

DING DONG!

INTERNET'S
HERE.

Anatomie d'un raccordement à Internet

De l'abonné via son fournisseur d'accès

Nicolas Hernandez

Cours de DUT informatique – 2^{ème} année
IUT de Nantes – Département Informatique
2006 – 20**

©XKCD

Nantes, le January 31, 2021

Sommaire

Abonné, FAI et propriétaires de liaison

L'abonné, son FAI et le propriétaire de la liaison

Le casting complet (en France)

Schéma de raccordement, Equipements et Liaisons

Les protocoles de transport jusqu'au FAI

Cartes de l'Internet

L'abonné, son FAI et le propriétaire de la liaison

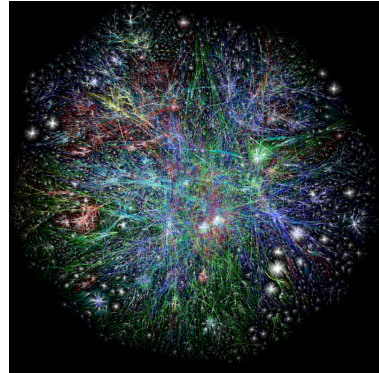
- **Fournisseur d'Accès Internet (FAI)** est un type d'**opérateur de télécommunication** qui met à disposition des services de communication à distance entre des personnes/organismes
- **Client/abonné** est une personne/organisme qui a souscrit un abonnement à un FAI
- **Propriétaire de l'infrastructure (i.e. des liaisons physiques)** partagée par tous les abonnés et celle du raccordement personnel des abonnés à ce réseau



Le FAI est propriétaire de l'infrastructure et tout le monde est client du même FAI

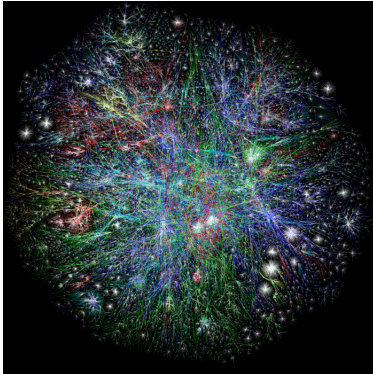
Le casting complet (en France) 1/2

- **Plusieurs FAI** (e.g. Orange/ France Télécom/ PTT, Free, Bouygues Telecom...) donc plusieurs propriétaires potentiels qui doivent s'accorder pour interconnecter leurs réseaux et leurs abonnés
- Des **infrastructures souvent propriétés de sociétés de gestion des réseaux** nationaux (auto-)routiers, ferroviaires, électriques, fluviaux **louées** à des FAI ou pas (e.g. câble atlantique Google, réseaux des universités RENATER)



Carte d'Internet par Barrett Lyon
2003 opte.org project

Le casting complet (en France) 2/2



Carte d'Internet par Barrett
Lyon 2003 opte.org project

- En 2001, **FT, opérateur historique, perd son monopole sur le raccordement final** des abonnés (de leur domicile au réseau de leur FAI), aussi appelé **boucle locale**
- Le dégroupage autorise la concurrence, qui peut raccorder avec l'infra/technique de son choix. Quand Orange est encore propriétaire, on parle de **dégroupage partiel** et non total
- Au sein d'un **même immeuble/rue, des abonnés auprès de différents FAI** et donc des infra/techniques de raccordement physique potentiellement différentes
- Mais l'accueil d'un **équipement de raccordement d'un opérateur alternatif requiert de la place "dans la rue"**, pas toujours possible

Sommaire

Abonné, FAI et propriétaires de liaison

Schéma de raccordement, Equipements et Liaisons

Schéma d'un raccordement xDSL

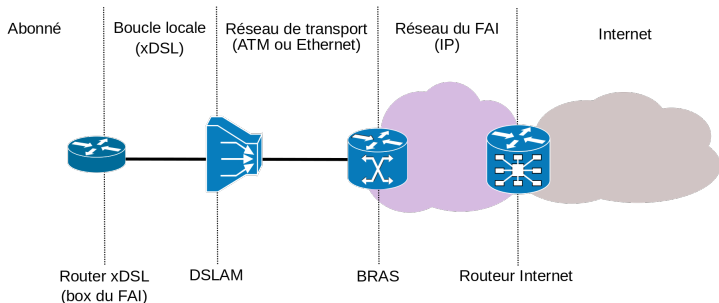
Equipements de raccordement

Liaisons/techniques de transport des données numériques

Les protocoles de transport jusqu'au FAI

Cartes de l'Internet

Schéma d'un raccordement xDSL



Même principe pour les raccordements finaux avec des liaisons de très haut débit (fibre, câble...)

Equipements de raccordement

- **Routeur chez abonné** (box du FAI) conçu pour une technique d'acheminement de données numériques vers l'Internet (DSL, fibre...) Si raccordement est téléphonique on parle de **Modem**, convertit données numériques en signaux analogiques par *modulation* d'amplitude/fréquence
- **Digital Subscriber Line Access Multiplexer (DSLAM)**
 - "entonnoir" qui rassemble/converge flux des abonnés en un seul lien à fort débit (i.e. fibre optique) par multiplexage¹
 - possédé par Orange ou par FAI (si dégroupage)
 - Selon la place, accueilli dans local des **Noeuds de Raccordements d'Abonnés (NRA)**
- **Broadband (Remote) Access Server (B(R)AS)**, gère l'authentification du client auprès du FAI (via serveur/proxy RADIUS) et la transmission des paramètres IP
- **Routeur du FAI** pour s'interconnecter à d'autres réseaux

¹technique pour faire passer plusieurs informations à travers un seul support de transmission e.g. temporelle, fréquentielle

Noeud de Raccordement d'Abonnés (NRA)



aussi appelé **Central téléphonique** ou **concentrateur**

Liaisons/techniques de transport des données numériques

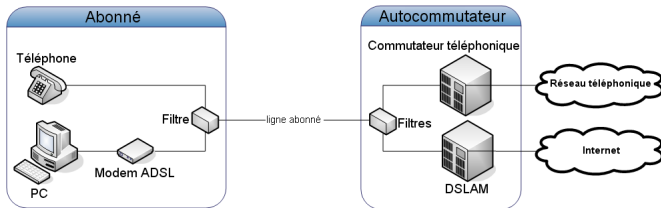
1/2

Réseau Téléphonique Commuté (RTC) utilise la ligne (paire) de cuivre pour porter la voix. Infra non conçue pour porter des données. En 2019, 50% des liaisons physiques de boucle locale sont des lignes de cuivre²

- **Digital Subscriber Line (xDSL)** : technique pour transporter données numériques sur ligne téléphonique en utilisant fréquences non utilisées
Le débit (les fréquences exploitables) va dépendre de la qualité du support de cuivre, la distance...
- Une ligne téléphonique **éligible** a la capacité physique de supporter l'xDSL

²www.arcep.fr/cartes-et-donnees/nos-publications-chiffrees/observatoire-des-abonnements-et-deploiements-du-haut-et-tres-haut-debit-observatoire-haut-et-tres-haut-debit-abonnements-et-deploiements-t4-20.html

Boucle locale exploitée avec la technique ADSL



Requiert des **filtres** chez l'abonné (au niveau de la prise tél') et au sein du NRA (appelé ici *Autocommutateur*) pour "répartir" les fréquences relatives au transport téléphonique de celles des données numériques ; on parle aussi de **répartiteur**

Filtres / Répartiteurs de fréquences dans un "grand" NRA



Chez l'abonné :

Dans le local du NRA, des répartiteurs puis des DSLAM :



Liaisons/techniques de transport des données numériques

2/2

- L'infrastructure d'**Internet est en fibres optiques** (plusieurs types de fibres et donc plusieurs débits possibles)
- Internet à Très Haut débit à domicile :
 - la " **fibre** " (**technique FTTH – Fiber to the Home**), boucle locale en fibre optique
 - ou le " **câble** " (**FTTLA – to the last amplifier**), raccordement final en câble coaxial (cuivre), qui sert à diffusion de TV et de débit moindre (surtout déployé par SFR)

Sommaire

Abonné, FAI et propriétaires de liaison

Schéma de raccordement, Equipements et Liaisons

Les protocoles de transport jusqu'au FAI

Point to Point Protocol (PPP)

PPPoA, PPPoE, IPoA

Layer 2 Tunneling Protocol (L2TP)

Cartes de l'Internet

Point to Point Protocol (PPP)

- Sur une ligne téléphonique classique, au plus 2 personnes peuvent communiquer simultanément ; idem via des modems : au plus deux ordinateurs. On appelle cela : **liaison point à point**
- **Point to Point Protocol (PPP)**, RFC 1661 de 1994, protocole de niveau liaison OSI, conçu pour le transport de paquets multi-protocoles sur une liaison simple point à point
- **un champ pour indiquer le protocole encapsulé, un champ pour le protocole encapsulé éventuellement des bits de bourrage**
- PPP permet de lever l'ambiguïté sur des paquets provenant de protocoles différents
- Du modem client au BAS si appartient au FAI et sinon jusqu'au 1er serveur réseau du FAI

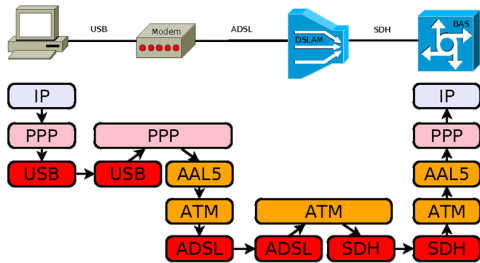
Asynchronous Transfert Mode (ATM)

- En terme de protocole de transport de données du modem/routeur de l'abonné au BAS, les opérateurs de télécom préfèrent l'**Asynchronous Transfert Mode (ATM)** à IP/Ethernet
- ATM, protocole niveau 3/réseau OSI, transporte les données par petits paquets de taille fixe : les cellules.
Très bien adapté au transport de paquets commutés, avec des circuits (virtuels) point à point, et une gestion de QoS (Quality of Service) fine...
- **ATM Adaptation Layer (AAL-5 la plus courante)** Couche au-dessus de l'ATM permettant d'adapter les couches supérieures au transport de cellules ATM. Liée aux applications, affiner la QoS selon exigences du service utilisateur en termes de débit, avec/sans connexion

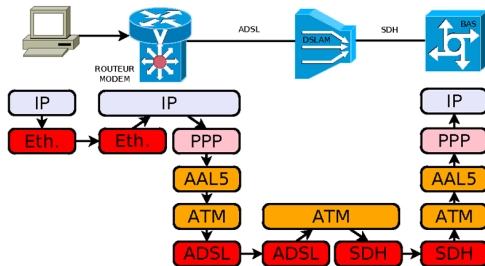
Schéma de raccordement
Les protocoles

PPPoA
Avec modem USB

P)
[L2TP]

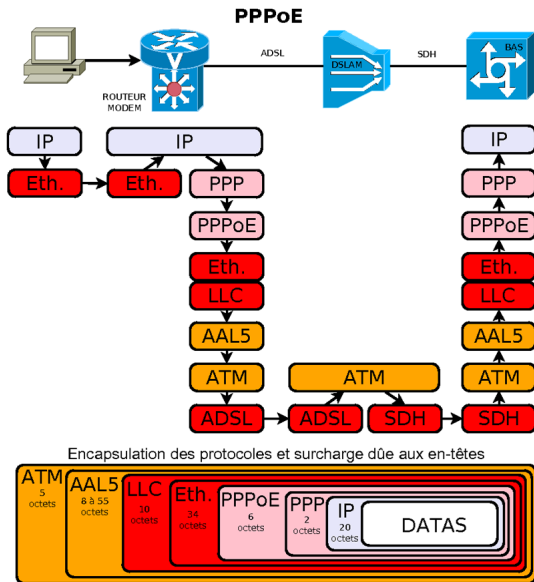


Avec modem / routeur

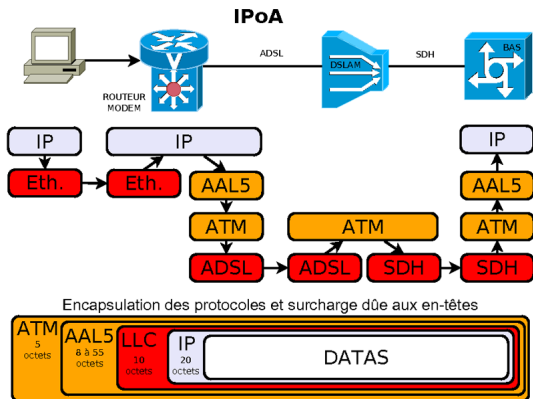


Encapsulation des protocoles et surcharge due aux en-têtes





IP over ATM

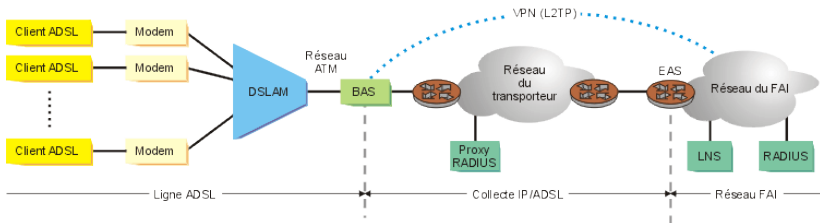


Crédit <https://grandzebu.net/informatique/protocoles.htm>

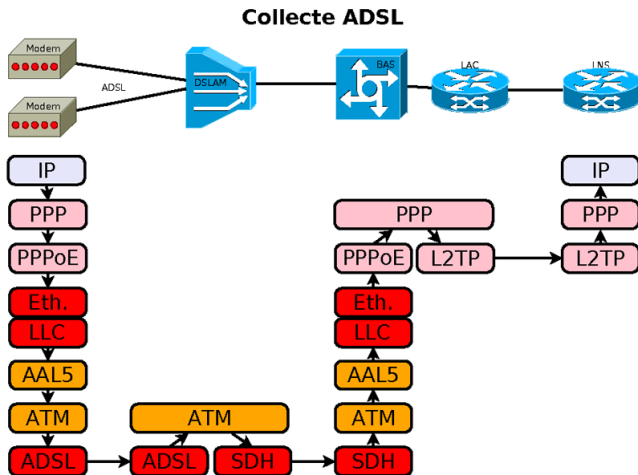
Layer 2 Tunneling Protocol (L2TP) 1/3

Si FAI ne possède pas de DSLAM et de BAS (i.e. n'a pas de liaison directe avec l'abonné), l'opérateur, propriétaire de l'infra, offre **tunnélisation de niveau 2/Liaison OSI** pour transporter les données de l'abonné au réseau du FAI

- Des trames PPP du modem au BAS...
- ...encapsulées dans des trames L2TP via deux serveurs :
 - le Concentrateur d'Accès L2TP (**L2TP Access Concentrator (LAC)**) situé au niveau du BAS
 - et le Serveur Réseau L2TP (**L2TP Network Server (LNS)**) situé dans le réseau du FAI derrière **Équipement d'Accès au Service (EAS)**



Layer 2 Tunneling Protocol (L2TP) 2/3



Layer 2 Tunneling Protocol (L2TP) 3/3

- L2TP, protocole de tunneling (Virtual Private Network (VPN)) de niveau 2/Liaison OSI, fusion des protocoles L2F (Layer 2 Forwarding) de Cisco et PPTP (Point to Point Tunneling Protocol) de Microsoft
- En 1999, défini pour transporter des sessions PPP (RFC 2661),
- généralisé ensuite en 2005 (RFC 3931) pour transporter n'importe quel protocole de niveau 2 (e.g. Ethernet, ATM) entre deux noeuds IP (L2TPv3)
- Entre le LAC et le LNS, si le réseau est IP, les trames L2TP peuvent être encapsulés de l'IP/UDP
- L2TP n'offre aucun service de sécurité (excepté l'intégrité). Si le réseau traversé par le tunnel n'est pas sûr, L2TP doit être sécurisé avec IPsec (confidentialité)

Sommaire

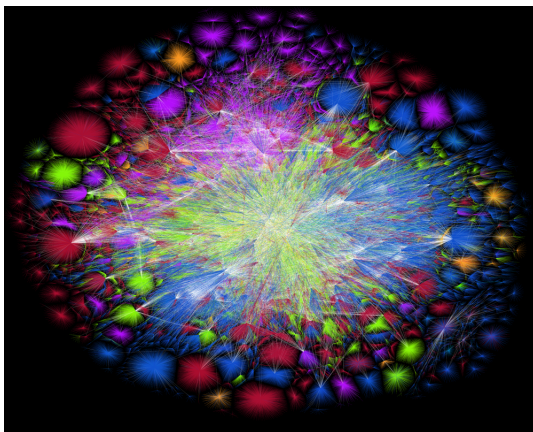
Abonné, FAI et propriétaires de liaison

Schéma de raccordement, Equipements et Liaisons

Les protocoles de transport jusqu'au FAI

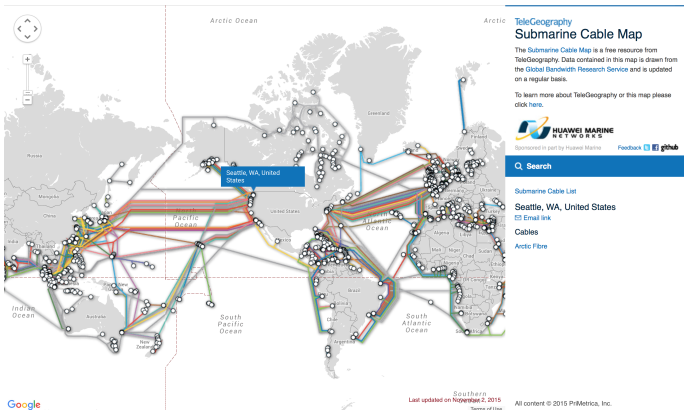
Cartes de l'Internet

Routes entre 2 IPs (distance/délai et couleur/zone géo)



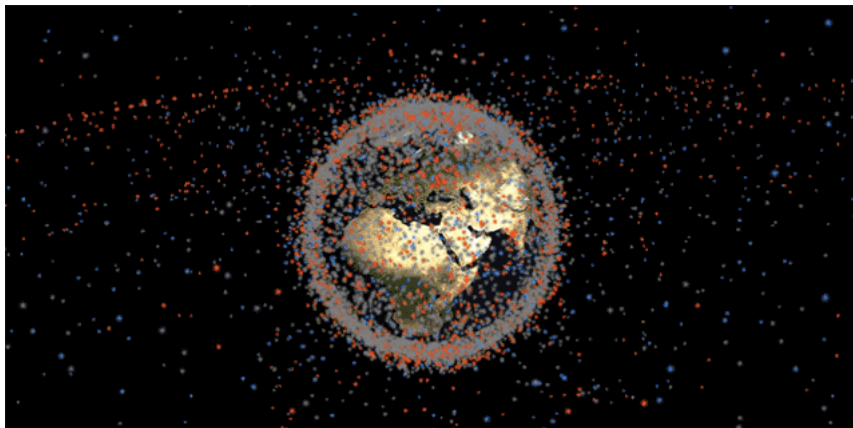
2015 <http://www.opte.org/the-internet/>

Câbles sous-marins



<https://www.submarinemap.com/>

Satellites de télécommunication



<https://www.space-track.org>



Références

Et crédits pour de nombreuses images !

- 7 amazing maps of the Internet
<https://www.kaspersky.com/blog/amazing-internet-maps/10441>
- Glossaire Télécom <https://wallu.pagesperso-orange.fr>
- Petit résumé des protocoles et standards réseaux les plus courants
<https://grandzebu.net/informatique/protocoles.htm>
- Anatomie d'une connexion ADSL
<http://christian.caleca.free.fr/adsl>
- How adsl Works (BT = British Telecom)
<https://kitz.co.uk/adsl/equip.htm>