

## SOMMAIRE

Introduction.....	3
Objectifs.....	3
traceroute.....	3
Séquence 0 : travail préliminaire.....	6
Séquence 1 : découverte.....	10
Destination Internet.....	10
Séquence 2 : architecture du réseau Internet.....	11
Fournisseur d'Accès à Internet (FAI).....	11
Abonnés ADSL.....	12
Réseaux autonomes (AS).....	14
Internet Exchange Point.....	18
PoP (Point of Presence).....	20
Transit ou peering.....	20
Niveaux des opérateurs (tiers).....	20
BGP.....	23
Looking Glass.....	24
Séquence 3 : Réseaux IP et Numéros d'AS.....	26
Conclusion : Le réseau Internet.....	29
Annexe : Système Autonome (Autonomous System ou AS).....	30
Annexe : Les organismes d'Internet.....	31
ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers) .....	31
InterNIC (The Internet's Network Information Center) .....	31
IANA (Internet Assigned Numbers Authority).....	32
Annexe : Les RIR (Regional Internet Registry) et LIR (Local Internet Registry).....	33
RIPE NCC (Réseaux IP Européens - Network Coordination Centre).....	33
AFNIC (Association française pour le nommage Internet en coopération)...	34
Annexe : Structure Internet et ISP.....	35

## Liens :

Jon Postel était un informaticien américain et l'un des principaux contributeurs à la création d'Internet :

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Jon\\_Postel](http://fr.wikipedia.org/wiki/Jon_Postel)

Vint Cerf, chercheur et co-inventeur avec Bob Kahn du protocole TCP/IP, est considéré comme l'un des pères fondateurs d'Internet :

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Vint\\_Cerf](http://fr.wikipedia.org/wiki/Vint_Cerf)

Histoire d'Internet : <http://www.livinginternet.com/>

<http://wallu.pagesperso-orange.fr/>

<http://www-public.int-evry.fr/~maigron/Internet/Backbone.html>

[http://www.navigators.com/internet\\_architecture.html](http://www.navigators.com/internet_architecture.html)

IP address geolocation database : [http://ipinfodb.com/ip\\_database.php](http://ipinfodb.com/ip_database.php)

Consultation des base de données :

- <http://www.peeringdb.com/>
- <http://www.robtex.com/>
- <http://bgp.he.net/>
- <http://www.cidr-report.org/>
- <http://www.db.ripe.net/whois/>

© Copyright 2010 tv <thierry.vaira@orange.fr>

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License,

Version 1.1 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, with no Front-Cover Texts, and with no Back-Cover.

You can obtain a copy of the GNU General Public License : write to the Free Software Foundation, Inc., 59 Temple Place, Suite 330, Boston, MA 02111-1307 USA

## INTRODUCTION

## Objectifs

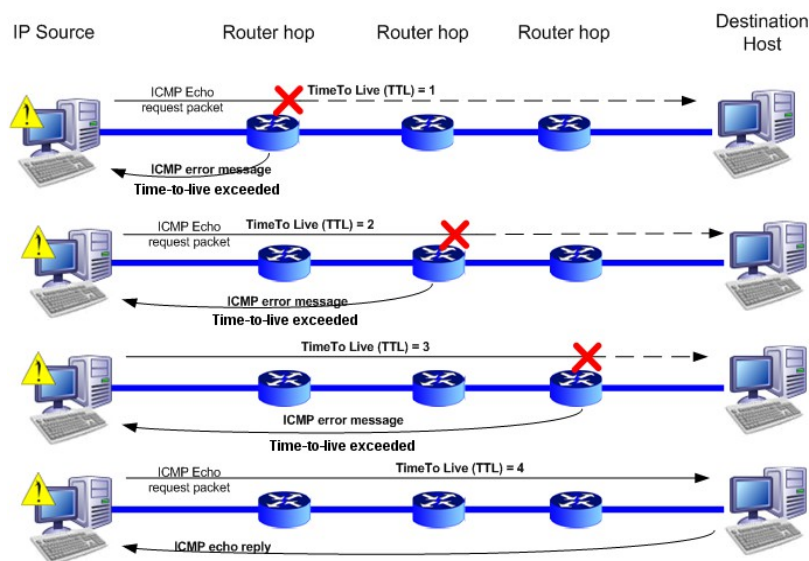
Être capable de tracer une route vers une destination sur Internet et d'acquérir les connaissances minimales sur la structure de ce réseau.

## traceroute

Traceroute est un programme utilitaire qui permet de suivre les chemins qu'un paquet de données (paquet IP) va prendre pour aller de la machine locale à une autre machine connectée au réseau IP.

Les paquets IP sont acheminés vers la destination en passant d'un routeur à un autre. Chaque routeur examine sa table de routage pour déterminer le routeur suivant. Traceroute va permettre d'identifier les routeurs empruntés, indiquer le délai entre chacun des routeurs et les éventuelles pertes de paquets. Ces informations seront utiles pour diagnostiquer des problèmes de routage, comme des boucles, pour déterminer s'il y a de la congestion ou un autre problème sur un des liens vers la destination.

Le principe de fonctionnement de Traceroute consiste à envoyer des paquets UDP (certaines versions peuvent aussi utiliser TCP ou bien ICMP ECHO Request) avec un paramètre Time-To-Live (TTL) de plus en plus grand (en commençant à 1). Chaque routeur qui reçoit un paquet IP en décrémente le TTL avant de le transmettre. Lorsque le TTL atteint 0, le routeur émet un paquet ICMP d'erreur Time to live exceeded vers la source. Traceroute découvre ainsi les routeurs de proche en proche.



Lorsqu'on utilise Traceroute, il faut absolument tenir compte des remarques suivantes :

- le chemin suivi par les paquets peut être asymétrique et traceroute ne montre que l'aller ;
- le chemin suivi peut être radicalement différent depuis un autre point, même proche géographiquement ;
- les routeurs émettent le paquet ICMP avec l'adresse source de l'interface utilisée pour vous joindre, ce n'est pas forcément l'interface par laquelle votre paquet sonde est passé ;
- les routeurs ne traitent pas nécessairement les paquets ICMP en transit de la même façon que le trafic de données (généralement, les paquets ICMP sont traités avec la plus faible priorité par un routeur ). Les temps de réponse en cours de route peuvent ne pas refléter ceux que l'on observerait au niveau du trafic applicatif. Ce sera particulièrement le cas si le réseau fait usage de qualité de service et que le trafic sur certains liens approche la congestion.
- la création du paquet ICMP « TTL exceeded » est une opération complexe qui sollicite le CPU du routeur, alors que le trafic est habituellement traité au niveau du matériel spécialisé. Il se peut qu'un délai supplémentaire soit observé si le CPU est occupé à d'autres tâches plus essentielles (gestion des tables de routage, traitement des requêtes de gestion du réseau), alors que ce délai n'a pas d'effet sur le trafic de transit du routeur.
- un routeur peut ne pas répondre aux requêtes ICMP. Dans ce cas, on voit généralement des signes astérisques (\*) sur les nœuds intermédiaires qui ne répondent pas aux requêtes ICMP. Il se peut aussi que, pour des raisons de performance, le routeur limite le nombre de paquets ICMP généré par unité de temps, ce qui cause l'apparition d'étoiles sur le parcours, qui ne sont cependant pas le symptôme d'un problème.
- l'adresse IP de la réponse ICMP TTL Exceeded peut être privée (RFC 1918), et donc bloquée en cas de transit par Internet, ou impossible à identifier.

Sous Windows, on utilise l'utilitaire **tracert**.

Quelques liens :

- Un site dédié : <http://www.traceroute.org/>
- NANOG traceroute : <ftp://ftp.login.com/pub/software/traceroute/>
- MyTraceroute (combine traceroute et ping) :  
<http://www.bitwizzard.nl/mtr/>
- Le célèbre VisualRoute (pour Windows et Mac) :  
<http://www.visualroute.com/>

En savoir plus :

```
# traceroute --help
$ man traceroute      # Sous Unix/Linux

C:\>tracert /?        # Sous Windows
```

[Source : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Traceroute>]

## SÉQUENCE 0 : TRAVAIL PRÉLIMINAIRE

On suppose ici que la machine dispose d'un accès Internet de type abonné ADSL.

### 1) Rechercher son adresse IP publique

Les commandes **ifconfig** (sous Linux) ou **ipconfig** (sous Windows) ne vous donneront pas l'adresse IP publique que vous utilisez pour aller sur Internet mais seulement les adresses privées locales que vous utilisez sur votre propre réseau.

#### a . A partir de la ligne de commande :

```
# wget -O - http://www.monip.org | grep -Eo "([0-9]+\.){3}[0-9]+"
# wget -O - http://www.monip.org | grep -Eo "([0-9]{1,3}\.){3}[0-9]{1,3}"
# lynx --source www.monip.org | grep -Eo "([0-9]{1,3}\.){3}[0-9]{1,3}"
90.29.215.198
```

Remarques :

$([0-9]{1,3}\.){3}$  : un nombre composé de un à trois chiffres suivis d'un point, le tout répété trois fois et


$[0-9]{1,3}$  : un nombre composé de un à trois chiffres.

#### b . A partir de votre navigateur préféré :

Liste de sites consultables : <http://www.whatismyip.com/>, <http://monip.org/>, <http://www.connaitre-son-ip.com/>, <http://www.monip.com/>, <http://www.adresseip.com/> ou encore <http://www.monip.biz/>

#### c . ou directement à partir de l'interface web de votre routeur ADSL (ou box si elle le permet)

Par exemple pour un routeur Linksys :

Version du micrologiciel :	1.00.09
Adresse MAC :	
Heure actuelle :	29-10-2010 11:25:17
Type de connexion	RFC 2364 PPPoA
Interface :	Connecté
Adresse IP :	90.29.215.198
Masque de sous-réseau :	255.255.255.255
Passerelle par défaut :	90.29.215.1
DNS1 :	81.253.149.9
DNS2 :	80.10.246.3

#### d . Vérification :

```
$ ping -c 1 90.29.215.198
PING 90.29.215.198 (90.29.215.198) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 90.29.215.198: icmp_seq=1 ttl=255 time=0.854 ms

--- 90.29.215.198 ping statistics ---
1 packets transmitted, 1 received, 0% packet loss, time 0ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.854/0.854/0.854/0.000 ms
```

A-t-elle un nom de domaine associée ?

```
$ host 90.29.215.198
198.215.29.90.in-addr.arpa domain name pointer AMarseille-156-1-96-
198.w90-29.abo.wanadoo.fr.
```

Ici, nous avons à faire à un abonné à wanadoo. Wanadoo est connue en tant que fournisseur d'accès à Internet et portail Internet du groupe France Télécom. En 2006, Wanadoo devient Orange, la marque commerciale de France Télécom.

#### e . Trouver la passerelle de son fournisseur derrière son routeur ADSL

On va limiter l'exploration à deux routeurs (TTL = 2) en négligeant son routeur ADSL qui évidemment compte pour 1 :

```
$ ping -c 1 -t 2 www.google.fr
PING www.l.google.com (66.249.92.104) 56(84) bytes of data.
From AMarseille-156-1-96-1.w90-29.abo.wanadoo.fr (90.29.215.1)
icmp_seq=1 Time to live exceeded

--- www.l.google.com ping statistics ---
1 packets transmitted, 0 received, +1 errors, 100% packet loss, time 0ms
```

Elle a pour adresse 90.29.215.1 (wanadoo aussi ce qui est rassurant !).

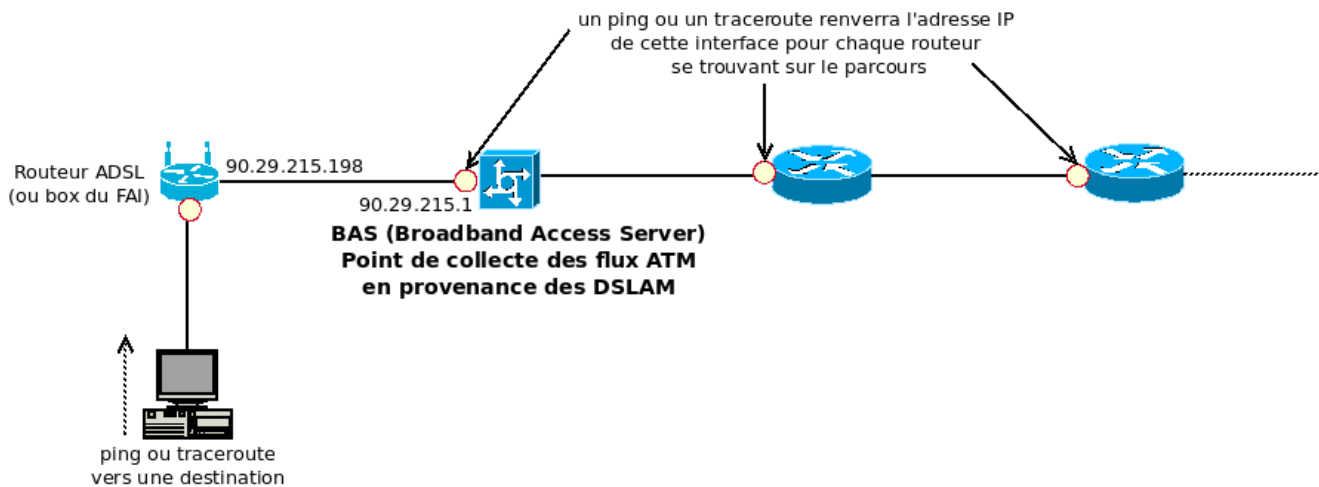
#### e . Déterminer le réseau de mon fournisseur d'accès

Pour cela, on interroge la base de données whois avec l'adresse IP obtenue précédemment :

```
$ whois 90.29.215.1
inetnum:      90.29.215.0 - 90.29.215.255
netname:      IP2000-ADSL-BAS
route:        90.0.0.0/11
descr:        France Telecom
origin:       AS3215
```

Le nom de ce réseau appartenant à France Telecom (soit wanadoo pour cet abonné) est nommé IP2000-ADSL-BAS. Le BAS (Broadband Access Server) est le point de collecte des flux ATM provenant des DSLAM concernant les offres IP/ADSL.

Mon adresse IP publique 90.29.215.198 fait bien partie de ce réseau (90.29.215.0 – 90.29.215.255). On se rappellera qu'un ping ou un traceroute renverra toujours l'adresse IP se trouvant en aval de la liaison :



#### *f . Qu'y-a-t-il derrière le réseau de mon fournisseur d'accès ?*

On peut continuer d' « avancer » sur le réseau et parfois on rencontre des surprises :

```
$ ping -c 1 -t 3 www.google.fr
PING www.l.google.com (66.249.92.104) 56(84) bytes of data.
From 10.125.49.78 icmp_seq=1 Time to live exceeded
```

Le routeur suivant nous renvoie une adresse appartenant au ru réseau 10.0.0.0 et que l'on ne pensait pas trouver sur le réseau Internet.

On interroge la base de données whois pour en savoir plus :

```
$ whois 10.125.49.78
NetRange:      10.0.0.0 - 10.255.255.255
CIDR:          10.0.0.0/8
OriginAS:
NetName:       PRIVATE-ADDRESS-ABLK-RFC1918-IANA-RESERVED
NetHandle:     NET-10-0-0-0-1
Parent:
NetType:       IANA Special Use
NameServer:    BLACKHOLE-1.IANA.ORG
NameServer:    BLACKHOLE-2.IANA.ORG
Comment:       This block is used as private address space.
```

C'est bien une adresse privée réservée qui ne sera pas routée sur Internet.

On peut tout de même vérifier :

```
# traceroute 10.125.49.78
traceroute to 10.125.49.78 (10.125.49.78), 30 hops max, 60 byte packets
 1  192.168.52.1 (192.168.52.1) 0.597 ms  0.845 ms  1.310 ms
 2  80.10.121.132 (80.10.121.132) 40.468 ms !X 41.519 ms !X 42.216 ms !X
```

Le routeur n°2 bloque logiquement l'acheminement et nous indique !X (*communication administratively prohibited*).



Reprenons notre exploration en sautant ce routeur :

```
$ ping -c 1 -t 4 www.google.fr
From xe-8-3-0-0.ncmar101.Marseille.francetelecom.net (193.253.86.238)
icmp_seq=1 Time to live exceeded
```

Il semble que l'on soit à Marseille et toujours chez notre fournisseur France Telecom.

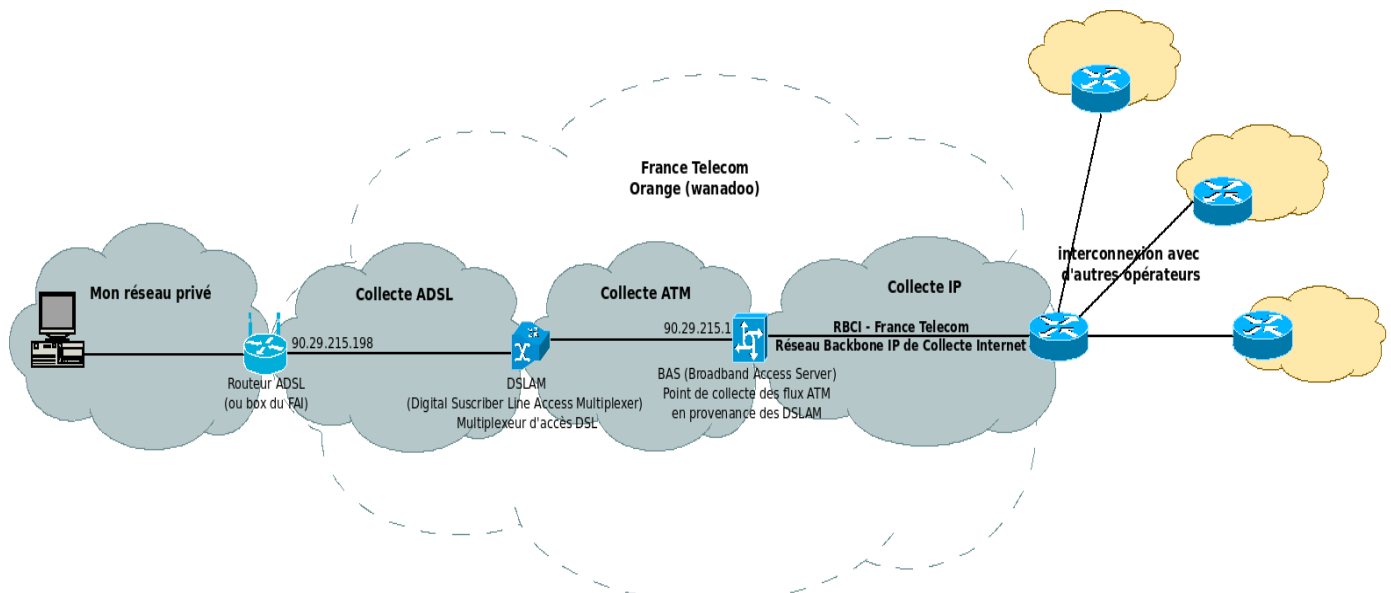
On interroge la base de données whois pour en savoir plus :

```
$ whois 193.253.86.238
inetnum:      193.253.80.0 - 193.253.95.255
netname:      RBCI
descr:        France Telecom IP backbone
route:        193.253.0.0/16
origin:       AS3215
```

On est maintenant dans le réseau RBCI (Réseau Backbone de Collecte Internet de France Telecom).

### g . Bilan

On va s'arrêter là pour l'instant car on a déjà une vue plus précise sur notre liaison mais il nous manque encore quelques informations sur la structure même des réseaux (notion d'AS) interconnectés sur Internet.



*Remarque : ATM (Asynchronous Transfer Mode) est un protocole développé par le CNET en 1984 et devenu un standard international depuis 1991. ATM est basé sur une technique de commutation de petits paquets de taille fixe appelés cellules de 53 octets (48 + 5 octets). C'est un service de transfert en mode connecté.*

*Remarque : les réseaux de collecte s'appuient sur différents type de boucles locales (RTC, ADSL, Liaison louée, Boucle Locale Radio, Câble) et de réseau dorsal (ATM, L2TP/IP, ...). Ils permettent d'acheminer le trafic IP depuis l'abonné jusqu'au fournisseur d'accès (POP). Ces réseaux sont transparents au trafic IP, c'est à dire qu'ils encapsulent tout le trafic à une extrémité (abonné) pour le délivrer tel quel à l'autre extrémité (fournisseur d'accès). Par exemple, lorsque l'on effectue un traceroute depuis un accès ADSL par exemple, on saute directement de l'abonné au fournisseur d'accès.*

## SÉQUENCE 1 : DÉCOUVERTE

### Destination Internet

On va prendre pour exemple de tracer la route vers le serveur web du rectorat de l'académie Aix-Marseille : [www.ac-aix-marseille.fr](http://www.ac-aix-marseille.fr).

#### 2) Quel mode pour traceroute dois-je utiliser ? Justifier votre choix.

```
mode UDP : traceroute www.ac-aix-marseille.fr
mode ICMP : traceroute -I www.ac-aix-marseille.fr
mode TCP : traceroute -T www.ac-aix-marseille.fr
```

Nous utiliserons ici le mode TCP. En effet, une adresse `www` est un alias vers un serveur web qui utilise donc le protocole HTTP et celui-ci est encapsulé dans TCP. Comme le serveur web est accessible, il semble donc plus judicieux d'utiliser le mode TCP car on est à peu près certain qu'il ne sera probablement pas filtré contrairement à UDP et ICMP.

```
# traceroute -T www.ac-aix-marseille.fr
traceroute to www.ac-aix-marseille.fr (195.83.252.48), 30 hops max, 60
byte packets
 1  192.168.52.1 (192.168.52.1)  0.672 ms  0.964 ms  1.246 ms
 2  AMarseille-156-1-96-1.w90-29.abo.wanadoo.fr (90.29.215.1)  40.277 ms
41.140 ms  41.844 ms
 3  10.125.49.78 (10.125.49.78)  42.892 ms  43.804 ms  44.767 ms
 4  xe-2-3-0-0.ncmar101.Marseille.francetelecom.net (193.249.213.22)
45.592 ms  46.480 ms  47.185 ms
 5  xe-1-2-0-0.nilyo101.Lyon.francetelecom.net (193.252.101.82)  52.432
ms  53.343 ms  54.295 ms
 6  193.252.161.118 (193.252.161.118)  65.044 ms  77.010 ms  78.416 ms
 7  193.251.247.30 (193.251.247.30)  78.679 ms  52.122 ms  52.795 ms
 8  ae-1-51.edge5.Paris1.Level3.net (4.69.139.203)  54.320 ms  55.086 ms
55.118 ms
 9  RENATER.edge5.Paris1.Level3.net (212.73.207.174)  61.528 ms  83.339
ms  86.041 ms
10  * * *
11  sherpaa-vl24-gi8-1-marseille1-rtr-021.noc.renater.fr (193.51.186.145
)  90.821 ms  64.263 ms  64.701 ms
12  vers-pe-renater.ge-0-3-0.pe1.ns1-mars.sherpaa.net (193.49.2.13)
65.713 ms  74.574 ms  75.981 ms
13  vers-aix.ge-0-2-1.cpe.rect-am.sherpaa.net (193.50.108.46)  103.213
ms  95.378 ms  95.624 ms
14  194.214.66.174 (194.214.66.174)  71.600 ms  69.136 ms  69.205 ms
15  195.83.253.41 (195.83.253.41)  73.937 ms  74.196 ms  74.261 ms
16  www.ac-aix-marseille.fr (195.83.252.48)  76.052 ms  76.278 ms
76.352 ms
```

**3) À partir des informations obtenues par ce (ou ces) traceroute, "dessiner" la route prise pour atteindre [www.ac-aix-marseille.fr](http://www.ac-aix-marseille.fr) ? La route prise vous surprend-elle ?**

---

La route prise ici pour joindre un serveur web hébergé au rectorat d'Aix-Marseille est : Carpentras → Marseille → Lyon → Paris → Lyon → Marseille → Aix.

La route peut surprendre car une interconnexion à Marseille ou à Lyon aurait évité un aller-retour sur Paris. Mais faire de l'interconnexion en province (Lyon, Marseille, ...) actuellement pour le trafic internet (hors vidéo) n'a pas vraiment de sens vu le peu d'échanges province ↔ province.

On peut rappeler qu'Internet est un réseau de réseaux interconnectés par des routeurs mais une vision détaillée de son architecture est nécessaire pour comprendre l'acheminement du trafic sur ce réseau.

## SÉQUENCE 2 : ARCHITECTURE DU RÉSEAU INTERNET

---

### Fournisseur d'Accès à Internet (FAI)

Un fournisseur d'accès à Internet (FAI), est un organisme (généralement une entreprise) offrant une connexion au réseau informatique Internet. Le terme en anglais désignant un FAI est Internet Service Provider (ISP) ou Internet Access Provider (IAP).

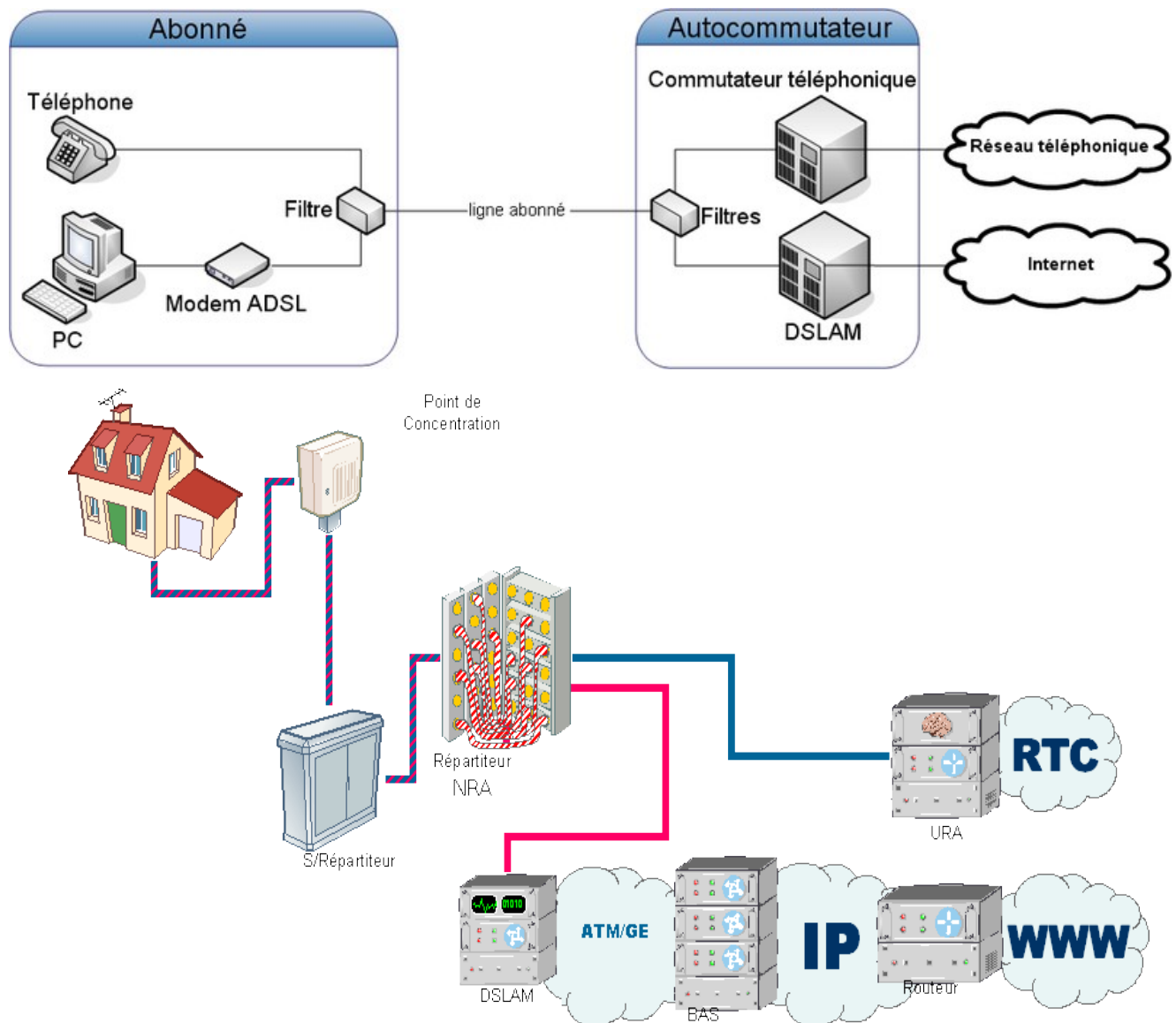
Les principaux FAI en France sont : Orange, Free, SFR (ex-Neuf Cegetel, comprenant aussi Tele2, Club Internet et AOL), Bouygues Telecom, Autres (DartyBox, NordNet, Vivéole, Numericable, FDN, Nerim, Magic OnLine etc.).

Les équipements d'un FAI forment un ou plusieurs réseaux autonomes (Autonomous System) et ont la maîtrise complète de l'architecture, du dimensionnement et de l'organisation de leurs liaisons.

Dans le cas général, le FAI est un maillon du réseau, transportant ses propres données (pour simplifier, le trafic de ses abonnés), mais aussi potentiellement les données d'autres opérateurs.

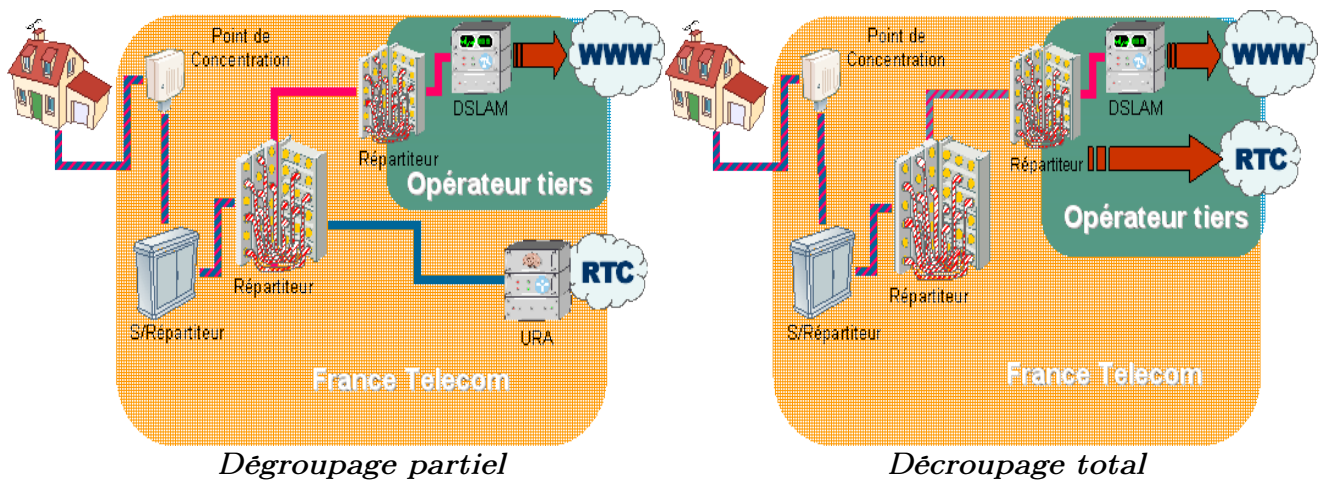
## Abonnés ADSL

L'ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) est une technique de communication qui permet d'utiliser une ligne téléphonique (ou une ligne RNIS) pour transmettre et recevoir des données numériques de manière indépendante du service téléphonique proprement dit (contrairement aux modems dits analogiques). Cette technologie est massivement mise en œuvre par les fournisseurs d'accès à Internet pour le support des accès dits « haut-débit ».



Pour en savoir plus : <http://fr.wikipedia.org/wiki/ADSL>

On distingue encore deux types de dégroupage :



Les cartes de dégroupage des opérateurs alternatifs : SFR-Cegetel (<http://adsl.sfr.fr/couverture-geographique/>), Free (<http://www.free.fr/adsl/pages/accueil/carte-de-degroupage.html>) et Completel (<http://www.completel.fr/notre-reseau/le-reseau-de-completel>).

Les fournisseurs d'accès non propriétaires d'un réseau doivent travailler avec France Télécom ou l'un des opérateurs ci-dessus pour proposer une connexion ADSL dégroupée à leurs abonnés. SFR est le principal concurrent de France Télécom sur le marché de gros de l'ADSL puisque la plupart des FAI non propriétaires d'un réseau travaillent avec lui.

- Bouygues utilise son propre réseau mais aussi celui le réseau SFR-Cegetel
- Alice s'appuie sur le réseau de dégroupage d'Iliad (Free)
- Numericable et Dartybox utilisent Completel (filiale de Numericable)
- Nerim et Magic Online utilisent le réseau SFR-Cegetel

## Réseaux autonomes (AS)

Internet est un ensemble de réseaux autonomes (AS) qui sont reliés entre eux. Ces réseaux autonomes (AS) sont, par exemple, des Fournisseurs d'Accès Internet (Free, Wanadoo, ...) des hébergeurs (OVH, ...) ou fournisseurs de services (Google, ...), de grands réseaux Internet (Renater, ...) ou des opérateurs de télécommunication (France Telecom, Cegetel, Completel, ...).

### 4) Tracer la route vers le serveur `www.ac-montpellier.fr` en notant les réseaux autonomes traversés (AS) ?

On utilise l'option -A de la commande `traceroute`. Sinon, on prend chaque adresse IP traversée et on interroge `whois` pour obtenir l'AS.

```
# traceroute -AT www.ac-montpellier.fr
traceroute to www.ac-montpellier.fr (195.83.225.4), 30 hops max, 60 byte
packets
 1  192.168.52.1 (192.168.52.1) [AS8151/AS28513]  2.343 ms  2.650 ms
2.922 ms
 2  AMarseille-156-1-72-1.w90-28.abo.wanadoo.fr (90.28.71.1) [AS3215]
51.051 ms  51.928 ms  52.874 ms
 3  10.125.49.18 (10.125.49.18) [AS65534]  53.917 ms  54.586 ms  55.540
ms
 4  xe-2-3-0-0.ncmar102.Marseille.francetelecom.net (193.249.213.30)
[AS3215]  56.601 ms  57.530 ms  58.258 ms
 5  xe-1-3-0-0.nilyo102.Lyon.francetelecom.net (81.253.130.182) [*]
67.703 ms  68.569 ms  69.582 ms
 6  81.253.129.190 (81.253.129.190) [*]  75.039 ms  53.298 ms  54.180 ms
 7  tengige1-9-4-0.pastr1.Paris.opentransit.net (193.251.129.126)
[AS5511]  55.504 ms  tengige0-11-0-2.pastr1.Paris.opentransit.net
(193.251.129.134) [AS5511]  65.424 ms  tengige1-9-4-
0.pastr1.Paris.opentransit.net (193.251.129.126) [AS5511]  61.437 ms
 8  level3-4.GW.opentransit.net (193.251.252.138) [AS5511]  67.594 ms
84.273 ms  85.154 ms
 9  ae-2-52.edge5.Paris1.Level3.net (4.69.139.235) [AS3356]  86.471 ms
54.416 ms  112.950 ms
10  RENATER.edge5.Paris1.Level3.net (212.73.207.174) [AS9057/AS3356]
120.871 ms  77.034 ms  77.688 ms
11  tel-1-marseille1-rtr-021.noc.renater.fr (193.51.189.18) [AS2200]
86.427 ms  68.465 ms  69.371 ms
12  * * *
13  193.51.181.210 (193.51.181.210) [AS2200]  83.108 ms  129.417 ms
130.325 ms
14  195.83.225.51 (195.83.225.51) [AS2200]  131.650 ms  81.812 ms
82.751 ms
15  www.ac-montpellier.fr (195.83.225.4) [AS2200]  84.749 ms  88.190 ms
89.422 ms
```

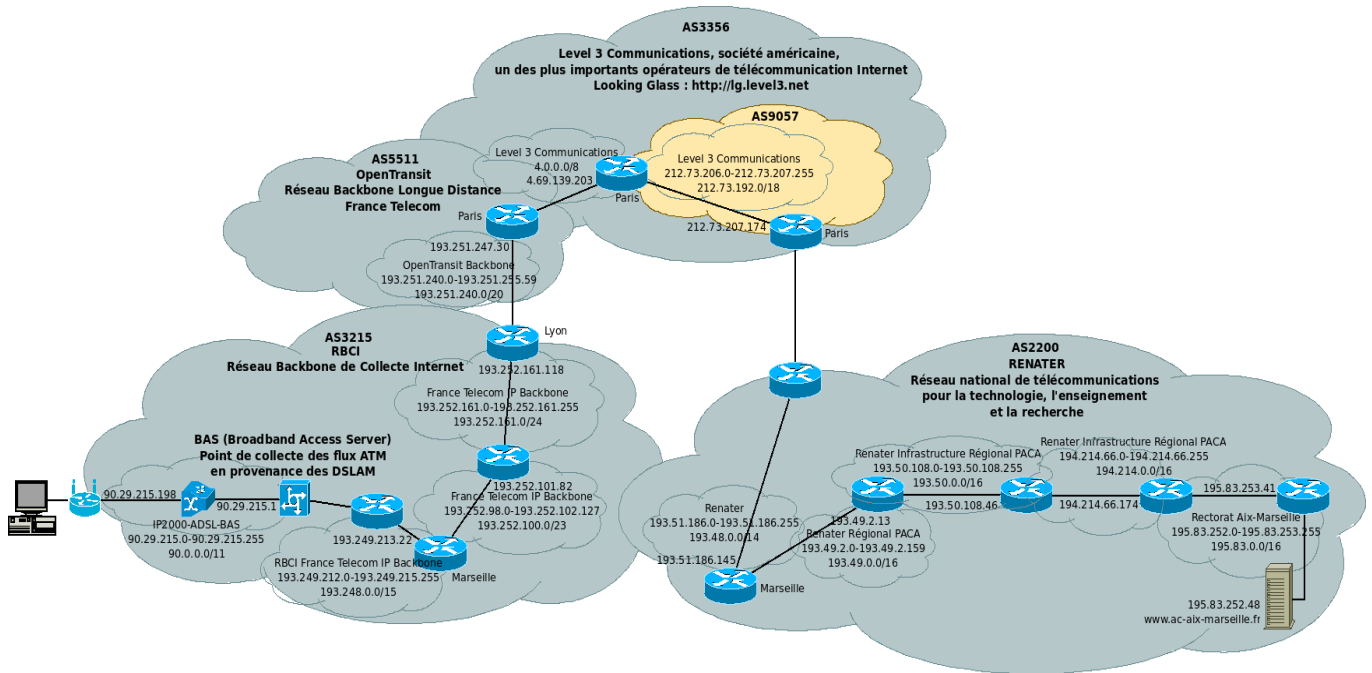
On obtient la route :

- AS3215 → AS5511 → AS3356 → AS9057/AS3356 → AS2200

Soit les fournisseurs et opérateurs suivants :

- Orange (wanadoo) → France Telecom → Level 3 Communication → RENATER

Pour le traceroute précédent vers [www.ac-aix-marseille.fr](http://www.ac-aix-marseille.fr), on obtient le schéma suivant :



Ici, le réseau France Telecom et ses abonnés sont reliés au réseau Renater par un opérateur de télécommunications Level 3 Communications. La carte du réseau RENATER est disponible : <http://www.renater.fr/spip.php?rubrique12>

Évidemment, la route dépend des tables de routage (internes et externes) mais aussi de l'abonné choisi et de sa localisation.

Pour un abonné DartyBox, on obtiendra :

```
# traceroute -T www.ac-aix-marseille.fr
traceroute to www.ac-aix-marseille.fr (195.83.252.48), 30 hops max, 60
byte packets
1 192.168.0.1 (192.168.0.1) 22.827 ms 35.599 ms 47.463 ms
2 DartyBOX.darty (192.168.1.254) 65.494 ms 128.255 ms 144.071 ms
3 * * *
4 reverse.completel.net (213.244.0.225) 293.723 ms 321.555 ms 326.737 ms
5 reverse.completel.net (213.244.0.226) 345.575 ms 361.012 ms 381.175 ms
6 reverse.completel.net (213.244.0.230) 401.613 ms 178.181 ms 192.398 ms
7 reverse.completel.net (213.244.0.242) 193.772 ms 195.491 ms 198.696 ms
```

```

 8  renater-ix1.sfinx.tm.fr (194.68.129.102)  325.567 ms  340.317 ms
336.220 ms
 9  te0-3-1-0-lyon1-rtr-001.noc.renater.fr (193.51.189.126)  224.682 ms
229.648 ms  253.603 ms
10  * * *
11  sherpaa-vl24-gi8-1-marseille1-rtr-021.noc.renater.fr (193.51.186.145
)  279.882 ms  319.911 ms  329.578 ms
12  vers-pe-renater.ge-0-3-0.pe1.ns1-mars.sherpaa.net (193.49.2.13)
378.707 ms  368.831 ms  488.260 ms
13  * vers-aix.ge-0-2-1.cpe.rect-am.sherpaa.net (193.50.108.46)  630.877
ms  630.769 ms
14  194.214.66.174 (194.214.66.174)  578.201 ms  535.695 ms  504.664 ms
15  195.83.253.41 (195.83.253.41)  461.017 ms *  462.139 ms
16  www.ac-aix-marseille.fr (195.83.252.48)  384.152 ms  293.324 ms
324.910 ms

```

Cet abonné est relié à l'opérateur Completel (AS12670) qui se raccorde au réseau Renater (AS2200) par le point d'échange SFINX (Service for French Internet Exchange) au hop 8. La carte du réseau COMPLETEL est disponible : <http://www.completel.fr/notre-reseau/le-reseau-de-completel>

Et pour un client NeufBox :

```

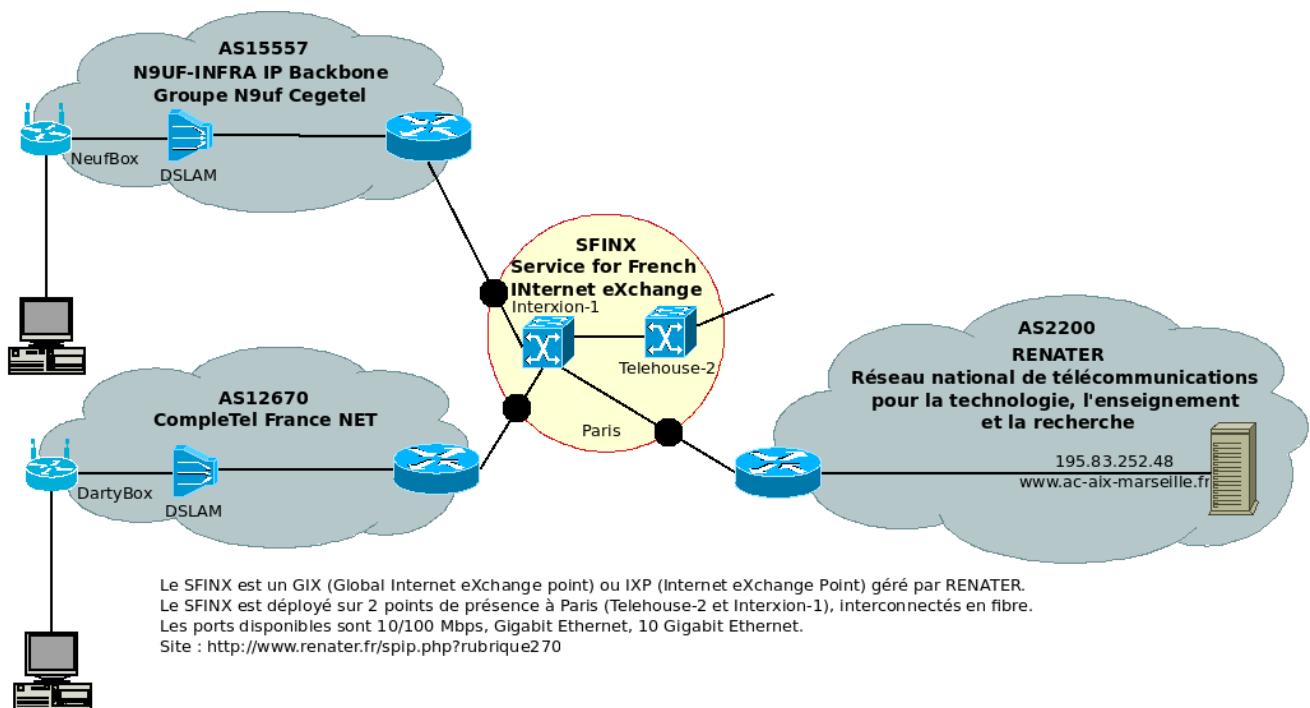
# traceroute -T www.ac-aix-marseille.fr
traceroute to www.ac-aix-marseille.fr (195.83.252.48), 30 hops max, 60
byte packets
 1  neufbox (192.168.1.1)  1.054 ms  1.661 ms  3.697 ms
 2  1.218.81-79.rev.gaoland.net (79.81.218.1)  214.048 ms  214.010 ms
215.987 ms
 3  * 197.229.96-84.rev.gaoland.net (84.96.229.197)  219.457 ms *
 4  renater-ix1.sfinx.tm.fr (194.68.129.102)  230.926 ms  230.894 ms
233.906 ms
 5  te0-3-1-0-lyon1-rtr-001.noc.renater.fr (193.51.189.126)  244.620 ms
244.586 ms  244.550 ms
 6  tel-1-marseille1-rtr-021.noc.renater.fr (193.51.189.18)  84.726 ms
70.474 ms  70.410 ms
 7  sherpaa-vl24-gi8-1-marseille1-rtr-021.noc.renater.fr (193.51.186.145
)  238.577 ms  185.236 ms  187.013 ms
 8  vers-pe-renater.ge-0-3-0.pe1.ns1-mars.sherpaa.net (193.49.2.13)
262.885 ms  260.221 ms  248.644 ms
 9  vers-aix.ge-0-2-1.cpe.rect-am.sherpaa.net (193.50.108.46)  294.034
ms  287.529 ms  280.275 ms
10  194.214.66.174 (194.214.66.174)  170.202 ms  171.131 ms  169.327 ms
11  195.83.253.41 (195.83.253.41)  88.874 ms  91.499 ms  79.996 ms
12  www.ac-aix-marseille.fr (195.83.252.48)  78.954 ms  77.961 ms
65.185 ms

```

Cet abonné est relié au backbone N9euf Cegetel (AS15557) qui se connecte au réseau Renater (AS2200) par le point d'échange SFINX (Service for French Internet Exchange) au hop 4.

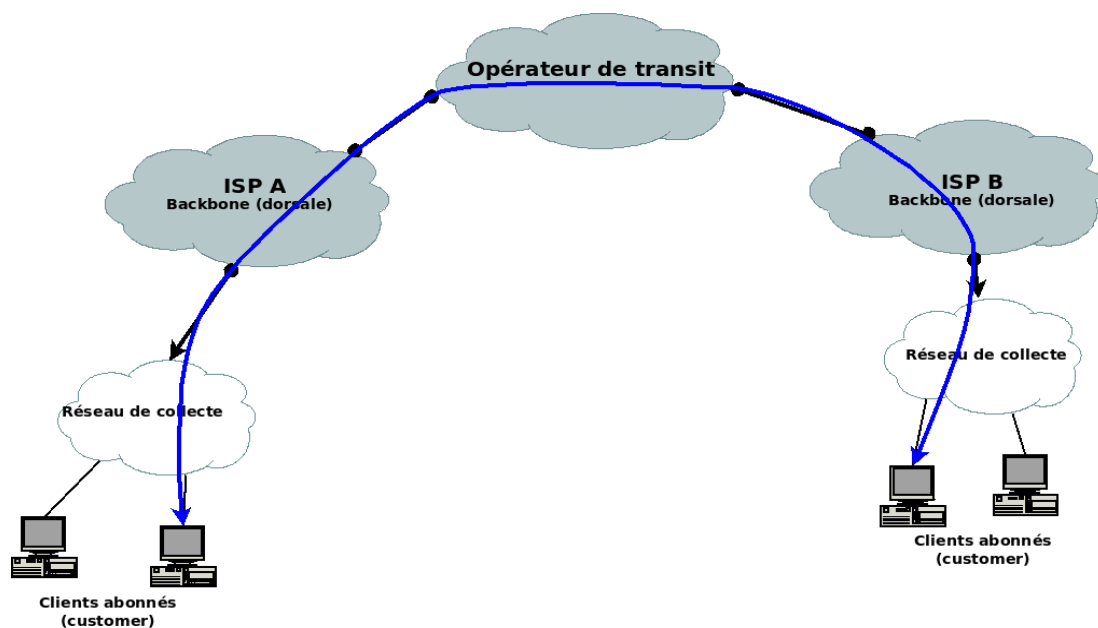


Cela donne le schéma suivant :

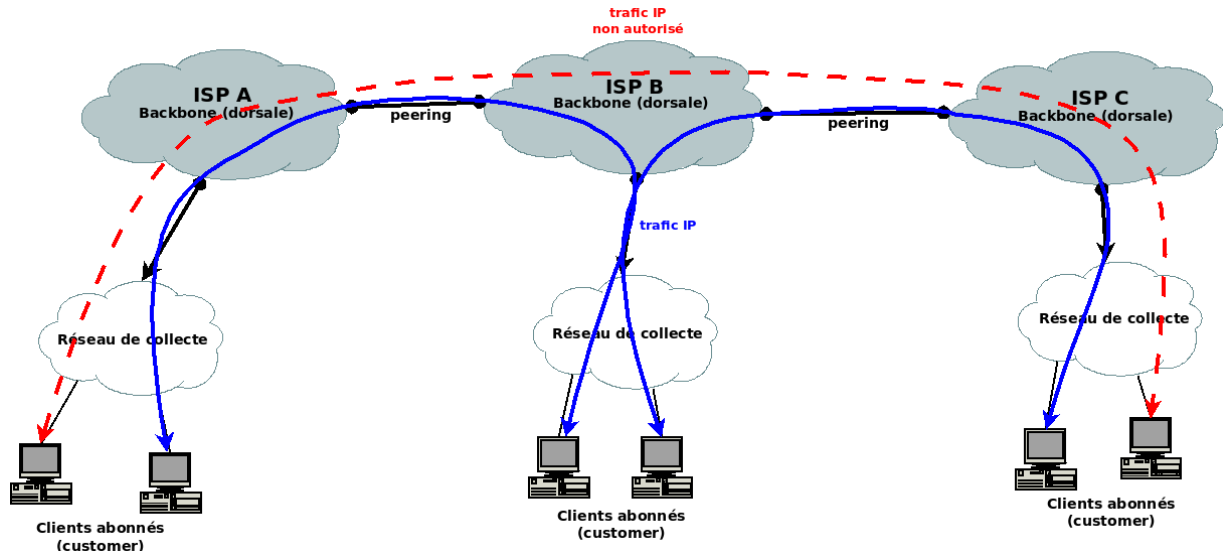


On distingue donc deux types de raccordement entre opérateurs :

- le **transit** : il permet l'échange de données entre deux opérateurs, via le réseau d'un opérateur tiers. Il n'y a pas de connexion directe possible entre les réseaux des deux fournisseurs de services qui, pour échanger leur données, doivent passer par le réseau d'un troisième opérateur. Dans ce cas, le transport est le plus souvent facturé par l'opérateur tiers.



- **l'échange entre pairs (peering)** : c'est une alternative au transit et il permet à des opérateurs ou aux différents fournisseurs d'accès Internet (ou FAI ou ISP) d'échanger du trafic Internet entre leurs réseaux de systèmes autonomes grâce à des accords mutuels dits de «peering». Le peering est souvent gratuit : on est dans une configuration d'égal à égal, souvent utilisée par des réseaux de tailles comparables.



Un opérateur, même de faible envergure, dispose en général de plusieurs contrats de transit, et de plusieurs dizaines, voire centaines, d'accord de peering.

## Internet Exchange Point

Un Internet Exchange Point (IX ou IXP ou point d'échange Internet), également appelé GIX (Global Internet eXchange), est une infrastructure physique permettant l'interconnexion de réseaux de systèmes autonomes grâce à des accords mutuels dits de «peering». Les IXP ou GIX sont les homologues européens des NAP (Network Access Point) américains.

Les avantages de l'interconnexion directe sont nombreux mais les premiers sont le coût, le temps de latence et la bande passante.

Un IXP classique est composé d'un ou plusieurs switches réseaux (principalement Ethernet de 10Mbps à 10 Gbps) auquel chacun des FAI participants se connecte.

La plupart des points de peering sont situés dans des centres de colocation (netcenter) où les différents opérateurs réseaux centralisent leurs points de présence.

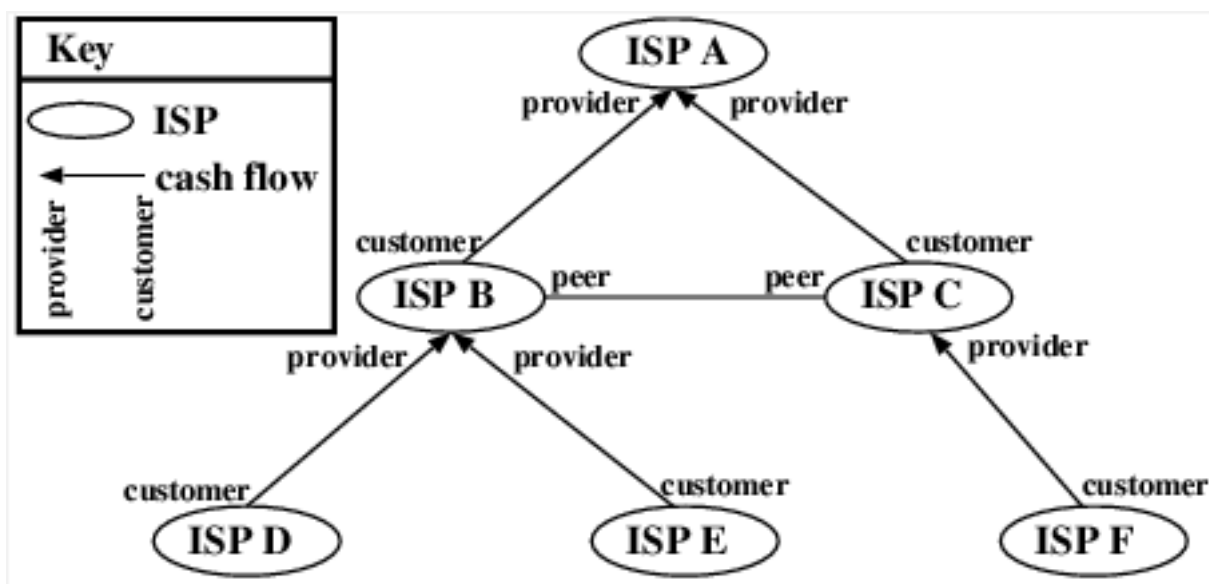
Le site <http://www.peeringdb.com/> recense tous les points d'échange et notamment les IXP français :

List of Public Exchange Points						
Exchange Name	Long Name	City/Region	Country	Continental Region	Media Type	Participants
<a href="#">Equinix Paris</a>	Equinix Paris Exchange	Paris	FR	Europe	Ethernet	104
<a href="#">EuroGIX</a>		Strasbourg	FR	Europe	Multiple	0
<a href="#">FNIX6</a>	French National Internet Exchange IPv6	Paris	FR	Europe	Ethernet	6
<a href="#">FR-IX</a>	FR-IX	Paris	FR	Europe	Ethernet	1
<a href="#">France-IX</a>	FranceIX	Paris	FR	Europe	Ethernet	73
<a href="#">FreeIX</a>	Free Internet eXchange	Paris	FR	Europe	Ethernet	44
<a href="#">GEIX</a>	Gigabit European Internet Exchange	Paris, London, Amsterdam, Frankfurt	FR	Europe	Ethernet	3
<a href="#">Lyonix</a>	Lyonix, the Lyon IX	Lyon	FR	Europe	Ethernet	25
<a href="#">MA-IX</a>	Marseille Internet eXchange	Marseille, France	FR	Europe	Ethernet	2
<a href="#">PaNAP</a>	Paris Network Access Point	Paris	FR	Europe	Ethernet	151
<a href="#">PARIX</a>		Paris	FR	Europe	Ethernet	36
<a href="#">PhibIX</a>	PhibIX Gix & Nap	Saint-Etienne	FR	Europe	Ethernet	0
<a href="#">Pouix</a>	Paris Operators for Universal Internet eXchange	Paris	FR	Europe	Ethernet	18
<a href="#">SainteTIX</a>		Rhone Alpes	FR	Europe	Multiple	1
<a href="#">SFINX</a>	Service for French INternet eXchange	Paris	FR	Europe	Ethernet	117
<a href="#">StuffIX Paris</a>	StuffIX	Paris	FR	Europe	Ethernet	1
<a href="#">TOUJIX</a>	Toulouse Internet eXchange	Toulouse	FR	Europe	Ethernet	2

Le site <http://as-rank.caida.org/> classe les 33559 AS en fonction de leur taille et permet de voir les relations entre chacun d'eux.

Les plus gros opérateurs de télécommunications sont dans l'ordre : Level 3 Communication, AT&T WorldNet, MCI Communications, Cogent, Global Crossing, Sprint, ... Le réseau OpenTransit de France Telecom est classé 43°.

En résumé, on aura deux types de relations :



## PoP (Point of Presence)

Un PoP (Point of Presence) internet est un point d'accès à internet.

La plupart des points de peering sont situés dans des centres de colocation (*netcenter*) où les différents opérateurs réseaux centralisent leurs points de présence.

## Transit ou peering

À titre d'exemple, l'ensemble des types de raccordement sont résumés sur ce schéma :

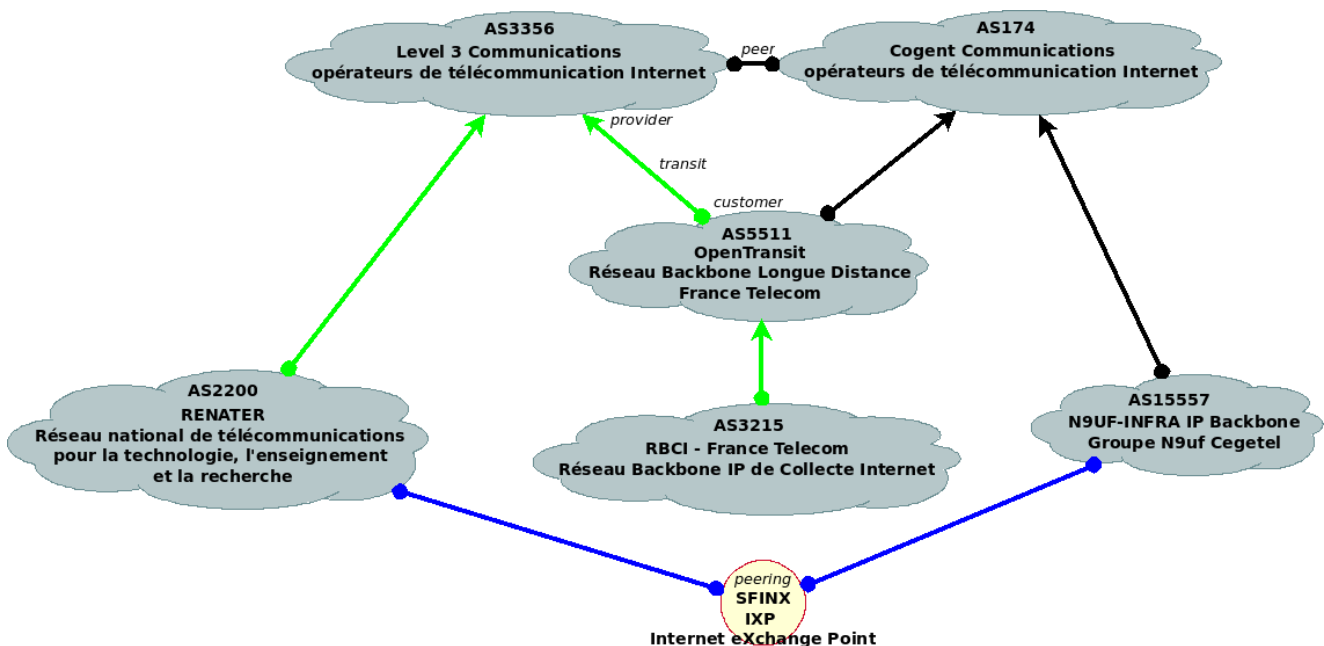


Figure A

On remarque des niveaux et rôles différents entre opérateurs.

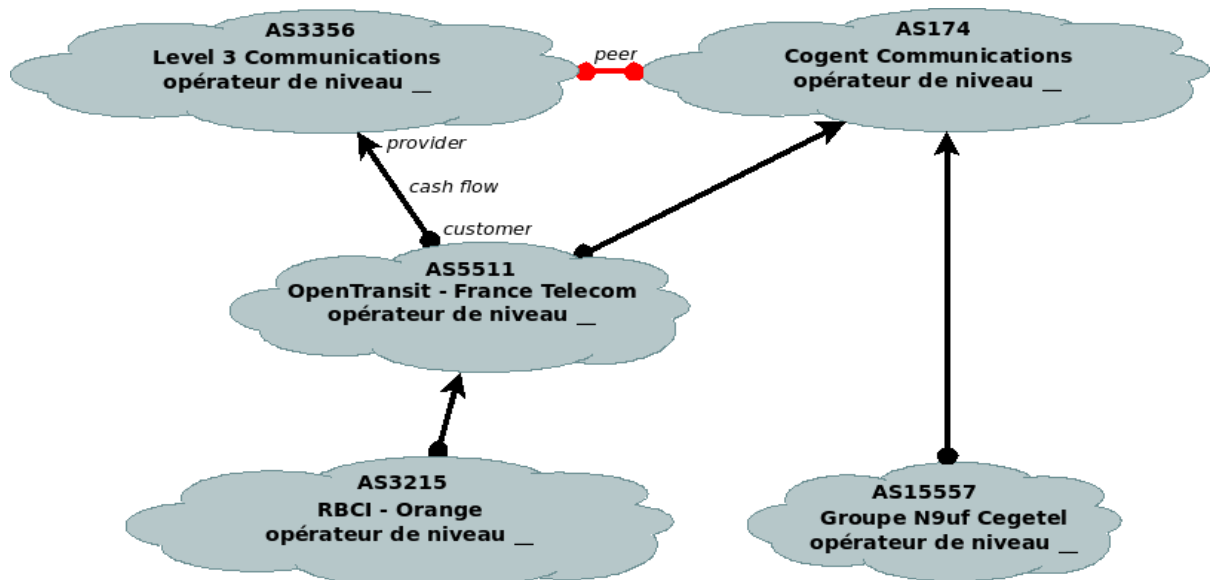
## Niveaux des opérateurs (tiers)

Certains opérateurs, dits de niveau 1, sont capables d'accéder à l'ensemble des réseaux d'Internet sans compensation financière. Ils possèdent donc des accords d'échange entre chacun d'eux et reçoivent via ces liens l'ensemble des routes d'Internet. Ces opérateurs imposent généralement des contraintes fortes aux opérateurs qui souhaitent négocier un accord d'échange de trafic. En effet, un tel opérateur (client potentiel d'une offre de transit) deviendrait alors concurrent.

Les opérateurs de niveau 3 n'offrent pas de service de transit.

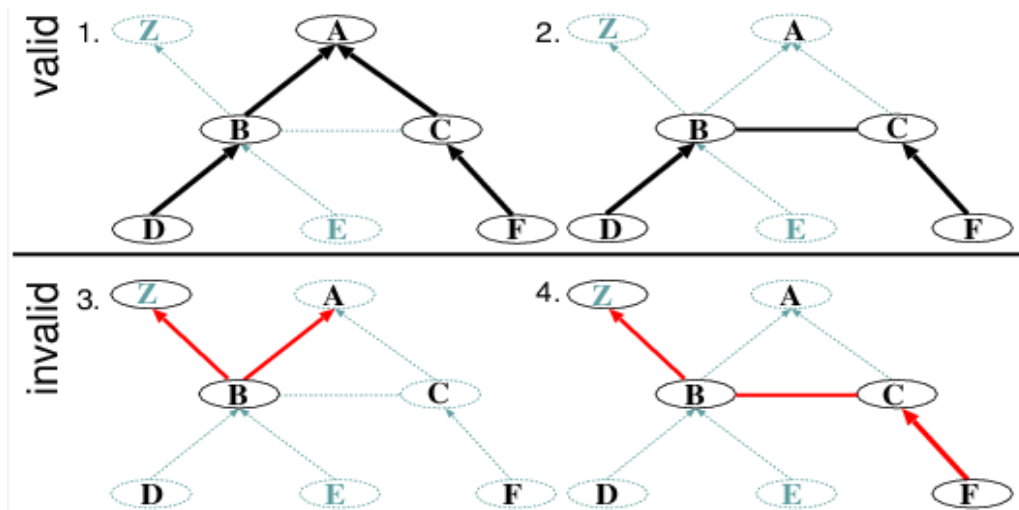
Les autres opérateurs sont dits de niveau 2 : ils dépendent d'une offre de transit (ou au moins d'un accord d'échange de trafic payant) et offrent à leur tour une offre de transit.

##### 5) Classer les opérateurs de la figure A par niveaux.



Site : <http://as-rank.caida.org/>

Mais certains chemins (routes) entre AS ne seront pas possible :



- Dans l'exemple n°3, B paye son trafic à Z et A. Il ne peut donc pas faire transiter du trafic de l'un vers l'autre car il serait perdant.
- Dans l'exemple n°4, B se retrouve encore lésé car il paye son trafic à Z mais a une relation d'égal à égal (peering) avec C qui lui se fait payer par F. Cela remettrait en cause leur accord de peering.

6) À partir des deux schémas ci-dessous, indiquer les chemins (routes) entre AS pour les accès suivants ? Compléter le tableau.

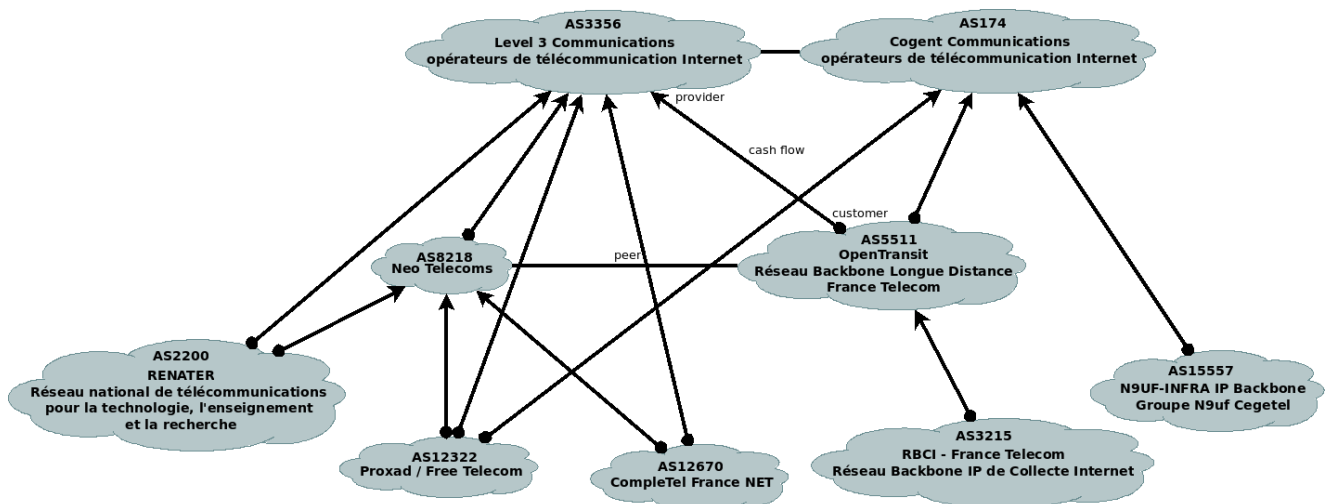


Figure B

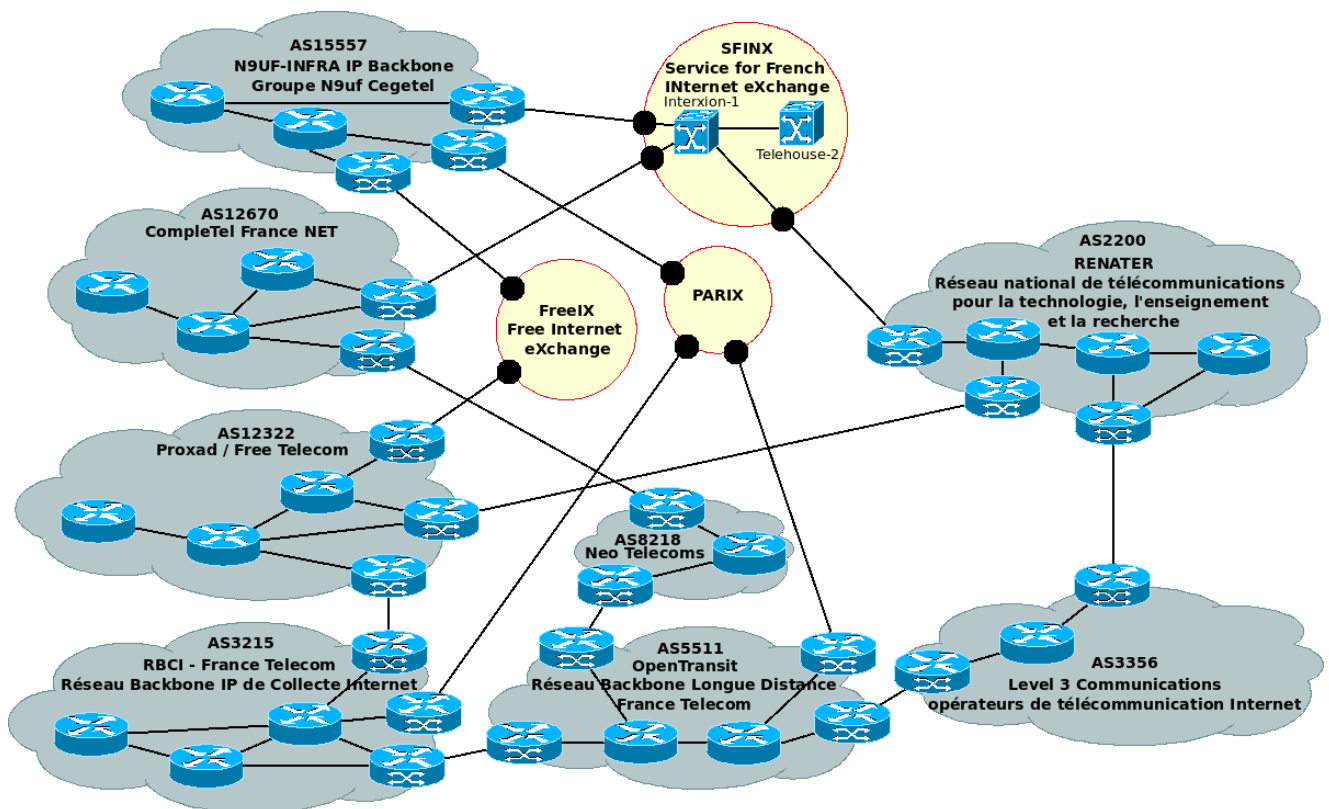


Figure C

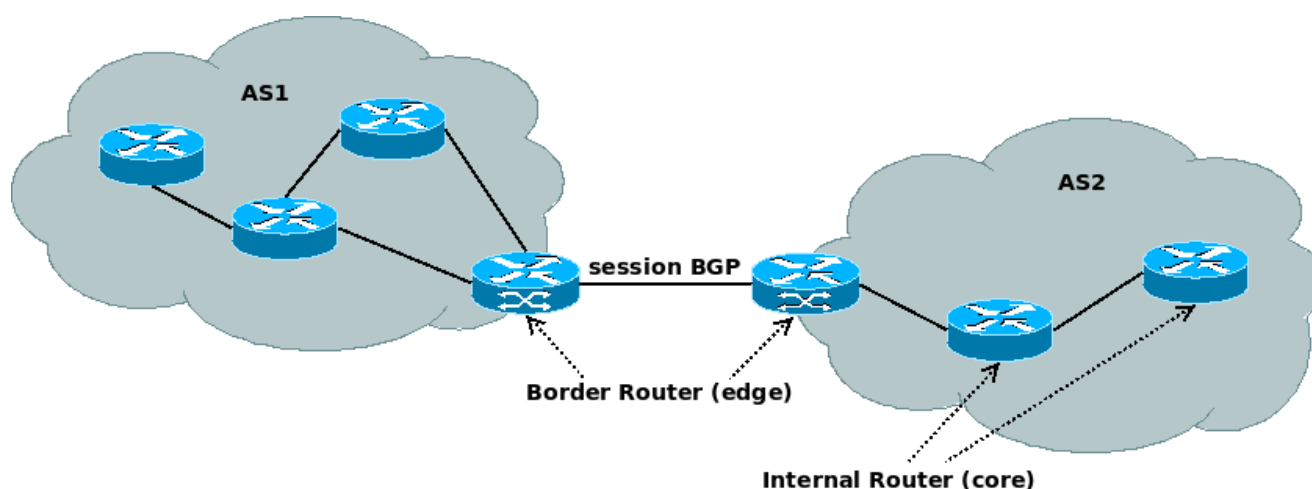
Source	Destination	Chemins AS
Abonné Orange	Un site hébergé chez Free (tvaira.free.fr)	
Abonné Orange	Un site hébergé chez Cegetel (www.cegetel.com)	
Abonné Orange	Abonné DartyBox (Completel)	
Abonné Free	www.ac-aix-marseille.fr	
Renater	Abonné Orange	

## BGP

BGP (Border Gateway Protocol) est un protocole d'échange de route utilisé notamment sur le réseau Internet. Son objectif est d'échanger des informations d'accessibilité de réseaux (appelés préfixes) entre routeurs.

BGP est principalement utilisé entre les opérateurs et fournisseurs d'accès à Internet pour l'échange de routes entre Autonomous Systems (AS).

Les connexions entre deux voisins BGP (neighbours ou peers) sont configurées manuellement entre deux routeurs (border routeur ou edge). Ils communiquent alors entre eux via une session TCP sur le port 179 initiée par l'un des deux routeurs.



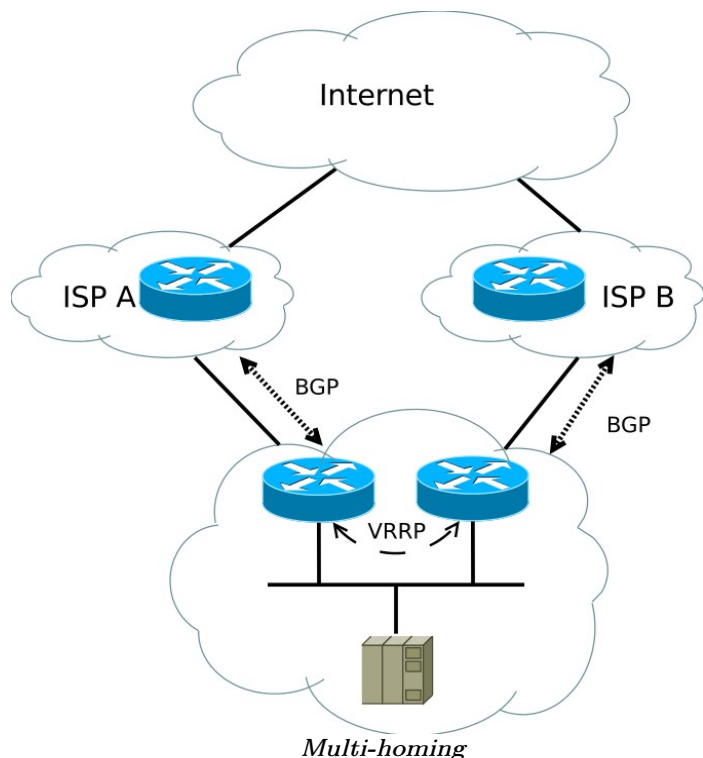
Il existe deux versions de BGP : Interior BGP (iBGP) et Exterior BGP (eBGP). iBGP est utilisé à l'intérieur d'un Autonomous System alors que eBGP est utilisé entre deux AS.

En général, les connexions eBGP sont établies sur des connexions point-à-point ou sur des réseaux locaux (un Internet Exchange Point par exemple), le TTL des paquets de la session BGP est alors fixé à 1.

La plupart des utilisateurs finaux d'Internet n'ont qu'une seule connexion à un fournisseur d'accès à Internet. Dans ce cas, BGP est inutile car une route par défaut est suffisante.

Cependant, une entreprise qui serait connectée de façon redondante à plusieurs FAI (multi-homing) pourrait obtenir un numéro de système autonome propre et établir des sessions BGP avec chacun des fournisseurs.

*Remarque : VRRP (Virtual Router Redundancy Protocol) est un protocole non propriétaire redondant décrit dans la RFC 3768 dont le but est d'augmenter la disponibilité de la passerelle par défaut servant les hôtes d'un même sous-réseau. VRRP utilise la notion de routeur virtuel, auquel est associé une adresse IP virtuelle ainsi qu'une adresse MAC virtuelle.*



## Looking Glass

Il existe un certain nombre de routeurs sur Internet qui permettent la consultation de la table de routage globale (BGP) via une interface web.

C'est le cas de l'opérateur Level 3 Communications qui propose une interface web public à l'adresse : <http://lg.level3.net>

On peut donc visualiser le routage à partir de leur AS vers le réseau Renater ([www.ac-aix-marseille.fr](http://www.ac-aix-marseille.fr) ↔ 195.83.252.48) :

```
Looking Glass : http://lg.level3.net/bgp/bgp.cgi?
site=par1&target=195.83.252.48
...
```



```

Show Level 3 (Paris, France) BGP routes for 195.83.252.48
BGP routing table entry for 195.83.0.0/16
Paths: (2 available, best #1)
  2200, (aggregated by 2200 193.51.178.3)
  AS-path translation: { FR-ASNBLOCK }
    edge5.Paris1 (metric 20000)
      Origin IGP, localpref 100, valid, internal, atomic-aggregate, best
      Community: 2200:1001 2200:2200 Europe Lclprf_100 Level3_Customer
France Paris
  Originator: edge5.Paris1
...

```

On a bien un chemin : 3356 → 2200

Comme on est placé au milieu du parcours, on peut aussi consulter la table de routage vers un abonné Orange (wanadoo) :

vers mon poste 90.29.215.198 :

```

Show Level 3 (Paris, France) BGP routes for 90.29.215.198
...
BGP routing table entry for 90.29.0.0/16
Paths: (2 available, best #1)
  5511 3215
  AS-path translation: { RIPE-ASNBLOCK5 RIPE-ASNBLOCK4 }
    edge4.Paris1 (metric 20000)
      Origin IGP, metric 100000, localpref 86, valid, internal, best
      Community: Europe Lclprf_86 France Level3_Peer Paris
      Originator: edge4.Paris1
...

```

On retrouve bien le chemin : 3356 → 5511 → 3215

## SÉQUENCE 3 : RÉSEAUX IP ET NUMÉROS D'AS

On reprend notre route vers `www.ac-aix-marseille.fr` mais en désactivant la résolution de noms (option `-n`) pour ne garder que les adresses IP des routeurs traversés :

```
# traceroute -Tn to www.ac-aix-marseille.fr
traceroute to www.ac-aix-marseille.fr (195.83.252.48), 30 hops max, 60
byte packets
 1  192.168.52.1  0.563 ms  1.038 ms  1.305 ms
 2  90.14.241.1  60.582 ms  61.469 ms  62.237 ms
 3  10.125.49.18  65.156 ms  65.244 ms  66.081 ms
 4  193.249.213.30  66.947 ms  67.169 ms  67.272 ms
 5  81.253.130.182  116.508 ms  116.609 ms  116.698 ms
 6  193.252.161.182  123.711 ms  123.383 ms  123.001 ms
 7  193.251.132.209  91.661 ms  193.251.129.126  126.499 ms
193.251.132.233  124.159 ms
 8  193.251.255.162  124.016 ms  137.914 ms  137.905 ms
 9  4.69.139.203  159.425 ms  4.69.139.235  138.334 ms  4.69.139.203
139.324 ms
10 212.73.207.174  146.529 ms  153.920 ms  131.293 ms
11 * * *
12 193.51.186.145  135.027 ms  135.239 ms  143.793 ms
13 193.49.2.13  143.941 ms  143.959 ms  158.056 ms
14 193.50.108.46  185.885 ms  183.883 ms  182.758 ms
15 194.214.66.174  155.909 ms  145.141 ms  154.628 ms
16 195.83.253.41  155.829 ms  146.011 ms  146.502 ms
17 195.83.252.48  185.152 ms  192.839 ms  191.788 ms
```

Pour obtenir des informations sur le réseau CIDR d'une adresse IP, on interroge la base de données whois :

```
$ whois 193.249.213.30 | grep -E "inetnum:|route:"
inetnum:          193.249.212.0 - 193.249.215.255
route:            193.248.0.0/15
```

On peut détailler ce réseau en utilisant l'utilitaire `whatmask` (`# urpmi whatmask` pour l'installer) :

```
$ whatmask 193.249.212.0/22
-----
TCP/IP NETWORK INFORMATION
-----
IP Entered = .....: 193.249.212.0
CIDR = .....: /22
Netmask = .....: 255.255.252.0
Netmask (hex) = .....: 0xfffffc00
Wildcard Bits = .....: 0.0.3.255
-----
```

```

Network Address = .....: 193.249.212.0
Broadcast Address = .....: 193.249.215.255
Usable IP Addresses = .....: 1 022
First Usable IP Address = .....: 193.249.212.1
Last Usable IP Address = .....: 193.249.215.254

```

Et la route pour l'atteindre :

```

$ whatmask 193.248.0.0/15
-----
                        TCP/IP NETWORK INFORMATION
-----
IP Entered = .....: 193.248.0.0
CIDR = .....: /15
Netmask = .....: 255.254.0.0
Netmask (hex) = .....: 0xfffe0000
Wildcard Bits = .....: 0.1.255.255
-----
Network Address = .....: 193.248.0.0
Broadcast Address = .....: 193.249.255.255
Usable IP Addresses = .....: 131 070
First Usable IP Address = .....: 193.248.0.1
Last Usable IP Address = .....: 193.249.255.254

```

Pour connaître son AS, il suffit encore d'interroger la base de données whois :

```

$ whois 193.248.0.0/15 | grep "origin:"
origin:          AS3215

```

Il existe plusieurs sites web qui permettent d'accéder aux routes BGP par AS :

- [www.robtex.com/as/](http://www.robtex.com/as/)
- <http://www.cidr-report.org/cgi-bin/as-report?as=AS3215&view=2.0>
- <http://bgp.he.net/>

On peut donc vérifier la présence cette route pour l'AS3215 :

```

$ lynx --source www.robtex.com/as/as3215.html#bgp | grep -o
"193.248.0.0/15"
193.248.0.0/15

```

---

**7) Déterminer l'adresse de réseau CIDR, la route et l'AS pour l'adresse IP suivante : 193.251.132.209.**

---

```
$ whois 193.251.132.209 | grep -E "inetnum:|route:"
inetnum:      193.251.132.0 - 193.251.132.255
route:        193.251.128.0/19

$ whois 193.251.128.0/19 | grep "origin:"
origin:       AS5511
```

---

**8) Vérifier la présence de la route trouvée dans les annonces BGP de son AS.**

---

```
$ lynx --source www.robtex.com/as/as5511.html#bgp | grep -o
"193.251.128.0/19"
193.251.128.0/19
```

Il est aussi possible d'interroger la base de données whois pour un numéro d'AS :

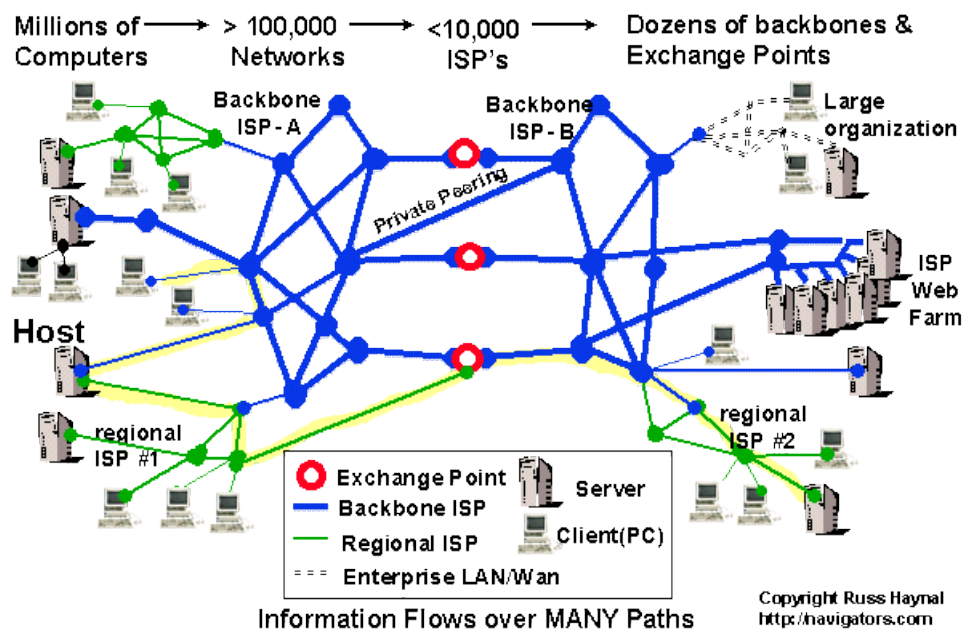
```
$ whois as5511 | grep -i "as3356"
import:      from AS3356
export:      to AS3356
remarks:     5511:159x      TUNE announce to AS3356 Level3

$ whois as5511 | grep -i "as3215"
import:      from AS3215
export:      to AS3215
```

On peut voir les relations entre les AS suivants : 3215 → 5511 → 3356

## CONCLUSION : LE RÉSEAU INTERNET

C'est donc l'ensemble des opérateurs, échangeant entre eux des centaines de milliers de routes, qui forme Internet. Certains opérateurs ne s'occupent quasiment que de transport de données. D'autres proposent, contre paiement, un raccordement à des utilisateurs finaux, ce sont les fournisseurs d'accès à Internet (FAI ou ISP, voir la structure classique d'un ISP en Annexe).



Dans les premiers jours d'Internet, un réseau backbone (dorsale) a existé d'abord sous la forme de ARPANET et plus tard de NSFNET. Finalement l'architecture du réseau a suffisamment évolué pour rendre obsolète la centralisation du routage : aucun réseau actuellement n'est officiellement au cœur d'Internet.

L'Internet moderne (voir architecture en Annexe) n'a donc plus de backbone dans le sens traditionnel. En effet, celui-ci existe plutôt via différents FAI et réseaux privés. Ils sont tous connectés via leurs points de peering ou de transit et utilisent le protocole de routage BGP qui leur permet de coordonner les opérations inhérentes au fonctionnement d'Internet sans aucune autorité centrale.

## ANNEXE : SYSTÈME AUTONOME (AUTONOMOUS SYSTEM OU AS)

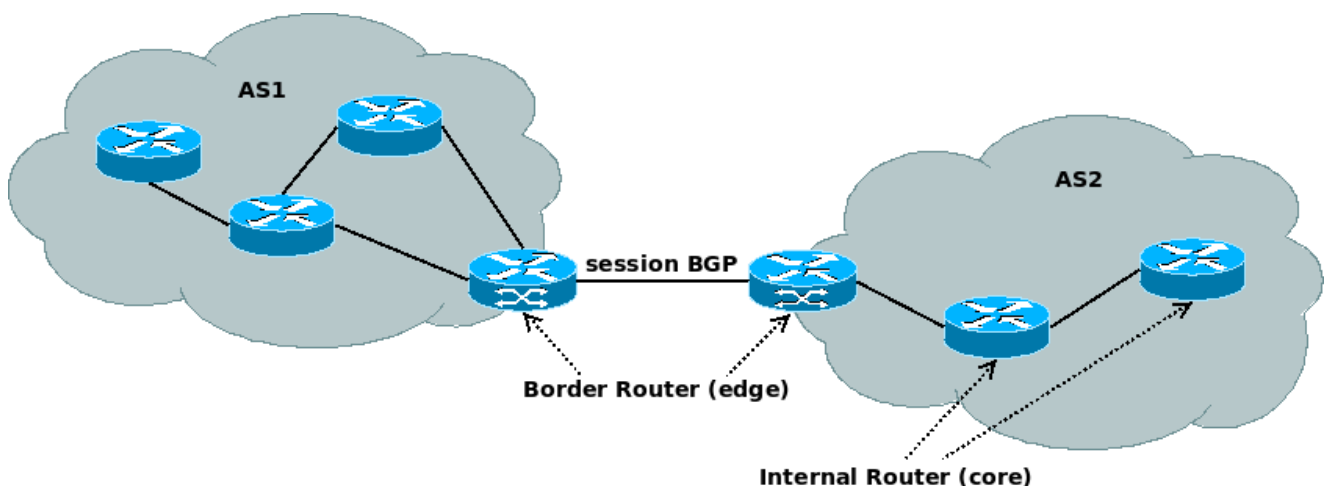
Sur Internet, un Système Autonome (Autonomous System ou AS) est un ensemble de réseaux IP sous le contrôle d'une seule et même entité, typiquement un fournisseur d'accès à Internet ou une plus grande organisation qui possède des connexions redondantes avec le reste du réseau Internet. La notion de système autonome est donc administrative et non technique.

Au sein d'un système autonome, le protocole de routage est qualifié d'interne (par exemple, OSPF). Entre deux systèmes autonomes, le routage est externe (par exemple BGP).

Chaque AS est identifié par un entier de 16 bits (passé récemment à 32 bits, avec le RFC 4893) qui est utilisé par le protocole de routage Border Gateway Protocol qui forme notamment le cœur du réseau Internet.

Un fournisseur d'accès à Internet (FAI), est un organisme (généralement une entreprise) offrant une connexion au réseau informatique Internet. Le terme en anglais désignant un FAI est Internet Service Provider (ISP) ou Internet Access Provider (IAP). Beaucoup d'entreprises de télécommunications (appelés aussi opérateurs) sont également des FAI.

Les équipements d'un FAI forment un ou plusieurs réseaux autonomes (on parle d'ailleurs d'Autonomous System) et ont la maîtrise complète de l'architecture, du dimensionnement et de l'organisation de leurs liaisons.



## ANNEXE : LES ORGANISMES D'INTERNET

---

### ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers)

L'ICANN est une organisation internationale sans but lucratif dont le rôle premier est d'allouer l'espace des adresses de protocole Internet (IP), d'attribuer les identificateurs de protocole, de gérer le système de nom de domaine de premier niveau pour les codes génériques (gTLD) et les codes nationaux (ccTLD), et d'assurer les fonctions de gestion du système de serveurs DNS racines. C'est une autorité de régulation de l'Internet.

Par le contrôle qu'elle exerce sur l'affectation des noms de domaines de premier niveau, l'ICANN délivre en pratique un droit de délégation sur la vente des noms de domaines à différentes organisations, comme VeriSign pour les domaines .com et .net ou l'AFNIC pour le domaine .fr.

- Site : <http://www.icann.org/>
- Description des rôles de l'ICANN (fr) : <http://www.icann.org/tr/french.html>

### InterNIC (The Internet's Network Information Center)

C'était le service d'information enregistrant l'ensemble des noms de domaines d'Internet. Cet organisme a été instauré en 1992, afin de pouvoir faire face à l'ouverture d'Internet au public et vit son rôle disparaître en 1998, lors de l'ouverture à la concurrence; pour être remplacé par l'Internet corporation for assigned names and numbers (ICANN).

- Site : <http://www.internic.net/index.html>
- Recherche Whois : <http://www.internic.net/whois.html>

## IANA (Internet Assigned Numbers Authority)

C'est une organisation dont le rôle est la gestion de l'espace d'adressage IP d'Internet, et des autres ressources partagées de numérotation requises soit par les protocoles de communication sur Internet, soit pour l'interconnexion de réseaux à Internet. Depuis 1998, elle est une composante de l'ICANN, l'autorité suprême de régulation de l'Internet.

De manière générale, les ressources à gérer "mondialement" au niveau d'Internet sont :

- **Noms de domaine** : l'IANA gère la zone racine du DNS (assignations de domaines de premier niveau) ainsi que les délégations dans les zones .int et .arpa.
- **Numéros d'AS** : l'IANA assigne des blocs de AS aux RIR (Registres Internet Régionaux). Liste : <http://www.iana.org/assignments/as-numbers/as-numbers.xml>
- **Adresses IP** : l'IANA a découpé l'espace d'adressage IPv4 en 256 blocs (/8). Chacun de ces blocs est libre, réservé, assigné dans le passé ou alloué à un RIR (Registre Internet Régional). Pour IPv6, l'IANA assigne des blocs de taille /12 à 13 aux RIR. Liste : <http://www.iana.org/assignments/ipv4-address-space/ipv4-address-space.xml> et <http://www.iana.org/assignments/ipv6-unicast-address-assignments/ipv6-unicast-address-assignments.xhtml>
- **Numéros de protocoles et de port** : l'IANA gère également les numéros de protocoles de nombreux protocoles différents sur IP. L'IANA publie notamment la liste des numéros de ports TCP et UDP. Cette liste est reprise par les différents systèmes d'exploitation (Windows, Mac Os, Unix, Linux...etc.), notamment le fichier /etc/services sous les systèmes de type UNIX/Linux. Liste : <http://www.iana.org/protocols/>

Site : <http://www.iana.org/numbers/>



## ANNEXE : LES RIR (REGIONAL INTERNET REGISTRY) ET LIR (LOCAL INTERNET REGISTRY)

---

Un RIR (Regional Internet Registry) est un organisme qui alloue les blocs d'adresses IP (adressage IPv4, IPv6) et des numéros d'Autonomous System dans sa zone géographique. Il existe aujourd'hui cinq RIR :



- RIPE-NCC (Réseaux IP Européens) pour l'Europe et le Moyen-Orient ;
- ARIN (American Registry for Internet Numbers) pour l'Amérique du Nord ;
- APNIC (Asia Pacific Network Information Center) pour l'Asie et le Pacifique ;
- LACNIC (Latin American and Caribbean IP address Regional Registry) pour l'Amérique latine et les îles des Caraïbes ;
- Afrinic (African Network Information Center) pour l'Afrique.

Un LIR (Local Internet Registry) est un organisme qui a reçu une allocation d'adresse IP d'un registre Internet régional (RIR) en vue d'assigner ces adresses à des tiers (en général, ses clients) ou pour ses besoins propres. Un LIR est généralement un fournisseur d'accès à Internet.

### RIPE NCC (Réseaux IP Européens - Network Coordination Centre)

C'est un registre régional d'adresses IP. Il dessert l'Europe et une partie de l'Asie, notamment au Moyen-Orient. C'est une organisation privée de droit néerlandais et son siège est à Amsterdam. Ses membres sont des opérateurs réseaux et fournisseurs de service Internet. Les membres du RIPE NCC sont appelés les Local Internet Registries (LIR), le RIPE NCC lui-même étant un des cinq Regional Internet Registries (RIR).

Quand on parle de RIPE tout court, on fait en général référence au rassemblement informel des acteurs européens de l'Internet. Ces acteurs se réunissent deux fois par an. Le RIPE NCC est une organisation qui assure notamment les fonctions de registre et le support logistique et administratif au RIPE.

Le RIPE NCC, comme les autres RIR, distribue les ressources internet :

- les adresses IPv4,
- les adresses IPv6,
- les numéros d'Autonomous System (ASN) utilisés pour le routage entre opérateurs (utilisation du protocole BGP).

Il maintient également le moteur de la base de données publique (Routing Registry). La mise à jour des informations est du ressort des LIR.

Site : <http://www.ripe.net/>

Recherche whois dans la base de données RIPE :

<http://www.db.ripe.net/whois/>

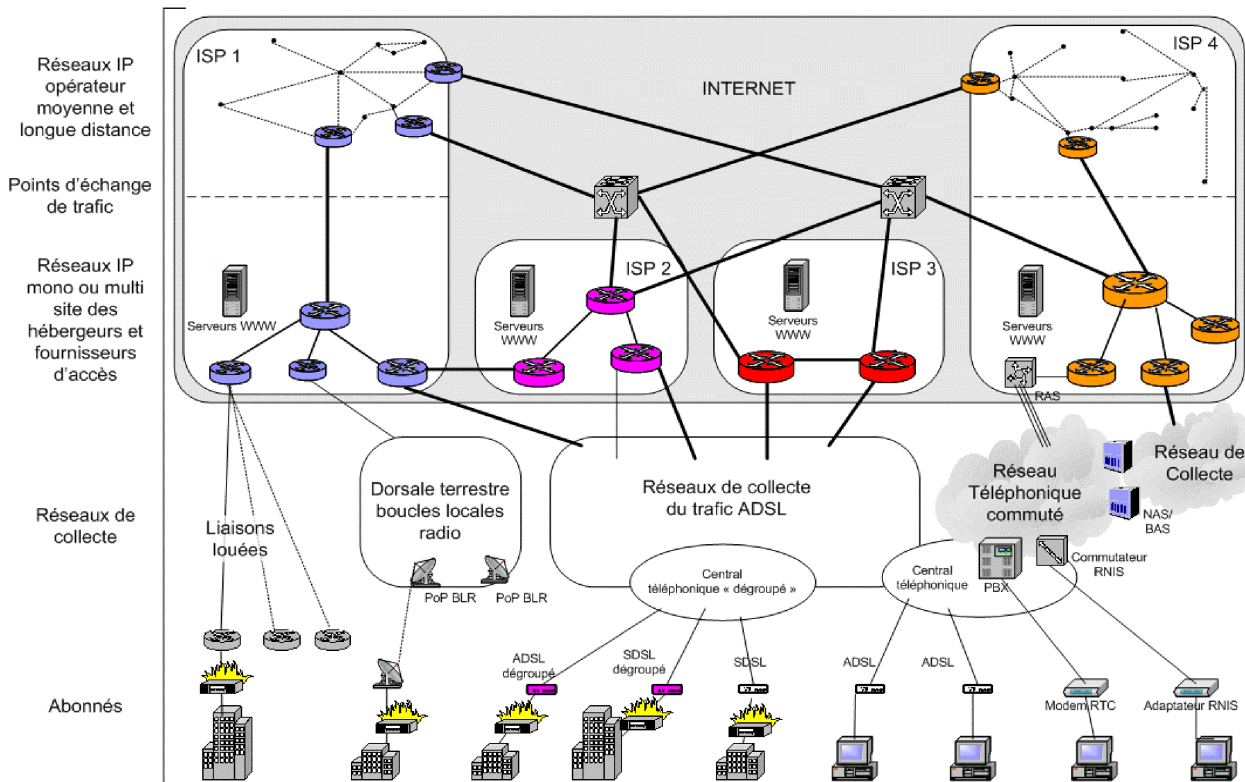
## **AFNIC (Association française pour le nommage Internet en coopération)**

C'est une association à but non lucratif de type loi 1901. Elle gère les TLD .fr et .re ainsi que le .tf.

Site : <http://www.afnic.fr/>

## ANNEXE : STRUCTURE INTERNET ET ISP

Architecture IP de l'INTERNET



Copyright © 1989-2003 Transnumeric. Tous droits réservés.

