

Trois réseaux métropolitains

Comparaison de la réalisation et des résultats

Dominique Incerti

Centre Interuniversitaire de Calcul de Toulouse

Université Paul Sabatier

Amar Oussalah

Direction des Systèmes d'Information et de l'Informatique

Université de Provence

Gilles Rech

Centre Inter établissement pour les Services Réseau

Université Claude Bernard Lyon 1 et INSA de Lyon

Résumé

Cet article tente de comparer a posteriori la réalisation de trois réseaux métropolitains pour en tirer des leçons, et émettre des conseils et des recommandations.

Mots clefs

Réseau, métropolitain, infrastructure, fourreaux, fibres, groupement, convention, comparaison, RéMiP, Phocé'an, LyRES.

1 Introduction

On s'intéresse dans cet article à la mise en place de trois réseaux métropolitains : RéMiP 2000 à Toulouse (mis en service en avril 2001), Phocé'an à Marseille (mis en service en octobre 2004) et LyRES à Lyon (mis en service en février 2005). On tente de comparer les aspects organisationnels, financiers, juridiques et techniques des trois opérations. Une synthèse est proposée pour chaque point abordé, et des compléments spécifiques aux projets sont donnés si besoin.

Les termes « universitaire » et « université » sont souvent employés dans cet article. Ils ne doivent pas être compris dans leur sens habituel. Ils désignent ici les universités publiques et privées, les grandes écoles publiques et privées, les organismes de recherche, le CROUS et le Rectorat chancellerie des universités.

2 Aspects organisationnels

2.1 Établissements concernés

Chacun des trois réseaux RéMiP 2000, Phocé'an et LyRES relie la quasi-totalité des sites des établissements d'enseignement supérieur publics et privés et de la recherche de la zone métropolitaine correspondante. RéMiP 2000 et LyRES connectent de plus les sites du Rectorat de Toulouse et de Lyon. Aucun établissement d'enseignement secondaire ni du monde de la santé n'est relié sur aucun des réseaux. Cependant, le réseau LyRES à Lyon a vu l'acquisition de ses fibres se faire dans le cadre d'un groupement de commandes publiques incluant les Hospices Civils de Lyon. Les établissements hospitaliers ont ensuite construit leur réseau indépendamment de l'ESR.

Ce qu'on appelait « réseau indépendant à usage partagé » ne nécessite plus de déclaration auprès de l'ARCEP (ex-ART).

RéMiP 2000 : 23 établissements et 38 sites connectés.

Phocé'an : 8 établissements et 15 sites connectés.

LyRES : 22 établissements, 46 sites connectés et 49 points de raccordement. Groupement de commande avec les Hospices Civils pour de la fibre optique vers 46 sites.

2.2 Structuration juridique du Groupement

Les universités marseillaises et toulousaines ont mandaté l'une d'entre elles dans le cadre d'une convention, pour lancer les consultations nécessaires et exécuter les marchés. Bien qu'elles n'aient pas utilisé stricto sensu une procédure du code des marchés publics, cela revient de fait à constituer un groupement avec mandat dont le coordonnateur est une des universités. A Lyon, plusieurs groupements de commandes sans mandat ont formellement été constitués. La différence majeure est que chaque établissement signe et exécute son propre

marché. La solution choisie à Marseille et Toulouse est plus simple, surtout en terme patrimonial quand les câbles de fibres optiques sont achetés. Mais elle présente l'inconvénient que les établissements à l'exception du mandataire n'ont pas de relations contractuelles avec les titulaires des marchés, ce qui peut poser problème en cas de contentieux ou de désaccord ultérieur entre les établissements. De plus, les dispositifs de répartition des coûts et d'appels de fonds doivent être maintenus pendant toute la durée de vie des marchés. Il reste un point commun entre les trois villes : aucune structure ad hoc (association, GIP) n'a été constituée pour mener à bien ce projet. Un groupement de commandes publiques n'a pas de personnalité morale ; il ne s'agit que de lancer collectivement une consultation dans le but de signer des marchés de fourniture ou de service distincts. Néanmoins si cette procédure est particulièrement adaptée pour acheter collectivement des fournitures où chacun paiera sa part correspondant aux quantités qu'il aura commandées, cette procédure montre ces limites pour construire un réseau informatique. En effet, il y a dans tout réseau, une partie « en indivision », le *backbone*, utilisée par tous, financée par tous et propriété commune quand il y a acquisition. Il est clair qu'aujourd'hui il n'existe aucune procédure totalement adaptée à ce type de projet dans le code des marchés publics.

RéMiP 2000 : Les vingt-trois établissements participant ont signé une convention ayant pour principal but la création d'un réseau métropolitain pour l'Enseignement Supérieur et la Recherche sur la ville de Toulouse, réseau en fibres optiques. Cette convention désigne l'Université Toulouse III (Paul Sabatier) comme maître d'ouvrage et la mandate pour tous les aspects juridiques, techniques et financiers.

L'ARCEP a délivré une autorisation de réseau indépendant pour RéMiP le 27 juin 2002.

Phocé'an : Les 8 établissements constituant Phocé'AN ont signé une convention ayant pour principal but la création d'un réseau métropolitain sur la ville de Marseille, réseau en fibres optiques. Cette convention désigne l'université de Provence comme maître d'ouvrage et la mandate donc pour tous les aspects juridiques, techniques et financiers.

L'ARCEP a délivré une licence L33.2 à l'université de Provence le 11 février 2003.

Pour construire Phocé'AN, l'université de Provence a pris comme mandataire la S.E.M Marseille Aménagement pour l'assister dans la maîtrise d'ouvrage. L'université de Provence a lancé plusieurs marchés pour la réalisation de Phocé'AN.

LyRES : Les établissements ont agi dans le cadre de plusieurs groupements de commandes publiques régis par l'article 8 du code des marchés publics. Chaque groupement a fait l'objet d'une convention constitutive signée par tous les membres. Le projet comporte trois

marchés. Un marché d'assistance technique à la maîtrise d'ouvrage (ATMO), un marché de fournitures des liaisons optiques inactivées et un marché de service portant sur l'intégration des liaisons, la fourniture des équipements actifs, l'administration et la supervision du réseau. Les deux premiers marchés ont été passés dans le cadre d'un groupement dont le coordonnateur était les Hospices Civils de Lyon. Le troisième marché a été passé dans le cadre d'un groupement sans les hôpitaux et dont le coordonnateur était l'université Claude Bernard Lyon 1. Un groupement de commande n'a pas de personnalité morale. Dans le cadre d'un groupement sans mandat (cas des deux derniers marchés), chaque membre signe et exécute son marché. Dans le cadre d'un groupement avec mandat (cas du premier marché), le coordonnateur signe et exécute le marché pour le compte de tous les membres.

2.3 Organisation financière et documents signés entre les établissements

Les trois réseaux ont été financés en partie par le Ministère de la Recherche. Les conseils régionaux ont aussi participé au financement à l'exception de Marseille, où Phocé'an a été en partie financé par le conseil général des Bouches du Rhône et la ville de Marseille. Les coûts restant à la charge des établissements ont été fixés selon des clés de répartition basées sur plusieurs critères pondérés. Deux critères communs à Lyon et Marseille : la taille de l'établissement, exprimée sous différentes formes (effectifs à Marseille, budget consolidé à Lyon) et le nombre de sites desservis. A Toulouse, la répartition est basée sur le degré d'utilisation de chaque établissement apprécié par consensus mutuel. Dans tous les cas, on n'a pas tenu compte du coût réel du raccordement de l'établissement. Il s'agit d'un choix politique délibéré : mutualiser tous les coûts, offrir la même qualité de service quel que soit le lieu dans l'agglomération et ne pas payer en fonction de son éloignement du centre de l'agglomération ou du point de présence RENATER. Les groupements avec mandat de Toulouse et de Marseille nécessitent de maintenir les dispositifs de répartition des coûts et d'appel de fonds pendant toute la durée de vie du réseau.

RéMiP 2000 : L'investissement a été couverts à 80% par des subventions de l'État (40%) et du Conseil Régional (40%), 20% étant financés par les Établissements ne dépendant pas du MENESR. Les dépenses de fonctionnement sont financées sur le budget des établissements. Une convention signée entre l'université Paul Sabatier et chacun des différents établissements participants permet des appels de fonds émis par l'université auprès des établissements pour couvrir les différents frais (investissement et fonctionnement). Les sommes sont réparties selon une clé de répartition consensuelle liée à la taille estimée des différents établissements. L'université Paul Sabatier prépare et présente un budget annuel, budget soumis à l'approbation

du groupement et qui permet l'appel de fonds en conséquence. L'ensemble des factures est enfin payé par l'université sur la ligne financière constituée dans ce but.

Phocé'an : Deux conventions ont été signées entre l'université de Provence et chacun des différents établissements partenaires. La première convention précise l'investissement de chacun (sa contribution pour la construction). Le budget du projet a été bouclé en novembre 2002. La seconde convention définit le mode de fonctionnement, la participation de chacun, les services que rend le réseau Phoce'AN ainsi que la constitution d'une cellule technique composée de 3 techniciens à plein temps, seuls interlocuteurs avec l'exploitant. La clé de répartition est basée sur le nombre de personnes de chaque établissement et le nombre de sites de l'institution.

LyRES : La répartition des coûts est fixée dans les conventions constitutives des groupements de commandes. La clé de répartition est basée sur le budget consolidé de l'établissement et le nombre de sites directement raccordés au réseau sur lequel l'établissement est présent. Les bordereaux de prix des marchés sont basés sur cette clé de répartition et chaque membre du groupement signe avec le titulaire un acte d'engagement sur lequel figure le montant à payer qui lui incombe. Il s'agit d'un choix politique délibéré : mutualiser tous les coûts, offrir la même qualité de service quel que soit le lieu dans l'agglomération et ne pas payer en fonction de son éloignement du centre de l'agglomération ou du point de présence RENATER.

2.4 Gestion de l'amortissement

RéMiP 2000 ne prévoit pas l'amortissement des parties passives, majoritairement acquises sur subventions, tandis que Phocé'an le fait. Ces deux réseaux ont intégré l'amortissement des matériels actifs acquis dans les budgets de fonctionnement annuels sur des périodes respectives de 4 et 3 ans.

Dans le cas du réseau LyRES, structuré autour d'un groupement de commandes, chaque signataire du marché amortit selon ses règles pour le marché des liaisons. Le GIP Pôle Universitaire de Lyon est un des signataires pour le compte des universités et des grandes écoles de Lyon. Il finance intégralement l'achat des liaisons par des subventions d'équipement de l'Etat, de la Région et des établissements. Les dotations aux amortissements sont donc équilibrées par les reprises sur subvention et l'opération est « blanche » pour le GIP PUL. Chaque établissement ayant signé le marché de service portant sur l'intégration des liaisons, la fourniture des équipements actifs, l'administration et la supervision du réseau, il amortit selon ses règles les frais d'accès au service s'il considère qu'ils constituent une immobilisation incorporelle.

2.5 Pratiques dans la conduite d'appels d'offres

Les trois projets ont débuté par des études de faisabilité technique et financière. La stratégie commune adoptée ensuite a été de dissocier l'acquisition des infrastructures de câblage (optique) de celle des équipements actifs et de la supervision du réseau, puis d'externaliser l'activation du réseau.

Cette stratégie a été adoptée unanimement parce que :

- tous avaient acquis la conviction que les fibres obtenues aujourd'hui couvriraient les besoins pour les 15 ans à venir ;
- elle permet d'amortir l'investissement de l'infrastructures optique sur une période beaucoup plus longue que la période usuelle d'un marché de service et donc de faire à long terme des économies ;
- elle permet d'utiliser les équipements actifs au maximum de leurs performances ;
- la pérennité des établissements et de la plupart des sites sur lesquels ils sont implantés est assurée sur la période considérée.

Deux appels d'offres ont alors été lancés pour chacun des projets : un premier pour la fourniture d'infrastructures passives de type fibres optiques inactivées et un second pour la fourniture des matériels actifs et l'exploitation du réseau constitué. Le premier appel d'offres a pris la forme d'un appel d'offres "sur performances" (Toulouse), "restreint" (Marseille) ou « de dialogue compétitif" (Lyon). Le second appel d'offres a été un appel d'offres à bons de commande (Toulouse et Marseille) ou "de dialogue compétitif" (Lyon).

Comme évoqué par ailleurs, les chefs d'établissements lyonnais ont proposé aux Hospices Civils qui avaient les mêmes besoins au même moment, de s'unir pour lancer la consultation relative à la mise en place d'une infrastructure de fibres optiques inactivées, chacun restant libre ensuite de construire à l'aide de ses liaisons, son propre réseau.

2.6 Obligations contractuelles du titulaire du marché

A Toulouse et Lyon, les obligations contractuelles du titulaire sont les mêmes sur l'ensemble du réseau : les universités sont propriétaires des câbles de fibres optiques et louent les fourreaux à un opérateur.

A Marseille, les fourreaux appartiennent en partie aux universités (12 Km) et en partie à la ville de Marseille (17Km) qui les met à leur disposition à titre gracieux dans le cadre d'une convention. Une partie des câbles de fibres optiques (plus de 45 Km) sont la propriété des universités marseillaises, l'autre partie (22 Km) est louée à la Régie des Transports de Marseille.

Dans les trois villes, les universités ont à leur charge les coûts de maintenance préventive et curative des fourreaux et des câbles dans le cadre d'un contrat de longue durée (de 10 à 15 ans).

Quand les universités sont propriétaires des câbles, les risques leur sont bien entendu transférés après la réception. Cela signifie que les travaux de réparation en cas de sinistre ou de dévoiement sont à leur charge. C'est ici que les trois projets divergent. Toulouse n'a pas prévu de clause particulière, s'en tenant aux règles d'usage. Marseille a souscrit une assurance. Lyon a détaillé dans son CCAP, les règles de répartition des coûts entre les universités et les autres clients concernés de l'opérateur ainsi que la délégation à l'opérateur pour exercer tout recours envers l'auteur des dommages ou pour mener les négociations avec le maître d'ouvrage demandant le dévoiement des câbles.

Dans les trois projets, les infrastructures sont maintenues et supervisées par le titulaire du marché. A Lyon, l'opérateur offre un service de supervision des fibres inactivées par réflectométrie permanente.

La garantie de temps de rétablissement est de 4 heures pour RéMiP et LyRES, 8 heures pour Phocé'AN. Bien que le non respect de ce délai prévoit le versement de pénalités, une expérience récente à Lyon, a montré qu'il est matériellement impossible de réparer un câble coupé en moins de 6 heures.

Toulouse et Lyon ont prévu une clause de rachat des câbles par le titulaire à l'expiration du contrat de maintenance. Cette clause les protège de l'obligation de déposer en cas de non renouvellement du contrat de maintenance.

RéMiP 2000 :

Origine des fourreaux : les fourreaux sont loués par le titulaire pour la durée du marché, 15 ans. Ils sont obtenus hors marché par le titulaire auprès d'un opérateur. Des chambres de tirage privatives à l'université sont construites pour chaque boîte d'épissurage ou de dérivation présente sur le réseau. Ces chambres sont reliées par des fourreaux construits pour l'occasion aux chambres voisines de l'opérateur.

Origine des fibres optiques : les fibres optiques sont tirées par le prestataire pour l'université dans les fourreaux mis à disposition et les chambres construites spécialement. Les fibres appartiennent à l'université. Une clause de rachat est prévue à coût nul à l'échéance des 15 ans. Les fibres sont maintenues par le titulaire pendant toute la durée du marché.

Maintenance préventive et corrective des câbles : les câbles sont maintenus par le titulaire pendant toute la durée du marché avec une garantie de temps de rétablissement de quatre heures.

Maintenance corrective des fourreaux : les fourreaux sont mis à disposition pendant toute la durée du marché.

Garanties en cas de sinistre (incident, vandalisme, glissement de terrain) : cet aspect n'a pas été évoqué dans le marché et n'est donc pas contractualisé.

Garanties en cas de déplacement d'infrastructures à la demande du gestionnaire du domaine traversé : cet aspect n'a pas été évoqué dans le marché et n'est donc pas contractualisé. L'expérience montre qu'il y a négociation au cas par cas entre l'université propriétaire des câbles et le gestionnaire du domaine traversé pour la couverture des frais de déplacement des câbles.

Documents remis (plans de masse, de principe, ...) : le titulaire du marché a remis tous les plans usuels pour la description de cheminements dans le cas d'infrastructures de fourreaux et de câbles.

Supervision du réseau : le réseau est supervisé au niveau des matériels actifs par la société titulaire du marché d'activation.

Phocé'an :

Origine des fourreaux : Il y a deux types de fourreaux. Les fourreaux construits par Phocé'AN (2 fourreaux de diamètre 42/45 mm sur environ 12 Km) propriété donc des ayants droits Phocé'AN et les fourreaux mis à disposition par la ville de Marseille (2 fourreaux de diamètre 42/45 mm sur plus de 17 Km) pour une durée de 10 ans renouvelable. (Cette mise à disposition gratuitement est régie par une convention, mais Phocé'AN paie la maintenance préventive). Les 17 km de fourreaux ont été construits par la société LDCOM et rétrocédés à la ville de Marseille pour son utilisation propre ou pour les mettre à disposition d'une structure publique.

L'infrastructure passive de Phocé'AN compte un peu plus d'une vingtaine de chambres de tirage.

Origine des fibres optiques : Là encore il y a deux types de fibres. Il y a des fibres noires qui ont été louées à la RTM (Régie de Transport de Marseille : métro) pour plus de 22 Km (un tube de 12 brins sur les 2 boucles du métro de Marseille, pour une durée de 10 ans, renouvelable) et les fibres posées, donc propriété de Phocé'AN (plus de 45 Km).

Maintenance préventive et corrective des câbles : Tous les câbles sont maintenus par la société qui a posé les câbles, sauf les câbles de la RTM qui sont maintenus par la RTM.

Maintenance corrective des fourreaux : Les fourreaux sont maintenus par la société qui a construit les fourreaux, sauf ceux de la ville de MARSEILLE qui sont maintenus par LDCOM.

Garanties en cas de sinistre : Une assurance a été contractée par l'université de Provence.

Garanties en cas de déplacement d'infrastructures à la demande du gestionnaire du domaine traversé : à la charge du propriétaire des fourreaux en cas de dévoiement. Le propriétaire du câble devra supporter le coût des déplacements de celui-ci s'il est exigé par le gestionnaire du domaine public.

Documents remis : Tous les plans de récolement ont été remis en support papier et support numérique.

Supervision du réseau : La supervision du réseau est faite par l'exploitant. La cellule technique Phoce'AN possède une console de supervision (HP OV) et un accès en temps réel sur la plateforme de supervision via une interface Web.

Capacité des fibres : Sur la partie RTM, quasiment chaque site dispose d'une paire de fibres noires, sur la partie construite chaque site dispose d'au moins 2 paires de fibres.

LyRES :

Origine des fourreaux : les fourreaux sont mis à disposition par le titulaire du marché des liaisons dans le cadre d'un contrat de location et de maintenance d'une durée de 15 ans. Toutes les chambres et les fourreaux posés, dans le cadre de cette opération sur le domaine privé des établissements ont fait l'objet d'un transfert de propriété au profit de l'établissement.

Origine des fibres optiques : les câbles de fibres optiques neufs et dédiés à ce réseau ont été vendus par le titulaire du marché aux maîtres d'ouvrage. Le marché est assorti d'une promesse de rachat par le titulaire de tout ou partie des câbles à compter du 8ème anniversaire du marché. Le montant du rachat est dégressif de la 8ème à la 15ème année. Cette promesse de rachat protège les établissements contre l'obligation de déposer des câbles dont ils sont propriétaires s'il advenait que les établissements et le titulaire ne parvenaient pas à un accord sur un nouveau contrat de location et de maintenance des fourreaux au-delà de la 15ème année.

Maintenance préventive et corrective des câbles : le contrat de vente des câbles est assorti d'un contrat de maintenance d'une durée de 15 ans. Le CCAP prévoit que le titulaire doit rétablir le câble dans les 4 heures qui suivent la signalisation de la coupure y compris en cas de coupure accidentelle par un tiers. Si ce délai n'est pas respecté le titulaire doit des pénalités aux établissements. Le titulaire du marché contrôle une fois par an l'ensemble des câbles, boîtes de dérivation, équipements d'extrémité, du câble vendu sur le domaine public et en parties privatives. Ce contrôle est visuel (état des câbles, contrôle des connexions, encombrement des chambres, état des chemins de câble dans les bâtiments, etc.) et optique (mesures optiques sur les fibres non occupées).

Maintenance corrective des fourreaux : le contrat de vente des câbles est assorti d'un contrat de maintenance d'une durée de 15 ans. Les garanties sont les mêmes que pour les câbles.

Garanties en cas de sinistre : A partir de la réception des fibres optiques, les risques sont transférés à l'acquéreur des câbles. En cas de dommage aux câbles de fibres optiques, le titulaire du marché fait son affaire de la réparation. Il exerce les recours éventuels contre l'auteur du dommage et/ou sa compagnie d'assurance. Toutefois si le titulaire ne peut pas recouvrer sa créance auprès de l'auteur du dommage, la personne publique rembourse au titulaire la dépense engagée par ce dernier y compris les frais judiciaires.

Garanties en cas de déplacement d'infrastructures à la demande du gestionnaire du domaine traversé : Le propriétaire du câble doit supporter le coût des déplacements de celui-ci s'il est exigé par le gestionnaire du domaine public. A cet effet, le titulaire du marché informe la personne publique en vue d'un accord, puis négocie avec les gestionnaires de voirie en vue de réaliser les travaux dans les règles de l'art et au plus juste prix. Le titulaire facture à la personne publique le coût du déplacement de son câble sur la base d'une quote-part des travaux proportionnelle à son occupation des installations de génie civil. La quote-part est déterminée en fonction du nombre de brins optiques appartenant à la personne publique par rapport au nombre total de brins de l'installation à déplacer.

Documents remis (plans de masse, de principe, etc.) : Pour les liaisons optiques, les plans au format AUTOCAD ont été fournis pour les parcours sur le domaine public, sur les domaines privés et à l'intérieur des bâtiments de desserte. Les résultats des tests réflectométriques et photométriques sont aussi fournis. Pour l'intégration, des schémas physiques et logiques sont fournis ainsi que la configuration de tous les équipements. La documentation comprend également différents documents d'ingénierie (routage BGP, QoS, VPN de niveau 2).

Supervision du réseau : Le réseau de fibres optiques inactivées sera supervisé par le titulaire du marché des liaisons en septembre 2005 par réflectométrie permanente. Le centre de supervision reçoit une alarme dès qu'un seuil d'affaiblissement a été franchi pour une section du réseau. Ce système de supervision immobilise un brin sur toutes les liaisons. Le titulaire du marché d'intégration supervise tous les équipements actifs.

¹ Il faudrait plus précisément parler de domaine privé de l'Etat dont les établissements sont affectataires.

2.7 Relations avec les villes et les communautés urbaines

Seule la ville de Marseille a aidé au déploiement du réseau métropolitain sur son territoire. Cette aide a pris diverses formes :

- mise à disposition de 12 km de fourreaux,
- co-déploiement de câbles sur 6,5 km,
- aide du Service de la Direction Générale de la Logistique,
- très forte contribution financière.

2.8 Positionnement par rapport au réseaux régionaux et Renater

Les trois réseaux profitent d'une co-localisation de certains de leurs matériels centraux avec ceux de Renater et sont reliés au réseau national avec un débit de 1 Gbps. Les liaisons vers les réseaux régionaux ASTER, RRTHD et AMPLIVIA sont à des débits respectifs de 100 Mbps, 200 Mbps et 1 Gbps. Seule la liaison entre Phocé'an et RRTHD entraîne des frais de liaison car à distance.

2.9 Mode de fonctionnement

Les trois projets ont adopté un mode de fonctionnement commun : les parties passives et actives de leur réseau sont entièrement administrées et supervisées par les titulaires des marchés. Aucune structure universitaire n'assume des tâches d'exploitation directes du réseau métropolitain.

Afin de suivre la qualité du service rendu par les exploitants et de fixer les évolutions technologiques du projet, ces trois réseaux sont dotés de comité technique ou de comité de pilotage. A Toulouse et Lyon, ces comités sont composés des techniciens des différents établissements et se réunissent à intervalle régulier. L'originalité de Marseille est d'avoir mis en place une structure permanente composée de trois personnels détachés à plein temps par les établissements ayant droits. Cette structure répond à tous les besoins réseaux mutualisés et assure le suivi de l'exploitation du réseau.

RéMiP 2000 : le réseau d'infrastructure (fourreaux et fibres) est entièrement géré par le titulaire du marché. Les matériels actifs sont exploités entièrement par le titulaire du marché d'activation, sous la maîtrise d'ouvrage de l'université.

Phocé'an : Toute l'infrastructure du réseau (passive et active) est entièrement gérée par l'exploitant (à ce jour NextiraOne), pour une durée de 3 ans.

En plus de l'exploitant, il a été mis en place une cellule technique de 3 personnes.

Les rôles de cette cellule sont :

- assurer avec l'exploitant le fonctionnement et la stabilité du réseau Phocé'AN
- mettre en place et exploiter les outils nécessaires à la supervision du réseau
- vérifier la qualité des prestations de l'exploitant
- étudier les tableaux de bord et les statistiques
- participer activement aux comités de suivi
- être le seul interlocuteur de l'exploitant (interface entre les administrateurs des 15 sites et l'exploitant)
- définir les nouvelles tâches de l'exploitant
- recueillir les demandes des responsables réseaux des 15 sites, les analyser, les résoudre et les transmettre à l'exploitant pour exécution
- mettre en œuvre et maintenir les services mutualisés intéressant la communauté Phocé'AN (dns, looking-glass, serveur ftp, proxy radius, installation des filtres, serveurs de streaming, services de multicast, services ipv6, etc)
- assurer un rôle prospectif d'étude des évolutions du réseau et de définition de nouveaux projets en collaboration avec l'exploitant

LyRES : L'infrastructure optique est maintenue et supervisée par le titulaire du marché des liaisons pendant 15 ans. L'ensemble des équipements actifs est supervisé par le titulaire du marché d'activation pendant 5 ans. La gestion du réseau est donc totalement externalisée. Aucune structure universitaire ad hoc n'a été créée pour ce projet et aucun moyen humain n'a été mis à disposition pour l'exploitation du réseau par les établissements des utilisateurs. Seuls l'université Lyon 1 et l'INSA de Lyon ont mis à la disposition des établissements un ingénieur à mi-temps chef de projet pour la période allant de l'étude préalable jusqu'à la mise en service complète.

2.10 Architecture du réseau :

2.10.1 Sécurisation des infrastructures

La topologie de l'infrastructure physique mise en place dans les trois réseaux a résulté de la conjonction de nombreux facteurs non maîtrisables : localisation des sites, disponibilité de fourreaux, contraintes financières, jeu de la concurrence, etc. Deux des réseaux, à Lyon et Toulouse, ont ainsi pu mettre en place une boucle centrale sur laquelle se raccordent les sites distants par des liaisons d'adduction, tandis que l'infrastructure obtenue à Marseille est plus arborescente. Dans les trois cas, vu le coût de réalisation d'une double adduction physique pour les sites reliés, aucun de ceux-ci, à l'exception des sites de l'épine dorsale, n'est à l'abri d'une coupure du service en cas d'accident sur le câble de raccordement du site.

2.10.2 Services de niveau 2 et de niveau 3

Les trois réseaux offrent des services de niveau 2 et de niveau 3 indépendants. Le transport des réseaux de niveau 2 se fait selon la technologie d'encapsulation "MAC in MAC" sur LyRES, au-dessus de MPLS sur Phocé'an et sur des fibres distinctes sur RéMiP 2000.

Le réseau LyRES implémente de plus une couche de multiplexage de longueurs d'ondes CWDM qui permet de créer des liaisons physiquement indépendantes entre certains sites qui en ont l'usage.

2.10.3 Virtualisation

Le nombre de fibres optiques disponibles ou de longueurs d'ondes différentes multiplexées par les équipements CWDM a permis dans les trois cas de mettre en place des interconnexions maillées entre les matériels actifs du réseau. Tous les matériels actifs centraux utilisés sont par ailleurs redondants, ce qui apporte un haut degré de résistance aux pannes de l'ensemble.

2.10.4 Matériels spécifiques pour niveau 2 et niveau 3

Dans les trois projets a été faite la même constatation : il n'existe pas à ce jour de matériel qui cumule les meilleures fonctionnalités de niveau 2 et les meilleures fonctionnalités de niveau 3. Ainsi, les trois projets confient la gestion de leur service de niveau 2 et de niveau 3 à des matériels spécifiques et distincts, commutateurs de niveau 2 d'une part et routeurs d'autre part.

RéMiP 2000 :

L'architecture passive du réseau RéMiP 2000 a été décrite dans l'article « Réseau métropolitain RéMiP 2000 » publié à l'occasion des JRES 2003. On se reportera à cet article pour une description de cette architecture.

L'architecture active de ce réseau a évolué de façon notable depuis ce jour. En effet, certains des matériels actifs du réseau ont été renouvelés début 2005. A cette occasion, deux routeurs M320 de marque Juniper ont été rajoutés aux commutateurs Extreme Networks existants, et le réseau a été modifié de façon à séparer les flux de niveau 2 (Vlans entre sites) des flux IP de niveau 3. Ceci apporte une meilleure performance du routage à l'intérieur du réseau et vers l'extérieur, une plus grande sécurisation du service, une possibilité d'accroissement substantiel du trafic avec la possibilité d'accueillir des interfaces à 10 Gbps ainsi que la possibilité de mise en place de services plus puissants et plus performants, notamment du point de vue de la sécurisation (par filtrage) des sites raccordés.

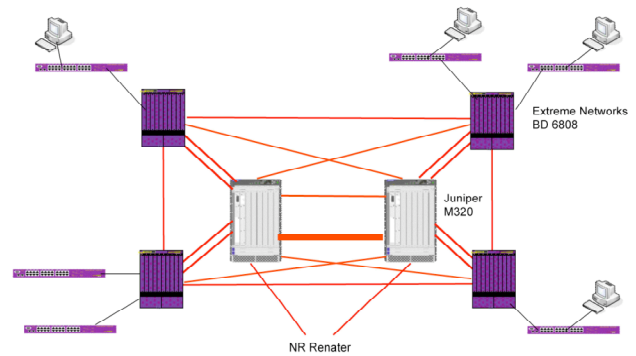


fig 1 - RéMiP 2000 – architecture active

Phocé'an :

Le réseau Phocé'an est une infrastructure haut débit proposant une gamme étendue de services, notamment le routage Ipv4 et Ipv6, unicast et multicast. Il est déployé sur l'agglomération marseillaise et fédère des sites universitaires et de recherche de l'enseignement supérieur. Il constitue également un réseau de transit vers les réseaux Renater et le réseau régional RRTHD. Phocé'an est bâti sur le modèle hiérarchique. Ce modèle d'architecture prévoit l'implémentation de couches ayant des objectifs différents mais mettant en oeuvre des fonctions complémentaires. Ainsi, une couche de capillarité constituant le réseau de collecte et une couche de fédération constituant le backbone ont été définies.

Le réseau de collecte fédère les ayants droits pour leur assurer une interconnexion sur le backbone et au reste du réseau. Ce réseau de distribution est constitué de commutateurs Cisco Catalyst 3750 rattachés au backbone via des liaisons ethernet gigabit redondées. Cette partie du réseau utilise la segmentation en vlan de niveau 2 gérée par le protocole spanning tree.

Le Backbone s'appuie sur la technologie Ethernet, il assure des fonctions de transit des flux et représente le point de convergence des flux venant de l'ensemble des utilisateurs et des réseaux externes (protocoles IPv4/IPv6 unicast et multicast). A ce titre, il représente un point stratégique de l'architecture et son niveau de performance et de stabilité est un enjeu important. Le backbone assure également l'accès aux ressources communes du réseau. Il garantit l'acheminement des flux en tenant compte des contraintes des utilisateurs par le traitement de la qualité de service reposant sur 4 classes de services (en conformité avec la politique de gestion de la QOS de Renater). Pour garantir le cloisonnement des données issues des différentes communautés d'utilisateurs de Phocé'an, des VPN de niveau 3, s'appuyant sur la technologie MPLS, ont été mis en place. Pour assurer un haut niveau de tolérance aux pannes les équipements en ont été doublés et sont redondants. Il s'agit de 2 commutateurs Cisco Catalyst 6506 et de 2 routeurs Juniper M7i, l'un dédié à

l'interconnexion avec Renater et le second avec le RRTHD. Ces quatre équipements sont quasiment totalement maillés.

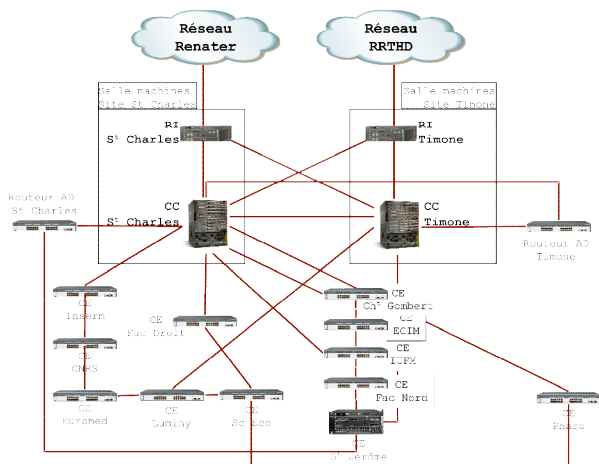


fig 2 - Phocé'an – niveaux 1 et 2

Comme représenté sur la figure 3, le routage entre les réseaux externes et le backbone est réalisé en BGP. Le routage entre les ayants droit et le backbone est réalisé soit en BGP au travers de deux sessions établies avec les routeurs de backbone soit en statique, une instance VRRP étant implémentée pour la redondance.

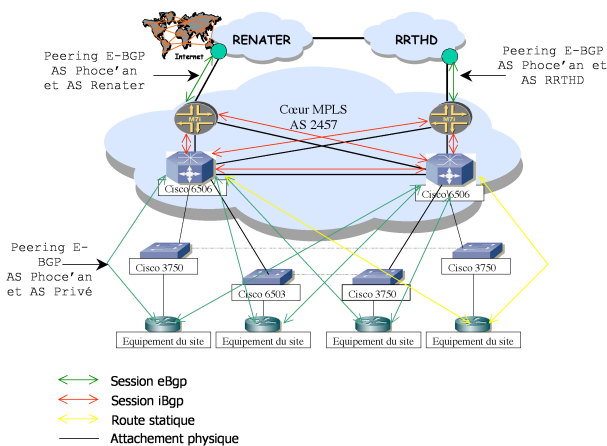


fig 3 - Phocé'an – niveau 3

LyRES :

Le réseau est composé d'une boucle optique de 6 brins reliant ensemble sept points de concentration. Chaque point de raccordement est relié à l'un des points de concentration par une simple liaison optique de 6 brins. Un backbone de niveau 2 est construit sur cette infrastructure en reliant des commutateurs par différentes

longueurs d'onde à l'aide d'équipements CWDM passifs. Le service de niveau 3 est composé de deux routeurs se secourant mutuellement.

Chaque point de raccordement est équipé de 12 interfaces de connexion permettant plusieurs interconnexions au réseau au niveau 2 ou au niveau 3.

Le service VPN de niveau 2 utilisant la technologie d'encapsulation MAC in MAC permet de raccorder les sites d'un même établissement. Les VPN peuvent être transparents ou mappés (translation ou non des numéros de VLAN), point à point ou multipoints et quatre classes de service sont supportées par tous les équipements du réseau. Chaque établissement peut potentiellement établir plusieurs dizaines de VPN à partir d'un point de raccordement. Cette solution très souple permet de construire toutes les configurations possibles en tenant compte des politiques et des applications spécifiques des établissements.

Le service de niveau 3 supporte IPv4 unicast et multicast ainsi qu'IPv6. La fourniture du service IPv4 se fait sous la forme de quatre classes de service compatibles avec celles définies dans le réseau RENATER. Chaque routeur d'établissement établit deux sessions BGP avec chacun des deux routeurs centraux du réseau. En marche normale, un routeur est dédié aux communications avec RENATER, l'autre étant dédié aux communications avec le réseau régional AMPLIVIA et les autres établissements du réseau LyRES. Chacun de ces deux routeurs se supplée en cas de défaillance de l'autre.

Sur les points de concentration, les établissements disposent aussi d'un service CWDM. Il permet d'établir à travers la boucle optique une liaison entre deux équipements sur une longueur d'onde libre parmi les 8 possibles. Ce service est par exemple déjà utilisé pour raccorder le site lyonnais de GRID5000 au NR de RENATER sur une liaison totalement dédiée à ce projet scientifique, sans aucune interaction avec les équipements actifs de niveau 2 et 3 du réseau.

La figure 4 représente les liaisons physiques du réseau et les équipements de multiplexage passifs CWDM. Aujourd'hui deux paires seulement sont utilisées. Un brin de la troisième paire est utilisé par le centre de supervision du titulaire du marché des liaisons afin d'effectuer sur celui-ci une réflectométrie permanente. Les résultats de cette réflectométrie permanente sont comparés avec les résultats de référence et la base de données des boîtiers de soudure (et la carte de leur implantation) ce qui permet de détecter et localiser en très peu de temps une coupure ou une détérioration d'une liaison.

été dissociée de la partie active. Plusieurs autres réseaux métropolitains ont également fait ce choix. Même si ce n'était pas encore le cas il y a quelques années dans un contexte réglementaire mouvant, il y a aujourd'hui un consensus sur cette dissociation. Tout le monde semble s'accorder sur trois avantages : c'est moins cher à long terme ; c'est toujours la solution la plus performante ; c'est aussi la meilleure solution pour s'adapter à l'évolution rapide des technologies et des besoins (surtout les imprévus). Cette solution, privilégiant des coûts élevés d'investissement pour réduire les coûts de fonctionnement, est, de plus, adaptée au mode de financement des établissements publics d'enseignement supérieur et de recherche.

Aucun des trois projets n'a pu résoudre totalement le problème de la sûreté de fonctionnement du réseau et de la continuité du service. La bonne marche du réseau informatique (transportant de plus en plus souvent les liaisons téléphoniques) est devenue cruciale dans le fonctionnement des établissements. Si le réseau est inopérant, une grande partie du personnel ne peut plus travailler, ce qui n'était bien sûr pas le cas il y a plus de dix ans. Mais construire un réseau dont on peut garantir la disponibilité 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7 coûte très cher. Il faut doubler les liaisons, les équipements actifs et

leurs sources d'énergie. On peut le faire sans surcoût sensible au cœur du réseau, dans cette partie dont tout le monde dépend. Mais le faire partout implique un coût qui n'est pas acceptable comparé au risque.

Enfin, pour ceux qui ne s'y sont pas encore essayés, il faut être conscient que la mise en place de tels réseaux nécessite deux à trois années de travail et pas mal de ténacité pour le chef de projet. Quant à l'aide que l'on peut espérer sur le plan local, elle concerne plus souvent les interdits que les solutions.

Références

<http://www.remip.prd.fr>

<http://www.amecspie.com/>

<http://www.nextiraone.fr/>

<http://www.extremenetworks.com/>

<http://www.cisco.com/>

<http://www.juniper.net/>

<http://www.oria.fr/>

<http://www.phocean.fr/>