

## ***L'itinérance GPRS***

---

*Etude réaliséé par le BIPE  
pour l'Autorité de régulation des télécommunications*

## **AVERTISSEMENT**

L'Autorité a commandé une étude au BIPE afin d'être éclairée sur les enjeux sous-jacents à l'itinérance GPRS.

Dans un souci de transparence et d'information ouverte elle a décidé de rendre publique cette étude.

La méthodologie utilisée et les résultats obtenus sont de la seule responsabilité du BIPE et n'engagent pas l'Autorité.

Les parties intéressées sont invitées, le cas échéant à faire part de leurs commentaires à l'ART.

# Sommaire

INTRODUCTION – OBJECTIFS GENERAUX DE L'ETUDE.....	6
1 Contexte et enjeux des sujets étudiés.....	7
2 Objectifs de l'étude.....	8
3 Approche suivie.....	9
4 Organisation du présent document.....	9
<b>SYNTHESE GENERALE .....</b>	<b>10</b>
<b>L'ITINERANCE GPRS.....</b>	<b>15</b>
<b>1 Architectures des réseaux mobiles : l'évolution en marche .....</b>	<b>16</b>
1.1 Rappel sur les architectures mobiles et fixes existantes.....	16
1.1.1 Description des étapes lors d'un appel depuis un téléphone mobile.....	17
1.1.2 Description des étapes lors de la réception d'un appel sur un téléphone mobile.....	18
1.2 L'itinérance GSM : architectures nécessaires à sa mise en œuvre.....	19
1.2.1 Etapes lors de l'émission d'un appel depuis un téléphone mobile en itinérance.....	19
1.2.2 Etapes lors de la réception d'un appel sur un téléphone mobile en itinérance.....	20
1.3 L'Internet : architectures et principes d'interconnexions.....	22
1.3.1 Historique de l'Internet public et des points de peering.....	22
1.3.2 Les réseaux IP constituant l'Internet public.....	24
1.4 Le GPRS : caractéristiques et fonctionnement.....	25
1.4.1 Fonctionnement du GPRS national.....	26
1.4.2 L'adressage IP dans le réseau GPRS.....	28
1.4.3 Les enjeux en bordure de réseau.....	29
1.5 L'itinérance GPRS : besoins et architectures.....	30
1.5.1 Principe de fonctionnement de l'itinérance GPRS.....	31
1.5.2 Architectures disponibles pour le raccordement de cœur de réseau.....	33
1.5.3 Confrontation de ces solutions.....	39
1.6 Les GRX : une solution technique complexe.....	41
1.6.1 Typologie des opérateurs de GRX.....	41
1.6.2 Le point de peering GPRS : un élément central du dispositif.....	43
1.6.3 Les derniers points en suspens.....	45
1.6.4 Du GPRS à l'UMTS : principales évolutions.....	49
<b>2 L'économie de l'itinérance GPRS.....</b>	<b>50</b>
2.1 Etat des lieux du marché du GPRS.....	50
2.1.1 Perspectives d'évolutions : de nombreuses inconnues.....	50
2.1.2 La multiplication des acteurs impose une recomposition du marché.....	51
2.1.3 Le nouveau rôle des acteurs sur le marché.....	53
2.2 La facturation de l'itinérance GPRS : grille de lecture.....	58
2.3 Les flux financiers établis entre les acteurs de l'itinérance GPRS :.....	60
2.3.1 Facturation entre les opérateurs mobiles et les opérateurs de GRX.....	61
2.3.2 Facturation des opérateurs mobiles entre eux.....	62
2.3.3 La facturation des clients finaux par les opérateurs mobiles.....	63
2.3.4 Les flux financiers restant à établir entre les acteurs de l'itinérance GPRS :.....	65
<b>ANNEXES .....</b>	<b>66</b>
<b>1 Rappel sur les architectures mobiles .....</b>	<b>67</b>
1.1 GSM : Principes généraux de fonctionnement.....	67

1.2 GPRS : Principes généraux de fonctionnement .....	69
<b>2 Rappel sur la problématique IPV4.....</b>	<b>70</b>
2.1 Introduction .....	70
2.2 Structuration des adresses .....	70
2.3 Allocation d'adresses.....	71
2.4 Evaluation d'une pénurie potentielle.....	71
2.5 Conséquence des études sur la pénurie des adresses.....	72
<b>3 Le MPLS.....</b>	<b>73</b>
3.1 Etapes du protocole MPLS.....	74
3.2 Avantages du MPLS.....	75
<b>4 Liste des membres de l'AMSIX.....</b>	<b>76</b>
<b>5 Liste des entreprises et organisations interviewées.....</b>	<b>78</b>
<b>6 Bibliographie – Webographie .....</b>	<b>79</b>
6.1 Sites web .....	79
6.2 Bibliographie .....	79
<b>7 Glossaire.....</b>	<b>80</b>

## Liste des figures

Figure 1 – Etapes techniques lors de l’émission d’un appel depuis un téléphone mobile vers l’extérieur du réseau .....	17
Figure 2 – Etapes techniques lors de la réception d’un appel sur un téléphone mobile depuis l’extérieur du réseau .....	18
Figure 3 – Etapes techniques lors de l’émission d’un appel depuis un téléphone mobile en itinérance .....	20
Figure 4 – Etapes techniques lors de la réception d’un appel sur un téléphone mobile en itinérance .....	21
Figure 5 – Principe de fonctionnement du GPRS .....	26
Figure 6 – Principe de fonctionnement de l’itinérance GPRS .....	31
Figure 7 – Schéma de raccordement direct entre opérateurs mobiles .....	33
Figure 8 – Le raccordement indirect par Internet entre opérateurs mobiles.....	35
Figure 9 – L’impossibilité d’assurer une qualité de service et une sécurité convenable sur Internet .....	36
Figure 10 – Architecture du GRX .....	38
Figure 11 – La problématique de la mesure de la qualité du service en itinérance.....	46
Figure 12 – Problématique du routage des requêtes DNS dans les réseaux GRX .....	47
Figure 13 – Structure fonctionnelle des acteurs de l’Internet mobile .....	51
Figure 14 – Structure des relations entre les acteurs de l’itinérance GPRS .....	53
Figure 15 – Les grands flux financiers dans l’itinérance GPRS .....	60
Figure 16 – Principes de tarification entre opérateurs fournissant l’itinérance GPRS.....	61
Figure 17 – Schéma de l’architecture GSM .....	67
Figure 18 – Schéma de l’architecture GSM/GPRS .....	69

## Liste des tableaux

Tableau 1 – Comparatif GSM/GPRS .....	25
Tableau 2 – Les différentes listes des adresses IP demandées en fonction de l’APN .....	27
Tableau 3 – Plan d’adressage disponible dans le réseau GPRS .....	28
Tableau 4 – Comparatif entre les différentes solutions de raccordement entre réseaux mobiles	39
Tableau 5 – L’ensemble des acteurs de GRX .....	42
Tableau 6 – Typologie des acteurs de l’Internet mobile .....	52
Tableau 7 – Les relations du monde GPRS clairement définies .....	54
Tableau 8 – Les relations du monde GPRS à définir .....	54
Tableau 9 – Les relations dans la chaîne de valeur du GPRS .....	56
Tableau 10 – Les clés de facturations actuellement déployées sur les réseaux mobiles .....	58
Tableau 11 – Principales méthodes de tarifications possibles sur l’Internet mobile.....	59
Tableau 12 – Structure tarifaire des trois opérateurs français - Fonction de la clientèle ciblée ..	64
Tableau 13 – Membres de l’AMSIX.....	76

# **Introduction**

—

## **Objectifs généraux de l'étude**

## **1 Contexte et enjeux des sujets étudiés**

L'ouverture des réseaux mobiles à de nouveaux services à valeur ajoutée constitue l'un des segments les plus porteurs du marché européen des télécommunications dans les prochaines années. L'itinérance européenne des services GPRS et UMTS constitue un facteur majeur de succès pour le développement de nouveaux services mobiles puisqu'ils sont synonymes de valeur pour les utilisateurs, et donc pour les fournisseurs de services et les opérateurs. Dans le même temps, leur déploiement s'avère complexe, et porteur encore aujourd'hui d'incertitudes tant techniques qu'économiques.

Dans cette perspective, il était important pour l'ART de mieux appréhender les principaux obstacles techniques et économiques liés au développement du GPRS dans un contexte d'itinérance.

Le présent document constitue la réponse apportée par le BIPE à l'ART sur l'itinérance paneuropéenne en réponse au cahier des charges élaboré par l'ART.

## 2 Objectifs de l'étude

L'accès à l'Internet à partir du téléphone mobile est rendu possible par l'intermédiaire du GPRS et implique donc des évolutions dans les architectures de réseaux des opérateurs mobiles et par-là même implique de fortes évolutions organisationnelles et structurelles régissant les relations entre les acteurs du secteur.

La mission du BIPE dans ce contexte s'est concentrée autour des objectifs suivants :

- **Clarification des mécanismes de relations entre les acteurs :**
  - Présentation des mécanismes de fonctionnement du réseau GPRS dans le contexte local (pour la connexion aux Intranet privatifs), national (entre les opérateurs nationaux), international (connexion Internet et aux GRX)
  - Présentation des mécanismes mis en place pour permettre l'itinérance de l'Internet mobile
  
- **Stratégiques et financiers :**
  - Présentation des enjeux caractérisant le GPRS ainsi que de l'itinérance européenne
  - Analyse des principaux acteurs de l'itinérance européenne :
    - les opérateurs mobiles nationaux
    - les opérateurs de backbone IP GRX
    - les acteurs du marché des services et des contenus
    - les acteurs du marché des services de localisation en Europe
  - Analyse et positionnement stratégique de ces acteurs
  - Identification et mise en évidence des principaux flux financiers et des éventuelles dissymétries pouvant apparaître dans l'économie du secteur

La mise en cohérence de ces différentes approches, une recherche documentaire approfondie, une série d'entretiens avec les principaux acteurs concernés au niveau européen ont apporté une vision complète et stratégique à l'Autorité.

### **3 Approche suivie**

L'étude s'est attachée à analyser en profondeur les enjeux relatifs à l'itinérance paneuropéenne des réseaux GPRS et UMTS, sans jamais s'attarder sur la problématique des services pouvant s'appuyer sur ces technologies mobiles. De cette façon, toute la chaîne de la valeur qui est créée autour des services mobiles employant le GPRS et à terme l'UMTS ne sera pas analysée dans le contexte de cette analyse.

Sur un plan géographique, l'échelle privilégiée a été au niveau européen. Cependant, certains acteurs jouant un rôle majeur sur ce marché disposaient d'une position globale (comme par exemple les fournisseurs de GRX) aussi le champ d'investigation a pu être élargi si les besoins s'en faisaient sentir.

### **4 Organisation du présent document**

Le présent document représente le rapport de l'étude dédiée à l'itinérance GPRS. Une autre étude portant sur les services de localisation dans un contexte d'itinérance a été menée en parallèle et fait l'objet d'un rapport distinct.

# **Synthèse générale**

### Le GPRS et l'itinérance

La norme commune européenne GSM a permis de promouvoir l'itinérance entre les pays européens puis dans le monde entier. Pour la transmission de données, la norme GPRS<sup>1</sup>, en proposant une transmission en connexion permanente, autorise un accroissement important des débits. Jusqu'à l'apparition du GPRS, les opérateurs mobiles n'avaient que partiellement mis en place des ponts entre leurs réseaux commutés et les réseaux de données. L'objet de cette étude est de montrer quelles sont les nouvelles architectures nécessaires à l'itinérance GPRS et les implications économiques qui en résultent.

### Les opérateurs mobiles et l'itinérance GPRS

Avec l'apparition de l'Internet mobile, les opérateurs mobiles, en mesure de proposer un accès Internet à leurs abonnés, doivent entrer en relation avec les opérateurs du monde de la donnée. Les opérateurs mobiles se greffent parfois aux architectures existantes de l'Internet. Mais ils privilégient généralement des infrastructures propres et dédiées n'ouvrant l'accès vers l'Internet public que lorsque cela est vraiment nécessaire, afin de limiter les risques sur la qualité et la sécurité des communications.

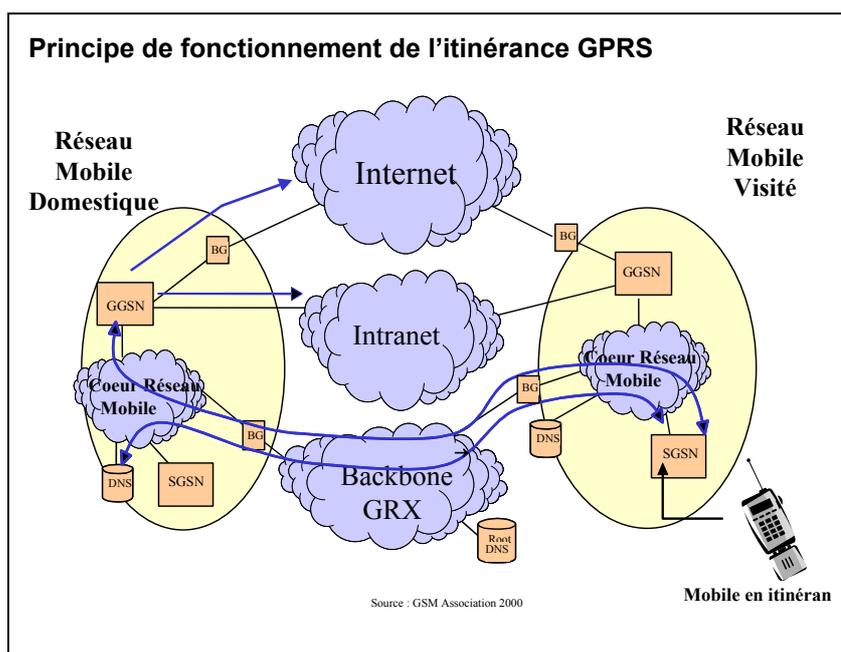
Ainsi, pour écouler le flux d'itinérance, les opérateurs mobiles doivent constituer des liens entre les réseaux mobiles de chacun des pays. Plusieurs options de raccordement s'offraient à eux. Les opérateurs mobiles ont privilégié le recours à une solution proposée par les opérateurs de backbone IP : les GRX.

### Pourquoi des GRX ?

Pour établir le lien entre les réseaux GPRS/IP des différents opérateurs mobiles, plusieurs solutions existent : la connexion directe entre opérateurs mobiles ; la connexion indirecte par l'intermédiaire de l'Internet et la connexion indirecte par raccordement aux GRX (GPRS Roaming eXchange) (Voir figure ci-dessus).

La connexion directe entre opérateurs offre la meilleure sécurité et la meilleure qualité de service mais aussi le coût le plus élevé. La connexion indirecte par l'intermédiaire d'Internet, en revanche offre le meilleur coût de mise en place mais une sécurité et une qualité de service médiocres.

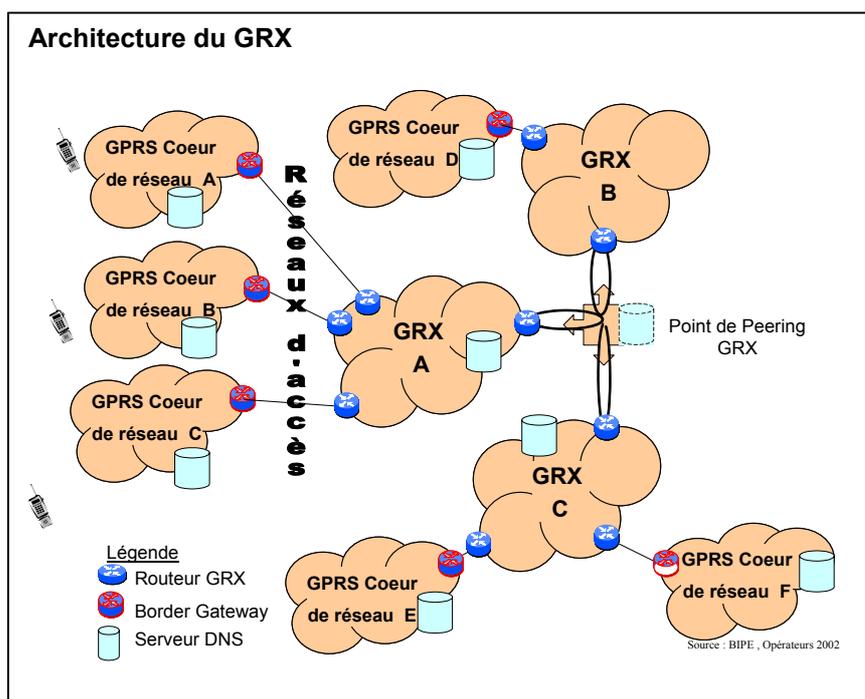
Des arbitrages furent donc réalisés entre la qualité/sécurité et les coûts de mise en place conduisant à privilégier la solution GRX qui présente le meilleur rapport entre la qualité et le coût pour l'ensemble des solutions disponibles.



<sup>1</sup> General Packet Radio Service

### Les opérateurs de GRX : l'infrastructure internationale du GPRS

Les fournisseurs de GRX représentent une nouvelle classe d'acteurs. D'origines diverses, ils sont apparus au grand jour suite à l'action de la GSM Association dans le courant de l'année 2000. Cette « officialisation » qui est venue consacrer une relation étroite avec les opérateurs mobiles a été rendue nécessaire pour faciliter le déploiement de l'itinérance GPRS dans le monde entier. Les opérateurs de GRX qui, pour la plupart, disposent d'infrastructures IP internationales, ont dû résoudre des problèmes techniques complexes leur permettant de proposer un Internet privatif fortement différencié de l'Internet public.



La nouvelle structuration des relations entre les GRX et leurs clients opérateurs mobiles bénéficie largement aux opérateurs mobiles pan-européens. En effet, pour ces derniers, même si la sélection du GRX est réalisée de façon autonome par chacune des filiales étrangères, c'est le plus souvent l'opérateur GRX com-

mun au groupe qui est sélectionné.

L'opérateur GRX commun au groupe, par cette « sélection » augmente alors la valeur propre de son réseau au détriment des autres GRX.

### Points d'échanges entre GRX : un nombre limité qui reflète l'immaturité des marchés

Pour contourner les limitations intrinsèques du modèle, les GRX ont mis en place le principe de points d'échanges sur le modèle de celui existant sur Internet (avec des spécificités propres aux GRX). Il n'existe pour le moment qu'un seul point d'échanges. Situé à Amsterdam et baptisé AMSIX, il compte 15 opérateurs de GRX qui s'interconnectent : Belgacom, BT, Deutsche Telekom, France Télécom, Sonera (avec Equant), Telecom Italia, Telefonica Data, Telenor, Telia International Carrier, Cable & Wireless, UUNet, Equant (avec Sonera), Aicent, Comfone et TSI. Ce point d'échanges (qui repose sur un *peering* gratuit) permet de résoudre partiellement le déséquilibre inhérent à l'architecture.

Ce point encore unique en Europe devrait prochainement être complété par au moins un point supplémentaire en Asie. Toutefois, ce nombre restreint de points en regard de la multitude de points d'échanges existants actuellement sur l'Internet public est une conséquence de l'immaturité des marchés GPRS nationaux.

**La problématique du DNS central**

Un problème reste néanmoins en suspens : celui du DNS central pour la résolution des adresses par les DNS des opérateurs de GRX. L'ensemble des acteurs réfléchit actuellement à l'opportunité de mettre en place un DNS centralisé (« master root DNS ») qui soit capable de gérer l'ensemble des résolutions d'adresses entre opérateurs de GRX et les opérateurs mobiles. Toutefois, si la méthode est connue, les discussions sont toujours en cours car l'intérêt d'un serveur DNS centralisé n'apparaît pas clairement à tous les acteurs : les GRX fédérant un nombre important d'opérateurs mobiles sont moins incités à mettre en place cette structure que leurs homologues de taille réduite.

Enfin, l'itinérance des contenus n'est pas résolue : actuellement, un utilisateur en itinérance a accès au même contenu que s'il était sur son réseau domestique. Cette caractéristique limite potentiellement la nature des services offerts en itinérance.

**Les GRX : des infrastructures sans flux mais prêtes pour l'UMTS**

Le problème le plus important rencontré par l'ensemble des acteurs du GRX pour le moment est l'insuffisance des flux d'itinérance GPRS permettant de remplir au mieux les infrastructures internationales déployées. Les prévisionnistes estiment que l'année 2003 devrait être celle du décollage du service GPRS. A ce titre, les opérateurs mobiles conservent la place centrale dont ils disposaient sur le marché du GSM.

Pour le passage à l'UMTS, les modifications seront certainement moins essentielles pour le cœur de réseau que celles survenant dans la partie radio du réseau. Selon les choix technologiques opérés (migration de réseaux IP actuellement exploité ou construction de réseaux IP ad hoc pour le flux Internet mobile), les GRX sont prêts pour cette évolution.

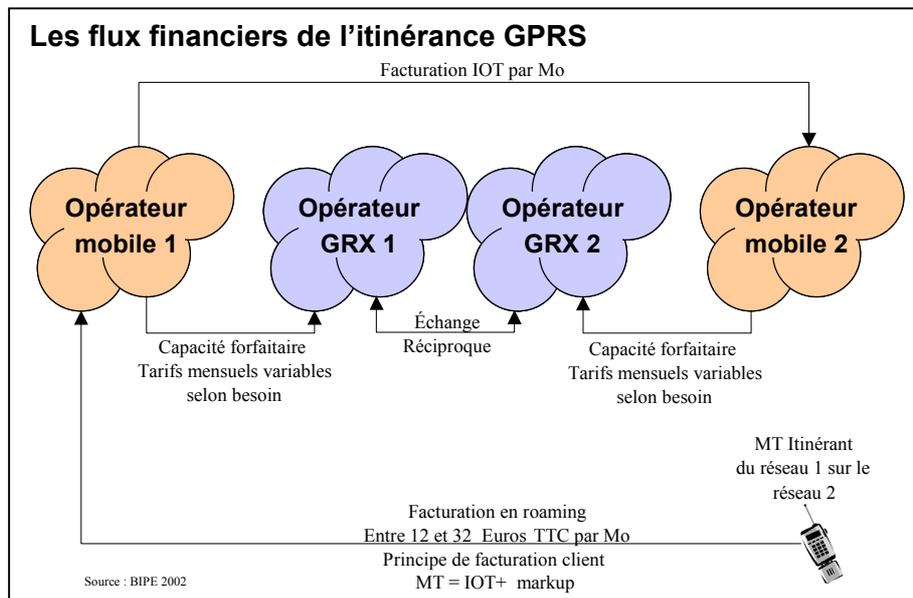
**Les flux de facturation de l'itinérance GPRS : un modèle nouveau qui évoluera**

De nouveaux acteurs et de nouveaux processus et clés de facturation ont été introduits avec le GPRS. De cette façon, en passant de la facturation à la durée à une facturation au volume (le kilo octet devient la valeur de référence), les opérateurs ont dû substantiellement modifier leur système de facturation et les processus associés. Pour l'itinérance, les opérateurs mobiles au centre de la problématique, de par leurs relations privilégiées avec les clients finaux, déploient des méthodes de facturation innovantes. Mais les tarifs restent pour le moment encore très dissuasifs en contexte d'itinérance. Il reste aux opérateurs à traiter la problématique de la mise à disposition de contenu attractif et de leurs tarifications.

Les flux financiers sont séparés selon qu'il s'agisse des flux entre opérateurs de GRX (basés pour le moment sur un échange gratuit) ou des flux entre opérateurs mobiles (basés sur les accords d'itinérance conclus entre eux et qui contiennent en leur cœur entre autres les IOT<sup>2</sup>). Les tarifs de détail de l'itinérance, encore prohibitifs pour le moment, pourraient se réduire avec le développement du service. Enfin, les flux financiers à destination des fournisseurs de contenu et des agrégateurs de contenu employant le GPRS ne sont pas encore parfaitement clarifiés. L'ensemble de ces flux entre opérateurs mobiles et GRX est représenté dans le schéma suivant :

---

<sup>2</sup> IOT : Inter Operator Tarifs



Ces flux financiers correspondent uniquement au segment transport et ne présentent pas des flux financiers vers les fournisseurs de services

Enfin, les tarifs d'itinérance sont élevés et variables selon les différents pays européens sélectionnés. Ceci contribue donc à rendre complexe la perception du tarif facturé aux clients itinérants. Ces clients souhaiteront certainement à très court terme disposer de tarifs plus homogènes ne variant pas de 12 à 32 € selon le pays d'itinérance.

### **Les opérateurs mobiles paneuropéens au centre de l'itinérance GPRS**

Dans ce nouveau monde créé par l'introduction du GPRS, les opérateurs mobiles paneuropéens vont détenir une place centrale. Ce sont en effet des clients capitaux pour les opérateurs de GRX qui leur permettent d'acquérir une position essentielle sur le marché. Ainsi, la sélection d'un opérateur de GRX par tout ou partie des entités nationales d'un opérateur paneuropéen donne un avantage concurrentiel très structurant à ce GRX. En ajoutant à cet avantage concurrentiel les dissymétries inhérentes aux flux d'itinérance, les opérateurs mobiles paneuropéens représentent bel et bien des acteurs capitaux pour l'activité des opérateurs de GRX.

Pour le moment, les flux GPRS sont faibles et ne génèrent pas de tensions fortes entre les différents acteurs. En effet, les clients n'utilisent encore que marginalement la fonction d'itinérance notamment à cause du sous développement national de l'utilisation des services GPRS mais aussi certainement à cause des fortes variations de tarifs d'un pays à l'autre. Dans ce contexte, les opérateurs paneuropéens seront à même d'influencer les tarifs proposés.

# **L'itinérance GPRS**

# 1 Architectures des réseaux mobiles : l'évolution en marche

La norme GSM (Global System for Mobile communications) établie dans le début des années 1980 a été largement déployée au niveau européen mais aussi mondial. Cette norme de téléphonie mobile est employée dans plus de 179 pays à travers le monde par plus de 400 opérateurs mobiles.

## 1.1 Rappel sur les architectures mobiles et fixes existantes

### **En résumé :**

*Le GSM est fondé sur le principe de l'établissement d'un circuit de communication entre deux abonnés à des réseaux de télécommunications fixes ou mobiles. En parallèle à ce développement de réseaux de circuits mobiles, s'est développé un réseau de réseaux de données par paquets basé sur le protocole TCP/IP : l'Internet.*

*D'une part, le GSM est centré autour d'une très forte sécurisation et identification de l'abonné. Il est à la fois localisé dans le réseau et authentifié par une numérotation dédiée et est géré par un seul et unique gestionnaire (l'opérateur mobile) qui accepte ou non d'orienter les communications au sein de son réseau ou bien à destination d'autres réseaux télécoms dans le monde par l'intermédiaire de quelques « portes » ouvertes vers l'extérieur (les points d'interconnexions).*

*D'autre part, l'Internet qui est constitué par une myriade de réseaux de taille et de couverture géographique très hétérogène, structuré autour d'une faible qualité de service et d'une sécurité rudimentaire des utilisateurs de l'ensemble du système permet une universalité du service parfaitement indépendante du réseau d'accès utilisé par l'abonné.*

Avant d'analyser dans le détail les évolutions substantielles que l'apparition du GPRS (General Packet Radio Service) va inévitablement entraîner dans la structure des réseaux mobiles et fixes (au niveau des terminaux mobiles et des cœurs de réseau (mobile et backbone IP)) mais aussi dans les relations avec l'ensemble des acteurs du marché de la donnée, il est essentiel de rappeler les principales architectures des réseaux GSM et IP actuels qui structurent le marché de la téléphonie mobile d'une part et de l'Internet fixe d'autre part.

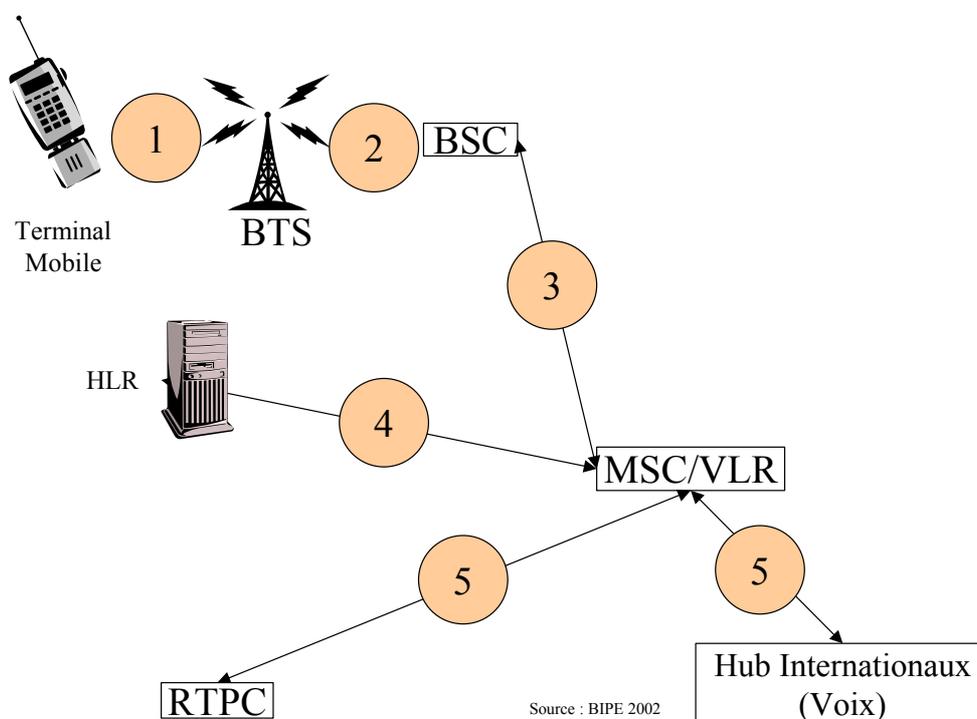
En effet, l'arrivée du GPRS en introduisant le réseau de paquets dans une architecture mobile a obligé les opérateurs mobiles à fondre ces deux architectures en une. Ainsi, les opérateurs mobiles, tout en privilégiant les règles financières et techniques qui ont assuré leur développement sur le marché du GSM, ont dû mettre en place les solutions techniques à base de technologies IP pour permettre de proposer de l'Internet mobile. La position privilégiée revenait donc à tenter de prendre le « meilleur » des deux technologies.

L'architecture technique détaillée du GSM a été rappelée en annexe de ce document. Les deux principaux contextes d'utilisation d'un terminal mobile qui structurent l'ensemble des architectures du réseau GSM, à savoir la réception et l'émission d'appels, sont présentés dans la suite du document pour permettre une meilleure compréhension de l'impact du GPRS.

### 1.1.1 Description des étapes lors d'un appel depuis un téléphone mobile

Le réseau pour établir une communication depuis un mobile à destination d'un correspondant extérieur au réseau doit procéder aux étapes suivantes :

**Figure 1 – Etapes techniques lors de l'émission d'un appel depuis un téléphone mobile vers l'extérieur du réseau**



L'abonné GSM qui est localisé sur le MSC<sup>3</sup> visité (VMSC) compose le numéro d'un correspondant (étapes ❶ et ❷). L'abonné, grâce au numéro IMSI<sup>4</sup> de sa carte SIM<sup>5</sup>, insérée dans le mobile, est identifié par le VMSC (étape ❸) qui interroge le HLR<sup>6</sup> de l'abonné (étape ❹). Le VMSC (par l'intermédiaire de la VLR<sup>7</sup> qui lui est jointe) vérifie les droits de l'abonné et si l'appel est autorisé, il interprète le numéro composé et route l'appel soit vers le point d'interconnexion avec le réseau fixe (RTCP<sup>8</sup>), soit vers un réseau mobile (étape ❺).

<sup>3</sup> MSC : Mobile Switching Center voir annexe du rapport pour plus d'informations

<sup>4</sup> IMSI : International Mobile Subscriber Identity voir annexe du rapport pour plus d'informations

<sup>5</sup> SIM : Subscriber Identity Module voir annexe du rapport pour plus d'informations

<sup>6</sup> HLR : Home Location Register voir annexe du rapport pour plus d'informations

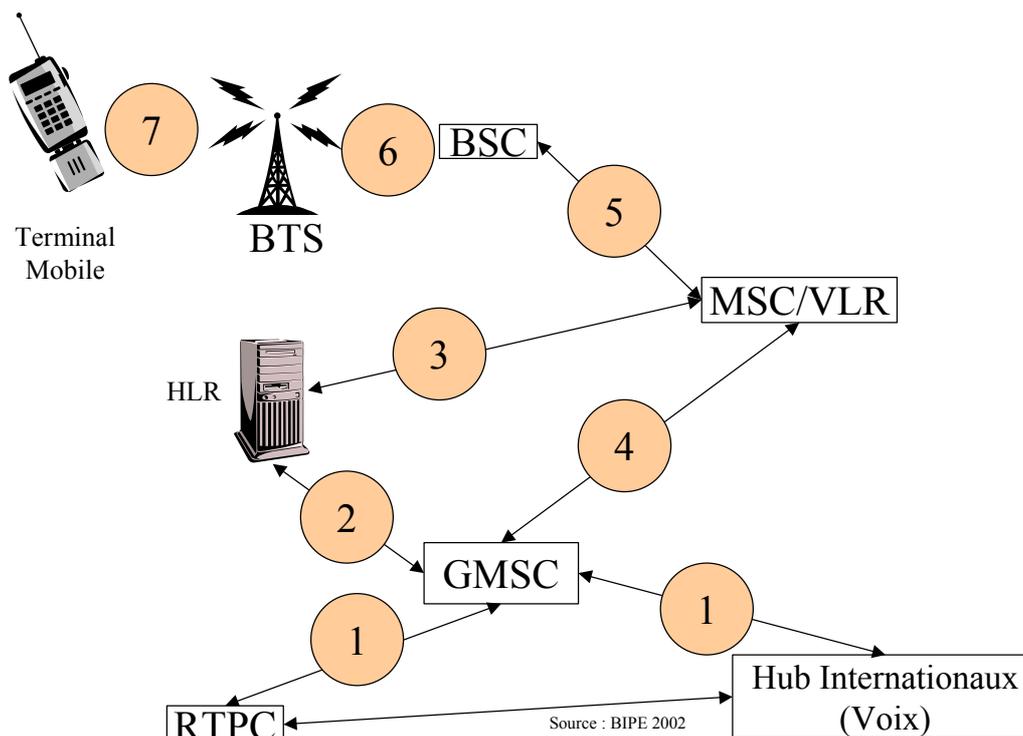
<sup>7</sup> VLR : Visitors Location Register voir annexe du rapport pour plus d'informations

<sup>8</sup> RTPC : Réseau Téléphonique Public Commuté

### 1.1.2 Description des étapes lors de la réception d'un appel sur un téléphone mobile

Le réseau pour établir une communication depuis un abonné extérieur au réseau à destination d'un abonné mobile doit procéder aux étapes suivantes :

Figure 2 – Etapes techniques lors de la réception d'un appel sur un téléphone mobile depuis l'extérieur du réseau



Dans ce cas-ci, l'abonné est identifié sur le réseau. Un correspondant extérieur au réseau (par exemple un correspondant du RTPC) compose le numéro d'un abonné mobile. Ce numéro est orienté dans le réseau fixe jusqu'au point d'interconnexion avec le réseau mobile : le GMSC<sup>9</sup>(étape ①). A noter que le GMSC est en fait un MSC spécifiquement dédié à traiter l'ensemble des flux entrants en provenance de l'extérieur du réseau mobile.

Le GMSC interroge le HLR pour savoir à quelle MSC/VLR l'abonné est attaché (étape ②). Une fois cette interrogation réalisée, le GMSC établit un circuit avec la MSC/VLR (étape ③) concernée qui s'occupe de créer le circuit (via les BSC<sup>10</sup> et BTS<sup>11</sup> concernés) jusqu'au client mobile (étapes ④, ⑤, ⑥ et ⑦).

<sup>9</sup>GMSC : Gateway Mobile Switching Center voir annexe pour plus d'informations

<sup>10</sup> BSC : Base Station Controller voir annexe pour plus d'informations

<sup>11</sup> BTS : Base Transceiver Station voir annexe pour plus d'informations

## 1.2 L'itinérance GSM : architectures nécessaires à sa mise en œuvre

### **En résumé :**

*Le GSM s'est démocratisé largement grâce à la possibilité d'itinérance des services voix. Cette fonctionnalité incluse dans la norme implique des relations importantes entre l'opérateur mobile qui gère traditionnellement le client itinérant et l'opérateur mobile qui va héberger le client itinérant. Un processus complexe de mise en relation et de facturation entre ces deux réseaux par l'intermédiaire d'acteurs internationaux est nécessaire pour proposer ce service qui doit absolument conserver une utilisation simple par l'abonné GSM.*

L'itinérance est la possibilité donnée à un abonné d'un réseau basé sur la norme GSM de pouvoir utiliser son service de téléphonie sur d'autres réseaux basés eux aussi sur la norme GSM. Il faut préciser que deux solutions d'itinérance sont rendues possibles par la norme GSM :

- l'itinérance du poste mobile
- l'itinérance de la carte SIM

L'itinérance du poste mobile concerne l'utilisation du téléphone GSM et de sa carte SIM sur un autre réseau GSM (opérant une des trois bandes de fréquence de la norme).

L'itinérance de la carte SIM pour les abonnés européens est utilisée là où il existe un réseau numérique qui s'appuie sur une technologie GSM, mais qui opère sur des fréquences différentes de celles couramment déployées en Europe (c'est le cas aux Etats-Unis lors de l'utilisation sur des réseaux PCS-1900). Dans ce cas, si l'abonné ne dispose pas d'un terminal tri-bande, il est possible de continuer à utiliser son abonnement (le numéro téléphonique et la facture) en plaçant la carte SIM du portable dans un portable (loué ou acheté) capable d'utiliser la bonne fréquence et le même standard digital. Les processus techniques sont alors identiques à ceux mis en place dans le cadre de l'itinérance du poste mobile. C'est cette architecture qui sera décrite selon les deux principaux usages précédemment étudiés (réception et émission d'appels).

### **1.2.1 Etapes lors de l'émission d'un appel depuis un téléphone mobile en itinérance**

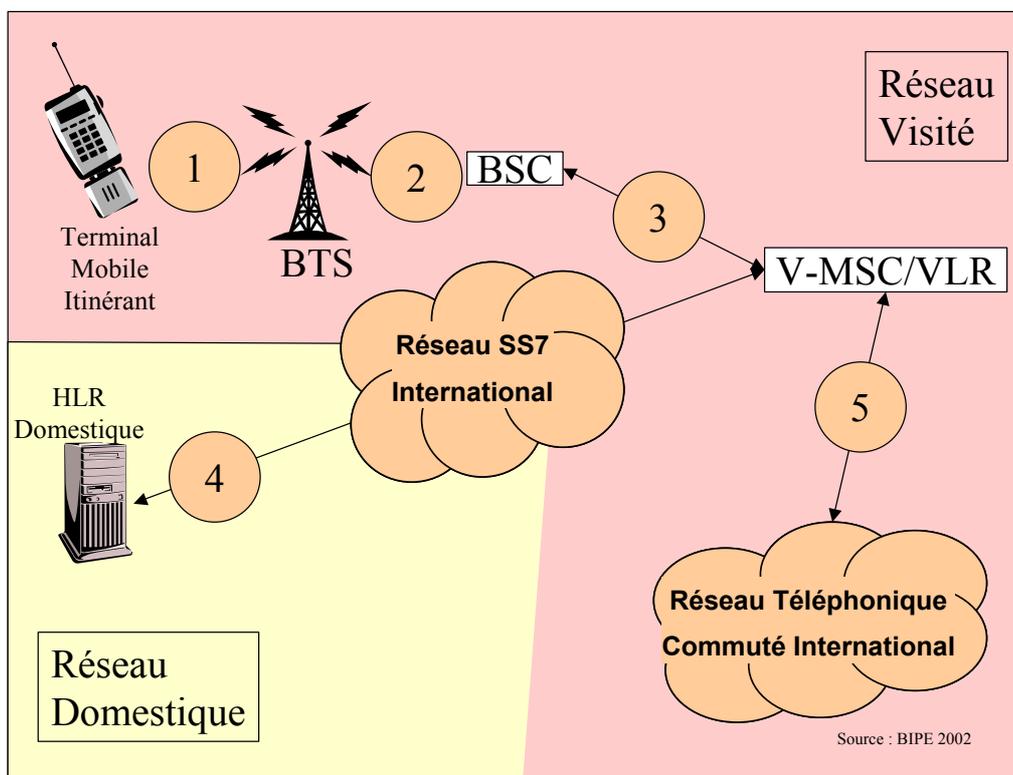
L'itinérance des services de téléphonie GSM fait donc apparaître un nécessaire échange d'informations entre les équipements des deux réseaux (le réseau visité et le réseau d'origine).

Pour que l'abonné place un appel en itinérance, le processus mis en place est relativement identique à celui précédemment décrit. Toutefois, lors de la phase d'authentification, le MSC/VLR identifie que le terminal souhaitant se rattacher n'appartient pas à son réseau (grâce au numéro d'IMSI) (étapes ❶, ❷ et ❸). De cette façon, le MSC/VLR (sous réserve qu'un accord d'itinérance soit passé entre les deux opérateurs mobiles) oriente l'authentification de l'abonné vers le HLR du réseau domestique (étape ❹). Ce dernier (à travers le réseau SS7 de signalisation

internationale) donne l'ensemble des informations sur le profil de l'abonné et sur la possibilité qu'il a ou non d'utiliser la fonction d'itinérance. Si l'autorisation est donnée par le HLR domestique alors, le portable est enregistré et localisé dans le MSC du réseau visité.

Ensuite, l'appel est traité de la même façon qu'en national et acheminé à partir du réseau visité vers le destinataire (étape ⑤) :

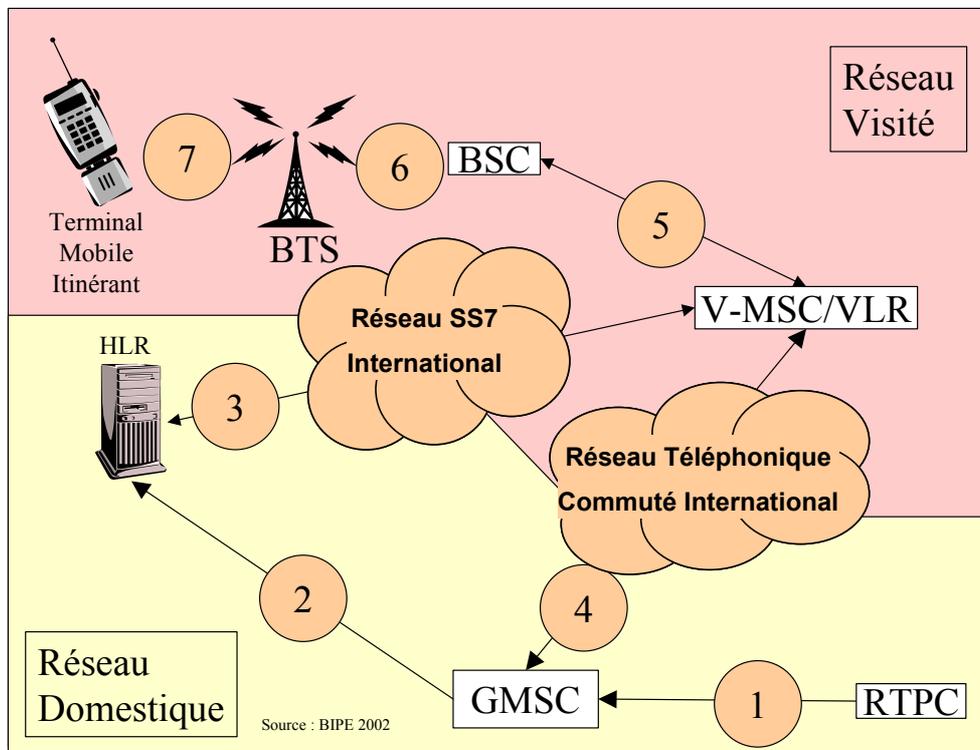
**Figure 3 – Etapes techniques lors de l'émission d'un appel depuis un téléphone mobile en itinérance**



### 1.2.2 Etapes lors de la réception d'un appel sur un téléphone mobile en itinérance

Le schéma présenté dans la partie précédente (réception d'un appel sur un mobile) reste applicable dans le contexte d'itinérance. Dans le cadre de la réception d'un appel sur le réseau mobile, c'est le GMSC du réseau domestique qui est sollicité et non celui du réseau visité (étape ①). De cette façon c'est toujours une communication internationale (entre le GMSC domestique et le VMSC) qui sera créée dans le réseau.

Figure 4 – Etapes techniques lors de la réception d'un appel sur un téléphone mobile en itinérance



Ainsi le GMSC domestique interroge le HLR domestique qui le renseigne sur le VMSC auquel le mobile est actuellement rattaché (étapes 2 et 3). Le GMSC établit un circuit avec le VMSC qui s'occupe de mettre en place le circuit au travers des BTS et BSC concernés (étapes 4, 5, 6 et 7).

De cette façon, les architectures déployées pour écouler les flux GSM sont relativement complexes à mettre en œuvre. Cependant, elles ne font intervenir qu'un nombre restreint d'acteurs (essentiellement les deux opérateurs mobiles partenaires dans la fourniture du service au client et un opérateur international).

## 1.3 L'Internet : architectures et principes d'interconnexions

### **En résumé :**

*Depuis le début des années 90, l'Internet s'est largement étendu au niveau mondial. D'une structure fortement structurée autour de réseaux appartenant à des entités publiques, il a été élargi à de nombreux réseaux commerciaux. Ainsi, même si les diverses entités commerciales ont largement remodelé les relations qui prévalaient entre les acteurs, ces derniers doivent néanmoins encore cohabiter avec des procédures et méthodes héritées de la genèse de l'Internet.*

*Le peering (procédure d'échange de trafic entre deux opérateurs de backbone IP) même s'il a très largement évolué depuis les débuts de l'Internet reste une pratique courante entre opérateurs de réseaux de données. De même, l'existence de points d'échanges neutres et quasiment gratuits est toujours d'actualité même si les principaux points d'échanges sont maintenant détenus par des entités commerciales qui font payer le raccordement à cette facilité d'interconnexion entre réseaux de données.*

Il est nécessaire pour appréhender les problématiques de l'Internet mobile de comprendre la structuration actuelle des relations entre les acteurs du marché de l'Internet fixe. En effet, l'historique de la genèse de l'Internet fixe a très largement contribué à la structuration actuelle du marché et explique aussi comment et pourquoi les acteurs souhaitant développer l'Internet mobile ont développé des architectures *ad-hoc* s'éloignant le plus possible des options techniques retenues dans le monde de l'Internet public.

### **1.3.1 Historique de l'Internet public et des points de peering**

Internet est constitué par un ensemble de réseaux reliés les uns aux autres et qui transportent un ensemble de données (mail, WWW, FTP, ...). L'ensemble de ces flux est décomposé sous forme de paquets ayant comme base l'architecture du protocole TCP/IP.

Initialement constitué dans les années 80 par le raccordement d'un ensemble de sites de recherche et d'enseignement américains, il s'est organisé autour d'une artère nationale le NSFNet. Cette dernière, opérée dans un premier temps sur fonds publics, acceptait les connexions avec n'importe quel réseau pour peu que ce dernier remplisse des missions de recherche et d'enseignement. C'est la relation originelle qui fonda le principe du peering. Ce principe se définit par une connexion entre deux réseaux qui s'accordent pour échanger leurs flux respectifs sans qu'aucun flux financier n'intervienne entre eux. Depuis cette période, le réseau américain s'est largement développé pour atteindre la taille qu'on lui connaît aujourd'hui. Ainsi, les quelques points de peering existant aux Etats-Unis se sont démultipliés (apparition des MAE<sup>12</sup> privés) et dans chacune des grandes plaques mondiales de nouveaux points ont fait leur apparition.

---

<sup>12</sup> MAE : Metropolitan Area Exchange

En France, il y a quatre points de peering principaux qui sont :

- SFINX de Renater, opéré pour le compte de ce dernier par France Télécom, fonctionne sur la base d'un échange non facturé des données entre les réseaux interconnectés
- PARIX de France Télécom, hébergé par Téléhouse, ouvert en avril 1998 fonctionne sur la base d'un échange non facturé des données entre les réseaux interconnectés
- MAE de MCI Worldcom, permet l'accès à l'Internet via le réseau de MCI Worldcom, sur la base d'une facturation traditionnelle du service et non d'un peering
- FreeIX de FreeTelecom, ouvert en 2000, permet de raccorder les principaux centres d'hébergement sur Paris. Il a la particularité de ne pas proposer de redevance mensuelle d'hébergement ou de location du matériel de raccordement.

Il existe d'autres points d'échanges de données entre opérateurs au niveau régional en France, par exemple à Grenoble.

### ***Les critères clés constitutifs d'un fournisseur d'accès à Internet***

Avec le développement rapide de l'Internet, une évolution substantielle de la nature des acteurs de réseaux s'est opérée. Ainsi, à côté des acteurs du monde de la recherche et de l'enseignement se sont multipliées les sociétés de droit privé proposant des connexions à des clients (entreprises dans un premier temps et particuliers ensuite) sur une base commerciale. Chacune de ces entreprises détentrices d'un réseau IP est appelée Fournisseur d'Accès Internet (FAI). Il relie aux autres réseaux existants son réseau, de manière à pouvoir profiter de la couverture offerte par les autres réseaux disponibles et proposer aux ordinateurs raccordés à son propre réseau de pouvoir accéder à l'ensemble des services disponibles sur l'ensemble du réseau. Chaque FAI dispose de caractéristiques qui lui sont propres et qui sont :

- sa couverture géographique
- ses points de présence
- les débits proposés
- le profil et le nombre de ses clients

Le FAI pour attirer des clients (site ou utilisateurs finaux) doit impérativement pouvoir proposer un service donnant accès à l'ensemble des ressources disponibles sur Internet. Dans ce contexte, les interconnexions entre réseaux sont essentielles pour l'ensemble des acteurs. Cependant, le principe du peering qui fonctionnait parfaitement dans un environnement universitaire ou d'enseignement, atteint ses limites dans un contexte commercial, ouvert à plusieurs millions de clients et avec des FAI qui disposent de réseaux très différents, à la fois en taille et en couverture géographique. En effet, plus le FAI est petit et plus généralement il aura intérêt à se raccorder à un point de peering car avec des investissements réduits il pourra, par l'intermédiaire de ses connexions avec les grands FAI, proposer le même service que ces derniers.

A l'opposé, ces derniers qui ont consenti de larges investissements pour déployer leur réseau au niveau national voire même international n'ont aucun intérêt à proposer une connexion à des petits FAI qui bénéficieront de leurs services et les concurrenceront directement dans l'acquisition de nouveaux clients. Ce phénomène connu dans la théorie économique comme comportement du passager clandestin a conduit en 1997

UUNet (alors propriétaire d'un des plus grands réseaux IP) à ne plus offrir de peering aux petits FAI.

Depuis cette période, UUNet et les principaux FAI américains imposent à tout FAI sollicitant un accord de peering avec eux de disposer d'une capacité minimum (en débit et en nombre de points de présence aux Etats-Unis). Cette limitation implique donc de plus en plus l'instauration de relations commerciales entre FAI. Les grands FAI commercialisent maintenant des offres de transit IP qui leur permettent de faire payer un droit d'accès à leur réseau aux petits FAI comme si ces derniers étaient équivalents à un client traditionnel.

### **1.3.2 Les réseaux IP constituant l'Internet public**

De par la multiplication des acteurs dans le monde des FAI, des typologies de FAI se sont mises en place. Ces typologies (de Tier 1 pour les plus grands à Tier 3 ou 4 pour les FAI régionaux) permettent en fait de classer ces acteurs selon leur taille et leur importance sur le marché. De cette façon, les FAI Tier 1 se raccordent directement entre eux ou par l'intermédiaire de centres de peering. Et ceux d'un rang inférieur doivent entrer en négociation avec ceux de rangs supérieurs pour se raccorder à eux en leur achetant une offre de Transit. Par exemple, AT&T, Cable and Wireless ou Worldcom sont considérés comme des Tier 1.

En parallèle de cette typologie, l'Internet a aussi subi des évolutions dans la structuration de ses points d'échanges. Ainsi, un grand nombre de ces points est maintenant détenu et géré par des FAI. Tous les points de peering font aujourd'hui payer le service de raccordement par des frais d'installation et une redevance mensuelle permettant de couvrir les coûts encourus lors de la fourniture du service. Toutefois, dans le cas des points de peering privés (i.e. appartenant et géré par un FAI privé), les tarifs sont substantiellement plus élevés que pour les points de peering publics.

Enfin, la structuration des points de peering de l'Internet public est relativement anarchique. En effet, il est possible qu'un FAI soit raccordé directement à un point de peering mais aussi raccordé directement à un autre FAI qui est lui-même raccordé à ce même point de peering. C'est dans ce cas le FAI qui gère son flux de manière à optimiser les flux à l'intérieur de son réseau et fait les arbitrages économiques nécessaires au bon fonctionnement de l'ensemble.

Les rappels faits dans cette partie vont permettre de bien appréhender les différences existant entre les deux réseaux (réseau mobile d'une part et réseau Internet public d'autre part). Ainsi, le rapprochement entre ces deux grandes familles d'outils de communication permettant de proposer l'Internet mobile a nécessité des développements techniques et architecturaux nombreux. La présentation et l'analyse de cette fusion entre ces deux grandes architectures de réseaux sera l'objet de la suite du rapport.

## 1.4 Le GPRS : caractéristiques et fonctionnement

### En résumé :

*L'arrivée du GPRS est une vraie révolution dans l'architecture des réseaux des opérateurs mobiles. A la croisée de la mobilité et de l'Internet, il apporte un certain nombre d'innovations majeures dans le cœur du réseau de l'opérateur mobile mais aussi dans les terminaux. Ainsi, l'apparition de l'adressage IP dans les réseaux mobiles, outre la mise en place de nouveaux équipements pour les gérer, nécessite la création de nouvelles procédures de connexions et de gestion des abonnés.*

*L'élargissement des usages nécessite d'une part, la mise en place de procédure plus complexes permettant d'écouler les nouveaux flux de données et d'autre part, l'ouverture plus grande du réseau des opérateurs mobiles vers de nouveaux acteurs. Ces deux éléments démultiplient ainsi les besoins de points spécifiques de raccordement avec les autres réseaux qui ne se trouvent plus à être seulement des réseaux d'autres opérateurs de télécommunications.*

Le GPRS à la différence de la 3G (l'UMTS) est souvent présenté comme la « 2,5 G ». Cette demi-génération d'écart avec le GSM n'empêche cependant pas des évolutions importantes entre les deux réseaux. Une présentation détaillée de l'architecture d'un réseau GPRS peut être trouvée dans l'annexe de ce rapport.

Le tableau suivant présente les principaux changements entre le GSM et le GPRS :

**Tableau 1 – Comparatif GSM/GPRS**

	GSM	GPRS
<b>Ressources spectrales</b>	900 et 1800 Mhz en France	Identiques
<b>Type de communication</b>	Mode connecté	Mode permanent
<b>Facturation</b>	A la durée	Au volume A l'acte Selon le service
<b>Débit théorique max.<sup>13</sup></b>	9.6 kbit/s	171 kbit/s
<b>Débit réel max.</b>	9.6 kbit/s	54,4 kbit/s
<b>Type de Débit</b>	Symétrique	Asymétrique
<b>Principaux services utilisables dans de « bonnes » conditions</b>	Voix circuit, SMS	En plus de ceux du GSM, MMS, mail, Services d'accès au contenu...
<b>Service d'itinérance disponible</b>	Oui	Oui
<b>Nombre d'intervalles de temps employés pour proposer le service</b>	1	En pratique entre 1 et 4 (en plus de celui donné pour le GSM)

Source : BIPE

<sup>13</sup> Débit maximum proposé par la norme, mais la gestion du spectre réduit ce débit

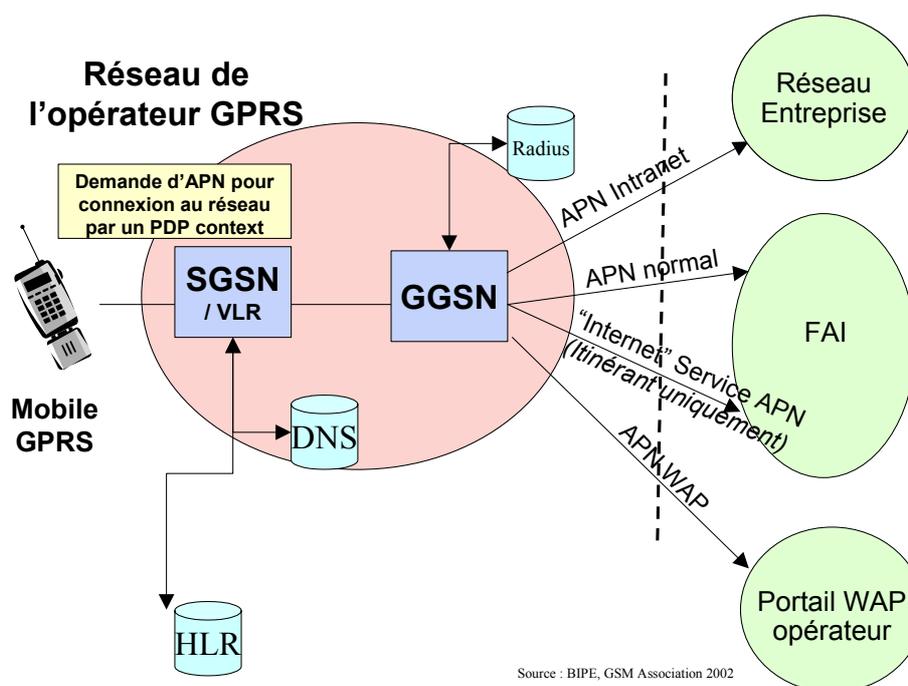
Le GPRS représente une rupture moins importante avec le GSM que ce qui devrait advenir avec l'UMTS pour ce qui concerne la partie fréquence du réseau mobile. En effet, à la différence de l'UMTS, le spectre de fréquences employé par le GPRS reste identique à celui actuellement exploité par le GSM. Ainsi, le GPRS ne nécessite que des évolutions mineures dans la partie accès du réseau mobile (mise à jour du logiciel dans les BTS par exemple) sans imposer un redéploiement complet de ces sites. L'architecture GPRS est présentée en annexe à ce rapport.

Toutefois, pour pouvoir proposer des services de transmission de données avec des débits équivalents à ceux proposés sur l'Internet fixe, les opérateurs mobiles ont dû revoir très largement l'architecture générale de leur cœur de réseau (apparition d'un réseau de paquets à coté d'un réseau de circuits). De plus, ils ont dû mettre en œuvre de nouveaux raccordements avec les autres réseaux de données (à savoir les raccordements à l'Internet, aux Intranets et ceux à destination des autres opérateurs mobiles).

#### 1.4.1 Fonctionnement du GPRS national

Pour proposer le service GPRS, toute une architecture est mise en place (cf annexe détaillant l'ensemble des éléments de réseaux GPRS). Cette nouvelle architecture nécessite donc un nouveau processus d'identification de l'abonné sur le réseau GPRS. Ce processus de déclaration et d'attachement du terminal GPRS sur le réseau GPRS est relativement commun à celui employé par le GSM : c'est la phase du « GPRS Attach ». Pour ce faire, le SGSN<sup>14</sup> au moment de la demande de l'abonné entre en contact avec le HLR (qui est commun avec le GSM) qui, selon le profil du client et les autorisations afférentes, valide l'abonné sur le réseau.

Figure 5 – Principe de fonctionnement du GPRS



<sup>14</sup> SGSN : Serving GPRS Support Node voir annexe pour plus d'informations

La procédure d'activation du contexte PDP<sup>15</sup> peut alors être enclenchée à tout moment.

**La résolution des APN par les DNS du réseau mobile**

Cette procédure permet au terminal d'être connu de la passerelle d'interconnexion GGSN<sup>16</sup> correspondante. Lors de cette phase d'activation de contexte PDP, durant laquelle le mobile communique au réseau GPRS le point d'accès au réseau externe auquel il souhaite se connecter (une adresse URL par exemple), le SGSN établit un contexte PDP qui regroupe des informations de routage vers le GGSN qui sera utilisé par le mobile. Pour résoudre les adresses demandées par le client (type APN.MNC.MCC<sup>17</sup>), le SGSN interroge le DNS qui le renseigne sur l'adresse IP du GGSN lui permettant de proposer cet APN (Access Point Name). Le GGSN gère les droits d'accès au service qui peuvent être de plusieurs ordres :

- session WAP
- session d'accès à Internet
- session de connexion à un Intranet
- autres sessions selon le choix de l'opérateur mobile

Selon l'APN demandé, le GGSN fait appel à un serveur radius qui lui permet d'authentifier le client et lui fournit une adresse IP fonction de l'APN demandé.

**Tableau 2 – Les différentes listes des adresses IP demandées en fonction de l'APN**

Type d'APN	Adresse IP Publique/ Privée	Statique/dynamique
Session WAP	Privé	Dynamique
Session Internet	Public	Dynamique
Session Intranet	Selon choix de l'entreprise Privée/Publicue	Dynamique

Source : BIPE 2002

Les trois grands types de session proposés le sont à titre indicatif, car ce sont les opérateurs mobiles qui définissent les types d'APN et qui peuvent proposer d'autres types de session selon les choix marketing qu'ils ont réalisés.

Enfin, selon le choix du client, l'utilisation par exemple de la messagerie électronique pourra se faire soit par l'intermédiaire de l'utilisation d'une session WAP soit par l'utilisation d'une session Internet ou bien encore si le client est un client professionnel par une session Intranet.

<sup>15</sup> Contexte PDP : Packet Data Network voir annexe pour plus d'informations

<sup>16</sup> GGSN : Gateway GPRS Support Node voir annexe pour plus d'informations

<sup>17</sup> APN.MNC.MCC permet de désigner le point d'accès du réseau de l'opérateur mobile GPRS identifié par son code Réseau (Mobile Network Code) et son code Pays (Mobile Country Code).

### 1.4.2 L'adressage IP dans le réseau GPRS

Il est essentiel de préciser que l'ensemble de l'architecture GPRS a été structuré autour de l'IP V4. Ainsi, l'ensemble des opérateurs mobiles et GRX<sup>18</sup> a déployé des réseaux fonctionnant parfaitement autour de cette architecture qui dispose d'un avantage essentiel sur l'IP V6 : l'ensemble des équipements et logiciels est largement déployé et propose un niveau de stabilité en rapport avec les besoins des acteurs.

Les opérateurs disposent de diverses possibilités concernant la méthodologie d'adressage en fonction des équipements qui sont considérés dans le réseau :

**Tableau 3 – Plan d'adressage disponible dans le réseau GPRS**

Equipements	Type d'adresses	Public	Privé
Cœur de réseau	Statique	+++ +	----
	Dynamique	Inadapté	Inadapté
Terminaux	Statique	----	=
	Dynamique	+++ +	+++ +

Source : BIPE 2002

Les équipements constituant le cœur du réseau GPRS se devaient d'être équipés d'adresses publiques statiques car il est nécessaire que ces équipements puissent être interrogés par des équipements extérieurs au réseau (comme par exemple en contexte d'itinérance). Toutefois, le fait de disposer d'une adresse publique ne signifie pas qu'elle est publiée dans les tables de routage de l'Internet public. Ainsi, toutes les adresses des GGSN des différents opérateurs mobiles sont faites à partir de plages d'adresses publiques mais seuls les opérateurs de GRX et les opérateurs mobiles entre eux disposent de tables pour y avoir accès (cf. problématique adressée dans la partie des opérateurs de GRX). C'est une des caractéristiques clés permettant de sécuriser l'ensemble des réseaux mobiles par rapport à l'Internet public.

#### **Le manque d'adresses IPV4 a contraint les opérateurs dans les fonctionnalités du réseau GPRS**

Pour les terminaux, plusieurs choix étaient disponibles. En effet, soit les opérateurs proposaient un adressage fixe<sup>19</sup> à l'ensemble de leurs clients soit ils en proposaient un dynamique. L'adressage IP fixe n'était pas réalisable en IPV4 du fait de la limitation des plages d'adresses disponibles. Cette problématique a été très largement discutée au sein des diverses entités nationales et internationales. Un certain nombre de documents émanant du RIPE permet de proposer une vision synthétique et objective de la situation (voir annexe rappel sur l'IP V4).

L'impact de l'IP V4 a été stratégique pour les architectures GPRS puisqu'il implique qu'une des fonctionnalités disponibles (à savoir la réception d'appels en mode GPRS) n'est pas implémentée dans le réseau. En effet, la norme GPRS prévoyait de pouvoir proposer une réception d'appel par le client. De cette façon, le client aurait pu être

<sup>18</sup> GRX : GPRS Roaming eXchange

<sup>19</sup> Adressage IP Fixe signifie que l'abonné dispose toujours de la même adresse IP. Le choix des opérateurs mobiles est à rapprocher du choix des fournisseurs d'accès à Internet sur le téléphone fixe qui affectent généralement une adresse différente à chaque connexion (allocation dynamique de l'adresse).

sollicité par le GGSN qui aurait réceptionné une demande provenant soit de l'extérieur du réseau soit de son réseau. Toutefois, les opérateurs mobiles n'ont pas pour le moment autorisé ce processus. Ainsi, un abonné GPRS ne pourra pas, dans l'état actuel du déploiement des réseaux et des équipements, recevoir une communication GPRS (il conservera bien sûr la capacité de recevoir des appels GSM). Ce choix des opérateurs mobiles a été guidé par diverses raisons. La première d'entre elles, marketing, provient du manque d'applications nécessitant la mise en place de cette architecture. La seconde, plus technique, provient de l'impossibilité de fournir à l'ensemble des abonnés une adresse IP unique et surtout statique. Ceci s'explique parce qu'il aurait fallu que chaque opérateur mobile dispose d'au moins autant d'adresses IP que de clients. C'est donc quelques 40 millions d'adresses qui auraient dû être réservées par les opérateurs mobiles à terme rien que pour la France. Or, de par le stock limité d'adresses IP encore disponibles dans le monde, il est apparu que cette solution n'était pas réalisable à l'échelle européenne.

L'IPv4 est donc déployé dans tous les réseaux mobiles et ce sont les fonctionnalités de NAT/PAT<sup>20</sup> qui permettent de contourner le problème de la limitation des adresses IP V4.

### **1.4.3 Les enjeux en bordure de réseau**

Pour pouvoir proposer leurs services en itinérance, les opérateurs de réseaux mobiles français doivent impérativement raccorder leurs réseaux à d'autres réseaux de données comme :

- l'Internet
- les Intranets de sociétés privées
- les autres opérateurs mobiles dans le monde.

Le premier service de raccordements est relativement traditionnel et ne nécessite pas de grandes évolutions dans les produits existants sur le marché. Ainsi, pour se raccorder à l'Internet, les opérateurs mobiles pourront acquérir auprès de fournisseurs de backbone IP une offre de Transit IP au même titre que les fournisseurs d'accès Internet fixe.

L'offre de Transit IP est définie comme l'achat par un fournisseur d'accès Internet d'un ou plusieurs liens permettant un raccordement à l'Internet auprès d'un ou de plusieurs fournisseurs d'offres (essentiellement les Tier 1 ou 2 par exemple). Ces offres sont généralement proposées par des fournisseurs de connectivité à Internet de rang supérieur au fournisseur d'accès qui l'acquiert. Cette offre se caractérise par une capacité offerte au fournisseur selon une facturation forfaitaire mensuelle.

Pour le raccordement aux Intranets d'entreprises, selon les besoins et les offres des opérateurs mobiles, les entreprises pourront acquérir directement auprès de l'opérateur mobile ou bien auprès d'opérateurs de solutions de transmissions de données d'entreprises, des capacités pour pouvoir raccorder leurs réseaux à celui de l'opérateur mobile.

---

<sup>20</sup>NAT/PAT = Network Address Translation / Port Address Translation : Cette fonctionnalité permet de faire la transcription entre des adresses privées (existantes sur un réseau privé comme le réseau GPRS) et des adresses publiques nécessaires pour avoir accès à tous les sites de l'Internet public.

Enfin, le dernier service de raccordement vers les opérateurs mobiles est très complexe à mettre en œuvre et plutôt, dans une première phase de développement du GPRS, dédié au fonctionnement des services d'itinérance. Il sera donc explicité dans la partie de ce rapport dédiée au traitement de cette problématique.

## 1.5 L'itinérance GPRS : besoins et architectures

### **En résumé :**

*La révolution constatée dans les architectures réseaux par l'introduction du GPRS au niveau national est au moins aussi importante dans le contexte de l'itinérance internationale. Les opérateurs mobiles pour permettre la fourniture de services sûrs et de qualité à leurs clients finaux ont dû mettre sur pieds des architectures leur permettant de raccorder leurs réseaux entre eux tout en limitant les coûts.*

*Or, l'Internet public qui propose des solutions techniques économiques pour raccorder les réseaux entre eux comporte des problématiques difficilement solvables en l'état sur la qualité et la sécurité du service fourni. De cette façon, les opérateurs mobiles ont dû faire des arbitrages entre les diverses architectures qui étaient à leur disposition. Le recours à des opérateurs d'infrastructures IP à l'international a été privilégié : les opérateurs de GRX sont nés.*

L'itinérance GSM a été l'un des services qui, parce que transparent à l'utilisation, a largement développé l'utilisation du mobile en Europe. En effet, le client n'a pas d'action spéciale à réaliser mis à part à s'abonner à ce service (ce service est d'ailleurs parfois déjà inclus dans l'abonnement standard). Conscients de cette réussite, les opérateurs mobiles souhaitent pouvoir mettre en place l'itinérance GPRS avec la même transparence pour l'utilisateur.

Or, il a été rappelé dans les paragraphes précédents, la complexité à mettre en œuvre une offre de GPRS au niveau national. Avec l'introduction de l'itinérance, les opérateurs mobiles doivent donc, en plus de résoudre les problématiques nationales, mettre en place les architectures techniques permettant de proposer une couverture internationale disposant :

- d'une qualité de service identique à celle disponible en national
- contournant les problématiques d'insécurité prévalant sur l'Internet public
- à des coûts réduits

C'est pourquoi ils ont très tôt travaillé au sein de la GSM Association pour définir avec à la fois les équipementiers et les fournisseurs de backbone IP des méthodologies à mettre en place pour que l'itinérance puisse être proposée aux clients GPRS.

La GSM Association a proposé quatre documents cadres<sup>21</sup> permettant de définir les techniques de base du déploiement des architectures GPRS au niveau national et international. Ces grands principes seront présentés dans la suite du document ainsi

<sup>21</sup> Le jeu de documents IR.33, 34, 35 et 40 proposé en 2000

que les trois grandes méthodes d'interconnexion internationale permettant aux opérateurs mobiles d'échanger les flux GPRS/IP entre eux.

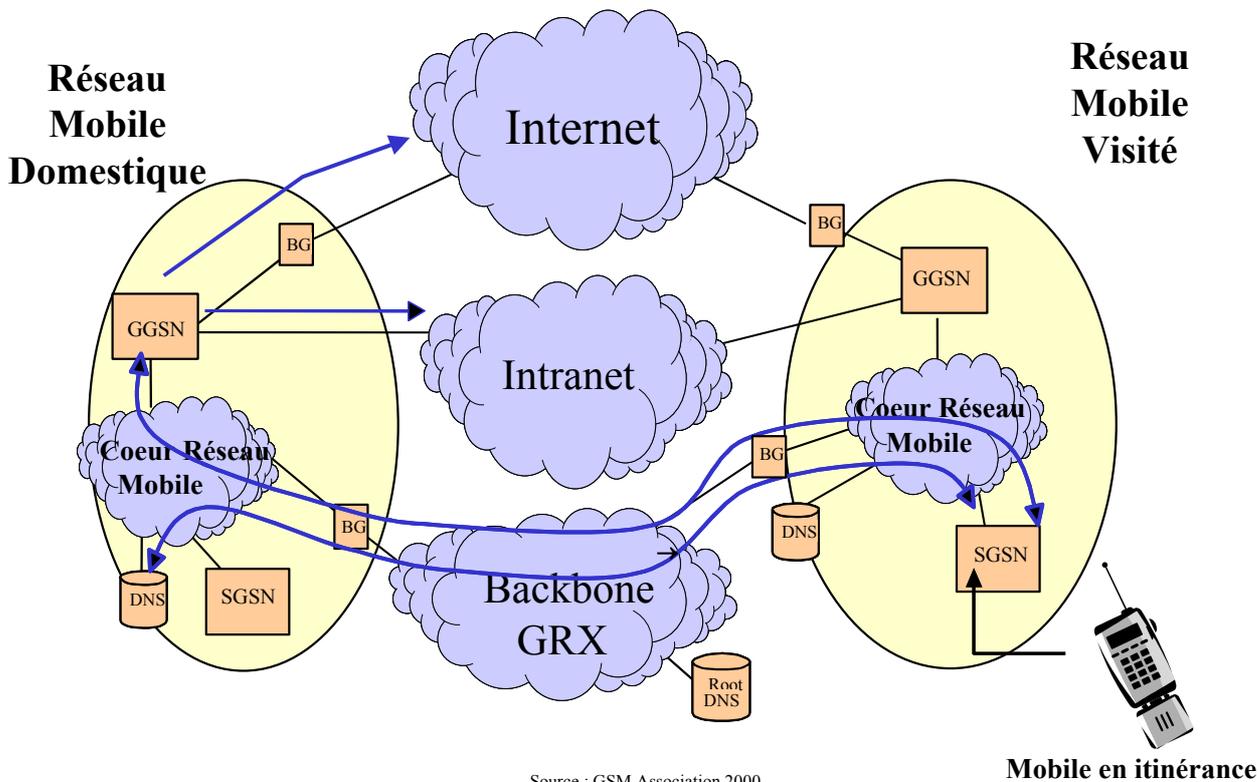
### 1.5.1 Principe de fonctionnement de l'itinérance GPRS

L'itinérance sur GPRS nécessite de mettre en place des architectures beaucoup plus élaborées que celles liées à l'itinérance GSM. En effet, dans le premier cas, deux acteurs sont à mettre en relation (à savoir les deux opérateurs mobiles qui signent pour ce faire des accords mutuels d'itinérance).

Or, comme le GPRS ouvre la porte sur une démultiplication des services, il y a donc une démultiplication des acteurs. Aussi, les opérateurs mobiles ont-ils dû mettre en place de nouveaux processus de raccordements et d'utilisations de leurs éléments de réseau pour que l'abonné itinérant sur le réseau visité puisse bénéficier de l'ensemble des applications et de toutes ses configurations comme s'il était dans son pays sur son réseau domestique.

Pour permettre cette complète transparence dans les applications (caractéristique essentielle pour une utilisation transparente de ces services par l'abonné), la structuration technique est la suivante :

Figure 6 – Principe de fonctionnement de l'itinérance GPRS



Source : GSM Association 2000

Le processus mis en place pour l'activation de l'utilisation du réseau GPRS par l'abonné est relativement proche de celui employé dans le contexte de l'itinérance GSM. Ainsi, la même procédure permet la validation et l'autorisation d'utiliser le réseau

mobile visité. Une fois cette autorisation accordée, l'abonné peut lancer une activation de PDP context comme lorsqu'il se trouve sur son réseau domestique.

Les étapes mises en place sont les suivantes :

1. Le SGSN visité reçoit la demande du mobile (type APN.MNC.MCC<sup>22</sup>). Il adresse cette demande de résolution d'adresse à son DNS qui n'est pas en mesure de résoudre l'adresse proposée.
2. Le SGSN s'adresse alors au DNS du fournisseur de GRX qui selon les accords du fournisseur de GRX est ou non capable de résoudre cette requête. Si le DNS du fournisseur de GRX est capable de la résoudre (c'est-à-dire si l'opérateur mobile demandé est raccordé directement à ce même fournisseur de GRX), alors il peut résoudre cette requête en donnant l'adresse du GGSN domestique.
3. S'il n'est pas capable de résoudre cette adresse, alors il doit orienter la requête vers le DNS d'un autre opérateur de GRX qui lui communiquera l'adresse du GGSN de l'opérateur domestique. Cette problématique sera précisée dans la partie dédiée à l'étude du GRX.
4. Une fois que l'adresse est résolue, un tunnel IP international est constitué entre le SGSN visité et le GGSN domestique. De ce dernier, l'abonné peut avoir accès à ses sessions comme s'il était sur son réseau national.

### ***Processus d'allocation des adresses IP dans le réseau GPRS***

L'allocation des adresses IP est assurée par l'opérateur domestique GPRS. Ainsi, le terminal mobile dispose d'une adresse IP faisant partie de l'espace d'adressage géré par l'opérateur domestique GPRS.

Cette architecture permet aux opérateurs mobiles de :

- pouvoir assurer la continuité de service pour l'abonné en lui permettant de conserver son environnement et ses services, ses droits d'utilisateurs, une même qualité de service et de conserver la même sécurisation de ses données ;
- permettre la connaissance client ;
- connaître quels types de protocoles ils utilisent ;
- éventuellement, connaître quelles informations ils visualisent ;
- pouvoir répondre aux obligations légales ;
- tracer une session ;
- filtrer / interdire un protocole ;
- permettre une "réconciliation" de la facturation.

Les services proposés à l'abonné en itinérance sont identiques à ceux dont il dispose lorsqu'il est sur son propre réseau. Toutefois, de part la structure tarifaire à l'international qui est retenue par les opérateurs mobiles entre eux (cette structure est détaillée dans le volet économique de ce rapport), toutes les offres illimitées proposées au niveau national (comme par exemple le WAP illimité) ne le sont pas dans un contexte d'itinérance. Il est cependant important de noter que toutes ces offres sont susceptibles de variations sensibles dans le temps et seront conditionnées par le succès ou l'échec du GPRS.

---

<sup>22</sup> APN.MNC.MCC permet de désigner le point d'accès du réseau de l'opérateur mobile GPRS identifié par son code Réseau (Mobile Network Code) et son code Pays (Mobile Country Code).

### 1.5.2 Architectures disponibles pour le raccordement de cœur de réseau

Il a été précisé dans les parties précédentes les processus et normes mis en place pour permettre l'itinérance GPRS. Un des éléments clés de cette itinérance est le lien qui doit être fait entre les réseaux GPRS/IP des différents opérateurs mobiles. Pour réaliser ce lien, ils disposent des solutions suivantes :

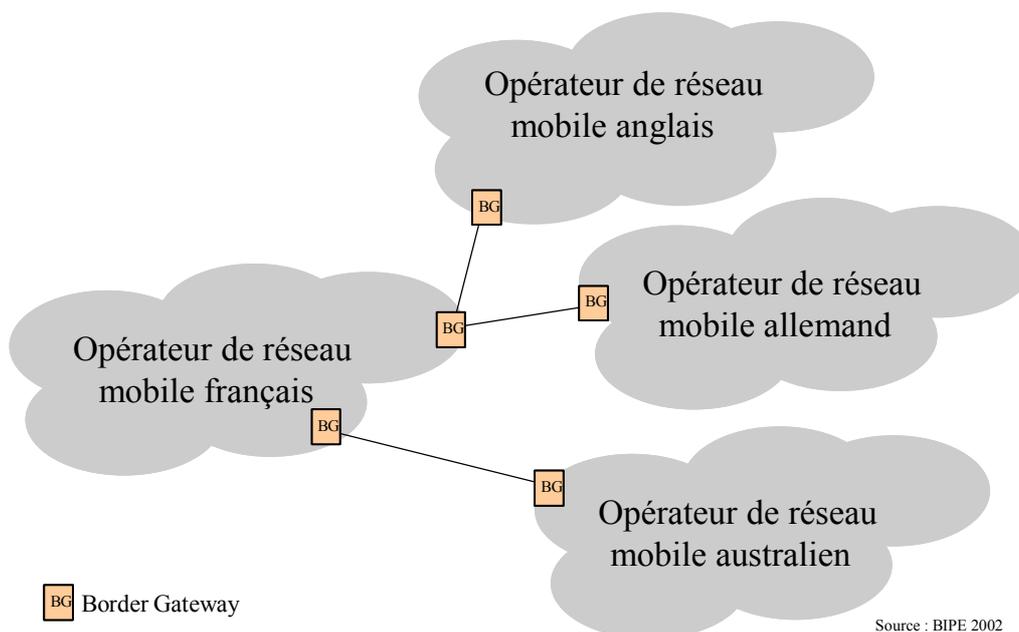
- la connexion directe entre opérateurs mobiles
- la connexion indirecte par l'intermédiaire de l'Internet
- la connexion indirecte par raccordement à des GRX

#### a) Des raccordements directs entre opérateurs mobiles

Il est possible que les différents opérateurs mobiles pour se raccorder les uns aux autres mettent en place des architectures en propre. Ainsi, si cette solution était retenue, ils devraient déployer par des moyens dédiés (liaisons louées internationales par exemple) des liens vers l'ensemble des opérateurs mobiles avec lesquels ils souhaitent proposer l'itinérance.

Le schéma suivant présente l'architecture réseau de cette solution.

Figure 7 – Schéma de raccordement direct entre opérateurs mobiles



Cette solution apporte les avantages suivants :

- La qualité de service de bout en bout ne dépend que des accords bilatéraux entre les deux opérateurs mobiles qui se raccordent, ils sont donc en mesure de s'accorder sur une qualité de service commune à leur réseau respectif.
- La sécurité est dans ce cas maximale puisque aucune porte n'est ouverte vers des réseaux publics. Les deux opérateurs sont maîtres de l'intégralité des infrastructures déployées. Les problématiques de sécurité existant sur l'Internet public sont donc complètement évacuées de l'architecture ainsi déployée.
- La capacité des liens entre les deux réseaux est directement dimensionnée par les

deux opérateurs qui peuvent réagir rapidement selon les évolutions des flux reliant leur réseau.

- La facturation est simplifiée puisque les deux opérateurs peuvent par exemple convenir de s'échanger le trafic sans facturation si leurs réseaux sont de taille équivalente. Cependant, le phénomène de passager clandestin<sup>23</sup> peut apparaître si des asymétries trop fortes existent entre les réseaux (par exemple dans le cadre où un réseau est fortement visité alors qu'un autre l'est plus marginalement).

### ***Les inconvénients majeurs du raccordement direct entre opérateurs mobiles***

Le coût de cette solution est très important car à terme et pour pouvoir proposer une couverture mondiale en itinérance à ses clients, l'opérateur mobile devra déployer quelques 400 liens dédiés au niveau européen mais aussi à terme des liens internationaux avec le monde entier. De plus, la maintenance de ce type d'infrastructure est extrêmement lourde à gérer pour les opérateurs mobiles pour lesquels cette activité sort largement de leur cœur de métier.

Ce type de raccordement direct entre opérateurs mobiles n'a été que très marginalement testé. Le coût de mise en place et de maintenance de cette solution se révélant trop élevé en regard des avantages qu'elle peut apporter.

A l'heure actuelle, il n'a pas été identifié d'opérateur mobile européen qui privilégiait cette solution pour écouler son flux d'itinérance. Il est néanmoins possible que ce type de raccordement direct entre opérateurs mobiles puisse voir le jour au niveau national selon le développement des services. Ainsi, si certains services comme la voix sur IP ou la visioconférence sur GPRS trouvent un marché, les opérateurs mobiles pourraient être amenés au niveau national à mettre en place des raccordements directs qui leur permettraient de bénéficier des avantages de cette technique.

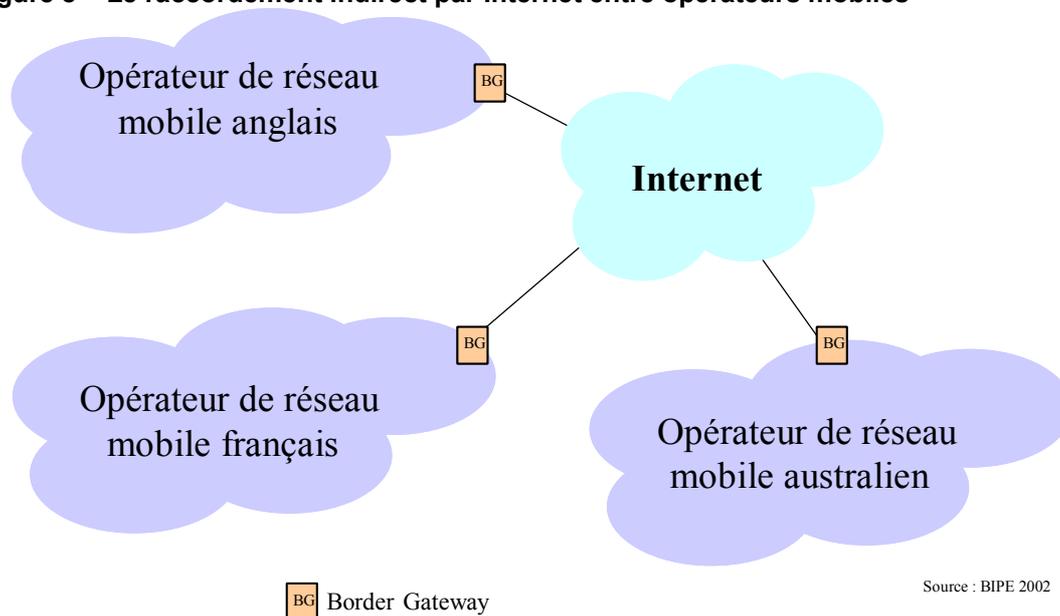
### ***b) Des connexions via l'Internet public***

Les opérateurs mobiles auraient aussi pu privilégier des solutions permettant de passer par les infrastructures de l'Internet public actuellement en exploitation. Cette solution se présente par l'architecture suivante :

---

<sup>23</sup> Phénomène formalisé dans la théorie économique et décrit dans le chapitre dédié à la description des interconnexions de réseaux de données

Figure 8 – Le raccordement indirect par Internet entre opérateurs mobiles



 Border Gateway

Source : BIPE 2002

Cette solution repose très largement sur les capacités et fonctionnalités existantes de l'Internet public (offre de Transit IP).

Les opérateurs réseaux en s'appuyant sur ce type d'offre doivent mettre en place au sein de cette architecture des fonctionnalités supplémentaires pour pallier les principaux problèmes inhérents à ce réseau.

Il est utile de rappeler brièvement les principaux avantages de l'Internet public tel que déployé actuellement :

- couverture universelle obtenue à partir du moment où le nouveau réseau est raccordé à un maillon de l'Internet ;
- faible coût du raccordement au vu de la couverture proposée ;
- maintenance drastiquement réduite des équipements car l'ensemble des procédés sont communs et connus.

#### **Les lacunes du modèle tout Internet public**

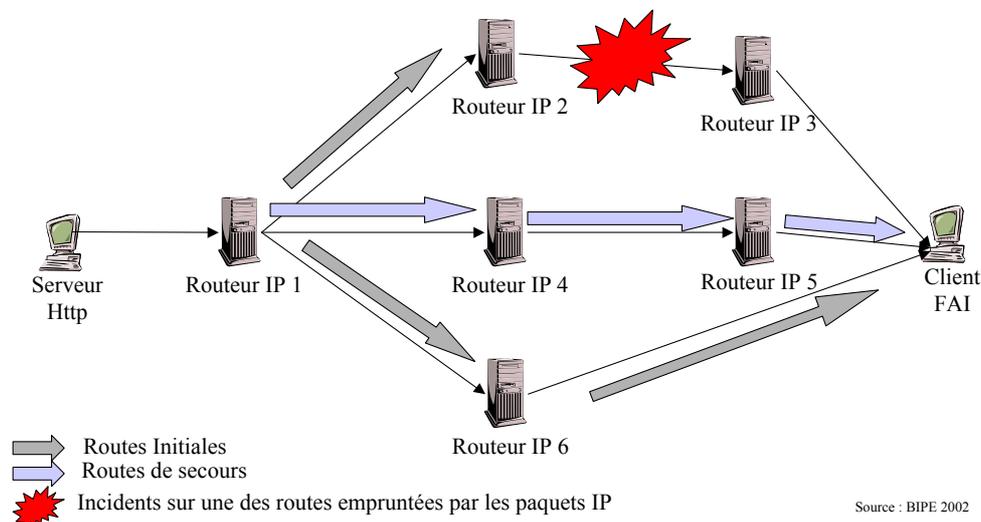
Il existe un certain nombre de problématiques soulevées par les connexions avec l'Internet public et qui sont :

- l'impossibilité de pouvoir s'assurer de la qualité du service de bout en bout ;
- l'impossibilité de garantir une sécurité parfaite pour l'ensemble des flux ;
- l'impossibilité de s'accorder sur une tarification équilibrée entre les acteurs.

La qualité de service de bout en bout ne peut être garantie sur Internet de par la nature de la gestion des flux qui repose sur le « best effort ». Ainsi, selon la charge du réseau, les temps de transport des paquets IP dans et entre les réseaux sont variables. De même selon sa charge, un routeur IP peut, pour s'alléger à un moment de surcharge détruire un certain nombre de paquets qu'il n'est pas en mesure d'orienter dans de bonnes conditions (surcharge passagère, indisponibilité d'une route...).

Par exemple, pour une même communication entre deux équipements (entre un site Internet et un ordinateur personnel), chacun des paquets émis peut prendre des trajets différents. Le schéma suivant explique cette caractéristique du protocole TCP/IP :

**Figure 9 – L'impossibilité d'assurer une qualité de service et une sécurité convenable sur Internet**



De cette façon, les opérateurs de réseaux IP ne peuvent pas prendre d'engagement sur le temps que mettra un paquet IP à parvenir à son destinataire. Si un des éléments du réseau tombe en panne, les routeurs IP mettront en place de nouvelles routes permettant de transmettre les nouveaux paquets mais l'ensemble de cette architecture nécessite des itérations inadaptées à des engagements quant à la qualité du service fourni.

De plus, le fait d'avoir des variations dans les routes établies pour transmettre les données sur le réseau apporte aussi une insécurité à l'ensemble du processus. En effet, puisque l'opérateur ne peut s'engager sur un temps de transport au sein du réseau il ne peut pas non plus s'assurer que les paquets transmis ne seront pas interceptés et lus par des entités malveillantes.

### ***L'IP-VPN comme solution partielle aux lacunes de l'Internet public***

Pour réduire ces problèmes techniques, une des possibilités s'offrant aux opérateurs de réseaux IP est de faire appel aux procédés d'IP-VPN qui permet de créer des tunnels IP privés, sécurisés et cryptés au sein d'un réseau IP public.

Toutefois, le recours à cette technologie d'authentification et de cryptage des données comporte plusieurs inconvénients majeurs pour les opérateurs mobiles car :

- l'introduction d'équipements dédiés au cryptage et à l'authentification des flux introduit d'éventuels goulots d'étranglement dans le réseau de par la limitation qui existe dans ces équipements pour traiter des flux importants en temps réel ;
- la multiplication des canaux IP-VPN impliquerait une maintenance lourde et coûteuse de l'ensemble de ces canaux. En effet, les opérateurs mobiles souhaitant proposer des services d'itinérance doivent être amenés à mettre en place autant de canaux IP-VPN qu'ils ont d'accords d'itinérance. A terme c'est donc quelque 400 canaux IP-VPN qui devraient être gérés par l'opérateur mobile. La complexité de la tâche et la lourdeur en matière d'exploitation couvrent largement les économies potentiellement réalisées sur les liens de raccordements.

A ces problématiques techniques se rajoutent des problématiques de gestion de la relation client. En effet, ne proposant que l'échange de flux par la connexion Internet du réseau visité, les deux opérateurs (l'opérateur domestique et le visité) perdent toute

maîtrise sur le flux généré par le client. Ainsi, l'opérateur visité réserve-t-il une capacité au client itinérant mais il n'est pas en mesure de suivre les services auxquels ce dernier accède. La situation est encore plus critique pour l'opérateur domestique puisque ce dernier est relégué dans les limbes du système.

Ainsi, non seulement il n'est pas en mesure de proposer une qualité et une sécurité identique à celle à laquelle est habitué son client lorsqu'il est sur son réseau national mais en plus, son client itinérant « disparaît » de son réseau. Ainsi, l'opérateur domestique, en plus de perdre la trace du flux généré par son client, n'est plus en mesure de proposer les mêmes interfaces auxquels ce dernier est habitué lorsqu'il est sur son réseau domestique. Les solutions de portails, de mails et autres services ne peuvent plus être proposées dans ce contexte.

L'opérateur mobile n'est plus en mesure par exemple de faire la différence dans les accès comme il le fait lorsque le client est sur son réseau.

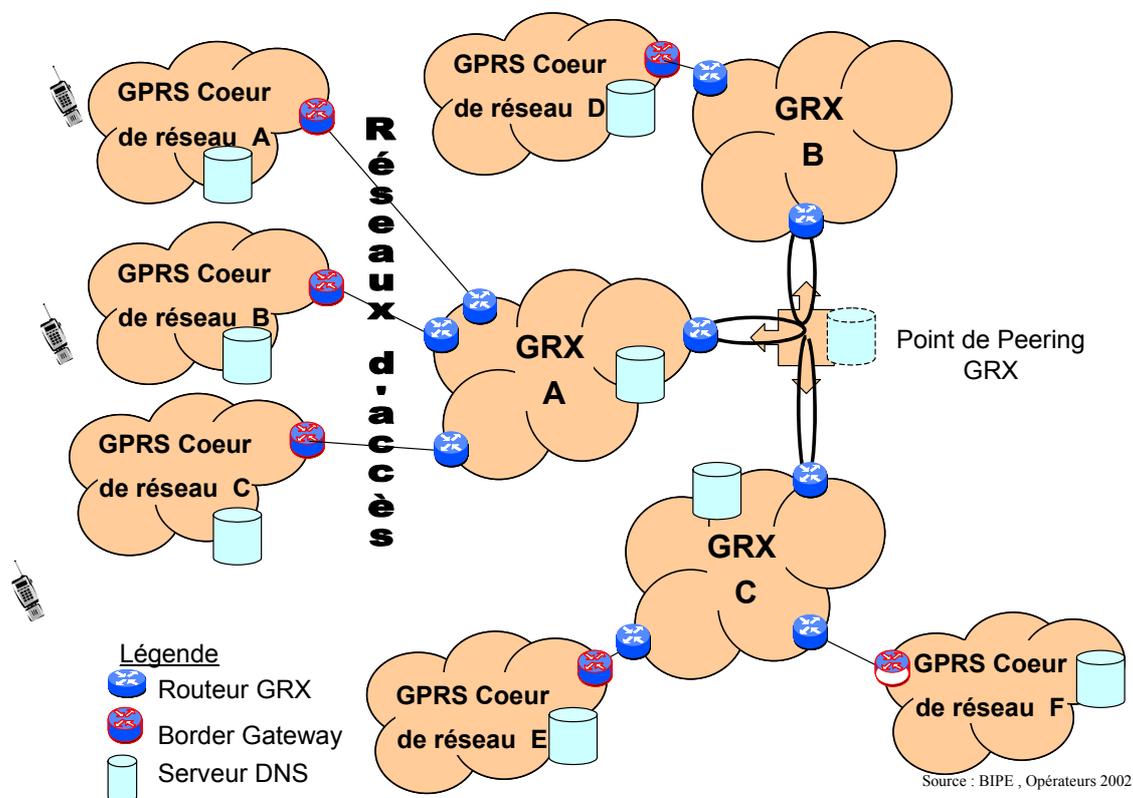
Avec de telles limitations, il est aisé de comprendre l'intérêt d'une solution alternative aux deux premières présentées, qui permet de proposer à l'ensemble des acteurs du marché de l'Internet mobile, un modèle techniquement fiable et économiquement pérenne.

**c) *Des raccordements par des réseaux internationaux privés : les GRX***

Les deux premières solutions proposées ont montré des inconvénients majeurs qui ont conduit les opérateurs mobiles à appeler de leurs vœux la mise en place de réseaux IP internationaux qui pourraient jouer le rôle d'intermédiaires fiables entre eux. L'un des principaux intérêts pour les opérateurs mobiles réside dans la possibilité de se décharger de toute la connectivité IP à l'international. De cette façon, ils peuvent réaliser des économies importantes à la fois en terme de mise en place mais aussi de gestion de ces réseaux, tout en ayant la possibilité de conserver une qualité de service et une sécurité en accord avec celles existantes dans leur cœur de réseau.

Cette solution alternative alliant les avantages de l'Internet public sans certains de ses inconvénients s'appelle GRX.

Figure 10 – Architecture du GRX



Le principe des opérateurs de GRX est centré sur le partage des infrastructures de réseaux de données déjà déployées pour permettre une meilleure utilisation de ces dernières par les opérateurs mobiles. Pour ce faire, les opérateurs mobiles doivent se raccorder de façon unilatérale à un fournisseur de GRX (équivalent à un fournisseur de backbone IP dans le monde de l'Internet Public). L'opérateur mobile en se raccordant à ce fournisseur de GRX peut donc échanger ses flux de données avec l'ensemble des opérateurs mobiles déjà raccordé à ce fournisseur de GRX.

#### **Le « peering » comme étape essentielle pour les opérateurs de GRX**

Comme il n'y a pas un seul et unique fournisseur de GRX pour l'ensemble des opérateurs mobiles dans le monde, les fournisseurs de GRX doivent pouvoir proposer à leurs clients d'échanger du flux non seulement avec les opérateurs mobiles qui sont raccordés en direct à leur réseau, mais aussi avec tous les opérateurs mobiles qui passent par d'autres GRX. Ainsi, les fournisseurs de GRX se raccordent entre eux pour échanger les flux entre opérateurs mobiles. Ces échanges se font par l'intermédiaire de points d'échanges<sup>24</sup> appelés points de peering qui se font sur le même principe que ceux existant sur l'Internet public.

Les principaux avantages de cette architecture sont :

- une relation entre réseaux privés qui revient à la constitution d'un Internet privatif dédié aux échanges entre opérateurs mobiles et aux opérateurs GRX de backbone IP ;

<sup>24</sup> Il n'existe actuellement qu'un seul point d'échanges dédié aux flux des GRX mais des discussions au sein du groupe GRX Task Force de la GSM Association sont en cours visant à la création d'autres points de peering dans le monde et en Europe.

- des engagements contractuels quant à la qualité de service et la sécurité qui vont bien au-delà des engagements qui peuvent être pris sur l'Internet public ;
- un mode de relations entre acteurs purement commerciaux assainissant les processus d'échanges. Même si tout n'est pas encore en place et qu'il reste un certain nombre de points à clarifier et même à créer pour les systèmes de facturation, l'ensemble des acteurs base ses relations sur un échange et sur des relations commerciales traditionnelles à la différence de ce qui peut être fait dans l'Internet public.

Cette méthode de raccordement sera détaillée dans la suite du document. Toutefois, même si sa mise en place est plus complexe car elle fait appel à un plus grand nombre d'acteurs, elle permet aussi de dédier une architecture complète exclusivement aux flux IP GPRS ce qui est un gage de sécurité et de qualité de service par rapport aux autres méthodes présentées plus avant.

### 1.5.3 Confrontation de ces solutions

Les trois grandes méthodes de raccordements entre opérateurs mobiles ont été présentées, les principaux critères qui ont présidé à la mise en avant du choix GRX, sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 4 – Comparatif entre les différentes solutions de raccordement entre réseaux mobiles**

Echelle de mesure allant de 1 à 5 où 1 est un mauvais indicateur et 5 un très bon

	Connexion directe entre opérateurs	Connexion indirecte par l'intermédiaire d'Internet	Connexion indirecte par l'intermédiaire des GRX
Qualité de services	5	1	3 <sup>25</sup>
Sécurité	5	1	4
Coût de mise en place de la solution	1	4	3
Coût de gestion de la solution	1	4	3

Source : BIPE 2002

Les opérateurs mobiles, lors de la sélection de la solution qu'ils allaient privilégier pour leurs réseaux, ont mis sur pied des procédures d'appels d'offres. Il n'a bien évidemment pas été possible d'avoir accès à ces dossiers au cours de l'élaboration de ce rapport (puisqu'ils relèvent du secret des affaires). Toutefois, pour mesurer la qualité du service entre les solutions, les opérateurs ont isolé certains critères comme par exemple :

- le délai de livraison de la solution au client ;
- le round trip (temps mis par le paquet pour traverser et revenir dans le réseau) ;
- le taux de perte des paquets ;
- la disponibilité générale du service ;
- le temps maximum de restauration du service en cas de panne.

Ces critères (proposés à titre d'exemple) ne sont pas exhaustifs. Toutefois, l'apparition de tels critères dans une architecture à base d'IP est relativement novatrice. Ainsi, ces

<sup>25</sup> La qualité de services est un des points forts de la solution GRX, cette évaluation devrait être amenée à être relevée dès que les accords entre opérateurs GRX pourront permettre d'augmenter la transparence entre les réseaux GRX.

critères sont plus généralement obtenus sur des réseaux propriétaires (d'où la très bonne appréciation pour la connexion directe entre réseaux). Les opérateurs de GRX sont en train de mettre en place des critères permettant d'améliorer encore la qualité du service qu'ils fournissent à leurs clients opérateurs mobiles. Ces éléments seront détaillés dans la partie du document dédiée à l'analyse du GRX.

La sécurité est une variable importante pour l'ensemble des acteurs du GPRS. Tous les opérateurs mobiles ont, dès l'initialisation des projets de GPRS, pensé aux manières de disposer des avantages de l'Internet public sans hériter des failles de sécurité inhérentes à ce dernier.

#### ***Exemple de critères permettant d'évaluer la sécurité d'un réseau***

Les principaux critères permettant de s'assurer de la sécurité du réseau déployé sont par exemple :

- le degré d'isolation par rapport à l'Internet public (selon les choix technologiques implémentés dans le réseau) ;
- la procédure d'authentification des opérateurs de réseaux ;
- la possibilité et le contrôle du filtrage des flux acceptés et refusés par le réseau (filtrage des flux ftp, http, smtp...) ;
- la procédure mise en place pour sécuriser l'accès physique aux équipements du réseau (par exemple au point de peering...) ;
- la détection de procédure d'intrusions logicielles... ;
- la procédure d'escalade en cas de détection d'attaques...

Tous ces critères de sécurité permettent à l'ensemble des acteurs du GPRS d'isoler au maximum les infrastructures du mobile de celles du fixe (d'où la très bonne appréciation de la connexion directe entre opérateurs mobiles).

Toutefois, les exigences maximum en termes de qualité de service et de sécurité sont à confronter à la réalité économique et aux investissements à consentir pour les mettre en place. Il est bien évident que des arbitrages doivent être réalisés entre la qualité/sécurité et les coûts engendrés pour proposer cette solution. Cette variable du prix est divisée en deux volets pour permettre de prendre en compte à la fois les coûts engendrés par le déploiement du service mais aussi et surtout par le coût de maintenance. En effet, plus un équipement est spécifique et plus il va engendrer des coûts élevés de mise en place mais aussi de maintenance. A l'opposé, une solution très standardisée (comme la quasi-totalité des solutions de l'Internet public) va nécessiter des investissements et des frais de maintenance réduits (les équipements sont très largement diffusés à des prix inférieurs à ceux constatés pour des équipements *ad hoc*).

#### ***Le GRX comme le meilleur compromis technique et économique***

Le comparatif proposé permet de conclure que la solution GRX présente le meilleur rapport entre la qualité et le coût pour l'ensemble des solutions disponibles. A l'issue des entretiens menés à la fois avec les fournisseurs de GRX qu'avec les opérateurs mobiles, il semble qu'aucun des opérateurs mobiles français n'ait retenu une autre solution pour écouler les flux d'itinérance que celle du GRX.

D'ailleurs, il semble que cette option tout GRX soit relativement commune à l'ensemble des acteurs du marché du mobile européen. Le rôle fédérateur de la GSM Association a donc parfaitement fonctionné. Ainsi, même si dans une phase de test, certains opérateurs mobiles ont pu privilégier des solutions alternatives (comme la connexion par Internet), la solution GRX tend à se généraliser. C'est pourquoi, elle va être largement détaillée dans la suite du rapport.

## 1.6 Les GRX : une solution technique complexe

### **En résumé :**

*Les fournisseurs de GRX, dans le sillage du GPRS, représentent une nouvelle classe d'acteurs. D'origines diverses, ils sont apparus au grand jour suite à l'action de la GSM Association dans le courant de l'année 2000. Cette officialisation qui est venue consacrer une relation étroite avec les opérateurs mobiles a été rendue nécessaire pour faciliter le déploiement de l'itinérance GPRS dans le monde entier. Les opérateurs de GRX qui, pour la plupart, disposent d'infrastructures IP internationales ont dû résoudre des problèmes techniques complexes même si certains restent encore en suspens et devrait être résolus dans les prochains mois.*

*La nouvelle structuration des relations entre les GRX et leurs clients opérateurs mobiles bénéficie largement aux opérateurs mobiles paneuropéens. En effet, même si la sélection propre à chaque filiale dans les pays est réalisée de façon autonome, elle revient souvent à privilégier au bout du compte un opérateur GRX commun au groupe. Ce dernier par cette sélection augmente alors la valeur propre de son réseau au détriment des autres GRX. Pour contourner ces limitations intrinsèques du modèle, les GRX ont mis en place un point de peering commun. Ce dernier encore unique résout partiellement le déséquilibre inhérent à l'architecture.*

*Toutefois, l'insuffisance des flux d'itinérance GPRS par rapport aux flux de l'Internet public reste la problématique la plus structurante à adresser par les opérateurs de GRX. Cette immaturité des flux devrait évoluer dans les prochaines années et reste très largement conditionnée au succès des offres nationales.*

La mise en place des GRX a été élaborée à partir d'une réflexion menée au sein de la GSM Association. Elle a lancé un RFI<sup>26</sup> dans le courant de l'année 2000 à destination des principaux opérateurs susceptibles de fournir des services de réseaux internationaux IP aux opérateurs mobiles dans le monde. Les réponses fournies par les fournisseurs de backbone IP à cet RFI ont été recensées et les discussions avec les opérateurs mobiles ont été enclenchées. Les premiers tests d'itinérance GPRS et de GRX se sont déroulés dès la fin de l'année 2000.

### **1.6.1 Typologie des opérateurs de GRX**

Au total, c'est plus de 20 opérateurs de GRX qui avaient été recensés par la GSM Association dans son document en date de juin 2000. Deux ans après, force est de constater que le nombre de prétendants au titre de fournisseur de GRX a largement

<sup>26</sup> RFI : Request For Information équivalent à un appel d'offre blanc

diminué. Les principaux acteurs peuvent se regrouper en trois principales catégories qui sont :

- les filiales d'opérateurs historiques ou des opérateurs historiques eux-mêmes ;
- des opérateurs majeurs de backbone IP sur l'Internet public qui se positionnent sur ce nouveau marché ;
- des spécialistes de l'itinérance pour la fourniture de services aux opérateurs mobiles.

**Tableau 5 – L'ensemble des acteurs de GRX**

	Liste des opérateurs
Les filiales d'opérateurs historiques	Belgacom, BT, Deutsche Telekom (DTAG), France Télécom, Sonera (avec Equant), Telecom Italia, Telefonica Data, Telenor, Telia International Carrier
Les opérateurs majeurs des backbones IP	Cable and Wireless, Equant (avec Sonera)
Les spécialistes de l'itinérance pour la fourniture de services aux opérateurs mobiles	Aicent, Comfone (avec Infonet), TSI

Source : BIPE 2002

Les différentes offres de GRX sont relativement homogènes entre opérateurs même si certaines différences existent entre eux. Ainsi, les architectures de réseau retenues par les opérateurs de GRX structurent largement les conditions de qualité de service et de sécurité des flux transportés. Toutefois, quelques grandes règles se retrouvent chez l'ensemble des acteurs.

Le raccordement au GRX par un opérateur mobile nécessite :

- la mise en place d'un lien dédié auprès de l'opérateur de GRX ou bien auprès d'un fournisseur de capacité locale. Elle est généralement caractérisée par une liaison louée, une solution Frame Relay ou un canal VPN-IP ;
- un contrat contenant un volet qualité de service proposé et sécurité qui devrait s'accroître encore avec la maturation des relations entre acteurs.

L'ensemble des opérateurs de GRX interviewés dans le contexte de cette étude, ont tous choisi d'implémenter la technologie MPLS au sein de leur réseau IP. Les principales caractéristiques de cette technologie sont présentées en annexe.

Certains opérateurs de GRX ont mis en place un réseau complètement dédié aux flux mobiles IP alors que d'autres ont partagé leurs infrastructures IP déjà existantes pour proposer les solutions GRX. Ces choix sont des choix stratégiques très structurants pour les acteurs en terme d'investissements. Il est encore trop tôt et les flux GPRS/UMTS ne sont pas encore suffisants pour juger laquelle de ces deux solutions est la plus pertinente. Il sera intéressant dans les prochaines années de suivre les évolutions des réseaux des opérateurs pour identifier comment ils se comportent en fonction de la montée en charge des flux GPRS et l'apparition des flux de troisième génération.

En effet, l'apparition des flux 3G nécessitera une séparation des flux transportés en fonction de la qualité de services requise par les opérateurs mobiles. Peut-être à ce moment là, les opérateurs de GRX ayant délibérément choisi de dédier une

infrastructure pour les flux de l'Internet mobile seront plus facilement à même de proposer une réelle différence en terme de qualité de service.

### 1.6.2 Le point de peering GPRS : un élément central du dispositif

Devant le nombre d'opérateurs de GRX, les forts liens existant entre certains de ces derniers et les opérateurs de télécoms historiques et la complexité des architectures à mettre en place pour pouvoir les utiliser, il est aisé d'anticiper qu'aucun opérateur de GRX ne disposera d'accords directs avec l'ensemble des opérateurs mobiles dans le monde. Or, l'itinérance se doit d'être universelle et donc l'opérateur mobile doit pouvoir, avec un nombre réduit de raccordements,<sup>27</sup> atteindre l'ensemble des opérateurs de GPRS dans le monde.

Ainsi, les opérateurs de GRX doivent pouvoir se raccorder les uns aux autres pour échanger les flux provenant des opérateurs mobiles qui leurs sont raccordés. Dans ce contexte, les points d'échanges entre opérateurs de GRX représentent un maillon essentiel. A l'heure actuelle, un seul point de peering existe dans le monde pour les flux inter GRX : c'est le point AMSIX (AMsterdam Interconnection eXchange) situé à Amsterdam. Sonera avait mis en place un autre point de peering, Getronics, qu'il maintenait. Les fonctionnalités par rapport à celui d'Amsterdam étaient identiques, toutefois, la communauté des opérateurs de GRX a privilégié la solution AMSIX. Ainsi, Sonera a mis fin à l'exploitation de ce point qui a fermé à la fin de l'année 2002.

L'AMSIX est donc le seul point d'échanges actuellement en service pour échanger les flux GPRS provenant des GRX. Ce point qui est une nouveauté pour le monde de l'Internet mobile existe en fait depuis plusieurs années sur l'Internet public. Pour ce dernier, il joue aussi le rôle de point d'échanges public mais les règles imposées aux opérateurs souhaitant échanger leurs flux dans ce cadre sont beaucoup moins contraignantes que celles proposées aux opérateurs de GRX. Ces éléments sont rappelés dans le tableau ci-après :

**Tableau 6 – Comparatif dans les règles des points d'échanges de l'Internet public et de ceux du GRX**

	Internet public	GRX
Règles édictées pour pouvoir se connecter à l'AMSIX	Être une entité légale Être en possession d'un ASN (Autonomous System Number <sup>28</sup> ). Avoir une activité première en relation avec l'Internet Avoir l'intention de signer un accord de connexion de l'AMSIX	Etre un opérateur de GRX suite à la procédure mise en place par la GSM Association <sup>29</sup>
Accords entre partenaires	Publié par le point	Accords bilatéraux relevant du secret des affaires

Source : BIPE 2002

<sup>27</sup> La GSM Association dans son I.R.33 recommande que les opérateurs mobiles employant l'infrastructure GRX fasse appel à au moins 2 opérateurs de GRX pour des questions de redondance des architectures.

<sup>28</sup> L'ASN est un groupe de réseaux IP constitué par un ou plusieurs opérateurs de réseaux qui dispose d'une politique de routage unique et publique. Les protocoles de routage extérieurs sont utilisés pour échanger des informations de routage entre les Systèmes autonomes.

<sup>29</sup> Voir paragraphe 1.6 du rapport détaillant le processus proposé par la GSM Association dans le courant de l'année 2000

**L'AMSIX - Fonctionnement et principes fondateurs :**

L'AMSIX est un lieu où les fournisseurs de services Internet s'interconnectent et échangent leurs flux IP au niveau national et international. AMSIX est un point neutre et indépendant qui a été créé au début des années 90 mais c'est le 29 décembre 1997 que l'AMSIX a été établi comme une association hollandaise fonctionnant sous les lois hollandaises. L'AMSIX est donc une association non commerciale, neutre et indépendante. Cette structure implique donc qu'elle n'a aucun intérêt à privilégier une connexion à un acteur plutôt qu'à un autre. De plus, son activité non commerciale lui évite d'avoir des impératifs financiers structurants ses décisions et investissements opérationnels.

L'AMSIX est un point d'échanges qui historiquement était utilisé par l'ensemble des acteurs de l'Internet public. Avec l'arrivée des nouveaux besoins pour les échanges entre opérateurs de GRX, c'est maintenant plus de 130 sociétés ayant des activités dans l'Internet qui y sont présente<sup>30</sup> autorisant un échange en un point extrêmement intéressant pour l'ensemble des acteurs de l'Internet. En janvier 2002, l'ensemble cumulé des flux ayant traversé le point d'échanges de l'AMSIX a été évalué à plus de 1.350 Tera octets pour le mois de janvier 2002 (soit en moyenne plus de 5 Gigaoctets échangés par seconde).

Les principaux acteurs hollandais mais aussi internationaux de l'Internet public sont connectés à ce point. Des associations comme le RIPE NCC et NL Domain Registry System font partie des membres de l'association.

L'infrastructure de l'AMSIX repose sur des commutateurs Ethernet dans chacune des localisations qui sont interconnectées par des fibres optiques. Les FAI sont connectés à l'AMSIX en half ou full duplex pour le 10 base T ou 100 Base T et en full duplex pour le 1000 BaseSX. Il y a quatre sites physiquement distincts qui constituent l'AMSIX (SARA, NIKHEF, Teletcity, Global Switch).

L'AMSIX est constitué par :

- Un comité exécutif composé de 5 membres qui sont les suivants :

Nom	Société
Ad Bresser	Planet Media
Marc Gauw	Priority Telecom
Sjoerd van der Maaden	Active ISP
Vincent Rais	Rais Associates
Mauric Dean	Global Crossing

- L'AMSIX bv joue le rôle de premier contact vis à vis de ses membres en adressant les problématiques d'hébergement et de relation inter-membres.
- Un NOC (Network Operation Centre), qui réalise les interventions techniques et gère les opérations courantes de l'AMSIX.

La majorité des décisions prises à l'AMSIX le sont lors de la réunion générale du comité exécutif, où tous les membres du conseil exécutif, ceux du bv ainsi que les experts du NOC sont présents. En plus de ces réunions, une grande réunion générale, dans laquelle tous les membres ont un siège, est tenue deux fois par an. Les membres sont ainsi informés des principaux changements qui sont sur le point d'avoir lieu à l'AMSIX. Si le changement proposé rencontre la désapprobation d'un certain nombre de membres, alors un vote est effectué. Tous les membres de l'AMSIX ont le droit de vote.

<sup>30</sup> La liste exhaustive des membres de l'AMSIX se trouve dans l'annexe correspondante de ce rapport

Un seul point d'échanges apparaît comme un nombre très faible si on le compare à l'architecture mise en place pour traiter les flux de l'Internet public (au moins 4 points de peering majeurs existent rien qu'en France). Aussi, les opérateurs de GRX discutent actuellement pour mettre en place au moins deux autres centres d'échanges (un en Asie et peut-être un autre en Europe). Toutefois, les discussions sont toujours en cours mais le sujet apparaît moins structurant qu'auparavant. En effet, les flux d'itinérance GPRS sont à l'heure actuelle extrêmement faible. A titre d'exemple, certains acteurs annoncent des flux d'itinérance GPRS de l'ordre de la centaine de Méga octets pour l'année 2002.

Ainsi, la plus grande problématique est pour le moment l'amortissement des infrastructures mises en place dans le cadre de la fourniture des offres de GRX par la montée en charge des flux transportés. Dans cette attente, il est fort probable que les acteurs du GRX se consacrent aux autres problématiques encore en suspens en mettant de côté le choix des lieux des nouveaux points d'échanges.

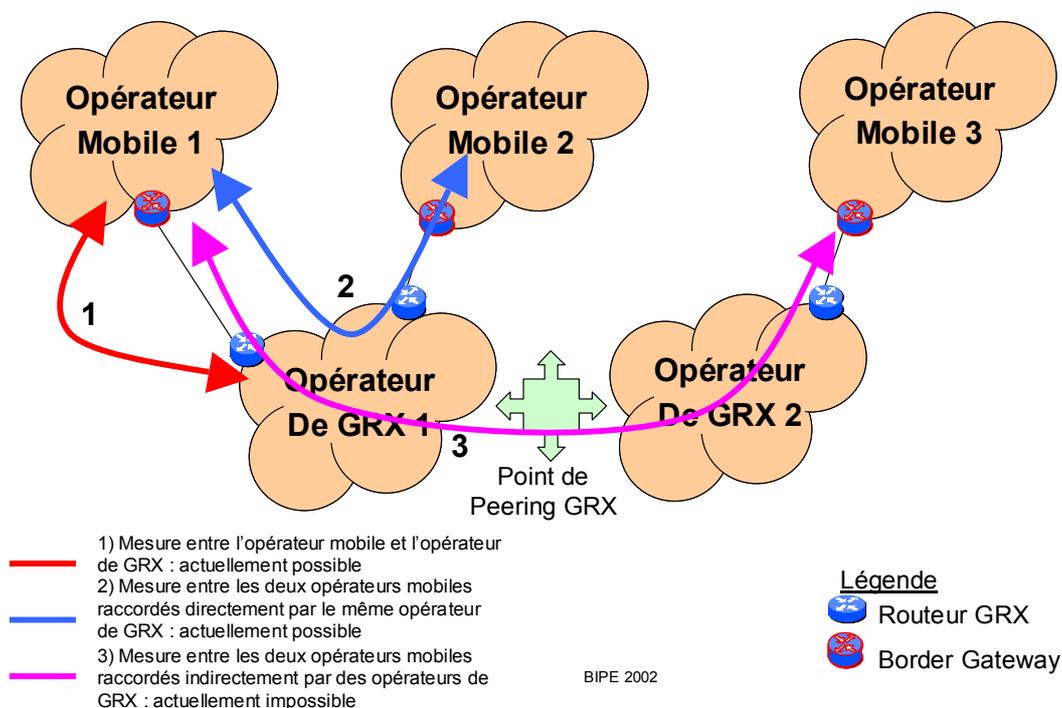
### **1.6.3 Les derniers points en suspens**

#### ***Les efforts à réaliser pour améliorer la qualité du service***

Les opérateurs de GRX ont mis à la disposition des opérateurs mobiles des réseaux internationaux sans couture. Il faut toutefois remarquer que pour le moment les critères de qualité de service sont partiellement remplis. Ainsi, le « best effort » reste pour le moment la qualité de base proposée par les opérateurs de GRX. Ils travaillent avec les opérateurs mobiles à mettre en place les solutions techniques permettant de proposer une qualité de service et surtout des outils pour la mesurer. En effet, le « best effort » actuellement proposé à des réseaux GPRS peu chargés par le trafic des clients ne saurait masquer les problématiques restant à traiter pour permettre de proposer une qualité constante lorsque le trafic augmentera et que les premiers réseaux de troisième génération apparaîtront.

Les opérateurs de GRX tentent de mettre en place des outils de mesure leur permettant de s'assurer à la fois de la qualité du service qu'ils fournissent sur leur réseau mais aussi sur l'ensemble des réseaux empruntés par les clients mobiles raccordés en direct chez eux. Le schéma suivant présente la situation en condition d'itinérance :

Figure 11 – La problématique de la mesure de la qualité du service en itinérance



Selon le type de relation mis en place par l'abonné en itinérance, les trois niveaux de mesures présentés dans le schéma feront apparaître des différences très fortes. Ainsi, la complexité de la mesure, à partir du moment où plus de deux opérateurs de GRX sont nécessaires pour permettre l'itinérance, est évidente. De même, le point d'échanges (pour le moment l'AMSIX) est un point essentiel dans les architectures déployées.

### **La problématique du DNS central**

En plus de cette problématique de qualité de service, une seconde problématique structurante est en cours de traitement par l'ensemble des acteurs : la résolution des adresses par les DNS des opérateurs de GRX.

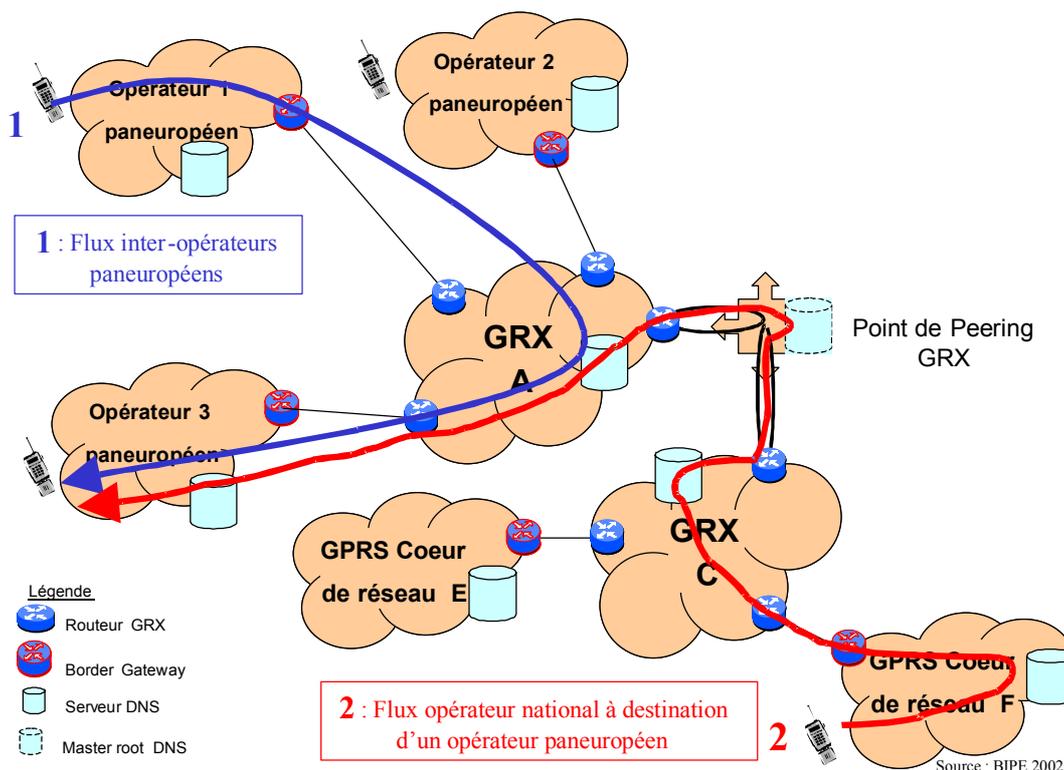
Un grand nombre de discussions se déroulent autour de cette problématique depuis quelques mois au sein de la GSM Association. Le problème provient du fait de l'incapacité des DNS des opérateurs mobiles et des opérateurs de GRX à résoudre les adresses des GGSN demandées par les terminaux itinérants sans une hiérarchisation des DNS des différents réseaux (la présentation globale du processus de connexion au GPRS peut être trouvée dans la partie du rapport dédiée à l'explication de l'architecture GPRS en itinérance).

L'ensemble des acteurs réfléchit actuellement à l'opportunité de mettre en place un master root DNS qui soit capable de gérer l'ensemble des résolutions d'adresses entre opérateurs de GRX et les opérateurs mobiles. Toutefois, si la méthode est connue, les discussions sont toujours en cours car selon l'acteur considéré, l'importance de la mise en place de ce serveur DNS centralisé n'apparaît pas aussi clairement.

Ainsi, les opérateurs de GRX disposant d'un grand nombre d'opérateurs mobiles raccordés directement à leurs réseaux pourront sans difficulté résoudre un maximum de demandes de résolution d'adresses et n'auront que faiblement besoin de faire des requêtes auprès d'autres opérateurs de GRX. En effet, dans ce cadre, les DNS des gros opérateurs de GRX contiendront un grand nombre d'adresses de GGSN d'opérateurs mobiles directement raccordés.

La problématique est présentée dans le schéma suivant :

Figure 12 – Problématique du routage des requêtes DNS dans les réseaux GRX



Par contre, cette situation est dissymétrique si l'on considère la situation des opérateurs de GRX disposant d'un nombre plus limité d'opérateurs mobiles. Ces derniers ayant moins d'opérateurs mobiles directement raccordés devront réaliser des requêtes beaucoup plus fréquentes auprès des autres opérateurs de GRX.

De plus, il est probable que de par la nature des flux, les opérateurs mobiles paneuropéens mettent en place des procédures de sélection du réseau d'itinérance. Par exemple, l'opérateur X qui dispose d'une filiale en Allemagne et d'une autre en France privilégiera une itinérance sur ses deux réseaux respectifs. De cette façon, les flux d'itinérance GPRS entre ces deux réseaux seront plus fréquents. Or, les opérateurs paneuropéens même s'ils ont laissé le choix de l'opérateur de GRX à chacune de leurs filiales dans l'ensemble des pays où ils sont présents, ont souvent privilégié une solution faisant appel à un réseau GRX commun au groupe. Ceci permet de dire que l'opérateur de GRX ayant contracté avec les gros opérateurs mobiles paneuropéens disposent d'une situation confortable pour adresser les problématiques de résolution de requêtes DNS.

A l'opposé, un opérateur GRX raccordant des opérateurs mobiles purement nationaux aura un travail plus important à réaliser pour résoudre l'ensemble des requêtes DNS. En effet, il aura plus de possibilités de routage international que l'opérateur de GRX ayant quelques gros clients paneuropéens.

### ***Les déséquilibres de la situation actuelle***

Il est donc compréhensible que les opérateurs de GRX ayant contracté avec des opérateurs paneuropéens aient un intérêt économique plus faible à mettre en place une structure unifiant l'ensemble des adresses DNS. A contrario, les opérateurs de GRX ayant un grand nombre d'opérateurs mobiles purement nationaux ont tout intérêt à la mise en place d'une architecture plus centralisée.

Pour résoudre cette problématique, l'architecture centralisée est envisagée. Elle viserait à mettre en place un « master root DNS » qui serait en mesure de résoudre l'intégralité des requêtes qui lui seraient adressées. Toutefois, deux choix d'architectures sont possibles :

- le recours à la GSM Association pour maintenir cet équipement (la GSMA effectue ce type de prestation avec l'EIR<sup>31</sup>) au niveau du point de peering de l'AMSIX ;
- le recours à un opérateur privé acceptant de maintenir ce service pour l'ensemble des acteurs au point de peering de l'AMSIX ou bien sur son propre réseau. A cet effet, SONERA s'est proposé pour réaliser cette action pour la communauté des opérateurs.

Les discussions sont toujours en cours entre les acteurs et pourraient aboutir dans les prochains mois. Ces discussions ont lieu non pas dans l'ICANN mais plutôt au sein de la GRX Task Force de la GSM Association qui regroupe pour l'occasion l'ensemble des acteurs de ce marché.

---

<sup>31</sup> Equipment Identity Register : équipement permettant de proposer une base de donnée centralisée des portables volés.

#### **1.6.4 Du GPRS à l'UMTS : principales évolutions**

L'UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) est la troisième génération de la norme de téléphonie mobile. Après avoir connu de nombreux déboires, quelques opérateurs mobiles 3G en Europe commencent à déployer leurs infrastructures. Toutefois, les retards dans le déploiement sont nombreux et dus à de multiples raisons.

##### ***L'UMTS changera fortement la partie fréquence du réseau mobile***

Sans détailler les principales évolutions nécessaires à l'implémentation de l'UMTS en France, il faut rappeler que c'est la partie fréquence qui sera la plus impactée par l'introduction de cette troisième génération. En effet, l'UMTS exploitera une nouvelle technologie radio appelée WCDMA sur une nouvelle plage de fréquences allant de 1900 à 2170 Mhz. Ainsi, les trois opérateurs mobiles actuels devront redéployer l'intégralité de leurs équipements radio. De plus, l'ensemble des terminaux existants devra être remplacé car aucun d'eux ne sera capable d'exploiter ces nouvelles fréquences. De cette façon, les modifications seront très substantielles que ce soit du point de vue des terminaux autant que du sous-système radio déployé par les opérateurs.

##### ***L'UMTS changera plus légèrement le cœur et les bordures du réseau mobile***

Pour le cœur de réseau, les modifications seront certainement moins essentielles que celles survenant dans la partie terminale du réseau. Ainsi, Nokia estime que l'ensemble de l'infrastructure de cœur de réseau GPRS et NSS Nokia est réutilisé lors du passage à l'UMTS. Ceci permettrait donc une plus grande transparence dans le passage d'une génération à l'autre.

Du côté des opérateurs mobiles français, les travaux sont en cours. SFR explique que les infrastructures UMTS sont déployées avec un souci constant de cohérence avec le GPRS. Orange confirme quant à lui que la date de lancement des services UMTS a été retardée et qu'il devrait intervenir au plus tôt fin 2003-début 2004.

Enfin, du côté des opérateurs de GRX, selon les choix technologiques opérés (migration de réseaux IP actuellement exploités ou construction de réseaux IP adhoc pour le flux Internet mobile), les réseaux sont plus ou moins prêts pour ce passage. A ce titre, Cable and Wireless indique que son réseau est 3G ready. Toutefois, il explique aussi que de part la faiblesse des flux GPRS, faire passer des flux UMTS ne posera que peu de problèmes vu les capacités dédiées à l'Internet mobile.

L'ensemble des opérateurs de GRX participe au groupe de discussion 3GRX qui se tient au sein de la GSM Association. Toutefois, les opérateurs mobiles et de GRX précisent que le sujet brûlant du moment est de réussir le développement du GPRS. Ainsi, les réseaux sont mis en place et la principale problématique est de les remplir avec du flux GPRS. La réussite du GPRS semble être une des conditions fortes au déploiement massif de l'UMTS. Les fournisseurs de contenu et les agrégateurs de contenu sont quant à eux très largement à l'écart des problématiques de développement de la 3G.

La mise en œuvre opérationnelle du GPRS et son succès commercial auprès d'un public le plus large possible dans le contexte national et en itinérance semble très largement concentrer l'ensemble des énergies des acteurs interviewés dans le cadre de cette étude. L'UMTS apparaît donc moins prioritaire qu'il y a encore quelques temps.

## 2 L'économie de l'itinérance GPRS

Les techniques et architectures nécessaires au fonctionnement du GPRS dans un contexte d'utilisation nationale et en itinérance ont été présentées dans la partie précédente du rapport. La mise en place de ces architectures s'est déroulée en plusieurs phases qui ont nécessité des évolutions drastiques de l'ensemble des éléments des réseaux qui concourent à la fourniture du service GPRS. Il est intéressant d'appréhender les impacts que ces nouvelles relations techniques vont avoir sur la structuration du marché des télécommunications mobiles.

### 2.1 Etat des lieux du marché du GPRS

#### **En résumé :**

*L'apparition du GPRS a eu des impacts très structurants sur le réseau des opérateurs mobiles et a contribué à faire évoluer un certain nombre d'autres acteurs. Or, le marché du GPRS reste encore un marché en devenir. A ce titre, la période de fin d'année est présentée par tous comme une phase essentielle du décollage de ce marché qui devrait plus largement émerger en 2003. Mais le lancement de ces nouveaux services n'est pas une démarche simple. La multiplication des acteurs rend une typologie entre les acteurs nécessaires. Les opérateurs mobiles concentrent beaucoup des clés du marché du GPRS. De leurs actions conjointes avec l'ensemble des acteurs de la chaîne de la valeur découleront le succès ou l'échec de cette nouvelle technologie auprès des différentes cibles de clientèle qu'ils auront identifiées.*

*Ainsi, plusieurs scénarios de développement du marché peuvent être envisagés (d'une solution purement propriétaire à une solution plus ouverte). Les choix réalisés devront donc être analysés à la lecture des solutions privilégiées dans les autres pays européens mais aussi dans d'autres plaques géographiques comme les Etats-Unis ou le Japon.*

Le marché du GPRS en France est un marché émergent. Les premières offres commerciales à grande échelle datent du début de l'année 2002 et la pénétration des terminaux mobiles exploitant parfaitement le GPRS reste encore marginale. Dans ce contexte, les différents acteurs de la chaîne de la valeur ont une maturité différente sur cette nouvelle technologie par rapport à celle du GSM.

#### **2.1.1 Perspectives d'évolutions : de nombreuses inconnues**

Toutes les perspectives d'évolution du marché du GPRS ont été contredites à chaque fois par le passé. Depuis l'éclatement de la bulle Internet, les prévisions se font plus prudentes que par le passé. En effet, les décalages dans les estimations ont été suffisamment importants pour que tous les prévisionnistes revoient les évolutions potentielles de ce marché.

Certains cabinets proposent encore des estimations d'évolutions du marché du GPRS. Ainsi, ANALYSYS estime que les services GPRS en Europe de l'Ouest devraient compter 58 millions d'abonnés en 2003. Cette ambitieuse estimation est à mettre en perspective avec la situation française tel que décrite par les opérateurs mobiles. Ces derniers, même s'ils disposent d'estimations internes sur le potentiel de marché et sur l'état de mutation des abonnés GSM vers les solutions GPRS, ne souhaitent pas proposer de chiffres concrets. De même, les équipementiers ne proposent pas de taux de pénétration des terminaux mobiles GPRS.

La période de Noël est identifiée par l'ensemble des acteurs comme une période très importante pour le GPRS. Les opérateurs semblent avoir préparé leurs offres commerciales à cet effet. Le suivi des ventes de terminaux GPRS sera donc décisif dans les prochains mois pour conclure sur les premiers taux de croissance du marché national du GPRS et par-là même de la croissance du marché de l'itinérance GPRS.

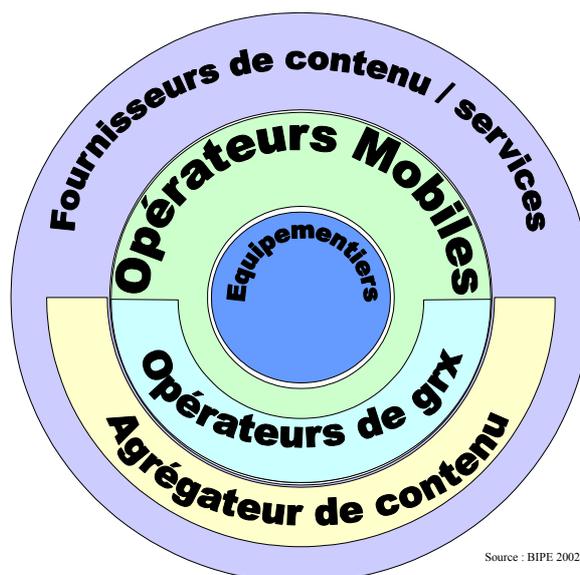
En attendant ces premiers chiffres, la structuration du marché qui est en court est suffisamment différente par rapport à celle existant sur le GSM pour la détailler plus précisément.

### 2.1.2 La multiplication des acteurs impose une recomposition du marché

Force est de constater que le maillon principal de l'ensemble de la chaîne de la valeur de l'Internet mobile est constitué par les opérateurs mobiles. Ce sont eux qui disposent du contact avec le client final mais aussi avec les équipementiers télécoms, les opérateurs de GRX, les agrégateurs de contenu et les fournisseurs de contenu.

Le schéma suivant nuance cette idée en plaçant l'ensemble des acteurs nécessaires à la mise en place de solutions fonctionnelles d'Internet mobile :

Figure 13 – Structure fonctionnelle des acteurs de l'Internet mobile



Cette présentation fonctionnelle de l'Internet mobile est très structurante car la complexité et l'importance des relations mise en place se définissent selon la proximité ou l'éloignement du cœur du cercle.

Le tableau suivant présente les principales activités de chacun de ces acteurs sur le marché.

**Tableau 6 – Typologie des acteurs de l'Internet mobile**

Acteurs	Exemples d'activités sensibles dans le cadre du développement de l'Internet mobile
<b>Équipementiers</b>	Design des terminaux mobiles (simplicité de navigation, applications proposées par le terminal...) Elaboration des architectures et des équipements de cœur de réseau (caractéristiques disponibles dans le cœur et à la bordure du réseau en fonction de la norme GPRS mais aussi des choix réalisés sur les terminaux)
<b>Opérateurs Mobiles</b>	Mise en place des infrastructures mobiles (choix stratégiques réalisés sur débits des terminaux (nombre d'intervalles de temps alloués, raccordements proposés...) Mise en place des services (choix des APN...) Définition et commercialisation des services à destination de la clientèle ciblée
<b>Opérateurs de GRX</b>	Fourniture de connexions internationales permettant de constituer un Internet de qualité et sécurisé qui à terme permettra de proposer une différenciation de la qualité du service proposé (en fonction des flux pour la 3G)
<b>Agrégateurs de contenu</b>	Fourniture de plate-forme nationale et/ou internationale à destination des fournisseurs de contenu/services Intermédiaire à forte valeur ajoutée entre les opérateurs mobiles et les fournisseurs de contenu (gestion des négociations avec les opérateurs mobiles, ingénierie des infrastructures techniques et reversement des flux financiers en provenance des opérateurs mobiles)
<b>Fournisseurs de contenu</b>	Fourniture de contenu informatif, de divertissement ou professionnel à une gamme la plus large possible de clientèle

Source : BIPE 2002

En croisant les activités sensibles contribuant au développement de l'Internet mobile avec l'importance de ces acteurs, il est possible de mettre en évidence la position sensible des équipementiers. En effet, ce sont en grande partie eux qui mettent en place le design et l'ergonomie des terminaux mobiles, ils disposent d'un rôle capital dans l'adoption de la technologie GPRS et à terme celle de l'UMTS.

### ***Les équipementiers acteurs souterrains du GPRS***

Ainsi, selon la simplicité d'utilisation et la richesse fonctionnelle de leurs équipements, ils favoriseront ou non un usage étendu de l'Internet mobile. De ce point de vue, le succès de l'i-mode au Japon a très clairement mis en évidence le rôle et l'importance que pouvaient avoir ces variables. Ainsi, même si le succès de l'i-mode ne dépend pas uniquement de cette variable, les principaux experts du secteur s'entendent sur la nécessité de proposer des terminaux avec une ergonomie adéquate en fonction du service proposé. L'échec du WAP dans le courant 2001 est aussi dû en partie à la complexité d'utilisation inhérente à ces terminaux pour la majorité des utilisateurs.

En plus du rôle important lié à l'ergonomie des terminaux mobiles, les équipementiers peuvent aussi jouer un rôle important dans la partie applicative du réseau. Cette partie ne sera pas approfondie dans le cadre de cette étude. Toutefois, il est important de rappeler que les terminaux mobiles sont en train de changer de statut. Ils acquièrent une valeur sociale importante et confèrent à l'utilisateur une ubiquité face à l'Internet

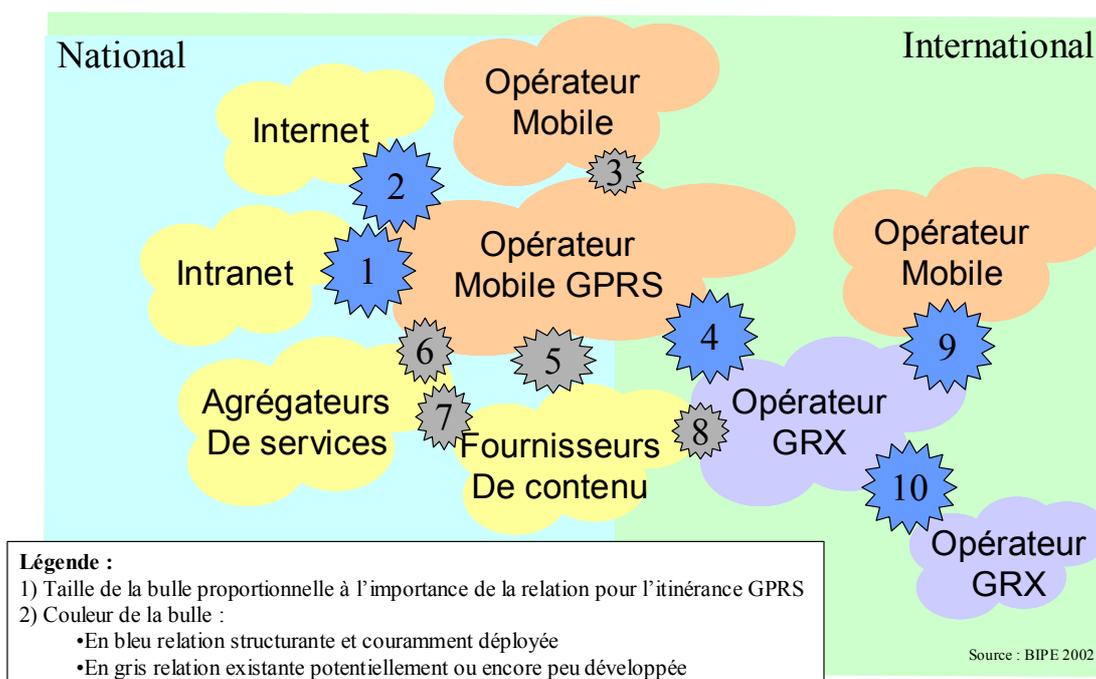
qui fera sans aucun doute du mobile l'un des principaux moyens d'accès à l'Internet et plus généralement aux autoroutes de l'information dans les années à venir.

Le marché japonais en avance sur les pays européens peut apparaître comme un bon précurseur de la future tendance. Même si les différences culturelles sont essentielles et doivent être prises en compte dans toute approche prospective, il est intéressant de rappeler la situation japonaise : à la fin juillet 2002, environ 5,4 millions de foyers japonais étaient connectés à l'Internet par une connexion large bande, 21,6 millions d'abonnés l'étaient par RTC alors que dans le même temps, 55,6 millions d'abonnés accédaient à Internet par leur téléphone mobile.

### 2.1.3 Le nouveau rôle des acteurs sur le marché

Pour appréhender le rôle de chacun des acteurs sur le marché de l'Internet mobile, chacun d'eux a été placé sur le schéma suivant :

Figure 14 – Structure des relations entre les acteurs de l'itinérance GPRS



Les différents numéros présents dans le schéma résument les relations entre les acteurs du marché. Il groupe les liens qui sont clairement définis et qui ont été présentés au cours de l'étude (en bleu sur le schéma). Les autres liens (en gris) sont des liens en devenir qui pourraient apparaître à l'avenir.

Les liens bleus sont détaillés dans le tableau suivant :

**Tableau 7 – Les relations du monde GPRS clairement définies**

Numéro du lien	Relation entre...
❶	Les opérateurs mobiles et leurs clients entreprises souhaitant raccorder leurs réseaux d'entreprises au réseau GPRS de l'opérateur
❷	Les opérateurs mobiles et l'Internet permettant à ces derniers de proposer à leurs clients (résidentiels ou entreprises) l'ensemble des services (WAP et WEB, messagerie etc...) disponible par Internet
❹ et ❸	Les opérateurs mobiles et les opérateurs de GRX pour proposer leurs services en itinérance
❿	Les opérateurs de GRX entre eux par l'intermédiaire des points de peering

Source : BIPE 2002

Les relations grises représentent :

**Tableau 8 – Les relations du monde GPRS à définir**

Numéro du lien	Relation entre...
❸	Les opérateurs mobiles entre eux. Pour le moment, au niveau national de tels liens n'existent pas encore mais ils pourraient apparaître dans l'avenir selon l'importance des flux GPRS
❺	Les opérateurs mobiles et les fournisseurs de contenu. La description de ce type de relation dépend très largement des services proposés par l'opérateur qui ne font pas partie du cadre de l'étude et ne seront donc pas détaillés ici.
❻	Les agrégateurs de contenu et les opérateurs mobiles. Pour le moment ces derniers n'ont pas vraiment mis en place des plates-formes GPRS dans l'idée de celles déployées pour le GSM/SMS. Il est possible qu'à l'avenir de telles plates-formes apparaissent.
❼	Les agrégateurs de contenu et les fournisseurs de services. Même remarque que précédemment.
❽	Les opérateurs de GRX et les fournisseurs de contenu. Les opérateurs de GRX pourraient à l'avenir proposer des solutions d'hébergement de contenu. Ceci permettrait aux fournisseurs de contenu d'avoir accès à l'ensemble des réseaux des opérateurs mobiles européens sans avoir à entrer en négociation avec chacun d'eux.

Source : BIPE 2002

Diverses solutions techniques sont à la disposition des fournisseurs de contenu pour leur permettre d'accéder aux clients finaux. Ainsi, ils peuvent s'adresser directement aux opérateurs de réseaux mobiles, mais ils peuvent aussi (comme c'est le cas sur le GSM avec les SMS) s'adresser aux agrégateurs de contenu ou bien encore peut-être dans un proche avenir faire appel aux services des opérateurs de GRX.

Cette potentielle diversité dans les méthodes pour atteindre le client final est un élément central dans l'Internet mobile. Toutefois, il est essentiel de rappeler que la mise en place de ces solutions techniques reste très largement dépendante de la volonté des opérateurs mobiles d'ouvrir leurs réseaux à ces diverses possibilités.

Pour alimenter la réflexion sur ce point, il est important de rappeler les éléments économiques qui contribuent à apporter la valeur à chacun des maillons de la chaîne de la valeur du GPRS.



Ces éléments sont rassemblés dans le tableau suivant.

**Tableau 9 – Les relations dans la chaîne de valeur du GPRS**

Acteur	Client de l'acteur	Valeur de l'activité GPRS pour les clients de l'acteur
<b>GRX</b>	Opérateurs de réseaux mobiles 2.5 G et 3G	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre d'opérateurs mobiles directement raccordés au backbone IP</li> <li>• Capacité à proposer par l'intermédiaire des accords de peering la totalité des opérateurs mobiles 2.5G et 3G.</li> <li>• Couverture géographique internationale</li> <li>• Nombre de points de présence internationaux</li> <li>• Facilité de mise en place de la solution</li> <li>• Qualité de service proposée et à venir</li> <li>• Politique de sécurité mise en place</li> <li>• Nombre de fournisseurs de contenu hébergés sur le réseau</li> </ul>
	Fournisseurs de contenu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre d'opérateurs mobiles directement raccordés au backbone IP</li> <li>• Facilité de mise en place de la solution d'hébergement</li> <li>• Qualité de service proposée et à venir</li> <li>• Politique de sécurité mise en place</li> </ul>
<b>Opérateurs Mobiles</b>	Clients finaux (professionnels et résidentiels)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre d'abonnés au réseau (effet de parc)</li> <li>• Différenciation des services proposés</li> <li>• Attractivité des services proposés</li> <li>• Facilité d'utilisation des terminaux</li> <li>• Gamme de terminaux proposée</li> <li>• Tarifs proposés pour les solutions d'accès</li> </ul>
	Fournisseurs de contenu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Méthode de facturation et de recouvrement des services proposés</li> <li>• Capacité des opérateurs à respecter les droits de la propriété intellectuelle</li> <li>• Augmenter la relation avec la marque</li> </ul>
	Agrégateurs de services	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ouverture maximale des plates-formes aux agrégateurs (relations de partenariat)</li> <li>• Proposition de modèles économiques ouverts assurant aux agrégateurs une activité rentable</li> </ul>
<b>Agrégateurs de contenu</b>	Opérateurs mobiles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permettre aux opérateurs mobiles de disposer rapidement de contenu permettant d'attirer une nouvelle clientèle (résidentielle ou professionnelle)</li> </ul>
	Fournisseurs de contenu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacité à prendre en charge l'intégralité de la problématique technique pour éviter d'avoir à traiter cette problématique en interne</li> <li>• Proposer un nouveau canal de distribution à l'ensemble des contenus déjà disponibles ouvrant la porte à une rentabilisation accrue des investissements consentis pour les produire</li> </ul>
<b>Fournisseurs de contenu</b>	Opérateurs mobiles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disposer de contenu riche et attractif permettant d'attirer une clientèle toujours plus large</li> </ul>
	Opérateurs de GRX	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ouvrir l'activité d'hébergement sur de nouveaux clients pour augmenter la valeur du réseau</li> </ul>

Source : BIPE 2002

Au travers de cette liste apparaît nettement la mutation nécessaire à réaliser de la part des opérateurs mobiles. En effet, ces derniers vont devoir proposer à leurs clients non seulement un service de qualité, innovant et riche mais ils vont aussi devoir prendre en compte l'ensemble des problématiques de facturation des services et souplesse d'implémentation des plates-formes d'hébergement à destination des fournisseurs de contenu. De plus, outre ces problématiques techniques, les opérateurs, pour attirer leurs clientèles (grand public ou entreprises), vont devoir proposer un contenu attractif.

Pour ce faire, trois scénarios sont possibles :

- une solution complètement propriétaire dans laquelle les opérateurs mobiles mettent en place toutes les solutions techniques, commerciales seuls et gèrent directement les relations avec les fournisseurs de contenu sans aucun intermédiaire ;
- une solution complètement ouverte où ils ne mettent en place que les techniques et le réseau GPRS et restent cantonnés dans une position de purs « techniciens télécoms » ;
- une solution intermédiaire dans laquelle seule une partie des applications et services proposés est configurée par leurs soins. Une part importante des services restant complètement ouverts aux autres acteurs du monde du contenu.

Outre les problématiques de concurrence que la première solution comporte, les opérateurs mobiles sont confrontés à de fortes contraintes de rentabilité à court terme depuis l'éclatement de la bulle financière des nouvelles technologies. Ainsi, la tentation de tout développer en interne pourrait être très sérieusement remise en question par la conjonction des problématiques économiques et du retard avéré sur le GPRS et l'UMTS.

Pour rentabiliser plus rapidement les investissements déjà consentis dans le déploiement du GPRS et ceux à venir dans l'UMTS, les opérateurs mobiles pourraient être amenés à privilégier un développement rapide des services, seul moyen pour eux d'atteindre plus rapidement une base de clientèle plus large, gage de rentabilité. Bouygues Telecom au travers de l'i-mode semble avoir emprunté cette voie intermédiaire. L'accueil réservé au modèle de kiosque à deux niveaux proposé par Bouygues Telecom dans son produit devra être suivi de près.

A terme, il est possible que le GPRS emploie le même modèle que celui existant à partir des accès fixes. Ainsi, les fournisseurs de contenu (comme par exemple Yahoo ! ou ebay) pourraient avoir une activité complètement transparente par rapport au réseau d'accès employé par l'utilisateur. Dans ce cadre, les fournisseurs de services pourraient se raccorder à un réseau (GRX, ou autres fournisseurs de backbone IP) leur permettant d'accéder à l'ensemble des réseaux IP d'accès de la planète.

## 2.2 La facturation de l'itinérance GPRS : grille de lecture

### En résumé :

*L'introduction de nouveaux acteurs et de nouveaux processus et clés de facturation ont été introduites avec le GPRS. De cette façon, en passant de la facturation à la durée à une facturation au volume ou à l'acte, les opérateurs ont dû substantiellement modifier leur système de facturations et les processus afférents.*

*Les opérateurs mobiles au centre de la problématique de par leurs relations privilégiées avec les clients finaux déploient des méthodes de facturation innovantes mais à des tarifs qui restent pour le moment encore très dissuasifs en contexte d'itinérance. Reste aux opérateurs mobiles à adresser la problématique de la proposition de contenu attractif et de ses tarifications. En effet, l'apparition de l'itinérance GPRS porte en germe une itinérance d'un autre ordre : l'itinérance des contenus.*

Il a été identifié que le marché du GPRS introduisait des modifications substantielles dans les rapports entre acteurs. Toutefois, ces modifications sont encore plus importantes dans toute la partie facturation des services de GPRS car il introduit une diversification des services à facturer. De cette façon, les opérateurs mobiles qui étaient les acteurs privilégiés dans le processus de facturation sur GSM ont dû modifier leurs relations avec l'ensemble des acteurs de la chaîne de la valeur.

Ainsi, alors que le modèle de facturation privilégié sur le GSM était la durée, les opérateurs mobiles vont modifier largement les méthodes de facturation sur les plates-formes GPRS.

Les différentes clés de répartition ont été rappelées dans le tableau suivant selon les plates-formes identifiées :

**Tableau 10 – Les clés de facturations actuellement déployées sur les réseaux mobiles**

Type de services	Plate-forme du service	Clé de répartition
Communication téléphonique circuit	GSM	A la durée
SMS	GSM	A l'unité
WAP V1	GSM	A la durée
Internet	GSM	A la durée
Intranet	GSM	A la durée selon les accords passés entre la société et l'opérateur mobile
MMS	GPRS	Au volume (Ko)
WAP V2	GPRS	Au volume (Ko) ou sinon forfaitaire
Internet	GPRS	Au volume (Ko)
Intranet	GPRS	Au volume (Ko) ou forfaitaire selon les accords passés entre la société et l'opérateur mobile

Source : BIPE 2002

Avec l'introduction de la connexion permanente les opérateurs mobiles ont introduit une nouvelle clé de répartition au volume : le Ko. Cette clé n'est pas la seule disponible dans l'environnement GPRS. Ainsi, les opérateurs pourraient dans l'avenir proposer des tarifications à l'acte, ou en fonction du service accédé. L'objet de cette étude n'étant pas l'analyse des services qui seront rendus disponibles par le GPRS, il ne sera pas détaillé l'ensemble des problématiques inhérentes à la multiplication des services proposés. Il est toutefois intéressant de mettre en avant les grandes problématiques qui apparaissent avec la multiplication des services qui ouvre la porte sur une myriade de facturation.

Les principales méthodes de tarifications possibles ont été rappelées dans le tableau suivant.

**Tableau 11 – Principales méthodes de tarifications possibles sur l'Internet mobile**

Clé de facturation	Exemple de services
La durée	Voix
Le Mo	Surf sur Internet, mail...
L'acte	SMS
Numéro voix surtaxé	Mélodies
SMS Surtaxé	Logo de portable
La commission	Boutique d'achat en ligne
La séance	Vidéo à la demande

Source : BIPE 2002

Les possibilités de facturation des services en itinérance sont très variées et complexes. Pour permettre ces possibles évolutions du marché, les opérateurs mobiles en adoptant un nouveau standard d'échange de fichier (le TAP<sup>32</sup> 3) ont très largement anticipé les évolutions possibles. Ainsi, la taille des fichiers contenant les masques des fichiers de facturation échangés entre les opérateurs mobiles est passée de TAP 2 qui pesaient 165 kilos bits à TAP3 qui pèsent 560 kilos bits. Cette augmentation de taille est générée par une démultiplication du nombre de champs en rapport avec la multiplication des services proposés par le GPRS et plus tard l'UMTS.

L'analyse des flux financiers mis en place par les acteurs de l'itinérance pour le traitement des flux GPRS sera réalisée dans la suite du rapport.

<sup>32</sup> TAP : La GSM Association définit le TAP comme étant le processus qui permet à un réseau mobile visité d'envoyer un relevé des consommations réalisées par un abonné en itinérance à destination de son opérateur de réseau domestique pour que ce dernier soit en mesure de le facturer.

### 2.3 Les flux financiers établis entre les acteurs de l'itinérance GPRS :

**En résumé :**

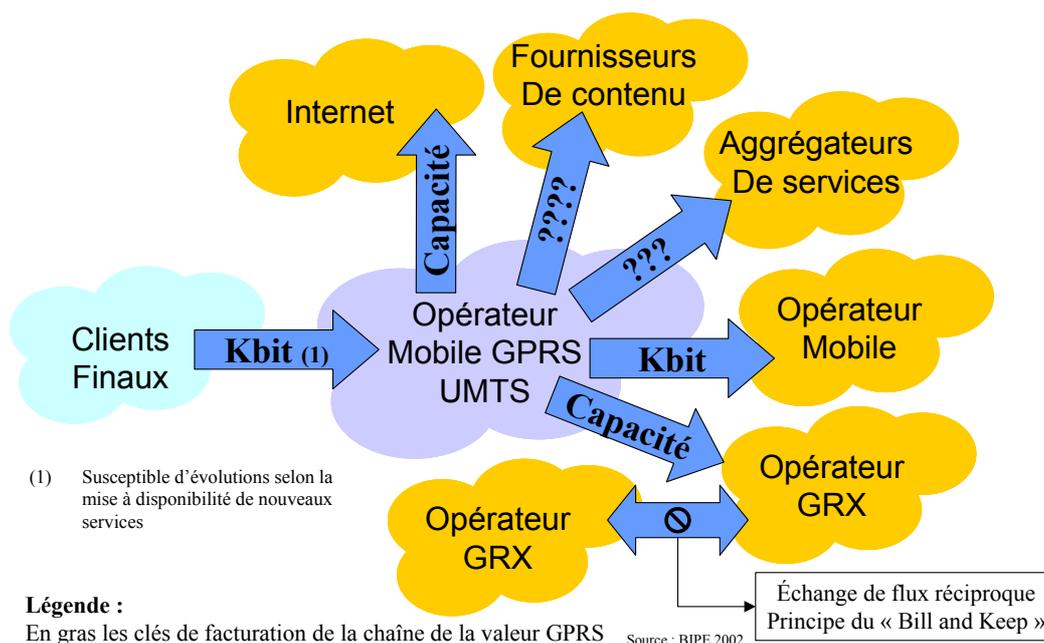
Les opérateurs mobiles se trouvent une fois encore en position de pivot pour l'ensemble du processus et des flux de facturation du GPRS national mais aussi en contexte d'itinérance. Les flux financiers sont toutefois bien séparés selon qu'il s'agisse des flux entre opérateurs de GRX (basés pour le moment sur un échange gratuit) ou des flux entre opérateurs mobiles (basés sur les accords d'itinérance conclus entre eux et qui contiennent en leur cœur entre autres les IOT<sup>33</sup>). Restent les tarifs de détail de l'itinérance prohibitifs pour le moment mais qui pourraient se réduire avec le décollage du service. Enfin, les flux financiers à destination des fournisseurs de contenu et des agrégateurs de contenu employant le GPRS ne sont pas encore parfaitement clarifiés.

Les outils sont en passe d'être mis en place entre l'ensemble des acteurs de l'itinérance pour permettre à tous de pouvoir bénéficier des flux financiers qui seront générés par les clients utilisant l'Internet mobile.

Dans ce contexte, il est intéressant d'identifier les principaux flux financiers qui sont ou seront mis en place entre les acteurs. Le point de pivot de l'ensemble des flux est constitué par les opérateurs mobiles. Ce sont eux qui organisent les flux puisque dans une très grande mesure ce sont eux qui ont le contact avec le client et ce sont eux qui disposent de la capacité de facturer ce dernier même pour des paiements minimes (principal avantage du système de kiosque).

L'ensemble des flux financiers en itinérance GPRS est le suivant.

**Figure 15 – Les grands flux financiers dans l'itinérance GPRS**

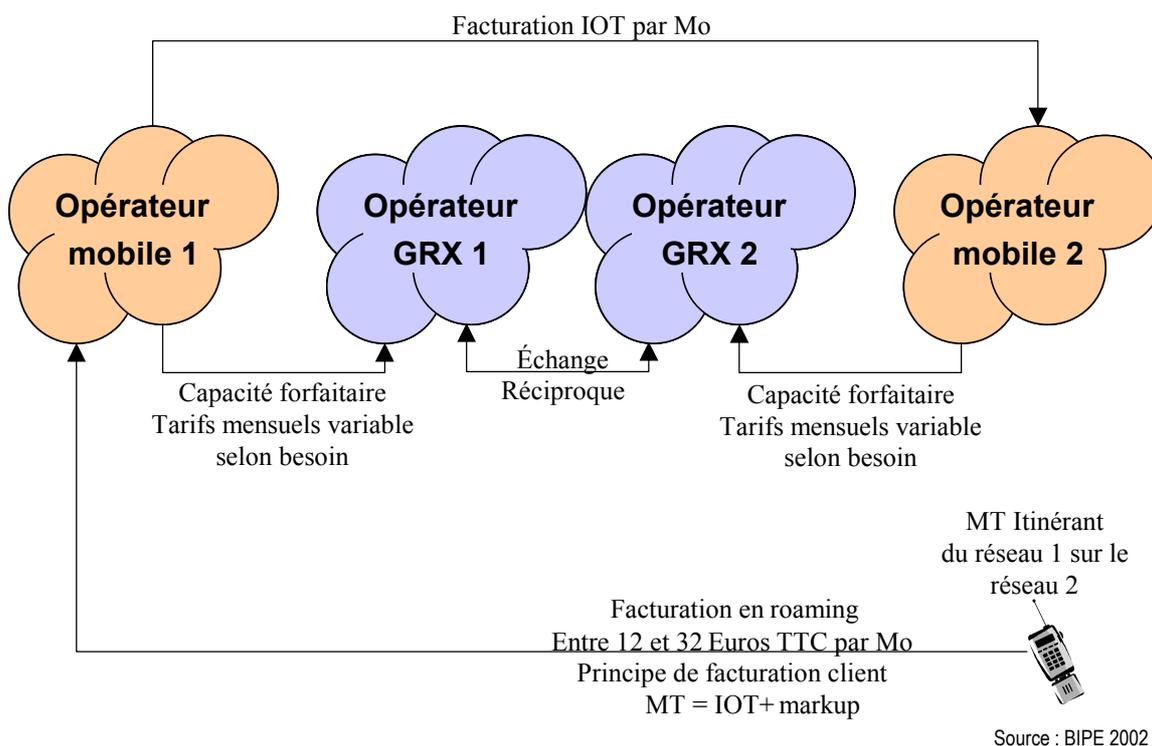


<sup>33</sup> IOT : Inter Operator Tarifs

L'ensemble de ces flux sera détaillé dans la suite du document. La facturation intervenant entre l'opérateur mobile et le raccordement à Internet ne sera pas détaillée car elle repose sur une gamme d'offres (Transit IP) traditionnelles sur le marché de la fourniture d'accès à Internet et déjà explicitée précédemment.

Les différents flux liés au transport des paquets GPRS peuvent se présenter par le schéma suivant :

**Figure 16 – Principes de tarification entre opérateurs fournissant l'itinérance GPRS**



La clé de répartition identifiée pour l'ensemble des facturations du GPRS est le Ko. Toutefois, pour permettre une meilleure lecture des tarifs, le Mo a été l'unité privilégiée dans le rapport.

Chacun des principes de tarification entre les opérateurs sera détaillé dans la suite du rapport.

### 2.3.1 Facturation entre les opérateurs mobiles et les opérateurs de GRX

Il a été précisé dans la partie décrivant les architectures techniques de l'itinérance GPRS que les principes retenus pour le moment par les fournisseurs de GRX étaient :

- des frais d'installation pour mettre en place la connectivité au GRX ;
- une redevance mensuelle fonction de la capacité du lien installé.

Toutefois, le principe de la relation entre ces deux grands types d'opérateurs est susceptible d'évolutions dans un futur relativement proche. Ainsi, ce lien international qui permettra d'écouler tous les flux d'itinérance devrait pouvoir à terme proposer des

différences selon les flux transmis. De cette façon, les opérateurs de GRX pourraient être en mesure de mettre en place des tarifications différentes selon les flux transportés et selon le niveau de qualité de service s'y rapportant. Cette différenciation de tarification est toutefois conditionnée à certaines évolutions dans leur réseau et dans les réseaux des opérateurs mobiles. L'arrivée des premiers opérateurs UMTS devrait ouvrir la porte à ce type de services (la norme UMTS permettant cette différenciation des services).

### **2.3.2 Facturation des opérateurs mobiles entre eux**

Comme pour les reversements GSM dans le contexte de l'itinérance, les opérateurs mobiles ont mis en place entre eux des accords d'itinérance. La GSM Association a joué un rôle moteur dans la facilitation de la conclusion de ces contrats entre les acteurs mobiles. En effet, elle a proposé un modèle de document contractuel permettant de faciliter les premiers contacts entre opérateurs pour que ces accords puissent intervenir dans des délais raisonnables. Toutefois, l'association rappelle que son rôle est borné exclusivement à un cadre de facilitation et d'accélération des relations entre acteurs. Elle ne peut en aucun cas être considérée comme un organe décisionnaire dans la fixation des tarifs entre acteurs.

En effet, ces derniers ont toute latitude pour conclure des contrats d'itinérance spécifiques précisant :

- le tarif des reversements entre eux ;
- la qualité du service s'y rapportant ;
- les conditions liées à la fraude de la clientèle ;
- les conditions d'intégrité du réseau (s'assurer que les clients ne peuvent pas faire ce qu'ils veulent sur le réseau visité) ;
- les conditions de respect des données personnelles (sur la base de celles édictées par la CNIL dans le cadre des opérateurs français).

Les IOT (Inter Operator Tarifs) propres à chaque négociation entre opérateurs mobiles représentent le socle de base de la tarification internationale et portent uniquement sur les flux entrants sur le réseau de l'opérateur visité. Aucune facturation n'intervient pour le trafic sortant du réseau en provenance du mobile itinérant. Il est important de noter que ces tarifs relèvent du secret des affaires entre opérateurs mobiles. Certains opérateurs proposent toutefois des fourchettes tarifaires indicatives permettant de mettre en évidence le processus permettant de fixer le tarif pour les clients itinérants.

Il existe deux grandes classes de tarifs IOT :

- les tarifs de l'ordre de X<sup>34</sup> € HT par Mo ;
- les tarifs supérieurs à cette valeur et pouvant aller jusqu'à X<sup>35</sup> € HT par Mo.

Il est essentiel de noter que ces tarifs IOT conditionnent très largement les tarifs proposés aux clients itinérants. La méthode de calcul sera détaillée dans la partie tarification de détail du rapport.

---

<sup>34</sup> X tarifs non diffusés dans le rapport public de l'autorité car relevant du secret des affaires

<sup>35</sup> X tarifs non diffusés dans le rapport public de l'autorité car relevant du secret des affaires

### **2.3.3 La facturation des clients finaux par les opérateurs mobiles**

Le lancement à destination de toutes les clientèles (entreprises et résidentielles) des services GPRS est très récent. Ainsi, les opérateurs sont pour la plupart d'entre eux en train de finaliser les accords d'itinérance et de boucler le lancement des services nationaux et internationaux. De même, dans cette phase de lancement, ils sont en train de mettre sur pied les offres d'itinérance en fonction de la clientèle considérée. Pour le moment, la clientèle post payée est la seule cible privilégiée. Ainsi, la clientèle prépayée n'est pas concernée par les offres nationales de GPRS a fortiori par les offres d'itinérance GPRS.

Or, la clientèle prépayée est très importante (62% de la base installée en moyenne dans les pays européens et quelques 49 % en France<sup>36</sup>). Mais les difficultés techniques pour permettre de facturer cette clientèle en temps réel sont très importantes. Actuellement, la clientèle prépayée peut utiliser son téléphone GSM en itinérance grâce à l'implémentation des plates-formes CAMEL dans le système d'information des opérateurs mobiles. La version de cette technologie actuellement déployée est dédiée circuit et ne permet donc pas en l'état de prendre en compte les évolutions introduites par le GPRS. Des mises à jour sont disponibles mais nécessitent une remise à niveau complète du système d'information qui reste coûteuse et très lourde à mettre en oeuvre. Ainsi, aucun des trois opérateurs mobiles français ne propose de services GPRS aux clients post payés.

Ce choix permet de s'assurer du décollage des services auprès de la clientèle post payée pour pouvoir peut-être dans un second temps mettre en place les évolutions techniques nécessaires pour proposer ces services à l'ensemble de leurs clients. Il faut noter que certains opérateurs mobiles à l'étranger, contraints<sup>37</sup> par leur base de clientèles, proposent les services d'itinérance GPRS aux clients prépayés (comme par exemple en Italie).

En France, la clientèle post payée qui pourra accéder à ces offres subira des contraintes dès lors qu'elle sera en situation d'itinérance internationale. En effet, dans ce contexte, certains services comme les offres de WAP illimité ne sont plus proposés. Cette solution a été privilégiée car autant en situation nationale les coûts peuvent être maîtrisés par l'opérateur mobile autant dans un contexte international les structures tarifaires établies (les tarifs IOT sont en fonction du volume de Mo) ne permettent pas de conserver la cohérence de l'offre.

La tarification du flux généré par le client itinérant a été fixée très récemment par les opérateurs mobiles français. La structure tarifaire proposée est la suivante :

---

<sup>36</sup> Source Rapport annuel ART 2001

<sup>37</sup> A titre d'exemple, Telecom Italia a lancé son service à destination de tous ses clients mais il disposerait de plus de 80% de clients prépayés ce qui l'aurait contraint à consentir les investissements nécessaires pour adresser 100% de sa base de clients.

**Tableau 12 – Structure tarifaire des trois opérateurs français - Fonction de la clientèle ciblée**

Opérateurs mobiles	Services proposés	Tarifs nationaux	Tarifs en itinérance
Bouygues Telecom	i-Mode	3 € TTC par mois d'accès 10 € TTC par Mo	NA
Orange	WAP	6 € TTC par mois en utilisation Illimitée	NA
	Internet Grand public	6 € TTC pour 10 Mo et 5 € TTC le Mo supplémentaire	3 tarifs proposés selon réseau d'itinérance: 12 € TTC par Mo 13 € TTC par Mo 32 € TTC par Mo
	Internet/Intranet Entreprise	A partir de 2,3 € HT par Mo	Idem Internet Grand public
SFR	WAP	6 € TTC par mois en utilisation Illimitée	NA
	Internet Grand public	6 € TTC pour 10 Mo au-delà 5€ le Mo	15 € TTC par Mo pour la zone 1 <sup>A</sup>
	Internet/Intranet Entreprise	5 € HT pour 10 Mo, et 4 € le Mo supplémentaire	12 € HT par Mo pour la zone 1 <sup>A</sup>

NA = Non applicable car le service n'est pas proposé

ND = Non Disponible Tarif encore en cours d'élaboration

A = Les pays ouverts à l'itinérance GPRS sont tous compris dans la zone 1 de tarification SFR

Source : Plaquettes commerciales opérateurs mobiles fin 2002

Dans le contexte de l'itinérance, le tarif appliqué par l'opérateur français à son client découlera directement du tarif négocié de l'IOT. Orange explicite la méthodologie appliquée<sup>38</sup> dans ce contexte par la formule suivante :

Tarif du Mo = Tarif IOT opérateurs étrangers  
+ Mark up opérateurs français

Même si cette méthodologie apparaît transparente ainsi présentée, les clients pourraient ne pas être parfaitement informés des tarifs pratiqués en itinérance. Ainsi, les clients préparant mal leurs utilisations internationales du GPRS risquent d'avoir des surprises désagréables à la réception de leur facture. En effet, les tarifs pratiqués par Orange et SFR (Bouygues Telecom ne propose pas encore de tarifs d'itinérance) en contexte d'itinérance sont exceptionnellement élevés mais pourraient être amenés à se réduire avec le décollage des offres GPRS.

<sup>38</sup> Cette méthodologie a été présentée par un seul des trois opérateurs français mais il a été posé comme hypothèse qu'elle ne devrait que faiblement diverger entre les acteurs considérés.

#### **2.3.4 Les flux financiers restant à établir entre les acteurs de l'itinérance GPRS :**

Dans les divers entretiens qui ont été réalisés au cours de cette étude, il est apparu que pour le moment les opérateurs mobiles se sont concentrés sur la mise au point technique du réseau GPRS. Ainsi, après avoir réalisé tous les tests nationaux pour obtenir des débits en rapport avec les attentes (c'est-à-dire équivalents à ceux proposés par un modem analogique sur une ligne fixe), ils se sont concentrés ensuite à mettre en place les architectures et accords internationaux avec les autres opérateurs mobiles et les opérateurs de GRX. Cette phase est quasiment terminée.

Ainsi, ils devraient maintenant mettre en place l'ensemble des relations avec les fournisseurs de contenu et les agrégateurs de services (cette étape est déjà initiée pour certains d'entre eux). Les agrégateurs de contenu rencontrés sur le sujet ont précisé ne pas avoir été encore consultés par les opérateurs mobiles sur les potentialités du marché des services GPRS.

Du côté des agrégateurs de contenu, l'éclatement de la bulle Internet a été aussi synonyme de raréfaction des canaux de financement. De ce fait, ces sociétés généralement de taille plus réduite que les opérateurs mobiles se sont concentrés sur les activités de court terme en mettant temporairement de côté les développements d'activités à moyen terme. Ainsi, les activités mobiles sur lesquelles ces sociétés concentrent leurs actions sont plutôt celles sur le marché du SMS. Le lancement courant 2002 du kiosque SMS apparaît comme un élément beaucoup plus structurant pour leur activité que le lancement des offres d'itinérance GPRS.

Les agrégateurs et fournisseurs de services sont toutefois prêts à jouer un rôle substantiel dans le développement des contenus mobiles sur GPRS au niveau national et en itinérance. L'année 2003 devrait donc être une année charnière dans le traitement de cette problématique.

Toutefois, la multiplication des contenus et des services proposés au niveau national introduit dans le contexte de l'itinérance une nouvelle dimension. En effet, l'itinérance GPRS est surtout une problématique technique qui si elle est bien implémentée dans le réseau devra être complètement transparente pour l'utilisateur. Toutefois, le client qui accédera à ces services dans les mêmes conditions qu'au niveau national souhaitera certainement à brève échéance disposer d'un contenu en rapport avec sa situation d'itinérant. En effet, si le client se trouve à Londres, il sera très certainement plus intéressé de disposer de la météo londonienne plutôt que celle qui lui est traditionnellement fournie lorsqu'il est en France. Ainsi, l'itinérance du service GPRS introduit une notion supplémentaire qui n'est pas encore adressée par l'ensemble des acteurs de la chaîne de la valeur : l'itinérance des contenus.

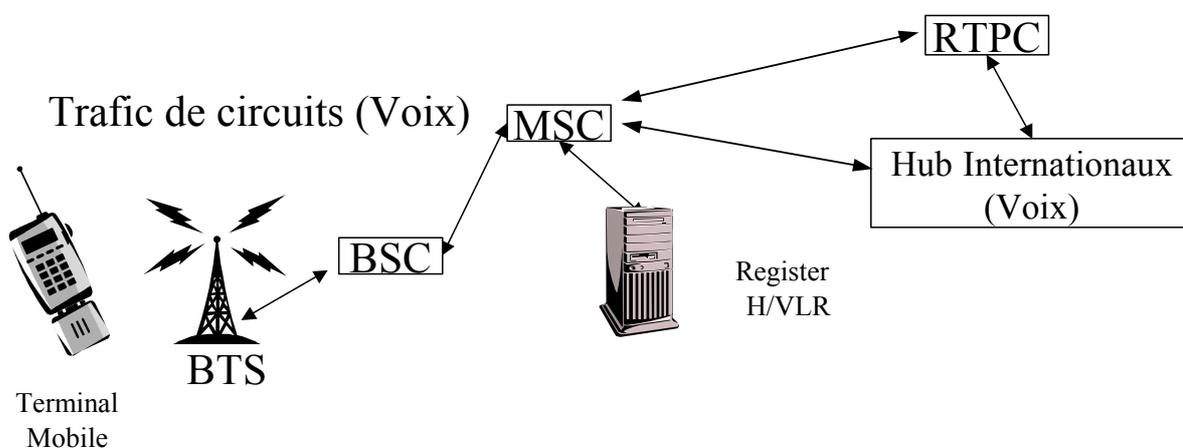
# **Annexes**

# 1 Rappel sur les architectures mobiles

## 1.1 GSM : Principes généraux de fonctionnement

Sans détailler l'ensemble de l'architecture du réseau GSM, il est rappelé les principaux équipements nécessaires au fonctionnement des services de téléphonie mobile.

Figure 17 – Schéma de l'architecture GSM



Source BIPE 2002

Chacun de ces équipements joue un rôle précis dans l'architecture de l'ensemble du réseau.

La BTS (Base Transceiver Station) contient tous les émetteurs reliés à la cellule et dont la fonction est de recevoir et émettre des informations sur le canal radio en proposant une interface physique entre la station mobile et le BSC (Base Station Controller). La BTS gère un grand nombre de fonctions allant de la gestion des algorithmes de chiffrement à la supervision de la connexion radio.

Le BSC gère entre autres les ressources radio pour une ou plusieurs BTS, à travers la supervision de la connexion entre le BTS et les MSC (Mobile Switching Centre) et la gestion des hand-over<sup>39</sup>.

Le MSC est l'élément central du cœur de réseau mobile. Il gère grâce aux informations reçues par le HLR (Home Location Register) et le VLR (Visited Location Register), la mise en route (fonction d'authentification) et la gestion du codage de tous les appels directs et en provenance de différents types de réseau tels que ceux des réseaux de téléphonies publiques nationaux et internationaux mais aussi des autres réseaux mobiles. Il développe aussi la fonctionnalité de passerelle face aux autres composants du système et de la gestion des processus de hand-over, et il assure la commutation des appels en cours entre des BSC différents ou vers un autre MSC.

<sup>39</sup> Hand-over : procédé permettant de gérer la continuité du signal malgré le changement de cellule pour éviter que la communication établie soit coupée

Plusieurs MSC sont déployés dans le réseau. Chacun d'entre eux est responsable de la gestion du trafic d'un ou de plusieurs BSS et à partir du moment où les usagers se déplacent sur toute la surface de couverture, les MSC doivent être capables de gérer un nombre d'utilisateurs variable quant à la typologie et à la quantité et être capables d'assurer à chacun un niveau de service constant. Certains MSC (baptisé G-MSC (Gateway MSC)) se trouvent être les passerelles entre le réseau mobile et les autres réseaux (c'est-à-dire essentiellement les autres réseaux mobiles et les réseaux publics commutés). Ces passerelles doivent donc comporter les fonctions nécessaires à s'interfacer avec les principaux standards nationaux et internationaux.

Lorsqu'un utilisateur souscrit à un nouvel abonnement au réseau GSM, toutes les informations qui concernent son identification sont mémorisées sur le HLR. Ce dernier a pour mission de communiquer les informations relatives aux abonnés au VLR qui les prend en compte de façon temporaire selon la situation géographique de l'abonné. A l'intérieur du HLR les abonnés sont identifiés comme suit :

MSISDN = CC / NDC / SN

où:

CC = Country Code, indicatif international (le CC français est 33)

NDC = National Destination Code, indicatif national de l'abonné sans le zéro

SN = Subscriber Number, numéro qui identifie l'utilisateur mobile

Le HLR est une base de données qui peut être soit unique pour tout le réseau soit distribué dans le système ; il peut ainsi y avoir des MSC privés de HLR, mais connectés à celle d'autres MSC. Le MSISDN identifie exclusivement un abonnement d'un téléphone mobile sur le plan de numérotation du réseau public international commuté.

Il contient toutes les données relatives aux abonnés telles que :

- L'International Mobile Subscriber Identity (IMSI), information identifiant exclusivement l'abonné à l'intérieur du réseau GSM.
- Le Mobile Station ISDN Number (MSISDN).
- Tous les services auxquels l'abonné a souscrit et auxquels il est capable d'accéder (voix, service de données, SMS, éventuels verrouillages des appels internationaux, et d'autres services complémentaires).
- La position courante de la station mobile, autrement dit l'adresse de VLR sur lequel elle a été enregistrée.

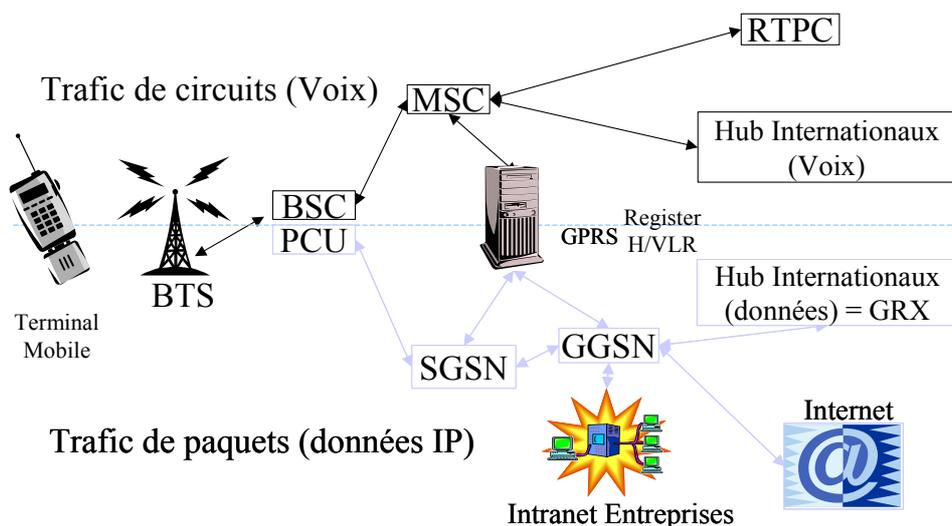
Le HLR exerce donc des fonctions de sécurité, de localisation de l'abonné dans le réseau, de facturation et de gestion des données relatives à l'abonné.

Le VLR est une base de données qui mémorise de façon temporaire les données concernant tous les abonnés qui appartiennent à la surface géographique qu'elle contrôle. Ces données sont réclamées au HLR auquel l'abonné appartient. Généralement les constructeurs installent le VLR et le MSC côte à côte, de telle sorte que la surface géographique contrôlée par le MSC et celle contrôlée par le VLR correspondent.

## 1.2 GPRS : Principes généraux de fonctionnement

Au schéma initial proposé pour le GSM se rajoute donc tout un réseau supplémentaire dédié à la gestion des flux GPRS tel qu'illustré par le schéma suivant :

Figure 18 – Schéma de l'architecture GSM/GPRS



Source BIPE 2002

Aux éléments déjà définis se rajoutent donc :

- Le contrôleur de paquets PCU (Paquets Controler Unit) qui vient en parallèle de la BSC déjà installée.
- Les commutateurs SGSN (Serving GPRS Support Node) qui gèrent les terminaux mobiles pour une zone donnée. Le SGSN est l'interface logique entre l'abonné GSM et un réseau de données externe. Ses missions principales sont, d'une part la gestion des abonnés mobiles actifs (mise à jour permanente des références d'un abonné et des services utilisés, la vérification, l'authentification et l'autorisation des communications) et d'autre part le relais des paquets de données.
- Les GGSN (Gateway GPRS Support Node) sont eux aussi des routeurs IP mais ils servent d'interfaces avec les réseaux extérieurs et sont épaulés dans cette tâche par des bords gateway décrites plus après. Les GGSN gèrent la taxation des abonnés du service, et doivent supporter le protocole utilisé sur le réseau de données avec lequel ils sont interconnectés. Les protocoles de données supportés en standard par un GGSN sont Ipv4/6, CLNP et X25.
- Les bords Gateway sont des pare-feu qui permettent aux opérateurs mobiles d'ouvrir leur réseau GPRS vers l'extérieur tout en s'assurant de la sécurité de ces derniers. Ces passerelles de bordure de réseau permettent de communiquer avec les autres réseaux de données par paquets extérieurs au réseau GPRS et sont souvent jointes aux GGSN.

Ces principaux équipements qui ont été rajoutés à l'ensemble du cœur de réseau mobile pour proposer les services GPRS impliquent de nouvelles procédures et méthodes d'exploitation et d'établissement de services mobiles.

## 2 Rappel sur la problématique IPV4

### 2.1 Introduction

Le protocole IPv4 permet le transfert d'informations sous forme de paquets. Chaque paquet IPv4 comporte un en-tête qui est analysé par chaque équipement intermédiaire (routeur) d'un réseau entre la source et la destination pour déterminer la prochaine étape dans le transfert. Pour ce faire, on trouve dans l'en-tête une adresse composée de 32 éléments binaires souvent notée sous forme décimale séparée par des points (193.123.45.12 par exemple).

On donne une interprétation hiérarchique à cette adresse afin de limiter la taille des tables de routage dans les équipements intermédiaires : les premiers éléments binaires désignent un numéro de réseau tandis que les derniers désignent une machine au sein de ce réseau. Théoriquement on dispose d'environ 4,3 milliards d'adresses (4 294 967 296 précisément), ce qui semblait répondre au besoin d'associer une adresse à chaque machine au début des années 1970.

### 2.2 Structuration des adresses

Historiquement les adresses étaient partagées « en classes » A, B, C.

Les adresses de classe A utilisent les premiers 8 bits pour identifier les réseaux, tandis que les classes B et C utilisent respectivement 16 et 24 bits.

Dans ce schéma historique, on voit qu'on structure implicitement les besoins en nombreux réseaux composés de peu de machines (256 machines possibles) et très peu de grands réseaux composés de beaucoup de machines (16,7 millions de machines possibles).

Par la suite, d'autres techniques de structuration des adresses IPv4 ont été utilisées pour sortir des contraintes du premier schéma par classes :

- les masques de sous-réseau ;
- l'adressage CIDR (Classless inter-domain routing).

L'utilisation de masques de sous-réseau permet de diviser les adresses de chaque classe en blocs d'adresses. On associe la notion de sous-réseau à chaque bloc. Un masque peut être aussi long qu'une adresse (32 positions binaires). Cette notion reste interne à un réseau et n'est pas visible des routeurs.

L'adressage CIDR est une extension de la notion de bloc d'adresses : on associe une information qui indique combien de positions binaires servent comme « préfixe de réseau ». Cette manière d'opérer sert à réduire la taille des tables de routage.

## 2.3 Allocation d'adresses

Il faut distinguer ici la notion d'allocation d'adresses et la notion d'utilisation de ces adresses. L'allocation d'adresses permet de réserver un espace d'adressage à une organisation (entreprise, opérateurs, ...). Les règles d'allocation et les manières de structurer les adresses ont évolué en parallèle, ce qui a conduit à allouer des blocs d'adresses non utilisés. L'effet de l'adressage en classes utilisé au début de l'Internet, peut être évalué à 1 milliard d'adresses. Ce qui laisse encore 3,3 milliards d'adresses potentiellement disponibles.

Un autre facteur vient s'ajouter : la distribution des adresses en fonction de zones géographiques mondiales.

Actuellement toute une hiérarchie d'organisations entre en jeu dans le processus d'allocation des adresses IP.

IANA (Internet Assigned Numbers Authority) est l'organisation qui contrôle l'allocation des adresses vis-à-vis de trois « réservoirs » régionaux : les RIR (Regional Internet Registries). Les trois RIR sont :

- ARIN (American Registry for Internet)
- APNIC (Asia-Pacific Network Information Centre)
- RIPE (Réseaux IP Européens)

Les adresses sont par la suite localement distribuées par des NIC (Network Information Centre) locaux à chacun des pays. Les adresses allouées avant l'existence des RIR dépassent 50 % pour la zone américaine (ces adresses sont dites libres car elles ne sont pas gérées par les RIR).

## 2.4 Evaluation d'une pénurie potentielle

Cette évaluation est liée à la connaissance du nombre d'adresses disponibles dans les RIR et la projection du nombre de demandes annuelles et par zones géographiques.

L'estimation de la situation de départ n'est pas aisée et varie selon les sources. L'estimation des futures demandes est encore plus difficile car elle dépend de la loi de variation que l'on applique.

Les scénarios les plus pessimistes partent d'une situation de départ de 1,7 milliards d'adresses disponibles en l'an 2000 avec un taux de progression des demandes fixé à 1,3 par an, sachant que le nombre de demandes en 2000 était environ de 80 millions d'adresses. Dans ces hypothèses la pénurie d'adresses survient entre 2006 et 2010.

Si, par contre, on part de 2,4 milliards d'adresses disponibles, et d'une demande stable autour de 90 millions d'adresses par an, alors la pénurie est prévue à un horizon lointain au-delà de 2020.

## 2.5 Conséquence des études sur la pénurie des adresses

Le fait même de poser le problème de la pénurie potentielle des adresses IP a entraîné l'apparition de règles plus strictes sur l'utilisation des adresses. Chaque demande doit être justifiée.

L'exemple le plus significatif de « règles de bonne conduite » est l'utilisation autant que possible d'un adressage privé grâce au mécanisme NAT (Network Address Translation).

Le NAT permet de montrer vis-à-vis de l'Internet une adresse au nom d'un ensemble de machines. Trois blocs d'adresses ont été réservés pour servir d'adresses privées. Plusieurs manières existent pour mettre en correspondance les adresses privées et les adresses publiques au sein du NAT.

La combinaison de l'approche NAT et de l'allocation dynamique d'adresses permet par exemple à un ISP (Internet Service Provider), d'attribuer au mieux les adresses IP aux utilisateurs qu'il gère en fonction de leurs demandes.

Cette approche n'est cependant pas toujours possible, en particulier certains protocoles ne sont pas compatibles car ils utilisent des informations liées aux adresses présentes dans les en-têtes des paquets IP.

### 3 Le MPLS

MPLS est une technique standardisée par l'IETF. MPLS a été conçu pour établir des chemins prédéfinis vers des destinations spécifiques tout en reposant sur une infrastructure de réseau IP qui par définition est sans connexion.

MPLS se situe entre le protocole IP et tout type de protocole de niveau lien (Ethernet, ATM, etc.). Pour ce faire MPLS utilise une technique dite de commutation de label ou « label switching ».

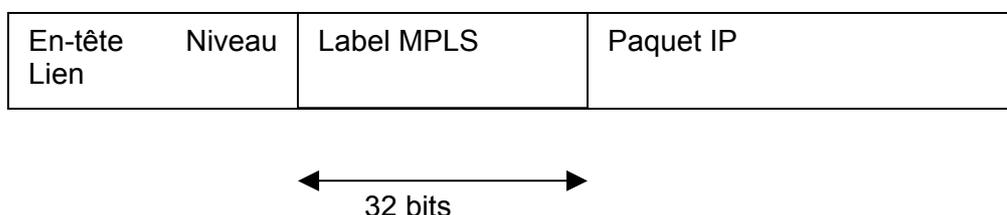
Dans un schéma de routage classique au niveau IP, chaque nœud intermédiaire du réseau décide de la prochaine transmission du paquet en fonction de son adresse de destination finale. Au lieu de baser la propagation des paquets IP sur l'inspection des adresses à chaque routeur, MPLS regarde le label du paquet entrant et applique la règle qui aura été préétablie pour commuter ce paquet vers la route associée au label de sortie. Un routeur MPLS reçoit donc un flot de paquets IP qui possèdent le même label d'entrée et génère un flot correspondant en sortie associé à un label de sortie. Chaque routeur MPLS agrège donc les options de routage en classes d'équivalence appelées FEC (Forwarding Equivalent Class).

Tous les paquets IP qui doivent sortir du réseau par l'intermédiaire d'un certain routeur Egress vont appartenir au même FEC et vont emprunter un chemin qui sera défini comme une suite de labels.

Un routeur intermédiaire inspecte juste le label associé au paquet entrant et route le paquet vers le chemin correspondant au label sortant sans inspecter le contenu de l'en-tête du paquet IP.

Pour mettre en place un tel système, il faut que les routeurs de bordure de réseau Ingress associe un label au trafic entrant et que l'ensemble des FEC soit établi dans tous les routeurs intermédiaires jusqu'au routeur de bordure de sortie Egress. Associer un paquet à une classe FEC n'est fait qu'une fois en entrée du réseau.

**Figure 20 – Label MPLS**



Source : BIPE 2002

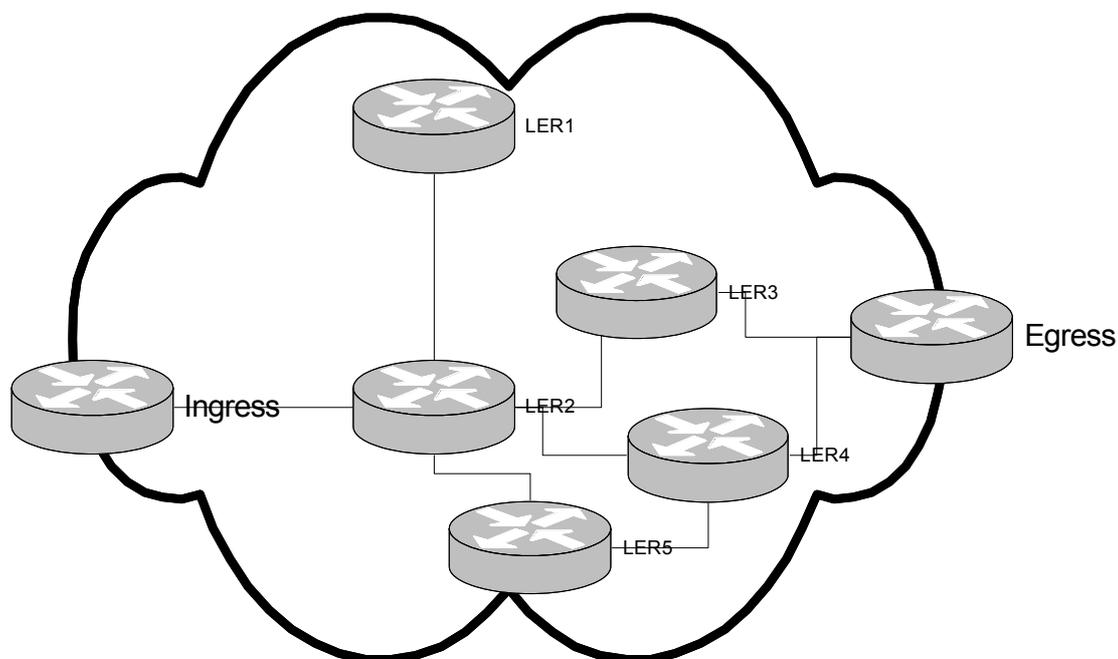
Un label est donc le moyen utilisé par MPLS pour identifier le chemin que doit emprunter un paquet dans un réseau.

La valeur des labels n'a qu'une signification locale aux routeurs traversés : les paquets arrivent avec une valeur de label en entrée et ressortent avec une autre valeur de label.

Les valeurs de label dépendent de la couche liaison sous-jacente. Par exemple, si on utilise ATM alors les identifiants VPI/VCI (Virtual Path Identifier, Virtual Circuit Identifier) peuvent être utilisés comme valeurs de label.

On peut utiliser plusieurs protocoles pour mettre en place les valeurs de label associés à une classe FEC: soit le protocole RSVP soit un protocole spécifique CR-LDP (Constraint-based Routing Label Distribution Protocol). Les décisions d'association sont basées sur des critères de routage qui prennent en compte par exemple :

- la destination unicast ;
- le multicast ;
- la qualité de service ;
- l'ingénierie de trafic.



Source : BIPE 2002

### 3.1 Etapes du protocole MPLS

Avant tout trafic, les routeurs Ingress, Egress et LER<sub>i</sub> décident d'associer un label à chaque FEC : c'est la phase de création de label. Ensuite, par un échange de requête et de réponse chaque routeur obtient de son voisin les informations sur les labels choisis : c'est la phase de distribution des labels.

Chaque routeur peut ainsi mettre à jour une table qui contient l'association entre labels d'entrée et ports d'entrée, ainsi que labels de sortie et ports de sortie. Cette table est appelée LIB (Label Information Base).

Lors de l'arrivée du premier paquet IP, Ingress utilise sa table LIB pour trouver la prochaine destination (LER2 par exemple) et pour obtenir un label associé à la route FEC.

Le label est inséré dans le paquet selon le schéma de la figure 20. Les routeurs suivants ne font qu'inspecter la valeur du label en entrée et décident de la valeur de sortie. Le routeur Egress est celui par lequel on sort du domaine MPLS : c'est lui qui retire le label et restitue le paquet original tel qu'il est apparu en entrée de domaine.

### **3.2 Avantages du MPLS**

Les avantages de l'approche MPLS sont multiples.

Le premier est l'augmentation des performances du routage dans les nœuds intermédiaires : l'inspection des labels peut être réalisée par un composant matériel spécifique.

Le deuxième est la possibilité de créer plusieurs FEC et donc de participer d'une manière simple à la différenciation de service pour une meilleure maîtrise de la qualité : on assure de fait la maîtrise de la qualité de service.

Le troisième avantage vient du fait qu'on n'inspecte pas le contenu des paquets IP dans les routeurs intermédiaires, ce qui est une très bonne propriété du point de vue de la sécurité. Cette dernière propriété permet de créer facilement des Réseaux Virtuels Privés dans le monde MPLS.

## 4 Liste des membres de l'AMSIX

Tableau 13 – Membres de l'AMSIX

### Membres de l'AMSIX

2fast Internet Services	GamePoint
@HOME Benelux B.V.	Garnier Projects B.V.
AT&T Global Network Services (formerly IBM),	Genuity, Inc.(former GTE Networking).
AboveNet MFN	Global Access Telecom
Aicent Inc	Global Crossing
Akamai Technologies Inc	Globix Corporation
Anvetex Holding BV	HCCnet B.V.
Arcor	I-21 Limited
BBC Internet Services	IDnet
BBned	IP Tower
BELNET	ISP Services
BT Global Network Services Ltd,	ITO
BT Ignite Nederland B.V.	Ilse Media B.V.
Belgacom.	InTouch,
Business Internet Trends BV.	Info.nl
Business Serve	InfoPact
Cable & Wireless B.V.	Infonet Nederland BV
Cable & Wireless NL , WideXS	Infonet Services Corporation
Cable & Wireless UK	Inovara
Calyx Internet bv	Intensive Networks Ltd
Capcave BV	InterBox Internet.
Carrier1 B.V.	InterConnect Services B.V.
Carrier1 B.V	InterNLnet B.V.
Cistron IP BV	Interned Services
Cobweb	Internet Online BV
Colt Telecommunications	IntroWeb B.V.
Companhia Portuguesa Radio Marconi, SA	Ision
Concepts ICT BV	KPN EuroRings,
Conxion Corporation.	KPN EuroRings.
Cubic Circle B.V.	KPN Telecom
CyberComm.	Kabelfoon
De kooi Systeemhuis B.V.	Ladot Nederland B.V.
Dynegy Europe Communications	Lambdanet Communications
EDPnet BV	Leaseweb
Easynet Nederland BV	Level 3 Communications.
Eircom	Luna.nl
Enertel N.V.	Lycos Europe Gmbh
Equant Global Network.	MFIS
Essent Kabelcom (formerly CasTel)	MTT
FLAG Telecom Nederland B.V.	MediaWays
France Telecom.	Mediascape Communications AG
GX Networks UK Ltd.	Megaprovider B.V.
	Multikabel N.V.
	NL Hosting Internet bv

NTL	T-Systems (Deutsche Telecom)
NTT / VERIO,	TDC Switzerland AG
NTT Europe Ltd.	TSI Telcommunication Services Inc.
Netland Internet Services BV	Tele Danmark.
Newnet plc	Tele2 Sverige AB
Nildram Ltd	Telecom Italia Netherlands B.V.
Nl.tree	Telecom Italia Netherlands B.V
O2	Telefonica International Wholesale Services
Open Peering	Telenor Business Solutions (formerly Nextra)
PINS Nederland B.V.	Telenor Global Services AS
PSI Net Europe	Telewest Broadband
Planet Media Group N.V. / Planet Internet	Telia International Carrier,
Plant Internet Solutions	Thus PLC
Plex Elektronische Informatie BV	Tiscali NL
Priority Telecom N.V. (Signal Global Communications)	Tiscali
ProServe BV	Titan Networks GmbH - Internet & Telecommunications Service
Profi.net access:Seven GmbH	TrueServer BV
REDNET Ltd	UPC Distribution Services.
RIPE NCC, AS112 Project	UUNET NL.
RIPE NCC, RIS Project	VIA NET.WORKS Inc.
RIPE NCC	VIA NET.WORKS Nederland.
RTLiMedia B.V.	Versatel Nederland B.V.
Reach Europe Ltd	Vodafone Libertel N.V.
Romania Data Systems	Wanadoo Nederland BV (formerly EuroNet Internet)
SIDN, Stichting Internet Domeinregistratie NL	Wirehub! Internet
SURFnet	Witbe.net
Sarenet	XB Networks
Schlund + Partner AG	XS4ALL Internet
Singapore Telecommunications	Xantic Broadcast B.V.
Solcon Holding BV	XenoSite
Sonera	Zoranet internet diensten B.V.
Star 21 Networks	
Support Net	
Swisscom AG	

Source : AMSIX 2002

## **5 Liste des entreprises et organisations interviewées**

- Bouygues Telecom
- Cable & Wireless
- Cisco Systems
- France Télécom Longue distance
- GSM Association
- Mobile Way
- Nokia
- Netsize
- Orange
- Sonera
- SFR

## 6 Bibliographie – Webographie

### 6.1 Sites web

Site	Adresse
A Brief Overview of GSM	<a href="http://kbs.cs.tu-berlin.de/~jutta/gsm/js-intro.html">http://kbs.cs.tu-berlin.de/~jutta/gsm/js-intro.html</a>
Alcatel	<a href="http://www.alcatel.fr">http://www.alcatel.fr</a>
AMSIX	<a href="http://www.ams-ix.net">http://www.ams-ix.net</a>
ART	<a href="http://www.art-telecom.fr">http://www.art-telecom.fr</a>
An overview of the GSM system	<a href="http://www.comms.eee.strath.ac.uk/~gozalvez/gsm/gsm.html">http://www.comms.eee.strath.ac.uk/~gozalvez/gsm/gsm.html</a>
Belgacom	<a href="http://www.belgacom.com">http://www.belgacom.com</a>
Bouygues Telecom	<a href="http://www.bouyguetelecom.fr">http://www.bouyguetelecom.fr</a>
Cable & Wireless	<a href="http://www.cw.com">http://www.cw.com</a>
Cegetel	<a href="http://www.cegetel.fr">http://www.cegetel.fr</a>
CISCO Systems	<a href="http://www.cisco.com">http://www.cisco.com</a>
France Télécom Longue Distance	<a href="http://www.francetelecom.fr">http://www.francetelecom.fr</a>
FreeX	<a href="http://www.freeix.net">http://www.freeix.net</a>
GSM Association	<a href="http://www.gsmworld.com">http://www.gsmworld.com</a>
Mobile GPRS	<a href="http://www.mobilegprs.com/default.asp">http://www.mobilegprs.com/default.asp</a>
Mobile Way	<a href="http://www.mobileway.com">http://www.mobileway.com</a>
Netsize	<a href="http://www.netsize.fr">http://www.netsize.fr</a>
Nokia	<a href="http://www.nokia.com">http://www.nokia.com</a>
Orange	<a href="http://www.orange.fr">http://www.orange.fr</a>
Renater	<a href="http://www.renater.fr">http://www.renater.fr</a>
RIPE	<a href="http://www.ripe.net">http://www.ripe.net</a>
SONERA	<a href="http://www.sonera.com">http://www.sonera.com</a>
SFR	<a href="http://www.sfr.fr">http://www.sfr.fr</a>
Understanding Telecommunications from Ericsson	<a href="http://www.ericsson.com/about/telecom/index.shtml">http://www.ericsson.com/about/telecom/index.shtml</a>

### 6.2 Bibliographie

Documents de référence de la GSM Association :

- IR 33, 34,35 et 40.3.1.0
- Présentation lors de diverses interventions disponibles sur le site de l'association

Rapports annuels des diverses sociétés dont Bouygues Telecom, Orange et SFR.

"Le réseau GSM, l'évolution GPRS : une étape vers UMTS" Joachim Tisal chez Dunod.

## 7 Glossaire

**Airtime** (Espace air). Temps passé par le téléphone mobile à utiliser la fréquence y compris le protocole.

**APN** (Access Point Name). Session prédéfinie par l'opérateur mobile à destination de ses abonnés. Des sessions Intranet, Internet ou Wap sont ainsi définies.

**ATM** (Asynchronous Transfer Mode). Technique temporelle asynchrone. Type de réseau hauts débits.

**Bluetooth**. Technologie de communication par radiofréquence pour des objets portables. Cette technologie fonctionne dans la bande de fréquence 2,45 Ghz.

**BTS** (Base Transceiver Station). Station de base. Station fixe d'un système mobile.

**BSC** (Base Station Controller). Contrôleur de station de base. Élément de contrôle de la station d'émission et de réception. En particulier, c'est le terme retenu pour la station du GSM.

**BSS** (Base Station Sub-system). Sous-système de station de base.

**CAMEL** (Customized Applications for Mobile network Enhanced Logic). Nom générique d'applications avancées pour les réseaux mobiles. Permet entre autres de proposer des services aux clients prépayés.

**CBC** : Cell Broadcast Centre.

**CC** (Country Code). Code qui identifie chaque pays en termes de numérotation téléphonique. Il est de 1 pour les Etats-Unis et de 33 pour la France en ce qui concerne les télécommunications filaires. Il correspond au plan E164 de l'UIT. Dans le système GSM, le CC est l'un des éléments du MSISDN de l'abonné. Voir MSISDN, plan E164.

**CCI** : Centre de Contrôle International.

**Cellulaire**. Caractéristique de réseau de radiocommunications fondé sur un réseau de cellules. La taille de chaque cellule est fixée en fonction des contraintes techniques.

**DCS1800** (Digital Cellular System 1800). Système cellulaire à 1 800 MHz. Standard proposé par l'ETSI fonctionnant à 1 800 MHz.

**ETSI** : European Telecommunications Standards Institute.

**GMSC** (Gateway Mobile Switching Center). Passerelle de centre de commutation de service mobile. Voir MSC.

**GPRS** (General Packed Radio System). Système de transmission de données par paquet.

**GCR** : Group Call Register.

GPS (Global Positioning System). Le système GPS est un système de localisation basé sur un ensemble de 24 satellites militaires avec un accès autorisé aux civils. Les signaux RF sont émis par les satellites. A partir de la vision de 4 satellites, un récepteur GPS peut calculer une position en longitude, latitude et altitude avec une précision de quelques mètres, solution militaire et d'une centaine de mètres, solution civile.

GGSN (Gateway GPRS Support Node). Ce sont des routeurs IP qui servent d'interfaces avec les réseaux extérieurs.

GMLC : Gateway Mobile Location Centre.

GSM (Groupe Spécial Mobile, renommé Global System for Mobile Communications). Système de radiotéléphone numérique paneuropéen. Ce système est issu d'un mandat de la conférence du CEPT de 1982. Les premiers réseaux sont entrés en service en France et en Allemagne en juillet 1992. Ils sont nommés réseau D en Allemagne.

GsmSCF : Global System for Mobile communications Service Control Function

Hand-over. Fonction de transfert intercellulaire automatique des communications avec les mobiles. La présence de cette fonction évite que les communications soient coupées au passage d'une cellule à une autre.

HLR (Home Location Register). Enregistreur de Localisation Nominal, élément du système GSM.

HPLMN (Home Public Land Mobile Network). Réseau Mobile Public Terrestre Nominal.

IMEI (International Mobile Equipment Identity). Identité Internationale de l'Équipement Mobile.

IMSI (International Mobile Subscriber Identity). Identité Internationale de l'abonné Mobile.

IOT (Inter Operator Tarifs). Propres à chaque négociation entre opérateurs mobiles. Ils représentent la tarification Internationale appliquée entre les opérateurs mobiles pour les flux d'itinérance et ne portent que sur les flux entrants sur le réseau de l'opérateur visité.

LAN (Local Area Network). Concept de réseau qui représente les réseaux locaux, se différencie des MAN et WAN.

LSOF : Location System Operations Function.

MAN (Metropolitan Area Network). Réseau métropolitain, concept qui représente la couverture d'un réseau.

MSC (Mobile Switching Center). Centre de Commutation de service Mobile, élément de commutation des systèmes mobiles.

MSE (Mobile Subscriber Equipment). Réseau de type route qui a été mis au point pour l'armée américaine et qui a donné son nom à un groupe de réseau. Voir MHN.

MSISDN (Mobile Station international ISDN). Numéro international de la station. Il est constitué de la façon suivante : MSISDN = CC+NDC+SN. C'est la concaténation du code pays, du code destination ou opérateur et du numéro d'abonné. Voir CC, NDC, SN.

MSRN (Mobile Subscriber Roaming Number). Numéro de Réacheminement d'un Abonné Mobile. Voir Roaming.

Offre de Transit : c'est l'achat par un fournisseur d'accès Internet d'un ou plusieurs liens permettant un raccordement à l'Internet auprès d'un ou de plusieurs fournisseurs d'offre (essentiellement les Tier 1 ou 2 par exemple). Ces offres sont généralement proposées par des fournisseurs de connectivité à Internet de rang supérieur au fournisseur d'accès qui l'acquière. Cette offre se caractérise par une capacité fournie au fournisseur selon une facturation forfaitaire mensuelle.

PDP Context : est un ensemble d'informations qui caractérise un service de transmission de base. Il regroupe des paramètres qui permettent à un abonné mobile de communiquer avec une adresse PDP définie, selon un protocole spécifique (IP ou X.25), suivant un profil de Qualité de service déterminé (débit, délai, priorité...).

Peering : Mode de partage des ressources Internet dans lequel deux ou plusieurs fournisseurs locaux acceptent d'interconnecter leurs réseaux, afin d'échanger leur trafic de données, pour éviter d'utiliser les équipements d'interconnexion des grands fournisseurs nationaux ou internationaux. Ce mode d'échange peut être gratuit ou payant. La même notion s'applique aussi à l'hébergement de données.

PLMN (Public Land Mobile Network). Réseau mobile public terrestre, concept de réseau mobile public.

PSTN : Public Switched Telephone Network.

RLAN (Radiobased Local Area Network). Réseau local radio. Extension du réseau local sous forme radio.

SGSN (Serving GPRS Support Node). Routeurs IP gérant les terminaux mobiles pour une zone donnée. Le SGSN est l'interface logique entre l'abonné GSM et un réseau de données externe.

SIM (Subscriber Identity Module). Module d'identité d'abonné, élément constitutif d'un mobile défini dans le cadre du GSM. Se présente sous la forme d'une carte qui permet d'utiliser le terminal et d'identifier l'abonné.

SMS (Short Message Service). Service du GSM qui permet de transmettre des données de longueur courte.

SN (Subscriber Number). Numéro d'abonné, élément de référence d'un abonné mobile.

TA : Timing Advance.

TOA : Time Of Arrival.

UMTS (Universal Mobile Transmission System). Système en cours de normalisation.

VLR (Visitors Location Register). Enregistreur de localisation de visiteurs. Voir HLR.

VMSC (Visited Mobile Switching Center). Centre de Commutation de service Mobile visité.

VPLMN (Visited Public Land Mobile Network). Réseau Mobile Public Terrestre visité.

WAN (Wide Area Network). Nom donné au réseau de la taille d'un pays ou d'un continent. Voir LAN et MAN.

WLAN (Wireless Local Area Network). Réseau local sans fil. Voir LAN.

WAP : Wireless Application Protocol.