéristiques techniques (densité d'interfaces, capacité des matrices,...) et des services (déploiement, maintenance, ...)
- 14 scénarios couvrant le maximum de cas de figure attendus pour RENATER 6 et permettant d'évaluer les aspects techniques et financiers de la construction du réseau.

Sur le plan humain, l'organisation prenait la forme d'une commission d'évaluation.

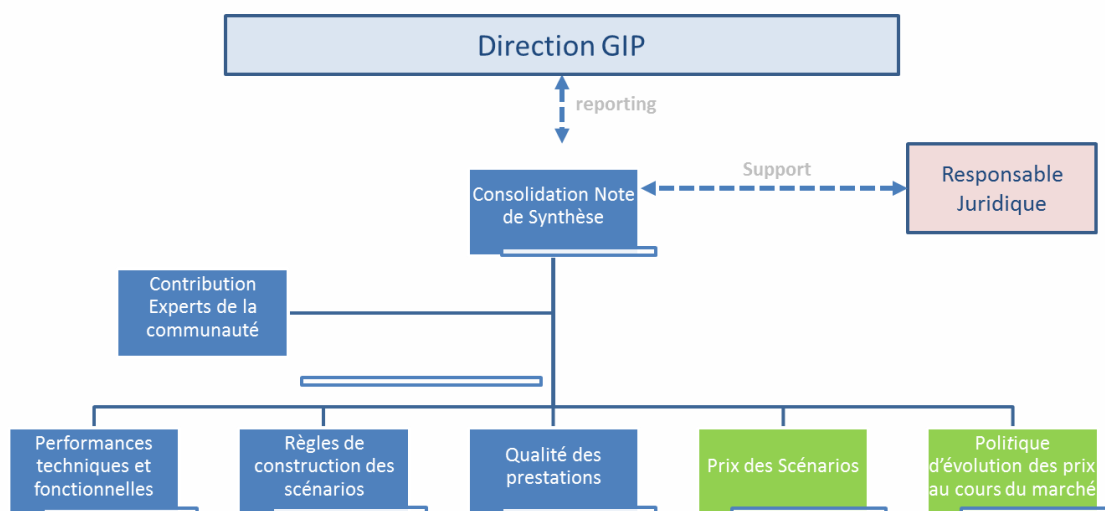


Figure 4 - Organigramme de la commission d'évaluation

2.5.2 Evaluation des offres reçues

Huit candidats ont remis une offre. Parmi ces offres, trois furent soumises par des intégrateurs et cinq par des constructeurs.

Ces offres furent évaluées selon les critères d'évaluation suivants :

- performance technique et fonctionnelle des équipements proposés. Ce critère cherche à évaluer les caractéristiques des équipements : variété des débits disponibles, nombre d'interfaces, taille des matrices, type de protection réseau, ... ;
- règles appliquées pour la construction de la solution aux scénarios ;
- qualité des prestations d'étude, d'installation et de MCO des équipements ;
- coût des scénarios ;
- politique d'évolution des prix au cours de l'accord-cadre.

2.5.3 Désignation du titulaire du marché : CORIANT

Au terme de cette évaluation, l'offre la mieux-disante est celle du constructeur : CORIANT.

Sur le plan technique, l'offre a été bâtie autour de :

- deux matériels aux fonctionnalités complémentaires :
- mTera pour des fonctions de commutation OTN et hybride :



- matrices de commutation centralisées et nativement hybrides OTN/Ethernet/MPLS ;
- cartes d'interfaces universelles et hybrides, flexibilité pour 100% des ports : équipés en modules optiques extractibles, gris ou DWDM, commutés en OTN ou Paquets ;
- capacité évolutive : 200Gbps bidirectionnelle par slot actuellement, 500Gbps/slot en 2015 ;
- leader du marché en termes de densité capacitive et compacité/encombrement - évolutif à 7Tbit/s sur une demi-baie ;
- en 2015, adjonction optionnelle de modules photoniques intégrés ROADM/Amplification.

- Hit 7300 pour les fonctions photonique et de multiplexage DWDM :



- des performances photoniques remarquables à la fois en termes de portée sans régénération, de robustesse et qualité de transmission, et d'efficacité spectrale ;
- une vaste gamme de muxpondeurs/transpondeurs cohérents 40G et 100G (SD-FEC/HD-FEC, et à latence réduite) ainsi qu'une panoplie de protections réseau associées (sub-50ms 100G line protection, ...)
- une adaptation automatique et dynamique des puissances optiques inégalée dans l'industrie ;
- une grande flexibilité et des fonctionnalités avancées pour le multiplexage photonique, permettant en fonction des configurations des équipements l'utilisation de CWDM / DWDM, FOADM ou ROADM, 40/80/96 canaux.

- un logiciel de supervision : TNMS ;

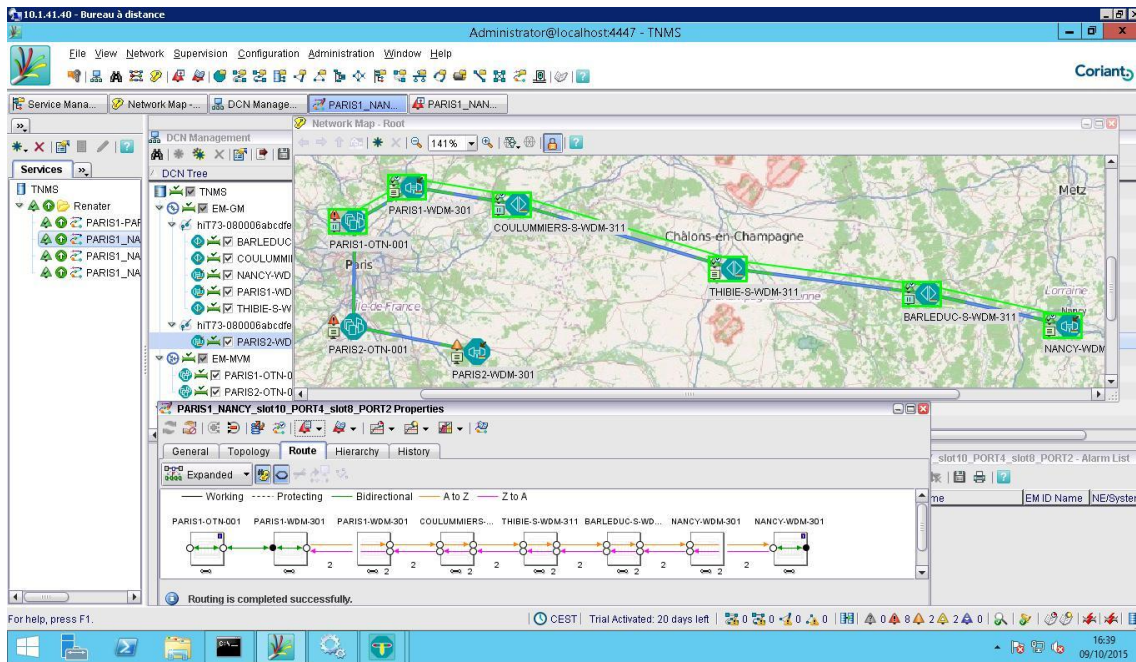


Figure 5 - Capture d'écran TNMS RENATER

L'offre prévoit également des services d'ingénierie, de déploiement et de maintenance.

2.6 La procédure d'appel d'offres pour les matériels de commutation et routage

L'architecture du réseau RENATER5 n'est pas hiérarchique, les fonctions d'accès et de cœur sont assurées par un même équipement physique. Cette architecture restera inchangée sur Renater6.

Cependant, nous avons distingué plusieurs profils d'équipements :

Les routeurs de cœur seront installés dans les NR dits principaux et répondent aux besoins suivants :

- interconnexion des NR métropolitains, via les boucles optiques constituant le backbone du réseau RENATER ;
- interconnexion avec les réseaux partenaires (GEANT, DFN, GARR, peerings privés), avec le CERN et avec des points d'échange Internet (GIX) ;
- l'interconnexion avec les réseaux commerciaux de Transit IP.

RENATER 6 disposera de 5 NR principaux à Paris1, Paris2, Lyon1, Marseille 1, Marseille 2⁶.

Les routeurs de bordure seront installés dans les NR principaux et métropolitains ; ceux-ci répondent aux besoins suivants :

- interconnexion des NR métropolitains, via les boucles optiques constituant le backbone du réseau RENATER ;
- interconnexion avec les utilisateurs de RENATER : en direct ou via des réseaux de collecte RENATER ou partenaires.

Les commutateurs de collecte seront installés dans les NR métropolitains et dans les POP ; ceux-ci répondent aux besoins suivants :

⁶ NR de cœur : Paris1, Paris2, Lyon1, Marseille 1, Marseille 2 : P1, P2, L1, M1, M2

- interconnexion des POP avec les NR métropolitains ;
- interconnexion des POP, via les boucles optiques constituant des réseaux de collecte RENATER ;
- interconnexion avec les utilisateurs de RENATER.

RENATER 6 disposera de 5 NR principaux à Paris1, Paris2, Lyon1, Marseille 1, Marseille 2. Tous les autres NR sont dits NR de bordures.

Nous avons donc basé notre allotissement en fonction de différents profils identifiés. L'accord-cadre est alloti comme suit :

- lot 1 : Fournitures de routeurs de cœurs ;
- lot 2 : Fourniture des routeurs de bordure et commutateurs de collecte.

Le choix d'un accord cadre multi-attributaire a été fait. Ce dernier est attribué à trois intégrateurs pour une période de 5 ans.

Pour chaque lot, les intégrateurs proposent deux gammes d'équipements.

À chaque nouvelle expression de besoin, les titulaires de l'accord-cadre sont remis en concurrence dans le cadre de marchés subséquents.

Cette forme de contrat peut paraître complexe, mais permet de répondre au mieux à nos besoins :

- conserver une diversité d'équipementier sur notre réseau ;
- obtenir les meilleures conditions tarifaires à chaque remise en concurrence ;
- acquérir des équipements embarquant les dernières évolutions technologiques ;
- avoir de la flexibilité dans notre calendrier de déploiement.

L'AO a été publié en juin 2014. Nous avons reçu dix réponses.

L'accord cadre a été notifié fin 2014, et les titulaires sont BT, Dimension Data et Telindus.

3 Le réseau RENATER 6

3.1 Les Technologies introduites

3.1.1 « Cohérent » et FEC

Les équipements CORIANT sont équipés d'une nouvelle technologie à réception « cohérente ». Cette nouvelle technologie permet d'éliminer les modules de compensation des défauts liés à la transmission sur fibre optique (dispersion chromatique, PMD,...).

Ces modules sont remplacés par un traitement logiciel réalisé en réception sur le transpondeur.

C'est un avantage important principalement en terme d'exploitation de réseau car, désormais, on peut retirer tous les modules présents sur la liaison de transmission : sites de ré-amplification et sites terminaux. Ainsi, l'ajout de nouveaux canaux ne risque plus d'entraîner la modification du type de modules de compensation : opération complexe entraînant des coupures de trafic.

En revanche, la compatibilité entre des technologies à réception « cohérente » et la technologie actuelle n'est pas possible au niveau photonique.

Les FEC (Forward Error Correction) s'ajoutent à cette technologie pour augmenter la portée de transmission sans régénération grâce à un traitement logiciel.

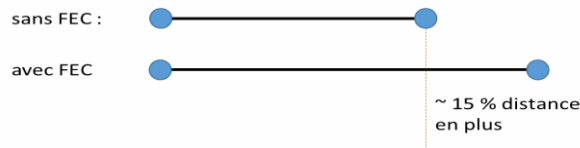


Figure 1 - Effet des FECs sur la distance

3.1.2 OTN, commutation OTN

L'OTN est une norme héritière de la SDH. Elle poursuit le même principe de multiplexage/démultiplexage de conteneurs en augmentant les débits supportés. Désormais, cette norme permet le transport de débits supérieurs à 10 Gbit/s (OTU2). Dix conteneurs ODU2 vont être transportés dans un ODU4 (100 Gbit/s).

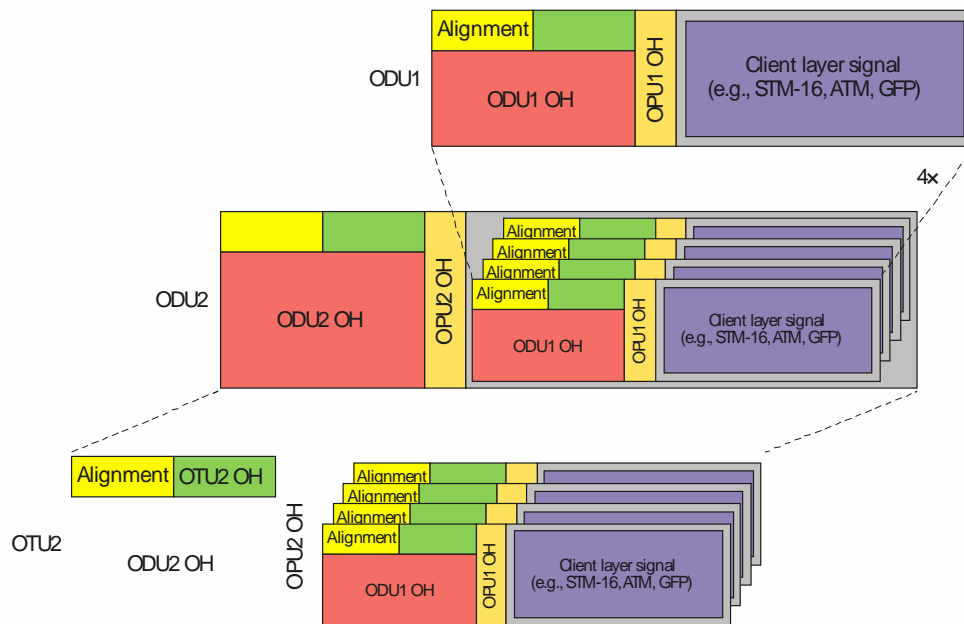


Figure 2 - Hiérarchisation ODUk – Source Norme ITU-T G.709

La commutation OTN est la technique consistant à brasser le trafic directement au niveau des conteneurs ODUk. Au sein d'un commutateur OTN, dans une carte matrice, les ODUk peuvent être acheminés vers des sorties différentes en fonction de règles préalables définies.

3.2 Les bénéfices attendus de RENATER 6

3.2.1 Diminution des régénérations optiques

Grâce à la technologie cohérente et au traitement des FECs, le système DWDM peut couvrir désormais de plus longues distances sans régénération.

C'est un avantage économique et technique car les données sont transportées uniquement sur la couche photonique.

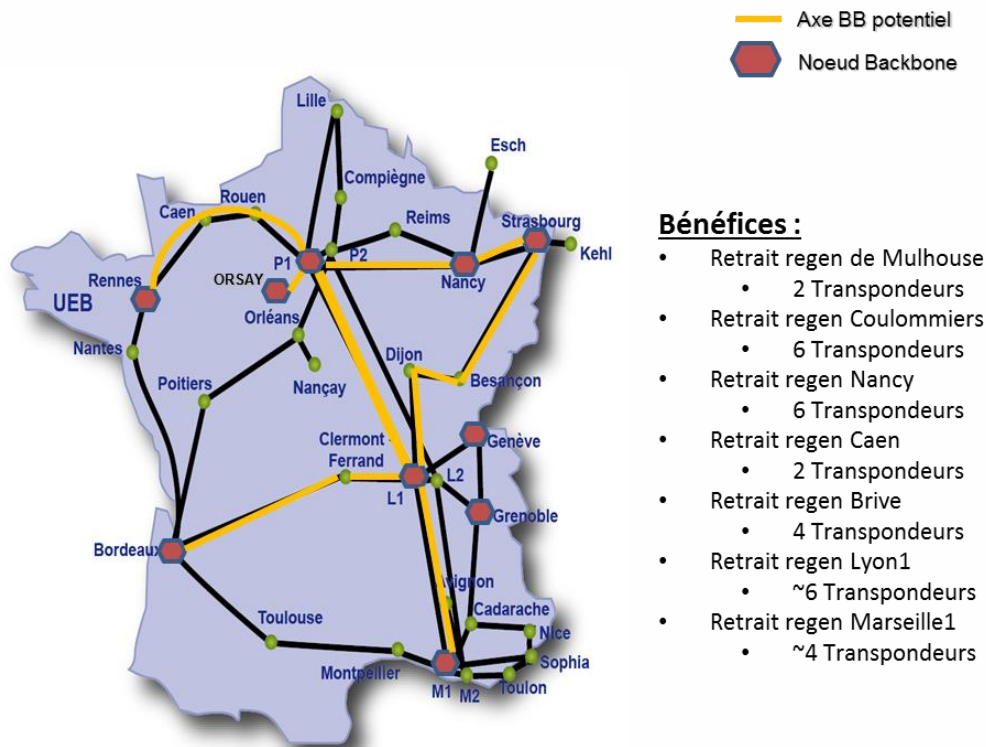


Figure 3 - Figure 1: représentation d'une architecture visant à limiter les régénérations

3.2.2 Débits supérieurs à 40 Gbit/s

Les équipements Coriant vont apporter la possibilité de transporter sur un même canal optique des débits supérieurs à 40 Gbit/s.

Grâce à ce débit en ligne et les interfaces clientes disponibles, il sera aussi plus rapide de mettre à disposition des débits compris entre 10 et 40 Gbits/s.

Enfin, les liaisons de transmission sont équipées de mux/demux capables de transporter en parallèle jusqu'à 40 canaux optiques. Certaines liaisons seront équipées, ab initio, pour transporter des supercanaux, capables d'agréger plusieurs canaux DWDM pour transporter des débits supérieurs à 200G.

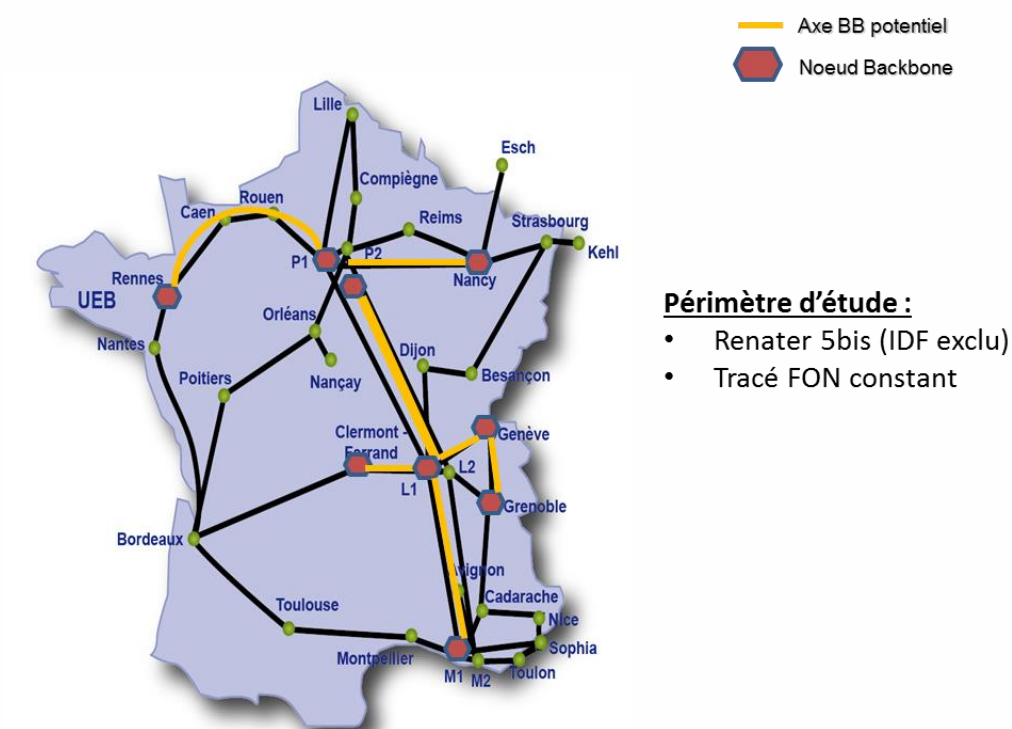


Figure 4 - Figure 2 : Représentation d'une architecture visant à desservir les axes avec le plus de trafic

3.2.3 Intégration du projet REFIMEVE+

Les équipements CORIANT permettent de raccorder les amplificateurs REFIMEVE+ présents dans les sites de réamplification et de les rassembler pour former un réseau de supervision. Cela évite de déployer des switches et/ou une solution radio pour la supervision de ces équipements.

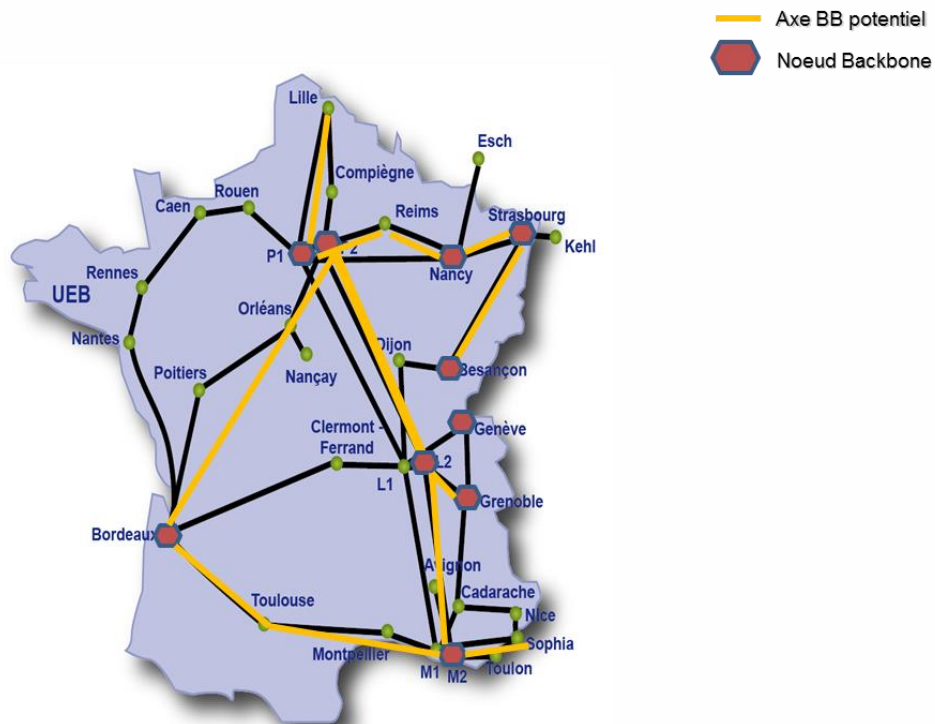


Figure 5 - Représentation d'architecture calquée sur l'architecture REFIMEVE

3.2.4 Résilience et optimisation de l'utilisation des ressources

3.2.4.1 Résilience physique

Pour renforcer la résilience du réseau RENATER 6, la configuration d'un site NR pourra être composée de deux châssis redondants (type Hit 7300), soit un par adduction.

De plus, l'architecture RENATER 6 sera construite sur plusieurs axes interconnectant des NRs en anneau pouvant supporter la mise en place de protection réseau optique.

3.2.4.2 Protection réseau optique

Les protections réseau optique sont de deux types :

- protection sur perte d'un signal lumineux (LOS) ;
- protection sur perte/défaillance d'un ODU ou circuit Ethernet (type e-SNCP).

Ces deux types de protection sont en cours de tests et pourront être mise en œuvre selon les cas de figure.

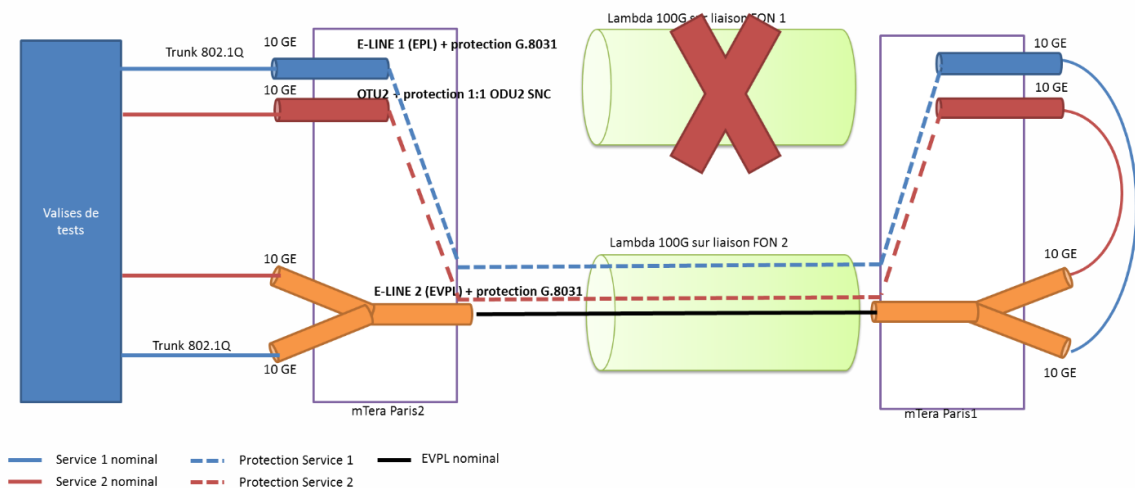


Figure 6 - Exemple de protection niveaux OTN et Ethernet testé entre Paris1 et Paris2 en Sept. 2015

3.2.5 Optimisation de la ressource FON : nouvelles architectures ?

Après RENATER 5 et avec l'arrivée de débit de 100Gbit/s, on observe une capacité résiduelle assez importante disponible sur le réseau :

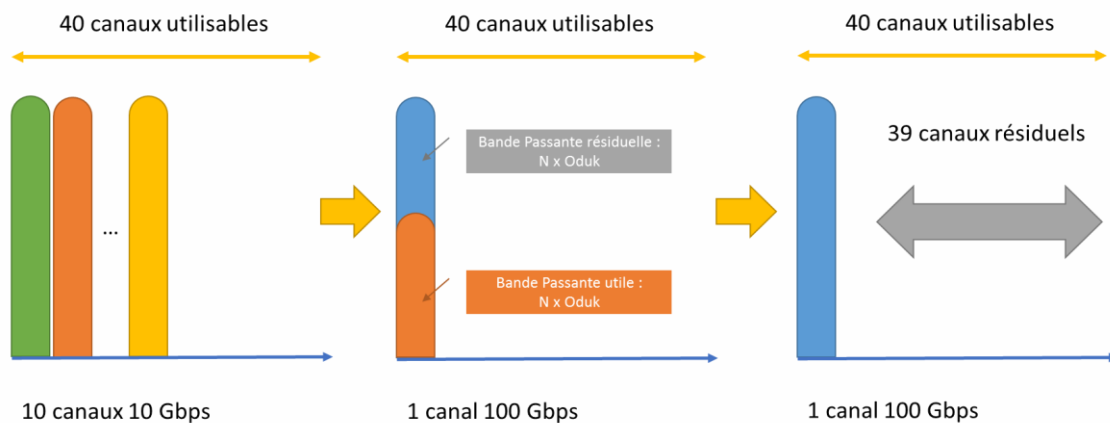


Figure 7 - Capacité résiduelle présente sur RENATER 6

Afin d'optimiser au mieux l'usage global du réseau, on peut tendre vers une augmentation du rendement. Deux pistes à l'étude sont alors possibles :

- supprimer certaines liaisons FON pour regrouper le trafic vers des liaisons existantes et pérennes ;
- utiliser la bande passante résiduelle disponible dans les lambdas ou la FON pour transporter de la protection réseau optique et ainsi renforcer la fiabilité du réseau.

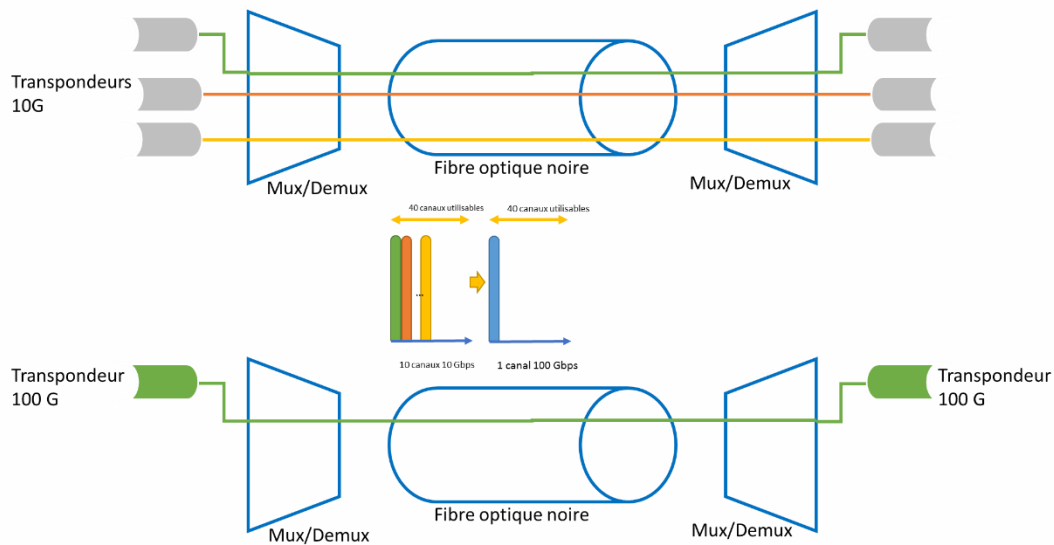


Figure 8 - Représentation schématique du passage vers une liaison RENATER 6

3.2.6 Les avantages des plateformes de routage/commutation

Les différentes gammes d'équipements retenues, nous apportent un certain nombre bénéfiques :

- elles supportent des débits de 10GE, 40GE, 100GE. Certaines plateformes vont jusqu'à 400GE par slot ;
- participer à l'innovation avec le support de nouveaux protocoles tels que LISP, Segment routing, BGP Flowspec ;
- des équipements certifiés MEF Carrier Ethernet nous permettant d'assurer d'une part la continuité des services RENATER existants et d'autre part d'étoffer notre catalogue de services ;
- une compatibilité avec SDN, Software Defined Networking, qui pourra offrir une vision globale et une gestion centralisée du réseau facilitant ainsi l'implémentation des services.

3.3 La phase opérationnelle : le déploiement

3.3.1 Planning global prévisionnel de la partie DWDM NG

Sur le plan opérationnel, le déploiement des équipements a débuté mi-2015.

La figure ci-dessous donne une vision prévisionnelle globale du déroulement des projets opérationnels durant le marché :

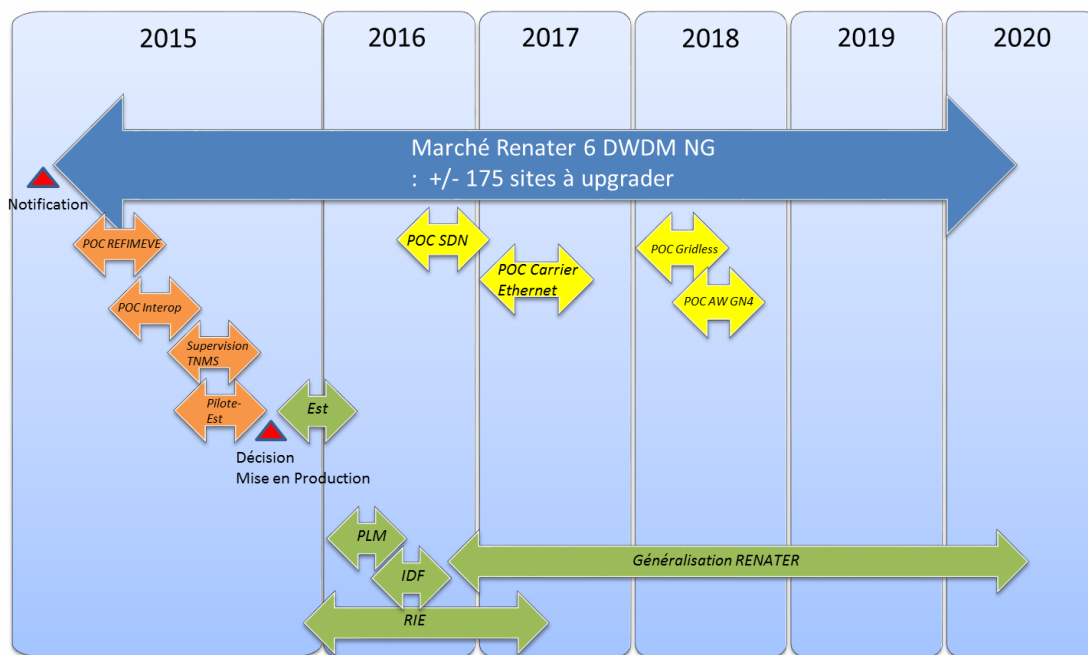


Figure 9 - Planning prévisionnel global

La première phase de déploiement (en orange dans la figure ci-dessus), actuellement en cours, concerne :

- un audit de tous les NRs ;
- la réalisation d'un POC pour vérifier la compatibilité des amplificateurs Raman avec les équipements REFIMEVE ;
- la réalisation d'un POC pour s'assurer de la compatibilité du parc actuel des routeurs avec les équipements CORIANT ;
- la mise en place de l'infrastructure de supervision : architecture, logiciels ;
- le déploiement d'un réseau pilote entre Paris, Reims et Nancy.

Une fois cette phase préliminaire terminée et validée, la généralisation du déploiement à l'ensemble des sites RENATER pourra commencer (en vert dans la figure ci-dessus).

Par la suite, des phases d'expérimentation (en jaune dans la figure ci-dessus) seront mise en œuvre ponctuellement pour tester des nouvelles technologies telles que SDN, Carrier Ethernet, Gridless...

3.3.2 Planning global prévisionnel de la partie commutation/routage

Lancé en juillet 2015, le premier marché subséquent portait sur l'acquisition de matériels destinés aux NR DROM-COM. Les changements majeurs seront réalisés au cours de l'année 2016.

3.3.2.1 Routeurs DROM-COM

Les routeurs des NR de Guyane, Martinique, Guadeloupe et Réunion doivent évoluer pour accueillir des connexions haut-débit :

- marché subséquent publié en juillet 2015 ;
- notifié en septembre 2015 à BT ;
- fourniture de routeurs Juniper MX104 ;
- déploiement : 4ème trimestre 2015.

3.3.2.2 Routeurs de Bordure « International »

Le but est de remplacer les équipements des NR principaux P1, P2, L1, M1, M2. Ces NR représentent l'épine dorsale du réseau RENATER.

Sur chaque NR seront installés deux routeurs :

- un routeur de cœur qui concentrera les accès vers nos partenaires internationaux ainsi que les liaisons inter-NR ;
- un routeur de bordure pour accueillir les connexions des usagers (collecte niveau 3).

Les objectifs de ce projet sont multiples :

- rationaliser le nombre d'équipements installés sur chaque NR ;
- apporter de la connectivité haut-débit ;
- bénéficier d'une diversité et d'une forte densité de ports ;
- fournir des services de connectivité aux usagers et partenaires internationaux.

La publication de ce marché subséquent est prévue au premier semestre 2016 pour un déploiement à l'été 2016.

3.3.2.3 Remplacement des Routeurs RENATER 4 (Cisco 12000+4500/6500)

Dans une démarche d'optimisation par rapport au design RENATER4, nous souhaitons rationaliser et mutualiser les services sur un unique équipement ce processus de migration doit être lancé sans délai, car certains éléments sont EoL ou EoS.

La publication de ce marché subséquent est prévue au premier semestre 2016.

3.3.2.4 Remplacement des Routeurs RENATER 5

Il s'agit ici de remplacer les routeurs Cisco 7600 installés sur la majorité des NR de bordure. Plusieurs pistes de réflexion sont envisagées. Cette partie sera composée de plusieurs volets en fonction de la typologie des NRs (taille, équipements fin de vie, etc) ou par zone géographique.

La publication de ce marché subséquent est prévue au deuxième semestre 2016.

4 Conclusion

Le réseau RENATER rentre dans sa sixième génération en induisant des évolutions technologiques notables.

La topologie IP restera inchangée. Nous conserverons l'architecture IP maillée telle qu'elle existe aujourd'hui et l'ensemble du parc sera renouvelé par des plateformes de nouvelles générations. Cette infrastructure nous permettra alors de délivrer de nouveaux services, d'atteindre des débits allant jusqu'à 100G par port et de bénéficier d'une résilience forte.

Pour sa prochaine évolution du réseau de transport, l'équipementier optique CORIANT a été retenu. Grâce à ces nouveaux équipements optiques, des débits supérieurs à 40 Gbit/s pourront être transportés sur une grande partie du réseau, des châssis redondés seront déployés dans les NRs et le dynamisme de la couche transport par le biais des protections de réseau optique et/ou de la commutation OTN permettra un fonctionnement du réseau avec une meilleure fiabilité. D'autres services innovants de la couche transport seront aussi progressivement mis en place sur le réseau au cours du marché dès leur validation technique (supercanaux, ...).