

# Réseau métropolitain RéMiP 2000

Dominique Incerti  
Centre Interuniversitaire de Calcul de Toulouse  
Université Paul Sabatier  
118 route de Narbonne  
31062 Toulouse cedex 4  
dominique.incerti@Tcict.fr

Date de rédaction : 8 octobre 2003

## Résumé

*Cet article décrit la conception, le développement, la réalisation et le résultat du projet de réseau métropolitain RéMiP 2000, projet mené de 1999 à 2002 pour les établissements académiques de l'agglomération toulousaine.*

## Mots clefs

Réseau, métropolitain, infrastructure, fourreaux, fibres, groupement, convention, Toulouse.

## 1 Introduction

RéMiP 2000 est le nom du réseau métropolitain de télécommunications reliant les Établissements d'Enseignement Supérieur et de Recherche de l'agglomération toulousaine. Cette infrastructure permet les échanges entre les différents établissements raccordés ainsi que leur accès à l'Internet au travers d'une connexion sur le point d'accès de Renater, noeud régional pour la région Midi-Pyrénées, situé dans les locaux du CICT, sur le campus de l'Université Paul Sabatier à Toulouse.

Le réseau RéMiP 2000 réunit actuellement 23 établissements comprenant 37 sites indépendants situés dans l'agglomération toulousaine, pour une population de plus de 90000 étudiants. Ce réseau a été mis en place sous l'égide du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche et du Conseil Régional Midi-Pyrénées. Le financement du réseau a été obtenu auprès de ces entités pour partie, le reste étant à la charge des Établissements reliés.

L'intérêt de ce projet réside dans la simplicité de sa mise en œuvre administrative et dans l'excellent rapport prix - performance qu'ont permis les solutions techniques originales adoptées pour sa mise en place.

Nous allons décrire dans cet article les idées maîtresses qui ont présidé à ce projet, les structures administratives créées, le déroulement du projet, l'architecture du réseau mis en place et enfin les services fournis par celui-ci.

## 2 Genèse du projet

Les Établissements d'Enseignement Supérieur et de Recherche de la région toulousaine ont été reliés entre eux par des infrastructures de télécommunications spécifiques depuis les années 1990. Ces infrastructures ont été obtenues auprès de l'opérateur France Télécom sous la forme de location d'un service.

Deux constatations principales ont été faites puis confortées pendant ces années d'usage de services de télécommunications :

- Le coût d'un service global de télécommunications acquis auprès d'un opérateur est toujours lié à l'usage et au débit d'utilisation,
- La maîtrise de la technologie employée n'est pas possible dans le cadre d'un service fourni globalement.

Ces constatations ont poussé à mener une étude dont l'objectif était de proposer une solution de mise en place de réseau métropolitain pour les sites de l'agglomération toulousaine, solution basée sur la propriété des infrastructures et qui permettrait d'une part de décorréler le coût global du débit d'utilisation, et d'autre part, de maîtriser les technologies employées. Cette étude a été menée en 1998 par la société de conseil ORIA.

Les résultats de cette étude (recensement des infrastructures -fourreaux et fibres- existantes, possibilités de création de liaisons hertziennes) ont permis de montrer la faisabilité technique et financière de cette solution au Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche ainsi qu'au Conseil Régional. Ces deux entités ont accepté de financer une

partie du projet en complément d'un apport qui serait fait par les Établissements participants.

Ce projet est alors présenté aux différents Établissements d'Enseignement Supérieur et de Recherche de l'agglomération toulousaine. Les arguments favorables présentés sont les suivants :

- la mise en place d'un service par soi-même revient moins cher que la location du même service,
- ce qui coûte le plus cher dans un service global est la bande passante,
- la loi nous permet de déployer une infrastructure propre,
- le réseau peut alors être opéré par une société de service,
- la maîtrise d'ouvrage peut alors rester entre les mains des utilisateurs.

Vingt trois établissements acceptent de participer au projet pour une quarantaine de sites différents dans l'agglomération.

Un montage financier est construit. Il répartit les frais d'investissement entre : le Ministère dans le cadre des contrats quadriennaux 1999-2002 des Établissements qui en dépendent, le Conseil Régional dans le cadre du plan Etat Région, les Établissements sur leurs budgets propres. Les frais de fonctionnement seront répartis entre les Établissements participants.

### **3 Structures administratives**

Les établissements participant au projet se sont constitués en un Groupement nommé RéMiP 2000, composé des dirigeants des différents Établissements, et ont rédigé une Convention et un Règlement intérieur pour le fonctionnement de ce Groupement.

#### **3.1 Convention**

La Convention fixe les éléments suivants :

- Formation d'un groupement sans personnalité juridique,
- Pour financer un réseau de télécommunications à haut débit pour un Groupement Fermé d'Usagers,
- L'Université Paul Sabatier est déclarée mandataire du groupement,
- L'installation et exploitation du réseau est confiée au CICT,
- La durée de l'opération est fixée à 15 ans.

#### **3.2 Règlement intérieur**

Le Règlement Intérieur fixe les éléments suivants :

- Le but du Groupement est de faciliter et développer l'installation et l'exploitation du réseau RéMiP 2000 dans le cadre légal des Réseaux Indépendants,
- Les modalités de financement du réseau (budget, appels de fonds) sont décrites, tant pour l'investissement que pour le fonctionnement.

Le Groupement n'ayant pas de personnalité juridique indépendante, l'Université Paul Sabatier a été nommée Mandataire du Groupement pour toutes les opérations liées au projet, notamment financières. L'Université Paul Sabatier est ainsi le Maître d'Ouvrage du projet, aidée par le CICT pour tous les aspects techniques de cette Maîtrise d'Ouvrage.

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). 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.

#### **3.3 Structuration technique**

La mise en oeuvre technique se fait sous le contrôle du Comité Technique, réunion des correspondants techniques des différents Établissements. Ce Comité est le canal privilégié d'échange entre les utilisateurs finaux du réseau et le CICT qui contrôle l'exploitation du réseau. La conception, le suivi et l'évolution du réseau sont préparés par l'équipe technique du CICT aidée d'un groupe d'ingénieurs spécialistes appartenant aux Établissements partenaires. Ce Groupe Technique se réunit régulièrement et dirige, suit et contrôle l'exploitation du réseau, exploitation confiée à une société extérieure. La fréquence des réunions, d'hebdomadaire pendant la mise en place du projet, est passée à mensuelle en période de croisière, avec possibilité de réunions supplémentaires selon les circonstances.

### **3.4 Autorisation administrative**

En parallèle avec le déroulement technique du projet, l'Université Paul Sabatier et le CICT montent un dossier de demande d'autorisation d'un réseau indépendant de télécommunications auprès de l'Autorité de Régulation des Télécommunications. Cette autorisation est accordée en 2002.

## **4 Déroulement du projet**

Deux appels d'offres différents sont alors préparés pour la construction du réseau. Une mission d'assistance à la conduite de ces appels d'offre a été confiée à la société de service ORIA.

### **4.1 Appel d'offres pour des infrastructures**

Le premier appel d'offres est "sur performances" pour la fourniture et la maintenance sur une longue durée d'une infrastructure de télécommunications reliant les 37 différents sites des Établissements participants.

Les objectifs affichés dans cet appel d'offres sont les suivants :

- Mise à disposition de hauts débits sur une quarantaine de sites,
- Mise à disposition d'un maximum de liaisons construites sur fibres optiques,
- Garantie de l'évolutivité du débit dans le cas de liaisons construites sur un support non optique,
- Pérennité du réseau,
- Délais de réalisation courts,
- Indépendance entre supports de transmission et matériels actifs,
- Disponibilité du réseau importante,
- Délais de rétablissement courts.

La topologie demandée de préférence est celle d'un anneau central reliant 4 à 5 sites de concentration sur lesquels sont reliés les autres sites, dits terminaux. Les sites terminaux sont reliés en étoile autour des sites de concentration par des liaisons de type point à point. Les supports demandés sont, par ordre de préférence, des fibres optiques noires, des faisceaux hertziens et des liaisons spécialisées en dernier recours. Cette infrastructure doit être fournie et entretenue sur une longue période, de 10 à 15 ans. Pour la clarté technique et financière, l'appel d'offres comprend deux lots, fourniture et maintenance, mais les deux lots doivent être fournis par la même société.

### **4.2 Appel d'offres pour l'activation du réseau**

Le second appel d'offre concerne l'activation du réseau. Cet appel d'offres est un appel d'offres ouvert à bons de commande. Son objectif est, pour le premier lot, la fourniture de matériels pour l'activation de l'infrastructure objet de l'appel d'offres infrastructures ; pour le deuxième lot, il s'agit d'assurer l'exploitation, la maintenance et l'évolution du réseau ainsi constitué pendant une période d'un an deux fois renouvelable. L'activation de l'infrastructure comprend la création d'interconnexions en boucle entre les sites de concentration, d'interconnexions point à point entre les différents sites terminaux et leurs sites de concentration respectifs ainsi que de liaisons extérieures vers Renater, ASTER 2 qui est le réseau régional reliant les Établissements d'Enseignement Supérieur et de Recherche de la région Midi-Pyrénées situés en dehors de l'agglomération toulousaine, et un GIX régional éventuel. Les débits envisagés sont de 100 Mbps et 1 Gbps selon l'importance du site, tandis que les interfaces demandées sont Ethernet. Les services demandés sont routage IP, BGP 4 et OSPF, métrologie et contrôle de débit face à Renater, qualité de service, support de réseaux privés virtuels, multicast PIM SM et DVMRP, IPv6 à terme.

### **4.3 Déroulement des appels d'offres**

#### *4.3.1 Infrastructures*

L'appel d'offres "infrastructure" est publié en décembre 2001.

4 offres sont faites en réponse :

- Une offre d'opérateur, basée sur des fibres optiques existantes mais d'une architecture adaptée à la construction d'un réseau SDH (construction d'une ou plusieurs boucles reliant tous les sites entre eux), non conforme aux objectifs ;
- Une offre d'opérateur, conforme aux objectifs dans son architecture, mais avec 10 sites reliés en hertzien, sans avantage financier notable ;
- Une offre d'opérateur, entièrement en fibres optiques, sur une durée de 10 ans, d'un coût financier élevé ;
- Une offre d'"installateur" qui propose la mise en place de câbles privés dans des fourreaux existants et mis à disposition sur une durée de 15 ans ; tous les sites sont reliés en fibre optique, la topologie est strictement conforme.

L'offre de type "installation de câble" est retenue. La société ainsi choisie est la société SPIE TRINDEL.

#### 4.3.2 Matériels actifs

L'appel d'offres "activation", publié fin janvier 2002, reçoit 8 réponses. 2 sont non conformes au cahier des charges, 2 sont d'un niveau technique inférieur aux autres, 4 restent en compétition. Les différentes marques de matériels proposées sont Alcatel, Cisco, Extreme Networks et Nortel Networks. Un routeur Cisco est positionné face à Renater dans toutes les propositions faites.

L'offre de la société Alcatel Réseaux d'Entreprise est retenue. Cette société a pris depuis le nom de NEXIRAONE.

## 5 Architecture du réseau

L'architecture construite est constituée d'une boucle reliant les 4 sites de concentration entre eux et d'étoiles de connexions point à point reliant les sites terminaux aux sites de concentration.

### 5.1 Infrastructures passives

Les infrastructures passives proposées par SPIE TRINDEL à l'issue de l'appel d'offres correspondant sont constituées de câbles de fibres optiques installés dans des fourreaux existants mis à disposition par un opérateur. Ces câbles, mis en place pour ce projet, appartiennent à l'Université Paul Sabatier, mandataire du Groupement RéMiP 2000. Des chambres de tirage et de raccordement indépendantes et privées, appartenant à l'Université mandataire, sont mises en place à chaque endroit où un boîtier d'épissurage ou de raccordement est nécessaire sur le réseau. Ces chambres sont reliées aux chambres de l'infrastructure existante les plus proches. Une quarantaine de telles chambres sont mises en place.

Des câbles cheminent en boucle entre les sites de concentration. Un câble de raccordement est tiré vers chaque site terminal depuis la chambre de raccordement la plus proche du site.

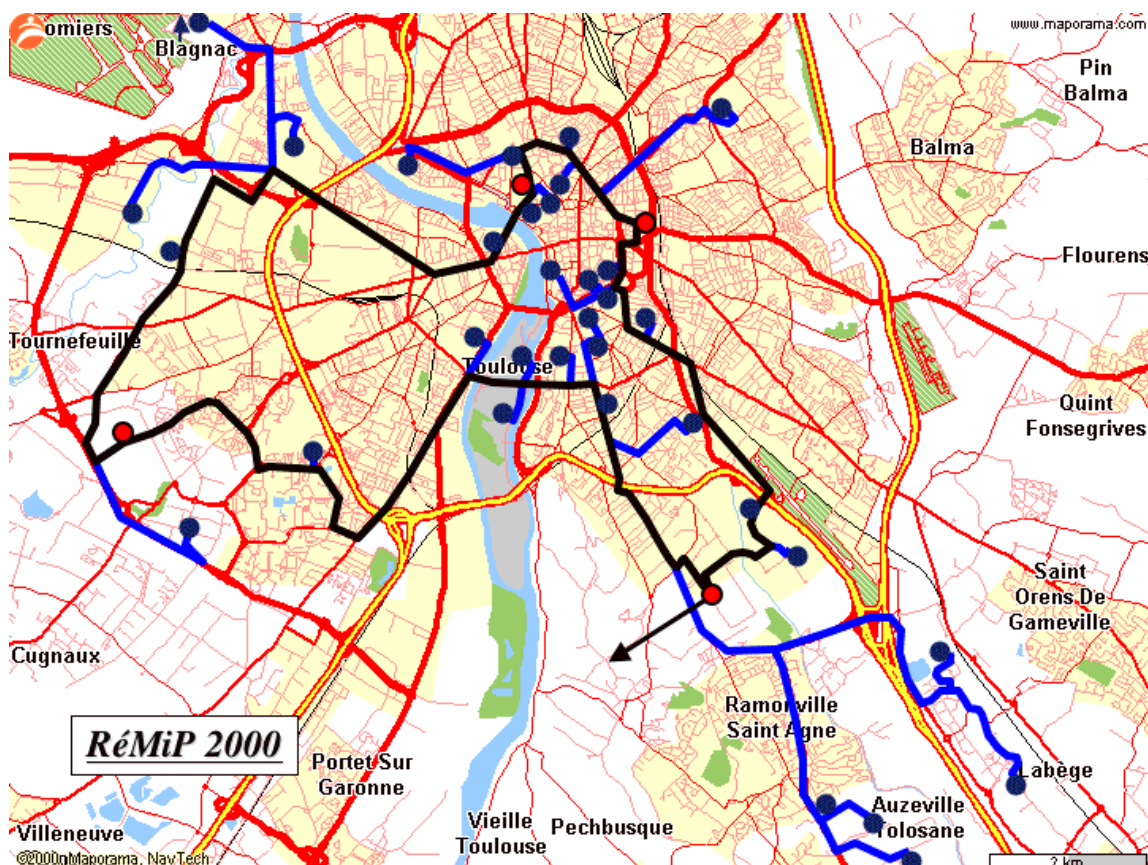


Figure 1 - le schéma de l'infrastructure de RéMiP 2000

Les différents câbles situés entre les sites de concentration ont des capacités (36, 36, 36 et 60 fibres) qui permettent d'attribuer 3 fibres pour le raccordement de chaque site terminal (2 fibres actives plus 1 de réserve sur une branche du T vers un site de concentration et 3 fibres de réserve sur l'autre branche du T vers l'autre site de concentration), 6 fibres entre deux sites de concentration voisins, tout en conservant des fibres disponibles pour les extensions éventuelles ou la construction de nouveaux services.

L'ensemble de l'infrastructure représente de l'ordre de 80 km de cheminements et de câbles optiques.

Le contrat de maintenance, d'une durée de 15 ans, prévoit une Garantie de Temps de Réparation de 4 heures.

Les sites reliés sont au nombre de 37.

Le coût total de l'infrastructure est de 2,30 M€ TTC (15,10 MF TTC) pour la construction et un an de garantie, puis 190 k€ TTC (1,242 MF TTC) par an pour la maintenance. La réalisation du réseau (construction des chambres, tirage des câbles et raccordement) se fait entre décembre 2001 et juin 2002.

## **5.2 Matériels actifs**

Les matériels installés dans le cadre du marché pour l'activation du réseau sont de plusieurs types :

### *5.2.1 Châssis BlackDiamond 6803 de Extreme Networks pour les sites de concentration*

- CPU, alimentation, ventilateurs doublés,
- Cartes 8 ports GbE,
- Cartes 48 ports 10/100 base TX,
- GBIC LX 10 Km et ZX 70 Km.

### *5.2.2 Coffrets Summit 48Si de Extreme Networks pour les sites terminaux connectés à 1 Gbp/s*

- 2 ports GbE mini GBIC,
- 48 ports 10/100 base TX,
- Mini GBIC 1000 SX,
- Convertisseurs 1000 SX vers 1000 LX (10 Km).

### *5.2.3 Coffrets Summit 24E3 de Extreme Networks pour les sites terminaux connectés à 100 Mbit/s*

- 24 ports 10/100 base TX,
- Convertisseurs 100 TX vers 100 FX (15 Km).

### *5.2.4 Cisco 7200 avec carte NPE-G1 face à Renater et ASTER 2,*

- Carte 7200 VXR NPE-G1 (256 MB, 3 ports GbE, 1 Mpps),
- 3 GBIC 1000 SX,
- 2 ports 100 TX.

### *5.2.5 Convertisseurs d'interface Allied Telesyn pour le raccordement sur les fibres optiques monomodes*

La redondance sur la boucle centrale est assurée par le protocole OSPF pour les connexions IP et par le protocole Spanning Tree pour les VLANs de niveau 2.

Le coût de la fourniture et de l'installation des matériels est de 630 k€ TTC (4,12 MF TTC). La maintenance, l'exploitation et le développement du réseau coûtent 290 k€ TTC (1,9 MF TTC) par an. Les matériels ont été installés en mai 2002 et le réseau recetté le mois suivant.

## **6 Services fournis**

Les différents services offerts par le réseau sont les suivants :

### **6.1 interconnexion IP**

Le réseau fournit une interconnexion de niveau 3 entre tous les sites. L'interface standard est constituée d'un routeur RéMiP 2000 placé face au routeur de site. Le site peut connecter plusieurs routeurs indépendants face au routeur de RéMiP 2000 et 8 ports sont préconfigurés dans un même VLAN pour les interconnecter.

### **6.2 Routage**

Le protocole BGP4 est activé entre RéMiP 2000 et Renater et ASTER 2, tandis que du routage statique est mis en place entre RéMiP 2000 et les sites, sauf demande explicite et argumentée des sites de BGP4. Du routage OSPF est activé en interne sur RéMiP 2000, la redistribution des routes entre OSPF et BGP se faisant de manière statique.

### **6.3 Connexion à Renater et ASTER 2**

Les connexions sont assurées à 1 Gbps et 100 Mbps.

### **6.4 Filtrage**

Seules les adresses internes des sites ont le droit de sortir vers RéMiP 2000, et RéMiP 2000 ne route pas les adresses privées.

### **6.5 Qualité de service**

L'objectif est de traiter en priorité sur RéMiP 2000 certains flux identifiés. Ainsi, six classes de service sont mises en place, avec priorités décroissantes, débits garantis et limités. Ces classes accueillent les trames suivantes :

- UDP en haute priorité,
- Puis TCP selon le code DSCP, en trois classes de priorités décroissantes,
- Puis les trames non IP selon la valeur du tag 802.1p en deux classes de priorités décroissantes.

### **6.6 Transport du multicast**

Le transport du multicast est assuré, le protocole MBGP étant activé sur le Cisco face à Renater, PIM SM et DM face aux sites. Le protocole IGMP doit être activé sur les routeurs de site.

### **6.7 Transport de réseaux virtuels**

Des VLANs de niveau 2 peuvent être mis en place entre les sites qui le demandent, les numéros de VLANs sont alors pré-attribués et les trames Ethernet doivent être présentées taggées par les sites. Pour cela, 8 ports sont préconfigurés sur les Summit placés face aux sites. Des ports pour des VLANs par ports peuvent être configurés sur demande.

### **6.8 Contrôle de bande passante face à Renater**

L'objectif est de limiter l'utilisation de bande passante face à Renater selon l'engagement pris dans le contrat ou l'agrément signé avec Renater. Pour cela, les fonctions de Traffic Policing sont activées sur le Cisco placé face à Renater. Elles permettent la limitation stricte du débit pour les ensembles d'adresses IP de chaque établissement concerné.

### **6.9 Métrologie**

La métrologie fournie comprend : la surveillance en temps réel du trafic sur les liens du réseau, la mise à disposition d'écrans OpenView montrant l'état des éléments actifs du réseau pour le groupe technique, la mise à disposition de différents graphes d'activité MRTG produits pour les Black Diamond et Summit, consultables par une interface web, la fourniture d'un tableau de bord mensuel ainsi que la mise à disposition des éléments qui permettent le comptage de trafic face à Renater.

### **6.10 Transport de IPv6 à terme**

Le trafic IPv6 est transporté aujourd'hui par RéMiP 2000. Il est transporté de façon transparente sur un VLAN spécifique. Les routeurs de RéMiP 2000 fonctionneront en double pile dès que possible.

## 6.11 Maintenance du réseau

La maintenance des infrastructures optiques du réseau est assurée par la société SPIE TRINDEL (désormais AMEC-SPIE). La maintenance des matériels actifs est assurée par la société NEXTIRAONE.

## 7 Conclusion

Cette réalisation présente les particularités suivantes :

- Simplicité du montage juridique (pas de constitution d'entité spécifique, signature d'un document par n+1 membres, puis n documents signés par chaque couple membre – mandataire),
- Originalité de la solution adoptée pour la mise à disposition des infrastructures, par l'utilisation de fourreaux existants.

Une fois le principe acquis auprès des Établissements - et il s'agit pour nous certainement de la phase la plus délicate -, l'opération a été relativement facile à mettre en place administrativement, et le réseau final a été obtenu pour un coût modéré eu égard aux hauts débits disponibles et potentiels.

*Nous tenons ici à remercier toutes les personnes, juristes, administratifs, techniciens, ingénieurs et responsables d'Établissements, qui ont permis le déploiement de ce projet pour le plus grand bénéfice de tous les utilisateurs actuels et futurs du réseau.*

## Références

- [1] <http://www.remip.prd.fr>
- [2] <http://www.amecspie.com/>
- [3] <http://www.nextiraone.fr/>
- [4] <http://www.extremenetworks.com/>
- [5] <http://www.cisco.com/>
- [6] <http://www.oria.fr/>