



Partie 1 : Introduction aux réseaux

Olivier GLÜCK

Université LYON 1 / Département Informatique

Olivier.Gluck@univ-lyon1.fr

<http://perso.univ-lyon1.fr/olivier.gluck>



Copyright

- Copyright © 2024 Olivier Glück; all rights reserved
- Ce support de cours est soumis aux droits d'auteur et n'est donc pas dans le domaine public. Sa reproduction est cependant autorisée à condition de respecter les conditions suivantes :
 - Si ce document est reproduit pour les besoins personnels du reproducteur, toute forme de reproduction (totale ou partielle) est autorisée à la condition de citer l'auteur.
 - Si ce document est reproduit dans le but d'être distribué à des tierces personnes, il devra être reproduit dans son intégralité sans aucune modification. Cette notice de copyright devra donc être présente. De plus, il ne devra pas être vendu.
 - Cependant, dans le seul cas d'un enseignement gratuit, une participation aux frais de reproduction pourra être demandée, mais elle ne pourra être supérieure au prix du papier et de l'encre composant le document.
 - Toute reproduction sortant du cadre précisé ci-dessus est interdite sans accord préalable écrit de l'auteur.



Remerciements

- Certains transparents sont basés sur des supports de cours de :
 - Danièle DROMARD (PARIS 6)
 - Andrzej DUDA (INP Grenoble/ENSIMAG)
 - Alain MILLE (LYON 1)
 - CongDuc PHAM (LYON 1)
 - Michel RIVEILL (Université de Nice/ESSI)
 - L'Institut National des Télécommunications (INT)
 - Cisco Networking Academy
- Des figures sont issues des livres cités en bibliographie

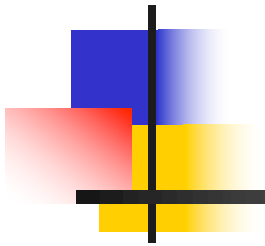


Plan de la partie 1

- Organisation pratique et contenu du module
- Bibliographie
- Les réseaux : brefs historiques, normalisation
- Pourquoi les réseaux ? Fonctions de base
- Classifications et aperçus des réseaux
- Aperçus industriels : opérateurs et constructeurs mondiaux, marché français
- Evolutions actuelles
- Exemple du réseau de l'université



Organisation pratique et contenu du module





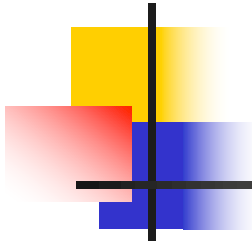
Le module Réseaux : organisation

- Environ 60h de présentiel étudiant
- 8 séances de 3h de Cours = 24h
- 11 séances de 1h30 de TD = 16h30
- 6 séances de 3h de TP = 18h
 - Les groupes de TD et TP sont figés dès la 1^{ère} séance de TD
 - Salles « Réseaux » : TPR2 et TPR3 (Linux/Windows 2000), pas d'accès extérieur (on est coupé du monde), possibilité de câblage, root sur les machines
- Validation de l' UE : 100% Contrôle Continu
 - Note de TD (20%) : 3 QCM Moodle + QROCs
 - TP final noté (20%)
 - CC mi-parcours (0h30 ou 0h45) en amphi (20%)
 - Contrôle de fin de module (1h ou 1h30) en amphi (40%)



Cisco Certified Networking Academy

- Une certification professionnelle reconnue
- Une formation complémentaire aux enseignements de l'UE
- Facultatif
- Beaucoup de travail personnel (plus de 4h par semaine pendant 6 ou 7 semaines)
- 6 séances surveillées de QCM ou TP noté en salle TP du Nautibus (de 16h15 à 18h15...)
- N'intervient pas dans l'évaluation de l'UE
- Un plus si vous comptez poursuivre dans les réseaux (M2SRIV)
- Peut vous servir à trouver un stage
- La moitié des TPs se font sur du matériel CISCO



Planif Printemps 2024							
-----		Grp-A	Ens-A	Grp-B	Ens-B	Grp-C	Ens-C
18/01/2024	08h00	CM-1	OG	CM-1	OG	CM-1	OG
18/01/2024	09h45	CM-2	OG	CM-2	OG	CM-2	OG
18/01/2024	11h30						
-							
19/01/2024	14h00	CM-3	OG	CM-3	OG	CM-3	OG
19/01/2024	15h45	CM-4	OG	CM-4	OG	CM-4	OG
19/01/2024	17h30						

25/01/2024	08h00						
25/01/2024	09h45	CM-5	OG	CM-5	OG	CM-5	OG
25/01/2024	11h30	CM-6	OG	CM-6	OG	CM-6	OG
-		date limite certif					
26/01/2024	14h00	CM-7	OG	CM-7	OG	CM-7	OG
26/01/2024	15h45	CM-8	OG	CM-8	OG	CM-8	OG
26/01/2024	17h30						

01/02/2024	08h00						
01/02/2024	09h45	CM-9	OG	CM-9	OG	CM-9	OG
01/02/2024	11h30	CM-10	OG	CM-10	OG	CM-10	OG
-							
02/02/2024	14h00	CM-11	OG	CM-11	OG	CM-11	OG
02/02/2024	15h45	TD-1	OG	TD-1	EJ	TD-1	FD
02/02/2024	17h30						

08/02/2024	08h00	Certif-1	OG				
08/02/2024	09h45	CM-12	OG	CM-12	OG	CM-12	OG
08/02/2024	11h30	CM-13	OG	CM-13	OG	CM-13	OG
-							
09/02/2024	14h00	CM-14	OG	CM-14	OG	CM-14	OG
09/02/2024	15h45	CM-15	OG	CM-15	OG	CM-15	OG
09/02/2024	17h30						

15/02/2024	08h00	Certif-2	OG				
15/02/2024	09h45	CM-16	OG	CM-16	OG	CM-16	OG
15/02/2024	11h30	TD-2	OG	TD-2	EJ	TD-2	FD
-							
16/02/2024	14h00	TD-3	OG	TPR-1	EJ YC	TD-3	FD
16/02/2024	15h45	TD-4	OG	TPR-1	EJ YC	TD-4	FD
16/02/2024	17h30						

22/02/2024	08h00	TPR-1	OG LD				
22/02/2024	09h45	TPR-1	OG LD	TD-3	EJ	TD-5	FD
22/02/2024	11h30	Certif-3	OG	TD-4	EJ	TD-6	FD
-							
23/02/2024	14h00	TD-5	OG	TD-5	EJ	TPR-1	JB YC
23/02/2024	15h45	TD-6	OG	TD-6	EJ	TPR-1	JB YC
23/02/2024	17h30						

29/02/2024	08h00	Vacances		Vacances		Vacances	
29/02/2024	09h45	Vacances		Vacances		Vacances	
29/02/2024	11h30	Vacances		Vacances		Vacances	
-							
01/03/2024	14h00	Vacances		Vacances		Vacances	
01/03/2024	15h45	Vacances		Vacances		Vacances	
01/03/2024	17h30	Vacances		Vacances		Vacances	

07/03/2024	08h00						
07/03/2024	09h45	CC-mi	OG	CC-mi		CC-mi	FD
07/03/2024	11h30	TPF-1	OG LD	TPF-1	YC	TPF-1	FD JB
-							
08/03/2024	14h00						
08/03/2024	15h45						
08/03/2024	17h30						

14/03/2024	08h00	TPR-2	OG TE				
14/03/2024	09h45	TPR-2	OG TE	TD-7	EJ	TPF-2	FD JB
14/03/2024	11h30	TPR-2	OG TE	TPF-2	EJ YC	TD-7	FD
-							
15/03/2024	14h00	TD-7	OG	TPR-2	EJ TE	TD-8	FD
15/03/2024	15h45	TPF-2	OG LD	TPR-2	EJ TE		
15/03/2024	17h30	Certif-4	OG	TPR-2	EJ TE		

21/03/2024	08h00	TD-8	OG	TD-8	EJ	TPR-2	LD TE
21/03/2024	09h45	TPF-3	OG JB	TPF-3	EJ YC	TPR-2	LD TE
21/03/2024	11h30	TPF-3	OG JB	TPF-3	EJ YC	TPR-2	LD TE
-							
22/03/2024	14h00	TD-9	OG	TD-9	EJ	TD-9	FD
22/03/2024	15h45	TD-10	OG	TD-10	EJ	TPF-3	FD LD
22/03/2024	17h30					TPF-3	FD LD

28/03/2024	08h00	TPR-3	OG TE				
28/03/2024	09h45	TPR-3	OG TE			TD-10	FD
28/03/2024	11h30	TPR-3	OG TE	TD-11	EJ	TD-11	FD
-							
29/03/2024	14h00	TD-11	OG	TPR-3	EJ TE		
29/03/2024	15h45	Certif-5	OG	TPR-3	EJ TE		
29/03/2024	17h30			TPR-3	EJ TE		

04/04/2024	08h00					TPR-3	LD TE
04/04/2024	09h45					TPR-3	LD TE
04/04/2024	11h30					TPR-3	LD TE
-							
05/04/2024	14h00	Certif-6	OG JB				
05/04/2024	15h45	Certif-7	OG JB				
05/04/2024	17h30						

11/04/2024	08h00						
11/04/2024	09h45						
11/04/2024	11h30						
-							
12/04/2024	14h00						
12/04/2024	15h45						
12/04/2024	17h30						

18/04/2024	08h00						
18/04/2024	09h45	CC-TP	OG YC TE	CC-TP	EJ LD JB FI	CC-TP	
18/04/2024	11h30	CC-TP	OG YC TE	CC-TP	EJ LD JB FI	CC-TP	
-							
19/04/2024	14h00	CC-F	OG	CC-F	EJ	CC-F	FD
19/04/2024	15h45						
19/04/2024	17h30						

- Planning provisoire voir ADE

- Cisco est optionnel, Attention aux dates des CC

- Je vais faire les groupes de TD/TP



Questions ?

- Vous et les réseaux ?
- Avez-vous suivi LIFASR2 ?
- Ordinateur chez vous ?
- Quel système d'exploitation ?
- Connexion Internet ?
- Programmation en C ?
- Certains d'entre vous seront amenés à faire un stage dans les réseaux...



Le module LIFASR6 : contenu (1)

- P1 + P2 : Introduction aux réseaux et Notions de base
 - représentation de l'information, transmission de données, supports et techniques de transmission
 - architectures en couches, encapsulation, modèles OSI et TCP/IP
- P3 : Notions de protocoles
 - fanion et transparence, contrôle d'intégrité
 - contrôle de l'échange, contrôle de flux
 - signalisation



Le module LIFASR6 : contenu (2)

- P4 : Liaison de données
 - rôle de la liaison de données, fonctionnalités
 - exemple de protocoles : HDLC, SLIP, PPP
- P5 : Réseaux locaux
 - architecture IEEE 802, couches MAC, LLC
 - étude d' Ethernet (origine, trames, les Ethernet)
 - politique d' accès, topologie et commutation
 - aspects protocolaires
 - aperçus VLAN, réseaux sans fil



Le module LIFASR6 : contenu (3)

- P6 : Le concept de réseau
 - commutation (circuits/messages/paquets)
 - adressage, nommage, MTU
 - acheminement, fonction et protocoles de routage
 - problèmes de congestion
- P6 : Interconnexion de réseaux
 - passerelles, répéteurs, ponts, routeurs
 - étude d'un exemple



Le module LIFASR6 : contenu (4)

- P7 : Architecture TCP/IP
 - pile et applications TCP/IP
 - adressage et routage dans IP
 - protocole IP, protocoles de transport (UDP/TCP)
 - pourquoi IPv6 ?
 - se connecter à Internet (FAI, mode d'accès)
- Les applications ?



Bibliographie

- « *Réseaux* », 4ième édition, Andrew Tanenbaum, Pearson Education, ISBN 2-7440-7001-7
- « *Réseaux et Télécoms* », Claude Servin, Dunod, ISBN 2-10-007986-7
- « *Analyse structurée des réseaux* », 2ième édition, J. Kurose et K. Ross, Pearson Education, ISBN 2-7440-7000-9
- « *TCP/IP Illustrated Volume 1, The Protocols* », W. R. Stevens, Addison Wesley, ISBN 0-201-63346-9
- « *TCP/IP, Architecture, protocoles, applications* », 4ième édition, D. Comer, Dunod, ISBN 2-10-008181-0
- « *An Engineering Approach to Computer Networking* », Addison-Wesley, ISBN 0-201-63442-6
- Internet...
 - <http://www.guill.net/>
 - <http://www.courseforge.org/courses/>
 - <http://www.commentcamarche.net/ccmdoc/>
 - <http://www.rfc-editor.org/> (documents normatifs dans TCP/IP)



Brefs historiques et normalisation

Les télécommunications (1)

- **Télécommunications** = toutes techniques de transfert d'information
 - techniques : filaires, radio, optiques, satellites, ...
 - information : symboles, écrits, images fixes ou animées, son, vidéos, ...



Transfert fiable d'information entre entités communicantes :

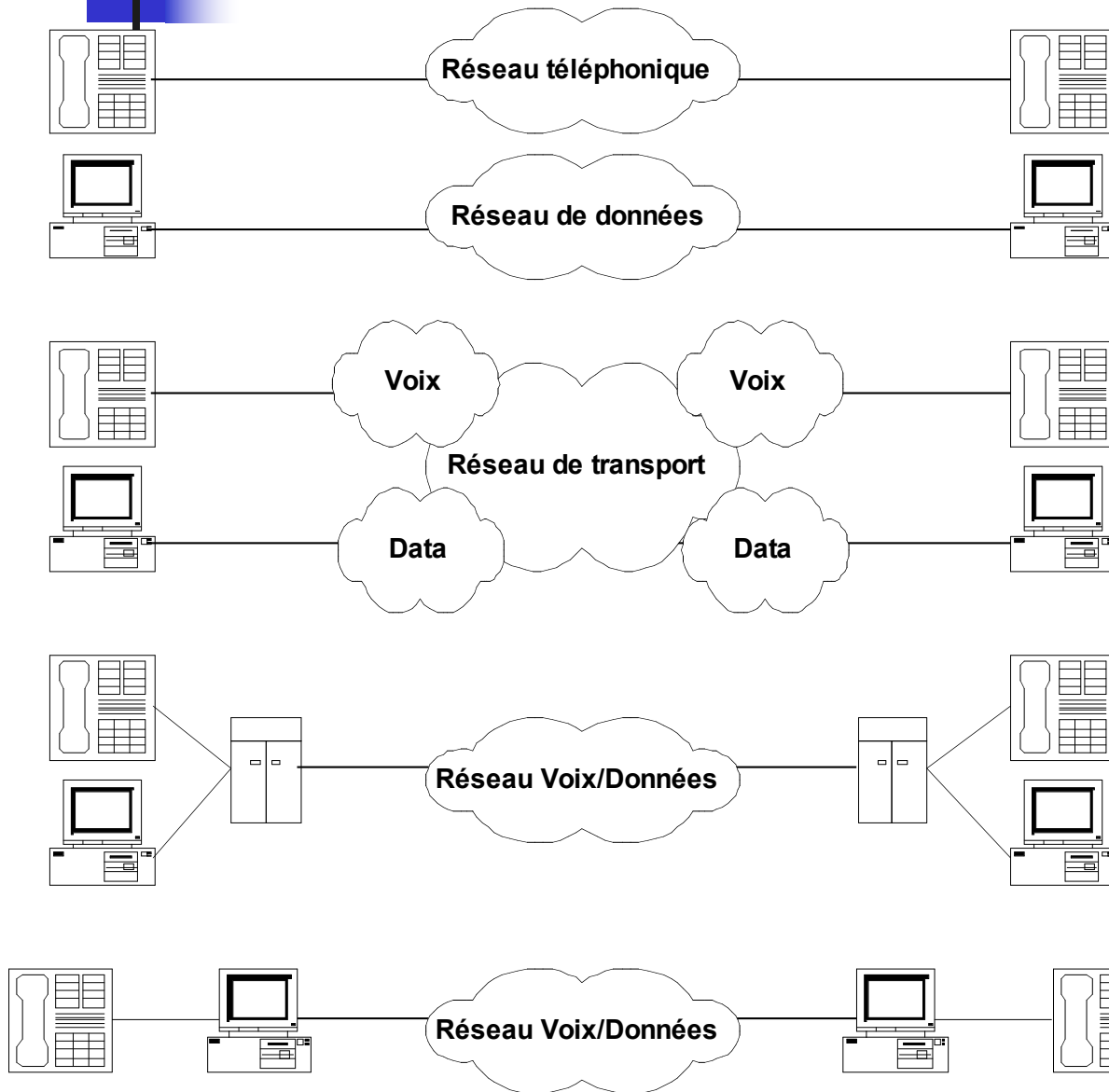
- données traduites (compréhensibles par A et B)
- support de communication (lien)
- adaptation entité/support
- une procédure d'échange (**protocole** = ensemble de règles à suivre pour effectuer un échange d'information)



Les télécommunications (2)

- 1932 : l'Union Télégraphique Internationale devient Union Internationale des Télécommunications (**UIT**)
- Télégraphie -> Téléphonie -> Communication (Internet = interconnexion de réseaux)
- Progrès techniques considérables :
 - -> Banalisation des flux (voix, données)
 - -> Convergence des techniques
- Aujourd'hui, les télécoms sont partout !
 - Téléphone, mobile, fax, minitel, cartes de crédit, télévisions, radios, satellites, Internet...

Les télécommunications (3)



- Etape 1 :
 - réseaux physiquement séparés (FT 1960)
- Etape 2 :
 - voix numérisée
 - accès distincts
- Etape 3 :
 - voix paquetisée
 - traitement de bout en bout identique
 - un seul accès physique
 - protocoles usagers <>
- Etape 4 :
 - même interface d'accès



Bref historique (1)

- 1832 : alphabet de Morse (système de transmission codée)
 - breveté en 1840
 - première liaison en 1844
 - 1856 en France
 - première liaison transatlantique en 1858
- 1899 : première liaison télégraphique par onde hertzienne France/Angleterre
- 1938 : principe de numérisation du signal
 - MIC = Modulation par Impulsions Codées
- 1948 : invention du transistor



Bref historique (2)

- 1956 : premier câble téléphonique transocéanique avec 15 répéteurs immergés
- 1962 : satellite Telstar 1 -> première liaison de télévision transocéanique
- 1969 : premiers pas de l'homme sur la lune en direct
- 1979 : ouverture au public du premier réseau mondial de transmission de données par paquets X.25 (France : Transpac)
- 1981 : Le minitel



Bref historique (3) ... et Internet ?

- 1959-1968 : Programme ARPA
 - ministère américain de la défense : lancer un réseau capable de supporter les conséquences d'un conflit nucléaire
- 1969 : ARPANET, l'ancêtre d'Internet
 - les universités américaines s'équipent de gros ordinateurs et se connectent au réseau ARPANET
- 1970-1982 : Ouverture sur le monde
 - premières connexions avec la Norvège et Londres
- 1983 : Naissance d'Internet
 - protocole TCP/IP -> tous les réseaux s'interconnectent, les militaires quittent le navire



Bref historique (4) ... et Internet ?

- 1986 : Les autoroutes de l' Information
 - la *National Science Foundation* décide de déployer des super-ordinateurs pour augmenter le débit d' Internet
- 1987-1992 : Les années d' expansion
 - les fournisseurs d' accès apparaissent, les entreprises privées se connectent au réseau
- 1993-2003 : L' explosion d' Internet
 - ouverture au grand public
 - avènement du WEB et courrier électronique
 - -> marché considérable

Bref historique (5)

1970	Arpanet, premier e-mail premier Ethernet expérimental, TCP/IP
1980	X.25 Transpac première carte Ethernet, Unix BSD sockets, NFS 1000 sites connectés, DNS Token Ring FDDI
1990	10 000 sites connectés, WWW Arpanet -> Internet, X.25 -> Frame Relay, ATM 100 WWW, première radio sur Internet Lycos, Java, IP sur ATM Altavista
2000	ligne Renater France/US à 155Mbit/s



La normalisation (1)

- « Normalisation » : ensemble de règles destinées à satisfaire un besoin de manière similaire
 - réduction des coûts d'études
 - rationalisation de la fabrication
 - garantie d'un marché plus vaste
 - garantie d'inter-fonctionnement, d'indépendance vis à vis d'un fournisseur, de pérennité des investissements
- Aboutissement d'une concertation entre industriels, administrations et utilisateurs
- Exemple dans les réseaux mobiles :
 - GSM 900, DCS 1800 en Europe



La normalisation (2)

- ***U.I.T.*** *Union Internationale des Télécommunications* (ex CCITT)
(Genève) <http://www.itu.ch>
 - recommandations pour les pays moins avancés
 - recommandations pour les télécommunications internationales
 - **UIT-R : Radiocommunications (allocations des fréquences)**
 - **UIT-T : Télécommunications**
 - **UIT-D : développement**

- ***E.T.S.I.*** *European Telecommunications Standard Institute*
(Sofia Antipolis) <http://www.etsi.org>
 - responsable de la normalisation des Télécommunications en Europe (réseaux publics et leur moyen d'accès)
 - recommandations identiques à celles de l'U.I.T.

- ***A.N.S.I.*** *American National Standard Institute*
(New York) <http://www.ansi.org>
 - équivalent américain de l'ETSI



La normalisation (3)

- ***I.E.E.E.*** *Institute of Electrical & Electronics Engineers (USA)*

<http://www.ieee.org>

- plus grande organisation professionnelle et universitaire du monde
- groupe de normalisation pour l'informatique (IEEE 802)

- ***I.S.O.*** *International Standardization Organization*

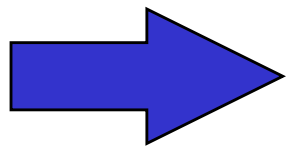
- organisation non gouvernementale
- centaine de pays membres
- édite des normes dans tous les domaines
- membre de l'UIT

- ***A.F.N.O.R.*** *Association Française de NORmalisation*

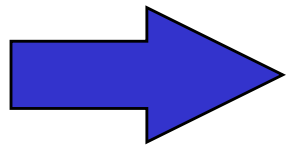
(Paris la Défense et régions) <http://www.afnor.fr>

- responsable de la normalisation en France
- membre de l'ISO

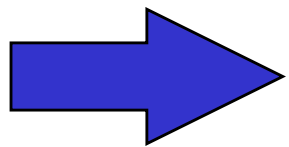
Loi de Réglementation des Télécommunications (LRT) *Le 18 juin 1996*



- aménage la concurrence des réseaux et services
- assure le maintien et le développement du service public
- crée une **autorité de régulation indépendante (ART)**



Libéralisation totale du secteur
Le 1er janvier 1998



Incidence sur la tarification

- rapprocher coûts/tarifs
- obligation du service universel (2 postes téléphoniques doivent pouvoir être mis en relation à tout instant)
- loyauté de la concurrence

L'observatoire de l'ARCEP

<http://www.arcep.fr/index.php?id=4>

Observatoires



Le CALENDRIER de publication ▶

▶ Le calendrier de publication des documents statistiques de l'ARCEP »

INVESTISSEMENTS et EMPLOIS des OPÉRATEURS ▶

▶ Les derniers chiffres : tableau des investissements et des emplois des opérateurs »

Services de COMMUNICATIONS ÉLECTRONIQUES ▶

▶ Les enquêtes trimestrielles

- Les derniers chiffres : **1er trimestre 2014** (publiés le 3 juillet 2014) »

▶ Les enquêtes annuelles

- L'année **2013** (*résultats provisoires* - publication le 28 mai 2014) (pdf) »
- Les années précédentes : 2012 / 2011 / 2010 / 2009 / 2008 / 2007 / 2006 / 2005 / 2004 / 2003 / 2002 / 2001 / 2000 / 1999 / 1998 »

▶ Les séries chronologiques

- Les séries **trimestrielles** : présentation / Télécharger le fichier des séries (xls) (*dernière série publiée : 1er trimestre 2014*) »
- Les séries **annuelles** (dernière série publiée : 1998 - 2013 (*résultats provisoires publiés en juin 2014*)) »

NB : ces séries sont également disponibles sur **Etalab**, la plateforme d'ouverture des données publiques »

SERVICES MOBILES ▶

▶ Les derniers chiffres : **2ème trimestre 2014** (publication le 31 juillet 2014) »

Indice des PRIX des SERVICES MOBILES ▶

▶ Évolution des prix des services mobiles en France

- 2010 - 2013 (*publication le 27 mai 2014*) »
- Les indices précédents : 2010 - 2012 / 2010 - 2011 / 2006 - 2010 / 2006 - 2009 »

COUVERTURE et QUALITÉ de SERVICE ▶

▶ La couverture et la qualité des services MOBILES

- Les résultats **2014** (*publication le 10 juillet 2014*) »
- Les précédents résultats de la **COUVERTURE** mobile »
- Les précédents résultats de la **QUALITÉ** de service »

▶ La qualité de service des RÉSEAUX FIXES

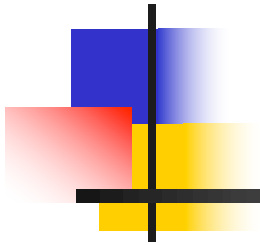
- L'accès au réseau
- Les derniers résultats : le **1er trimestre 2014** (*publication le 2 juillet 2014*) »
- Les résultats précédents

Le service téléphonique



Pourquoi les réseaux ?

Fonctions de base





Définitions (1)

- « **Télécommunications** » :

- toute transmission, émission ou réception de signes, de signaux, d'écrits, d'images, de sons ou de renseignements de toute nature, par fil, radioélectricité, optique ou autres systèmes électromagnétiques.

- « **Réseau de communication** » :

- ensemble de ressources (artères de transmission, commutateurs, ...) mis à la disposition d'équipements terminaux pour leur permettre d'échanger de l'information.



Définitions (2)

- « **Réseau public** » :
 - réseau accessible à tous moyennant une redevance d'usage.
- « **Réseau privé** » :
 - réseau regroupant une communauté d'utilisateurs appartenant à une même organisation.
- « **Réseau privé virtuel** » :
 - simulation d'un réseau privé à travers un réseau public.



Définitions (3)

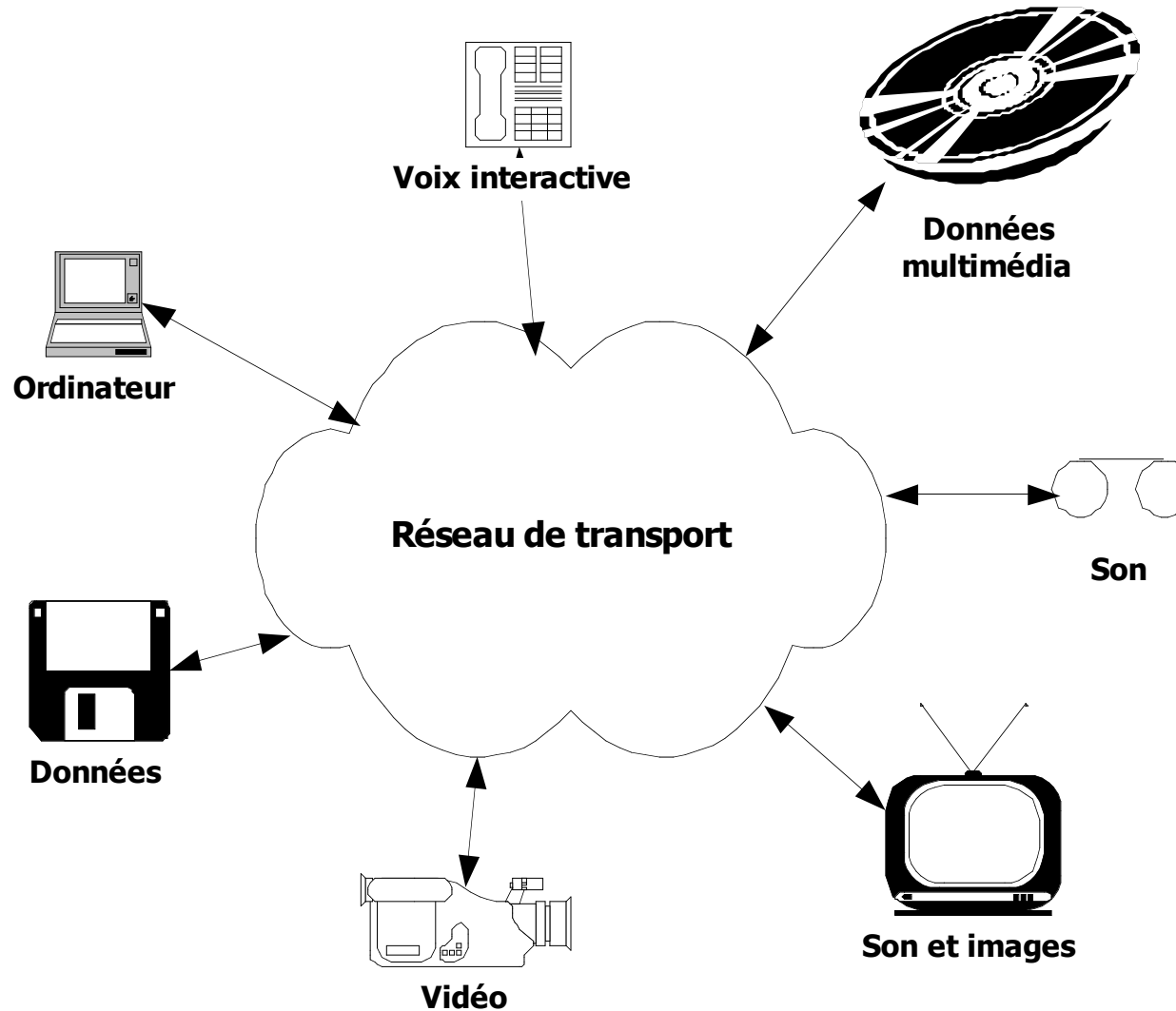
- « **Réseau de commutation** (ou commuté) » :
 - réseau dans lequel un abonné peut atteindre n'importe quel autre : mise en relation de 1 à 1 parmi N (ex : Réseau Téléphonique Commuté).
- « **Réseau d'entreprise** » :
 - réseau connectant les principaux points d'une entreprise, généralement privé.
- « **Réseau dorsal** » (*Backbone*) :
 - réseau jouant le rôle d'artère principale pour le trafic en provenance et à destination d'autres réseaux.



Les fonctions d'un réseau

- La transmission
 - point à point ou diffusion
- La commutation
 - comment mettre en relation un utilisateur avec n'importe quel autre ?
- La signalisation
 - repose sur l'échange d'informations de « services »
- L'administration et la gestion
 - détection des fautes
 - facturation au prix juste (ART)
 - configuration : nouveaux matériels, nouveaux utilisateurs
 - performances et qualité de services
 - sécurité

Les flux d'information





Les applications industrielles (1)

- Contrôle de la production, suivi des stocks, comptabilité, gestion clientèle : **pas de contraintes géographiques**
 - -> **partage de ressources** (bases de données, imprimante, scanners, graveurs...)
- Système de messagerie, vidéoconférence, réunions téléphoniques : **gain de temps**
 - -> **outil de communication**
- Commandes électroniques en temps réel : **efficacité, diminution des stocks**
 - -> **outil de conclusion d'affaires**



Les applications industrielles (2)

- Commerce électronique : **diminution des coûts**
 - -> **outil de vente directe**
- De nombreuses entreprises s'arrêtent en même temps que le réseau
 - banques
 - usines de production
- Distances entre les sites de plus en plus grandes
 - -> multinationales
 - grâce aux progrès des réseaux !

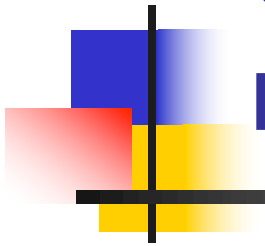


Les applications domestiques

- Internet, Internet, Internet...
 - recherche d'informations
 - communication entre personnes (e-mail, forums, messagerie instantanée, *chat...*)
 - divertissements interactifs
 - commerce électronique, vente aux enchères
 - gestion comptes en banques, opérations boursières
 - démarches administratives
 - *peer-to-peer* : (<> client/serveur) Napster
 - téléphonie, visiophonie, radio, vidéos à la carte...
 - enseignement à distance, travail à domicile ?
- Téléphonie, TV, Radio



Classifications et aperçus des réseaux



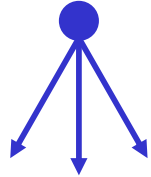


Des classifications

- Selon les types de transmission
 - -> supports (filaires, optiques, sans fil)
 - -> modes de diffusion
- Selon la taille
 - PAN, LAN, MAN, WAN, Internet
- Selon les performances
 - -> bande passante (débit), délais (latence)
- Selon le type des terminaux
 - -> réseaux téléphoniques
 - -> réseaux d'ordinateurs
 - -> réseaux domestiques

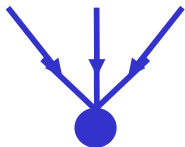
Les modes de diffusion

Source



■ *Diffusion 1 à N*

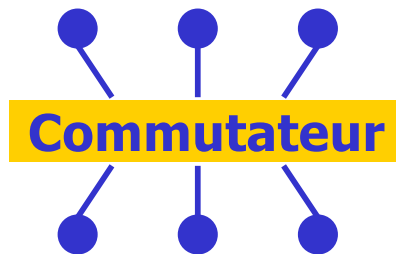
- réseaux de radiodiffusion
- réseaux locaux



Collecteur

Collecte 1 à N

réseaux de télémessure



Commutation 1 à 1 parmi n

Réseau Téléphonique Commuté



Classification selon la taille

- **PAN** - *Personal Area Network* - réseau personnel
 - 1 m : liaison sans fil ordinateur/souris,clavier,imprimante...
contrôle appareil auditif, stimulateur cardiaque...
- **LAN** - *Local Area Network* - réseau local
 - 10 m/1 km : salle/immeuble/campus
- **MAN** - *Metropolitan Area Network* - réseau métropolitain
 - 10 km : ville
- **WAN** - *Wide Area Network* - réseau longue distance
 - 100 km/1 000 km : pays/continent
- **Internet**
 - 10 000 km : planète, interconnexion de réseaux

Performances des réseaux

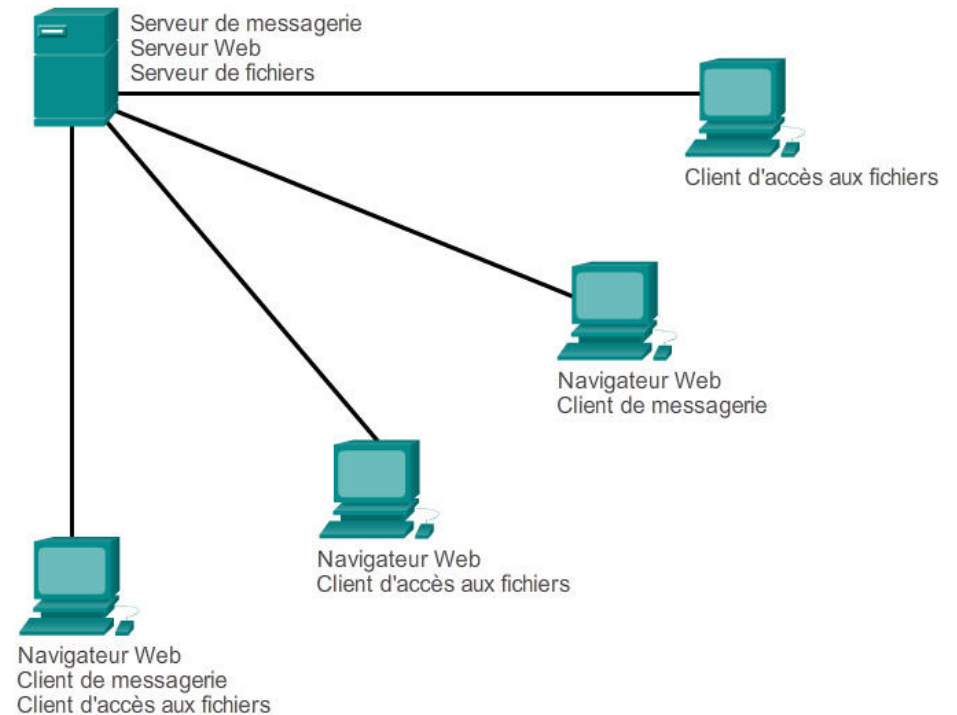
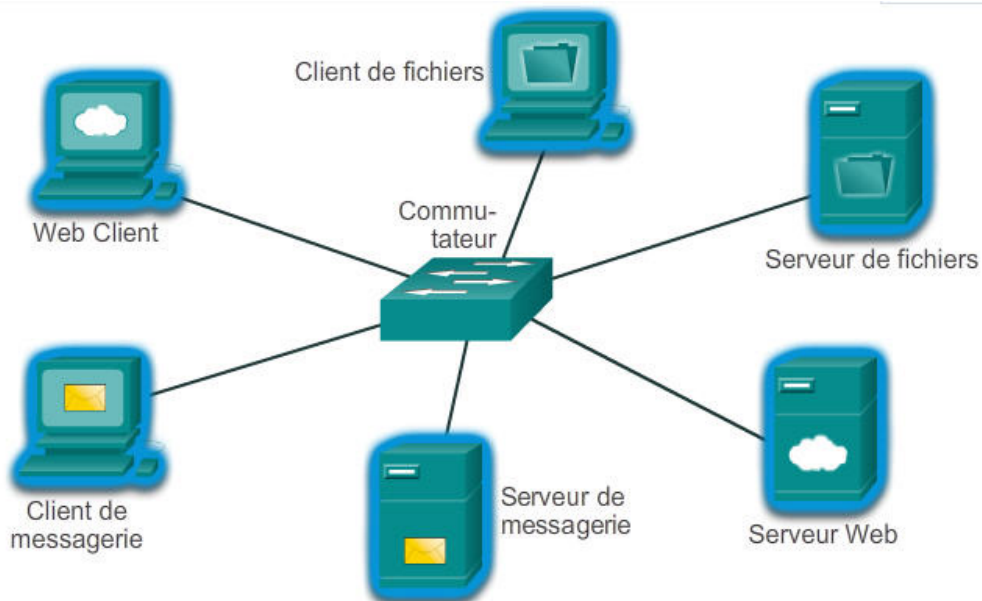
- **Débit** : nombre de bits que le réseau peut transporter par seconde
- **Latence** : nombre de secondes que met le premier bit pour aller de la source à la destination

en bits par seconde

Réseaux d'accès résidentiels					
RTC 64 K	Modem RTC 56 K	RNIS 64 K	ADSL 1 M à 8 M	Modem câble ~ 1-10 M	
Réseaux locaux et métropolitains					
Ethernet 10 M à 10 G	ATM 155 M	FDDI 100 M	DQDB jusqu'à 622 M		
Réseaux sans fil					
IEEE 802.11 11 M à 54 M	GSM jusqu'à 14,4 K	GPRS 114 K	UMTS jusqu'à 2 M	Satellites	
				Iridium jusqu'à 64 K	VSAT jusqu'à 512 K
Cœurs de réseau et réseaux de la recherche					
Renater 3				GEANT 155 M à 10 G	
Paris/DOM-TOM 128 K à 2 M	International jusqu'à 2,5 G	National 155 M à 2,5 G	Idf jusqu'à 80 G		

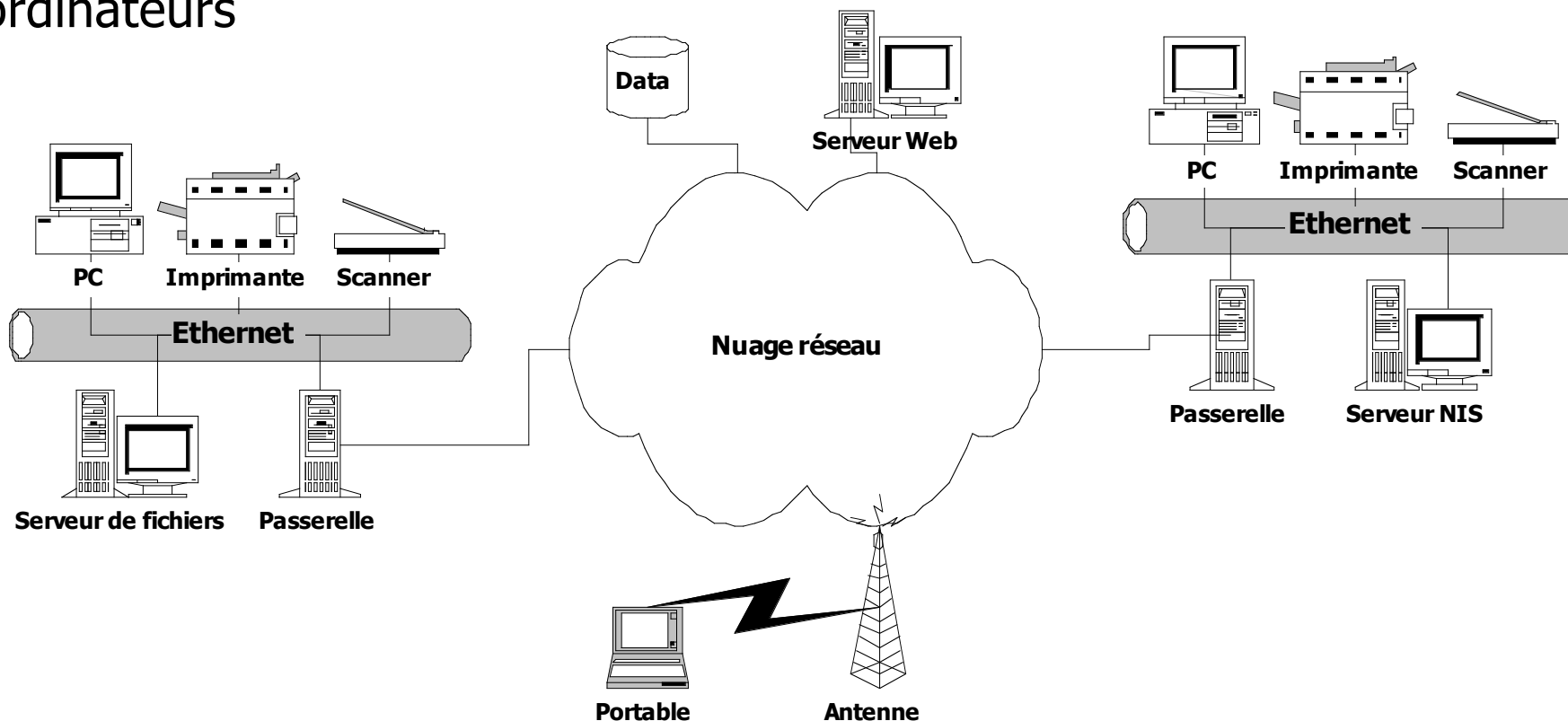
Réseaux d'ordinateurs (1)

- Des clients et des serveurs



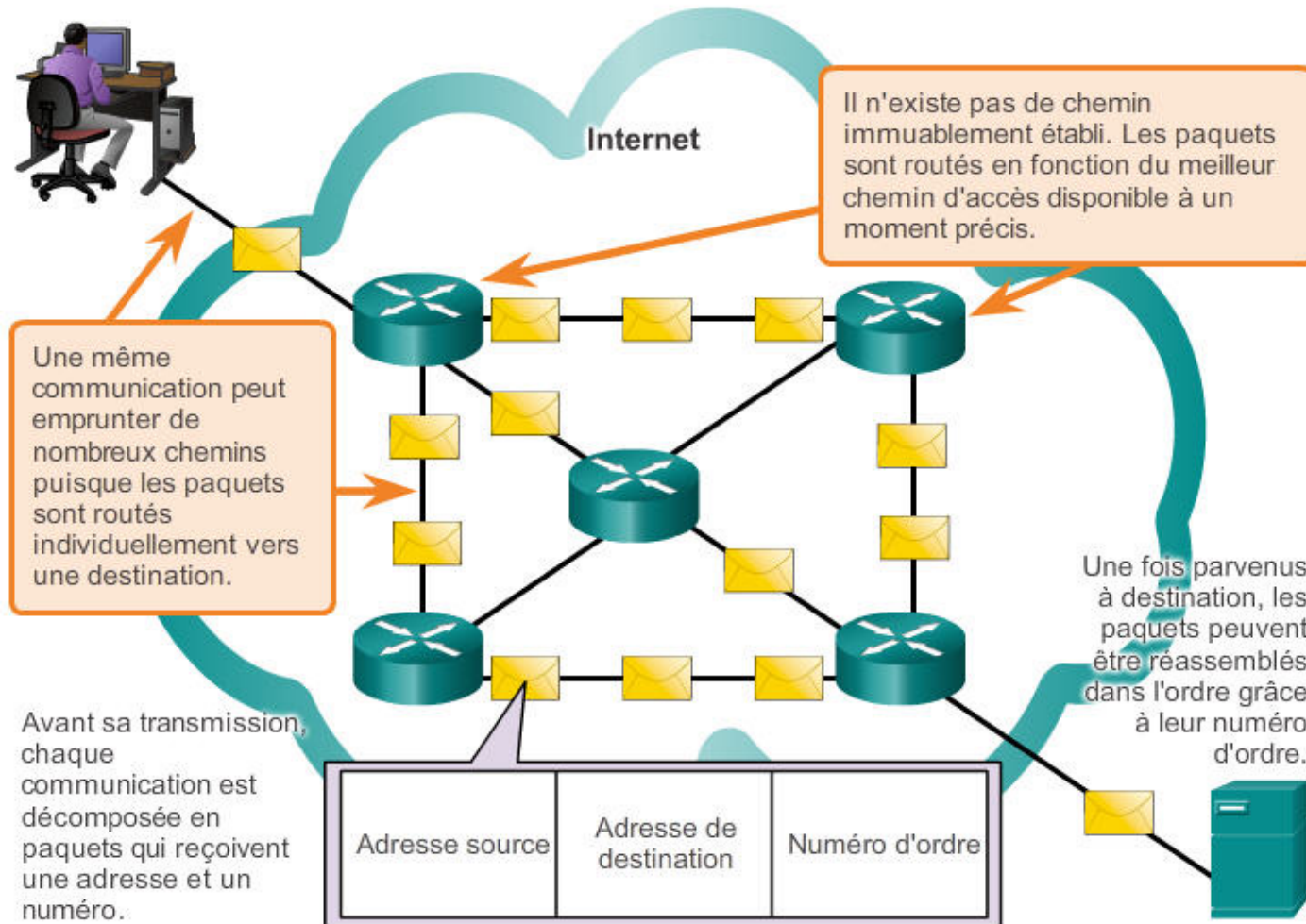
Réseaux d'ordinateurs (2)

- Ensemble d'ordinateurs autonomes interconnectés au moyen d'une seule technologie
- Applications situées sur les ordinateurs
- Permet la transmission de textes, images, vidéos, sons entre les ordinateurs



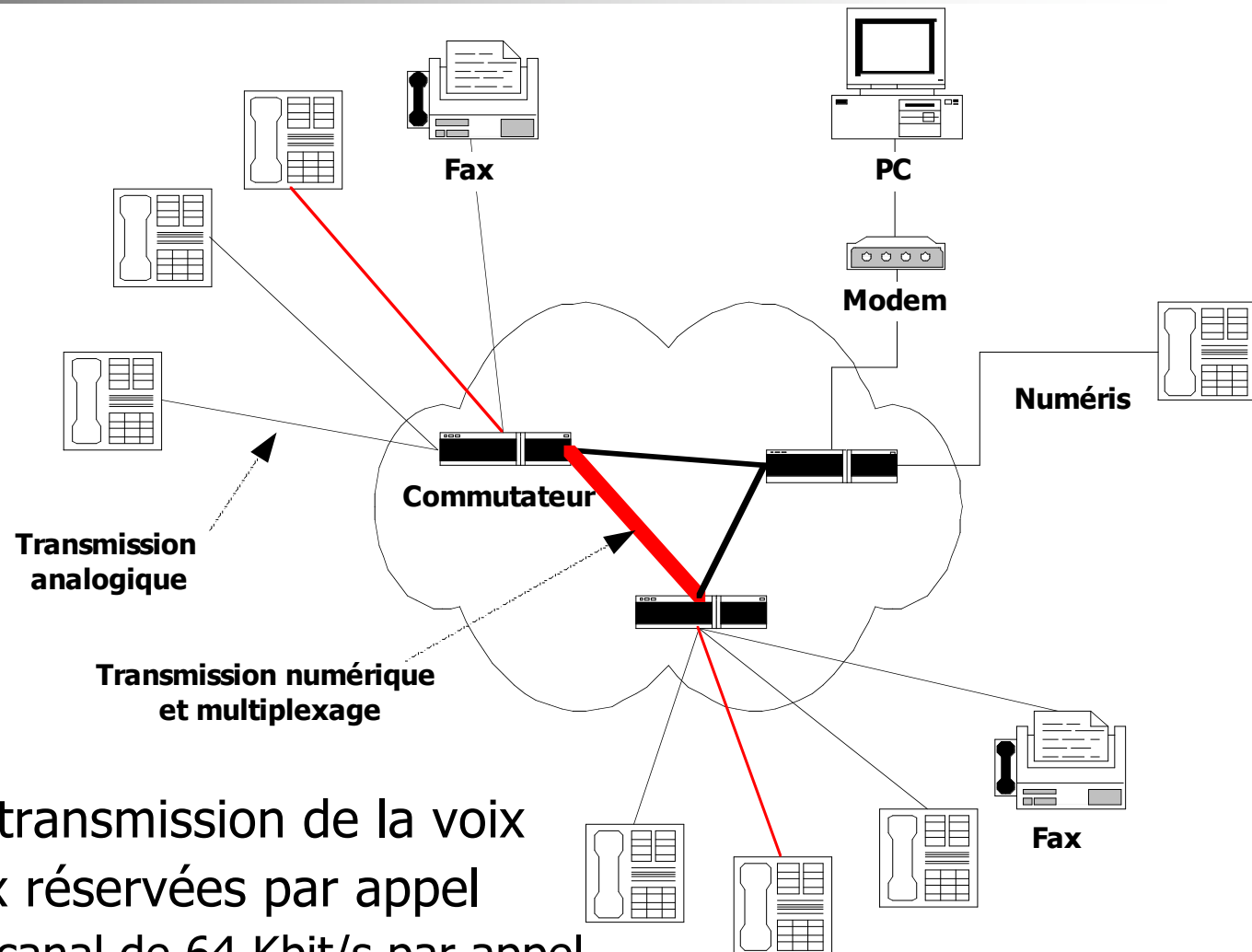
Réseaux d'ordinateurs (3)

Commutation de paquets dans un réseau de données



Pendant les périodes de pointe, une communication peut être retardée, mais pas refusée.

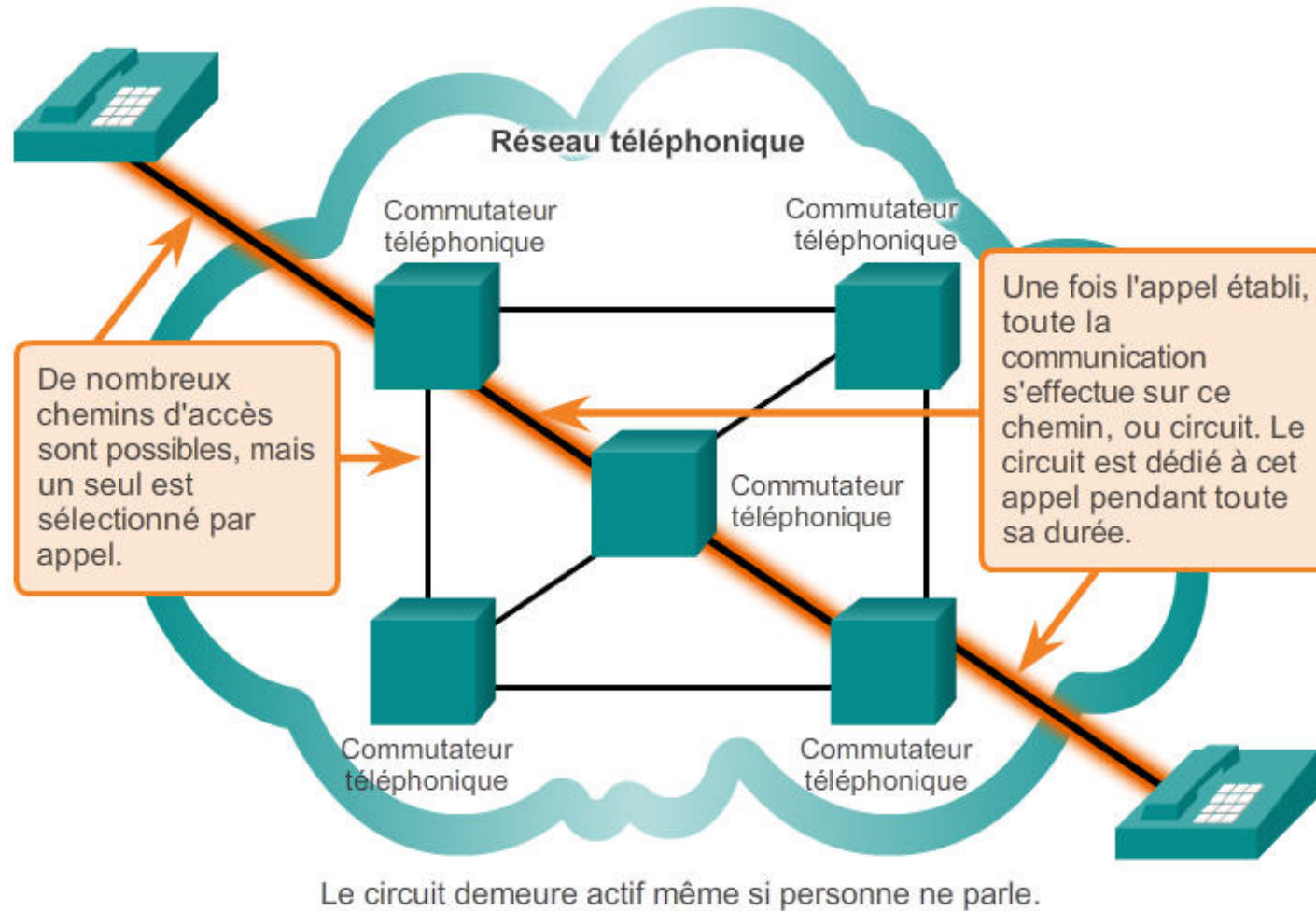
Réseaux téléphoniques (1)



- Spécialisés pour la transmission de la voix
- Ressources réseaux réservées par appel
 - commutation - 1 canal de 64 Kbit/s par appel
 - multiplexage en fréquence/temporel du lien

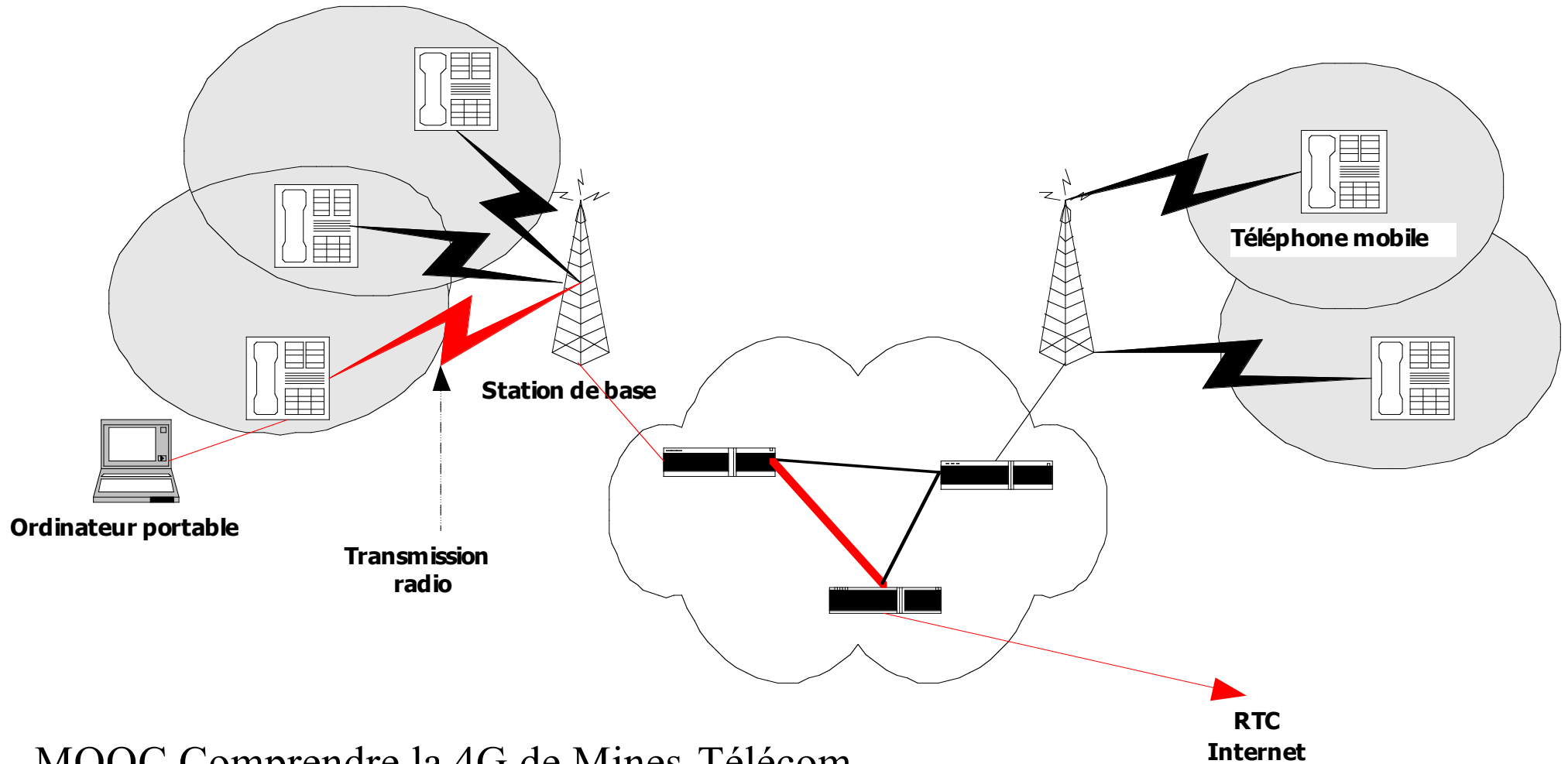
Réseaux téléphoniques (2)

Commutation de circuits dans un réseau téléphonique



Il existe de nombreux circuits, mais leur nombre n'est cependant pas illimité. Pendant les périodes de pointe, certains appels peuvent être rejetés.

Réseaux sans fil (1)



MOOC Comprendre la 4G de Mines-Télécom

<https://www.youtube.com/playlist?list=PLjXls-kqM6JCu5jYPrRzX3glSfX6Bev3m>



Réseaux sans fil (2)

- Différence accès mobile / accès sans fil
- Applications :
 - téléphonie mobile, radio, TV, satellites, infrarouge, usagers en déplacement, conférences informatiques, taxis, livreurs, armée, distributeurs de boissons, parcmètres
- LAN sans fil : IEEE 802.11
 - plusieurs dizaines de mètres - jusqu' à 50 Mbit/s
- Réseau cellulaire : territoire divisé en cellules
 - quelques kilomètres - ~ 1 Mbit/s
- *Bluetooth* : réseau sans fil de faible portée

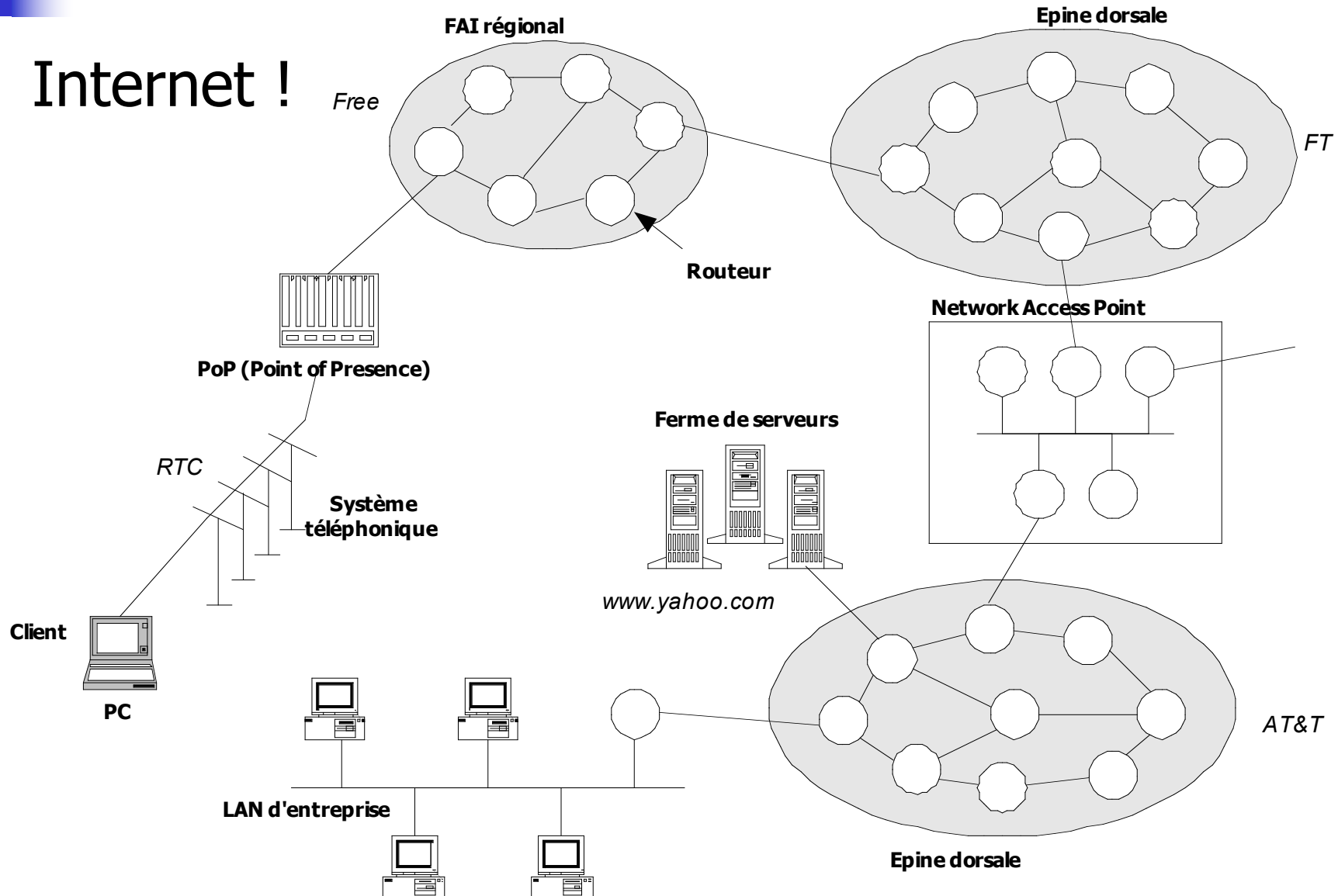


Réseaux domestiques

- Les réseaux du futur ? (1945 président IBM...)
- Réseau permettant aux appareils domestiques de communiquer entre eux + accès Internet
 - PC, portables, PDA, périphériques partagés
 - TV, DVD, lecteurs MP3, photos numériques, caméscopes
 - téléphones, mobiles, télécopieurs, ...
 - horloges, micro-ondes, fours, réfrigérateurs, ...
 - télémétrie et surveillance (compteurs, alarmes, vidéos)
- Besoin de débits importants à faibles coûts
- Problème de sécurité et de fiabilité

Réseaux de réseaux...


- Internet !



A decorative graphic on the left side of the slide consists of a vertical black line intersecting a horizontal black line. To the left of the vertical line, there are three overlapping squares: a blue one at the top, a red one in the middle, and a yellow one at the bottom.

Aperçus industriels : le marché des télécommunications

Il faut distinguer les opérateurs, les constructeurs, les fournisseurs de services (ex: FAI), les abonnés, ...



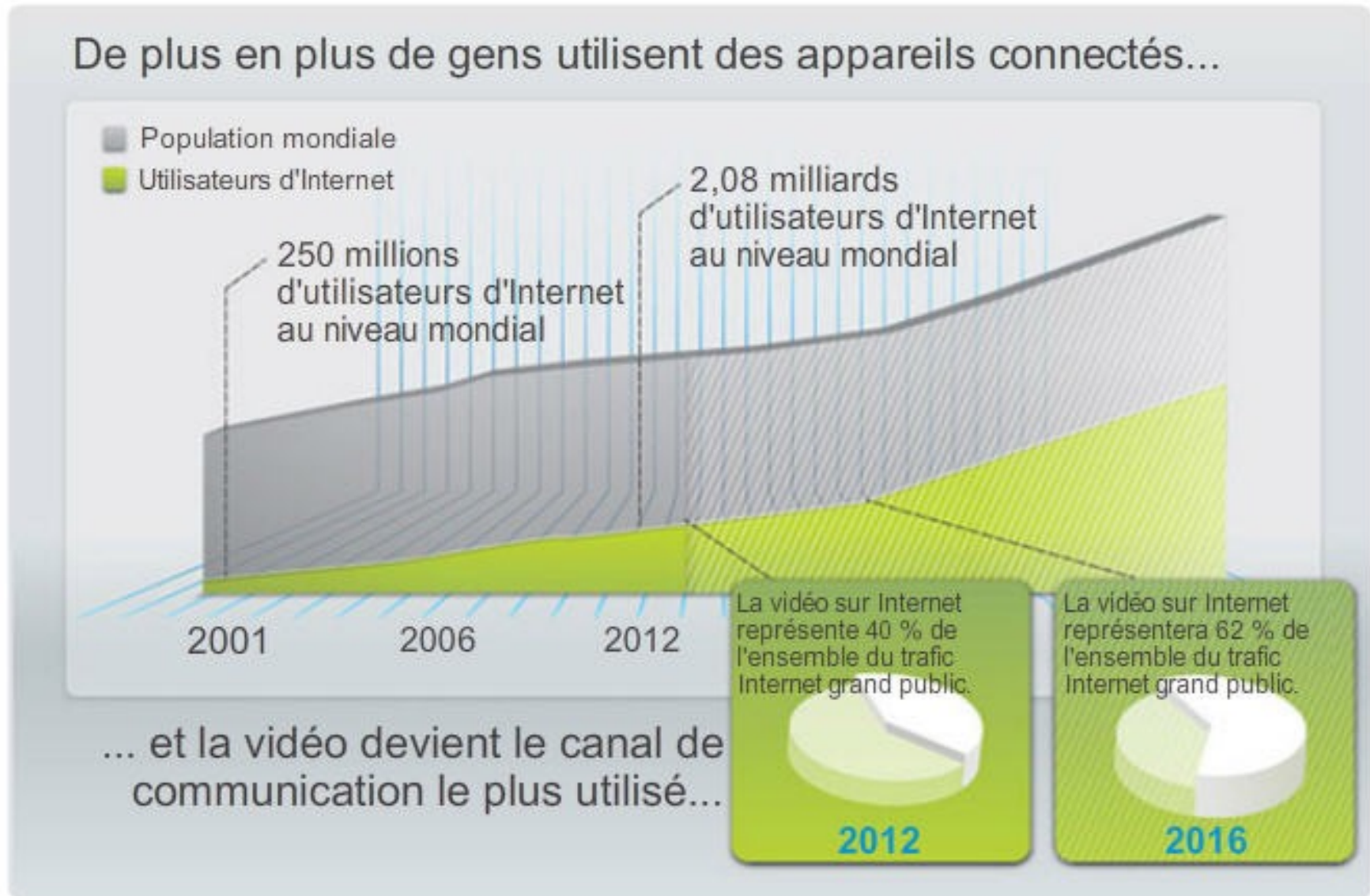
Dans ce datacenter, Google doit conserver la trace de milliards de pages web sur des millions de serveurs ! © Google



Evolutions actuelles (1)

- Une ère nouvelle : celle de la « communication » avec une explosion prévisible d'Internet
 - volume du trafic de données / conversations téléphoniques
 - augmentation du trafic, du nombre de sites, du nombre d'abonnés,...
 - augmentation des débits (le haut débit du futur ?)
 - changement de la nature des flux (multimédia)
 - téléphonie mobile (pas seulement pour téléphoner !)
UMTS, 3G, 4G, 5G...
- Importance des réseaux sans fil
 - accès à l'information partout, à n'importe quelle heure, sous n'importe quelle forme

Evolutions actuelles (2)





Evolutions 2013-2018 selon Cisco (1)

- D'ici 2018, il y aura près de **4 milliards d'utilisateurs d'Internet** (plus de 51% de la population mondiale). Il y en avait 2,5 milliard en 2013.
- D'ici 2018, il y aura 21 milliards d'équipements connectés. Il y en avait 12 milliards en 2013.
- Entre 2013 et 2018, la moyenne de la vitesse des accès va augmenter de 16 Mbps à 42 Mbps.
- En 2013, le trafic vidéo représentait 66% de tout le trafic Internet. En 2018, il représentera 79%.



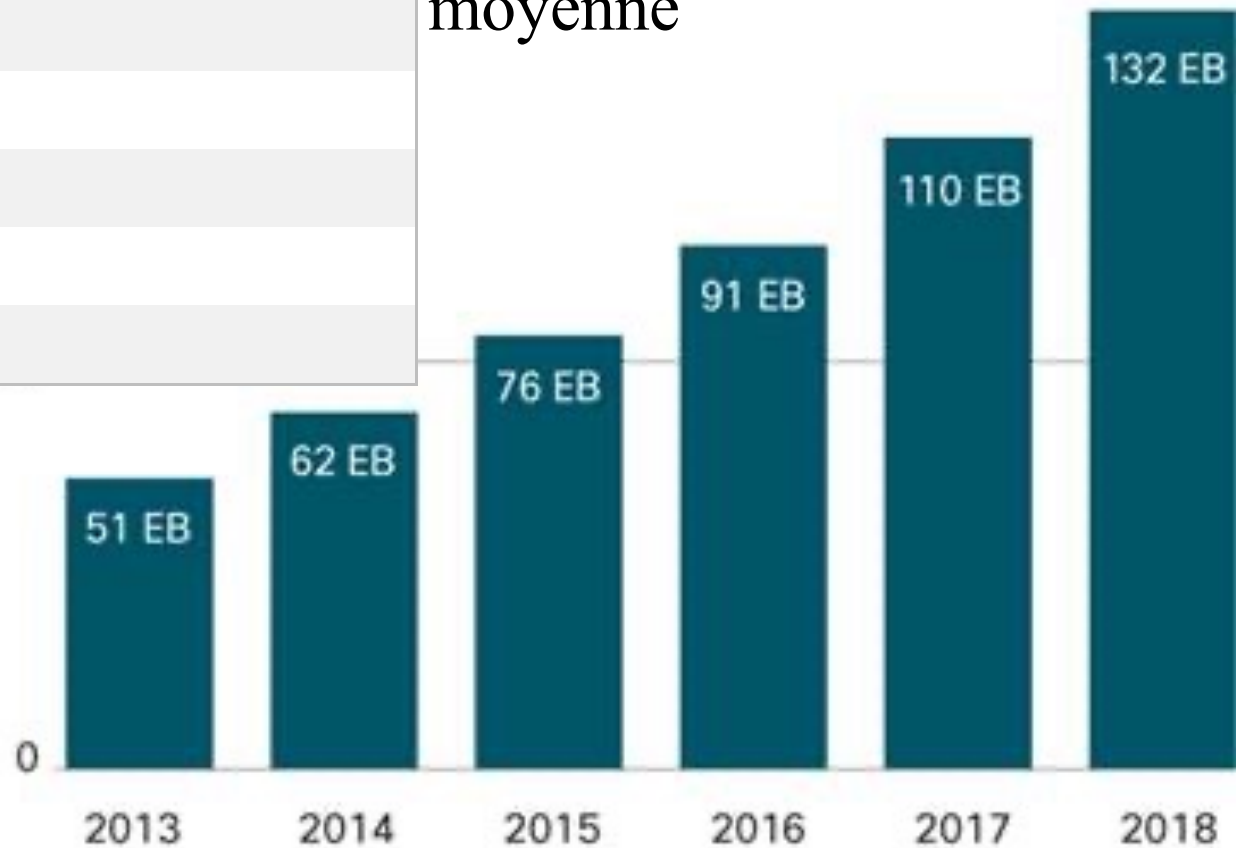
Evolutions 2013-2018 selon Cisco (2)

- Le trafic IP a fait x5 entre 2008-2013 et va faire x3 entre 2013-2018. En 2018, il sera 64 fois celui de 2005
- En 2016, le trafic sans-fil et mobile va dépasser le trafic des terminaux filaires
- En 2018, il y aura 2 fois plus de terminaux IP que d'habitants
- Les clients de VoD vont doubler d'ici 2018
- Cela prendrait 5 million d'années à une personne de regarder tout le trafic vidéo qui passera dans Internet pendant un mois en 2018

Trafic IP 2013-2018, évolution

Year	Global Internet Traffic
1992	100 GB per Day
1997	100 GB per Hour
2002	100 GBps
2007	2000 GBps
2013	28,875 GBps
2018	50,000 GBps

21% CAGR 2013-2018
 CAGR : croissance annuelle moyenne



Source: Cisco VNI, 2014

IP traffic by 2018, Exabytes per month

Source: Cisco VNI, 2014

Trafic IP 2013-2018, types d'accès



Source: Cisco VNI, 2014

Traffic IP 2013-2018, applications

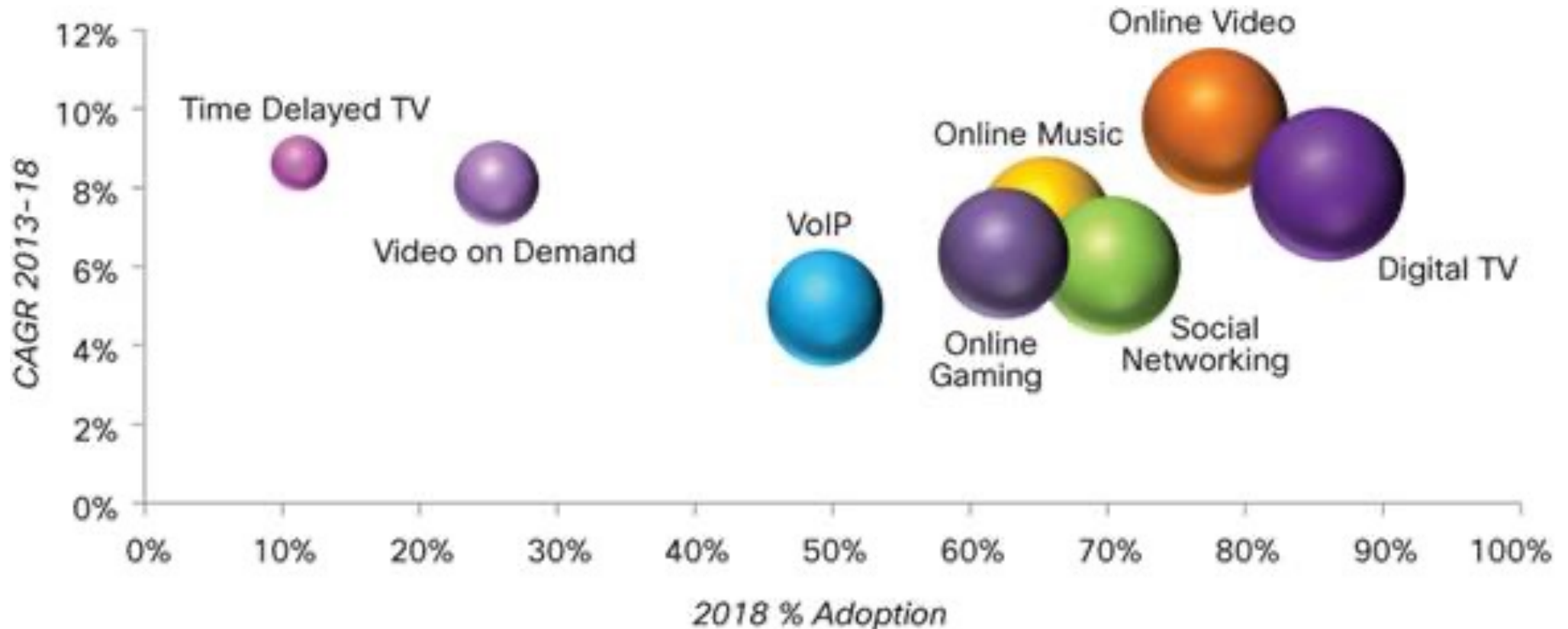


Source: Cisco VNI, 2014

The percentages within parentheses next to the legend denote the relative traffic shares in 2013 and 2018, respectively.

Services à la maison, évolution

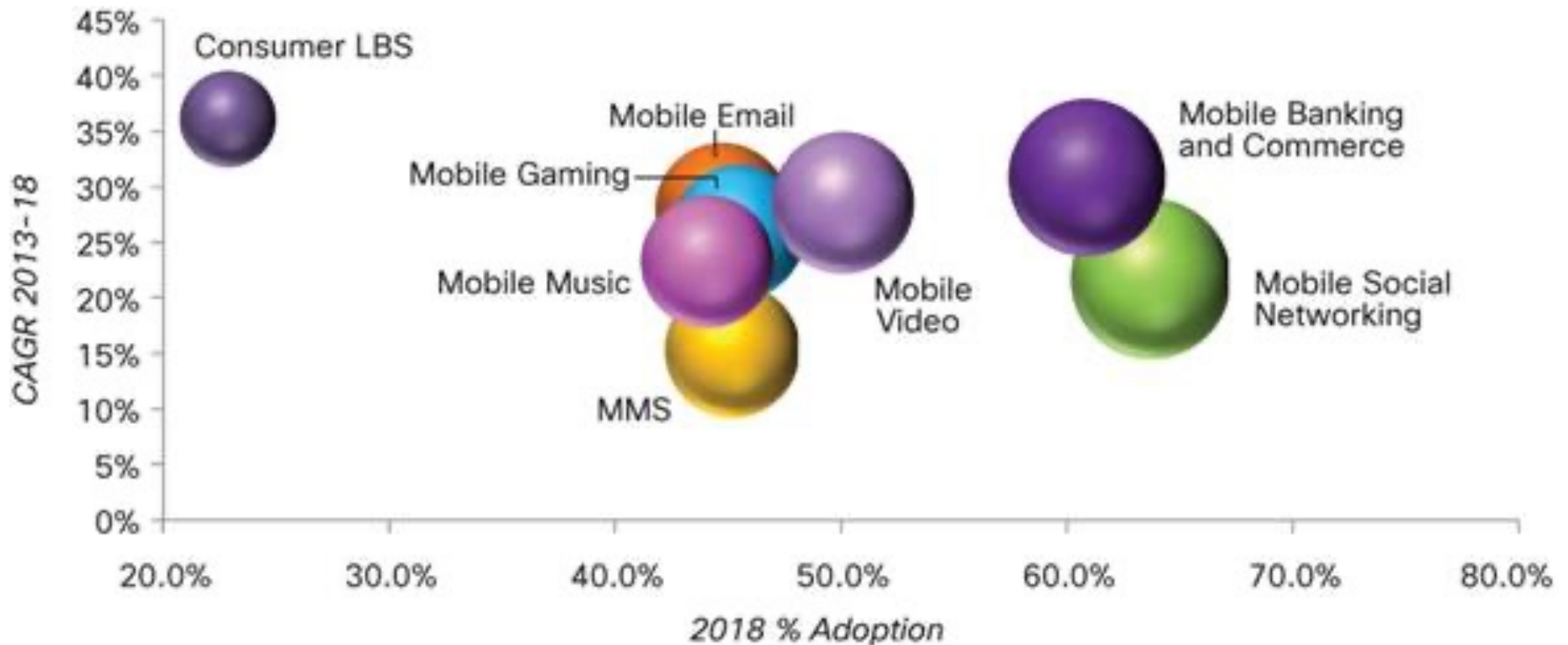
Residential Services Adoption and Growth



Source: Cisco VNI Service Adoption Forecast, 2013-2018

Note: By 2018, the global residential fixed Internet population will be 2.5 billion; the number of global TV households will be 1.8 billion.

Services des clients mobiles

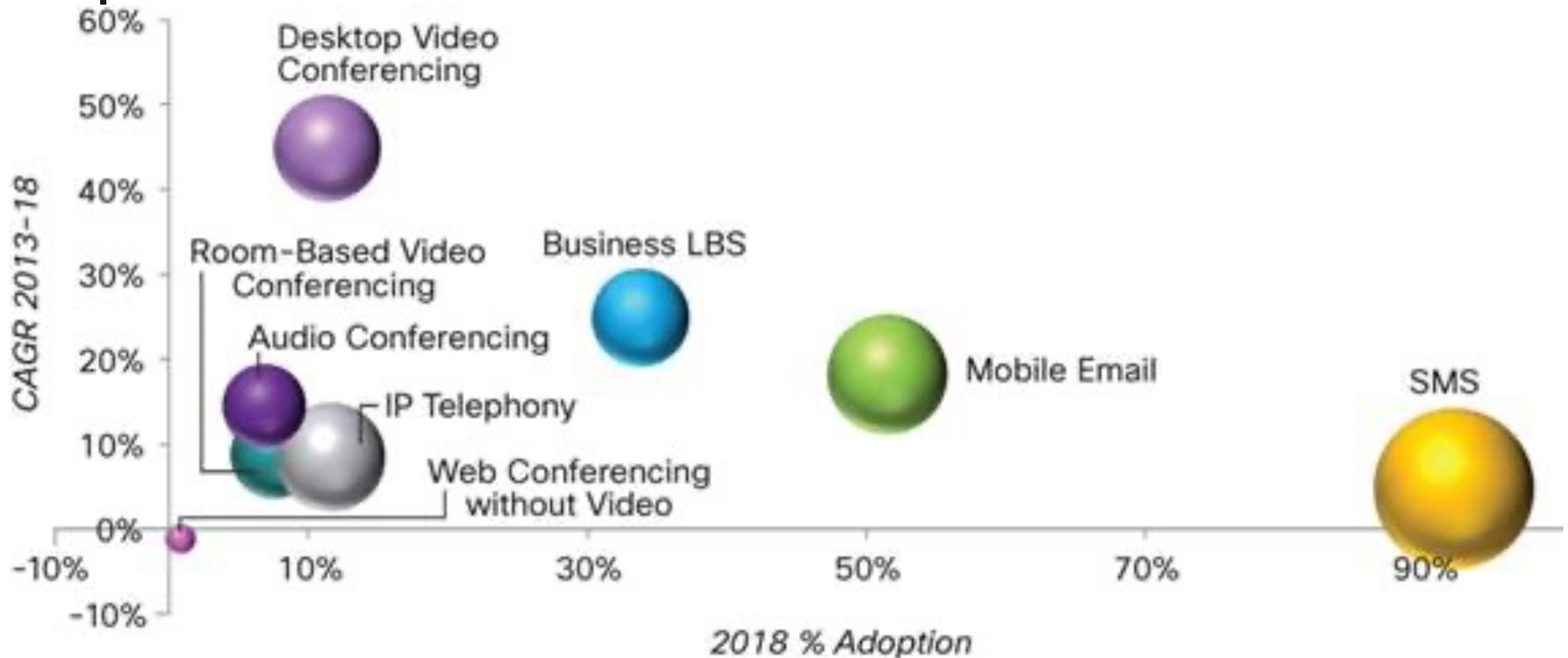


Source: Cisco VNI Service Adoption Forecast, 2013-2018

Note: By 2018, the global consumer mobile population will be 4.8 billion.

LBS = location-based services

Services des clients professionnels



Source: Cisco VNI Service Adoption Forecast, 2013-2018

Note: By 2018, the global business Internet population will be 2.1 billion; the number of business mobile users will be 582 million.

LBS = location-based services

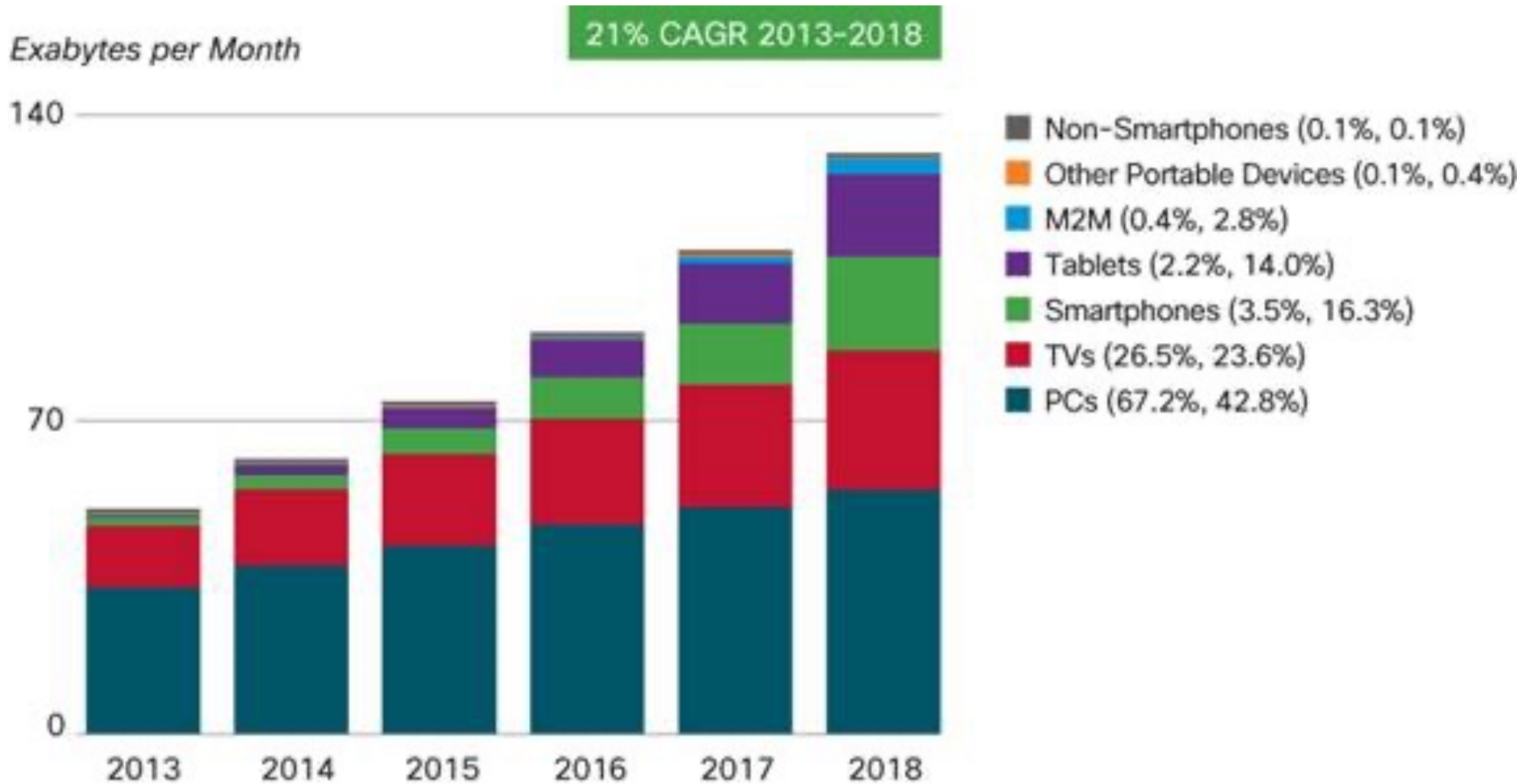


M2M – Machine to Machine

- Les appareils échangent des données automatiquement et en temps réel sans intervention humaine (Internet des objets)

- ✦ **l'automobile** : systèmes de navigation intelligents, services d'appel en cas d'urgence ou de panne, infotainment, monitoring du moteur, suivi des véhicules volés, services télématiques d'assurance,
- ✦ **la fourniture d'énergie** : compteurs intelligents (eau, électricité, gaz naturel) et réseau intelligent,
- ✦ **l'e-santé** : contrôle à distance de la santé des patients, suivi et géolocalisation des patients, communication en temps réel avec le personnel de santé, suivi des données vitales,
- ✦ **les transports et logistique** : gestion des actifs, gestion et routage de la flotte, systèmes de transport intelligents,
- ✦ **la sécurité** : **gestion à distance de la sécurité** (domicile ou lieu de travail), contrôle de l'accès, automatisation des lumières, détection des intrusions, détection incendie,
- ✦ **l'électronique grand public** : appareils de navigation personnels, liseuses de livres numériques, équipement de la maison, appareils photo numériques,
- ✦ **la production industrielle** : supervision, automatisation et maintenance des équipements (grues, installations de chauffage, générateurs électriques),
- ✦ **le commerce de détail** : distributeurs automatiques, équipements sur le point de vente, écrans.

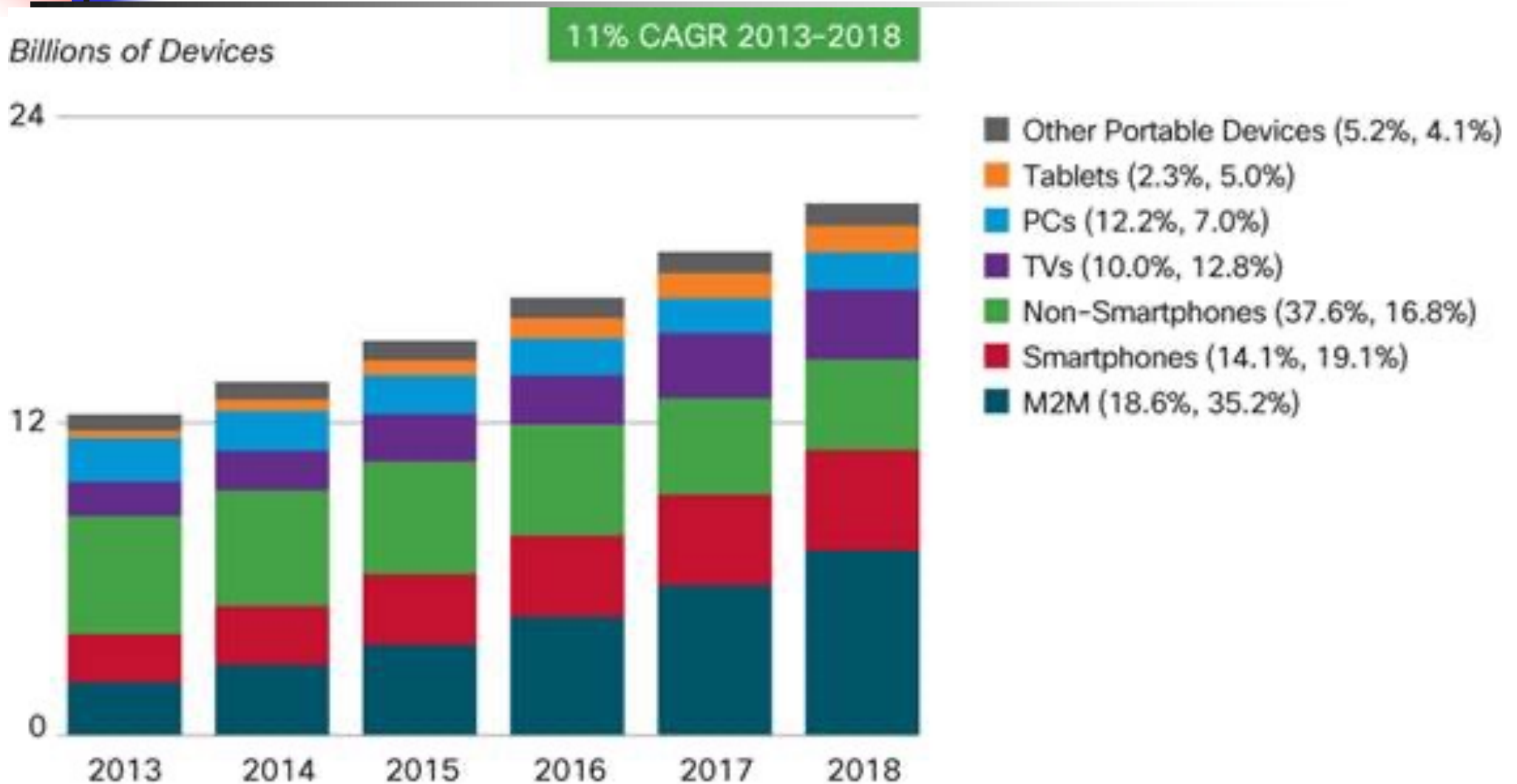
Trafic IP 2013-2018, terminaux



Source: Cisco VNI, 2014

The percentages in parentheses next to the legend denote the device traffic shares for the years 2013 and 2018, respectively.

Equipements terminaux 2013-2018

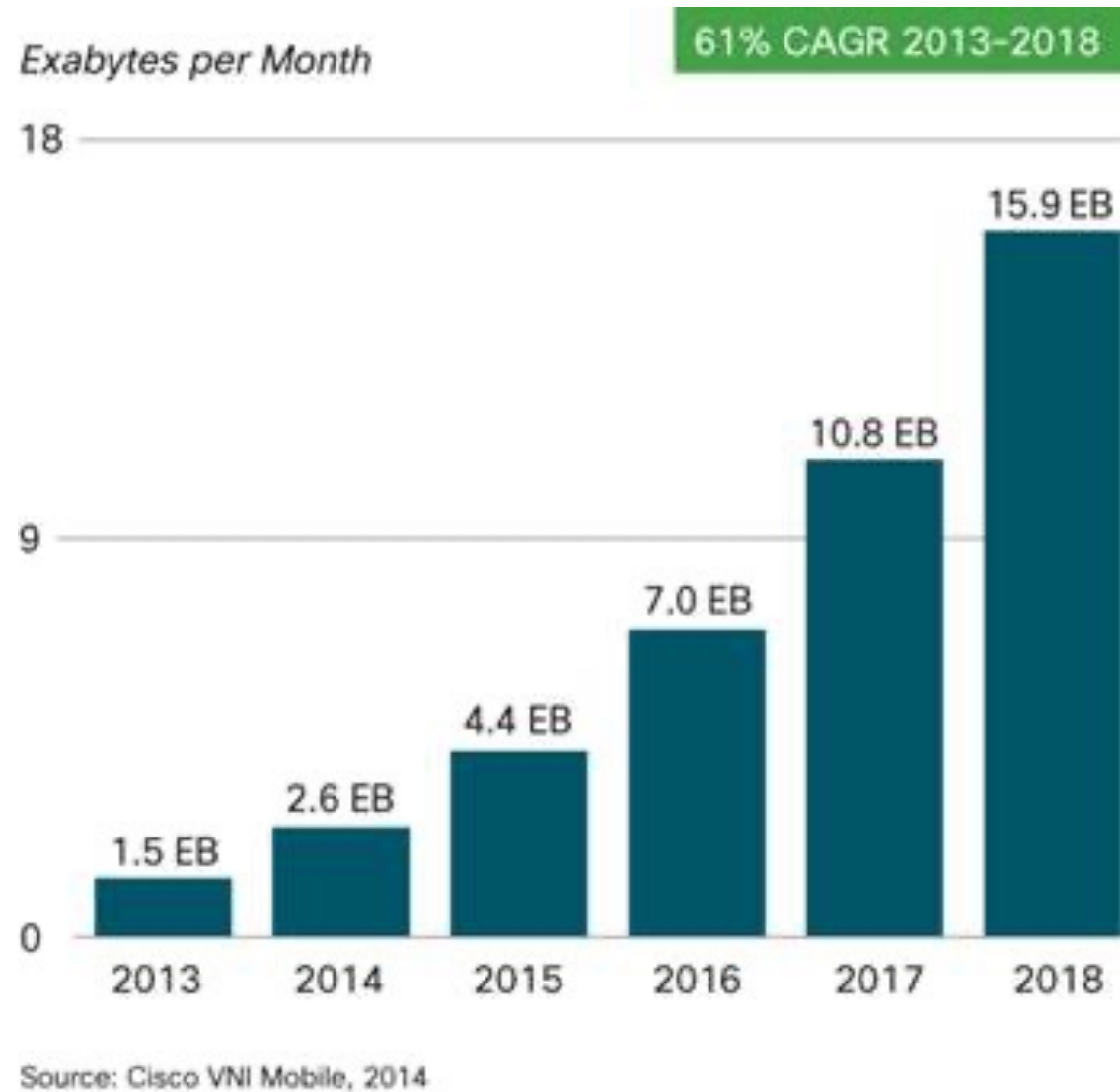


Source: Cisco VNI, 2014

The percentages in parentheses next to the legend denote the device share for the years 2013 and 2018, respectively.

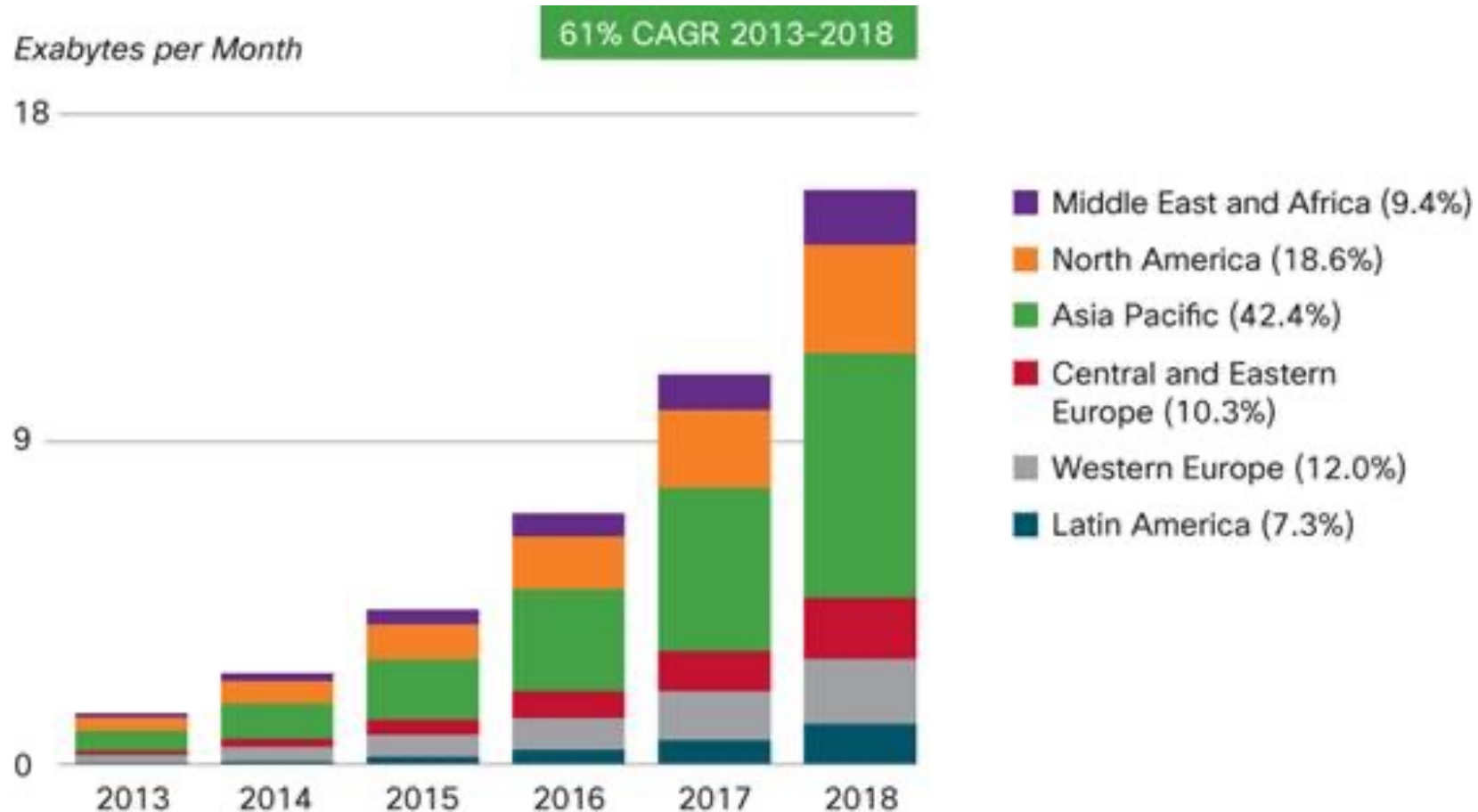
Trafic téléphonie mobile (1)

Global Mobile Data Traffic, 2013 to 2018



Trafic téléphonie mobile (2)

Global Mobile Data Traffic Forecast by Region



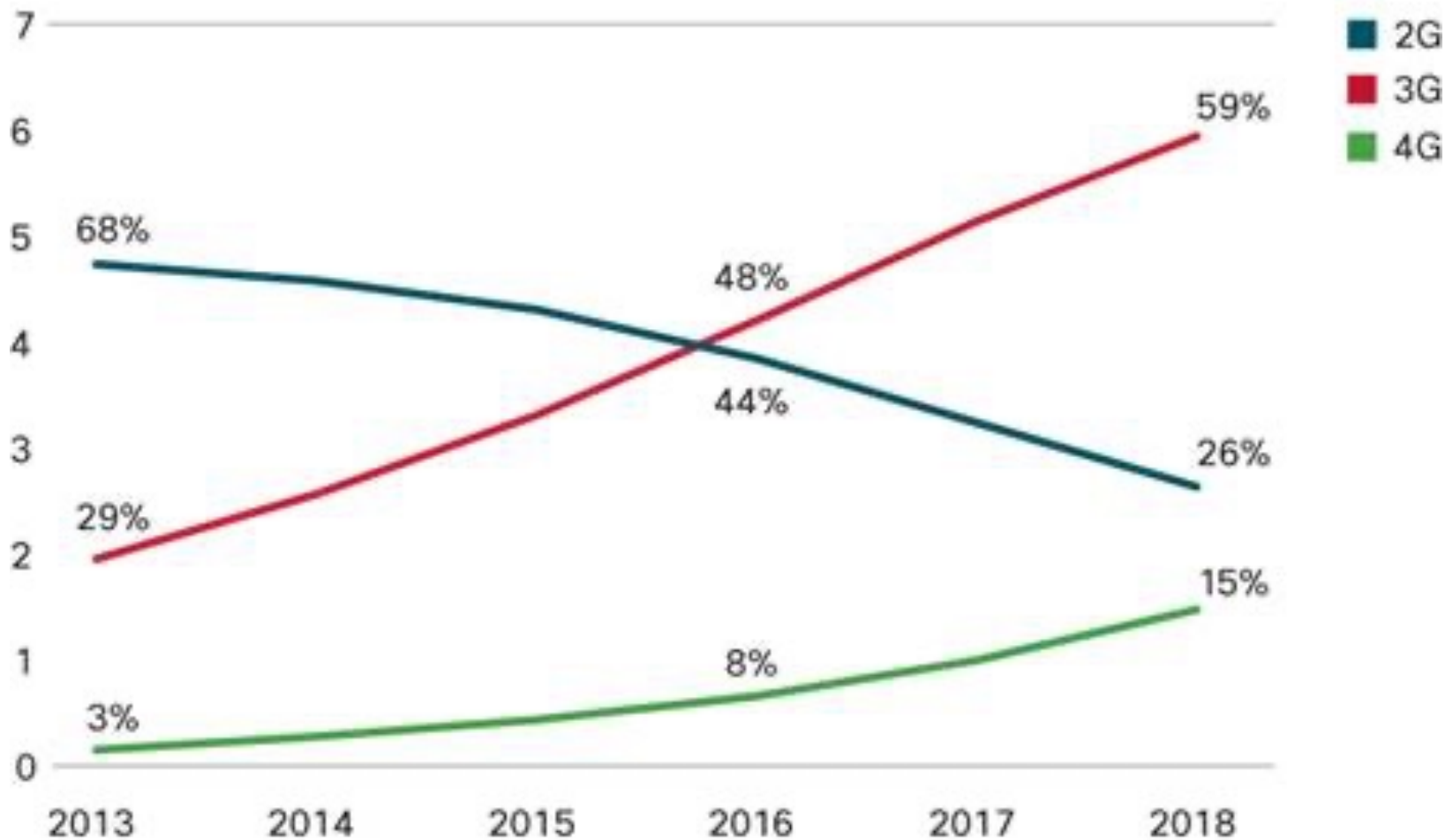
Figures in parentheses refer to regional share in 2018.

Source: Cisco VNI Mobile, 2014

Evolution des connexions mobiles

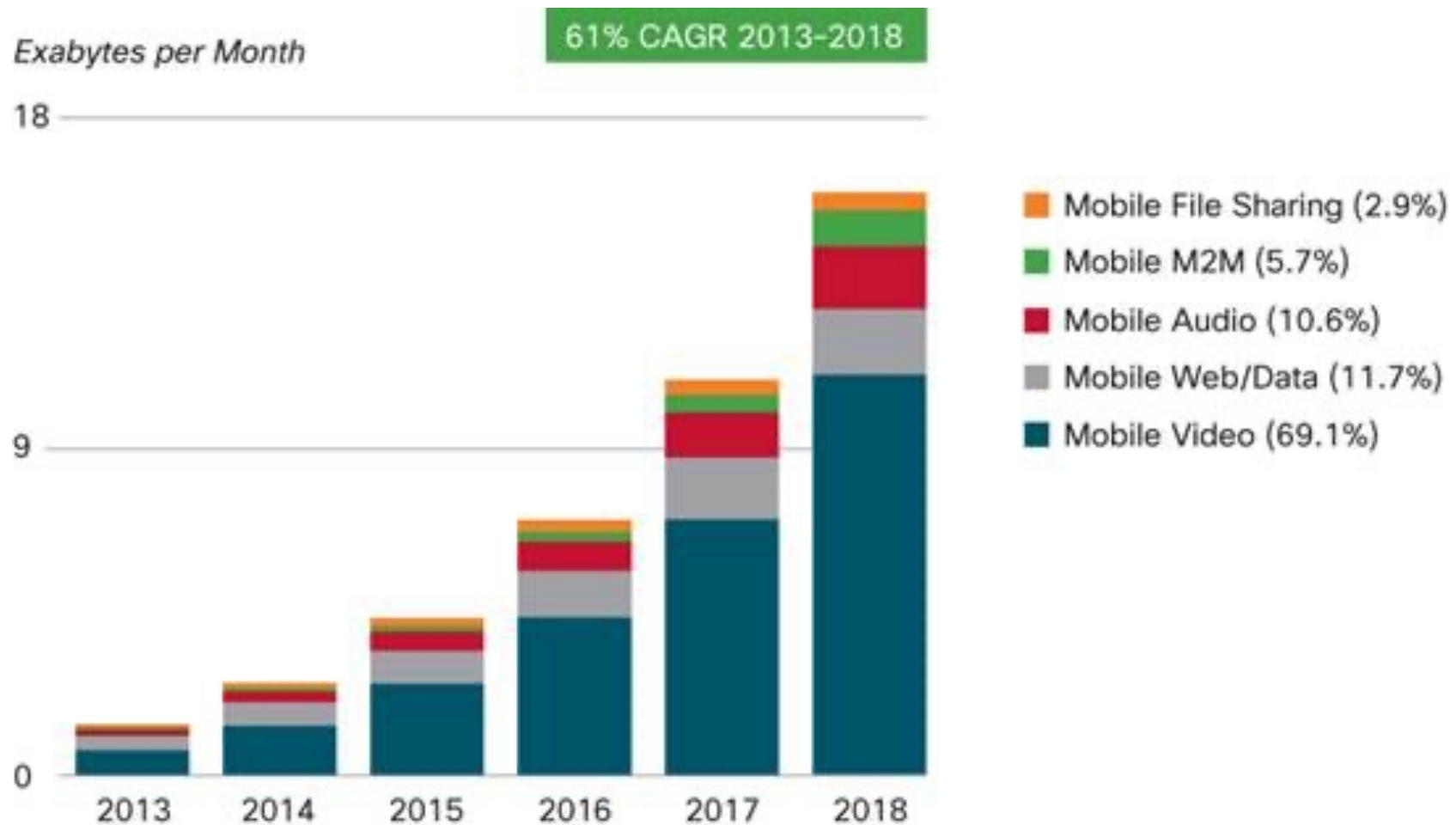
Global Mobile Devices and Connections by 2G, 3G, and 4G

Billions of Devices or Connections



Nature du trafic mobile

Mobile Video Will Generate Over 69 Percent of Mobile Data Traffic by 2018



Figures in parentheses refer to traffic share in 2018.

Source: Cisco VNI Mobile, 2014

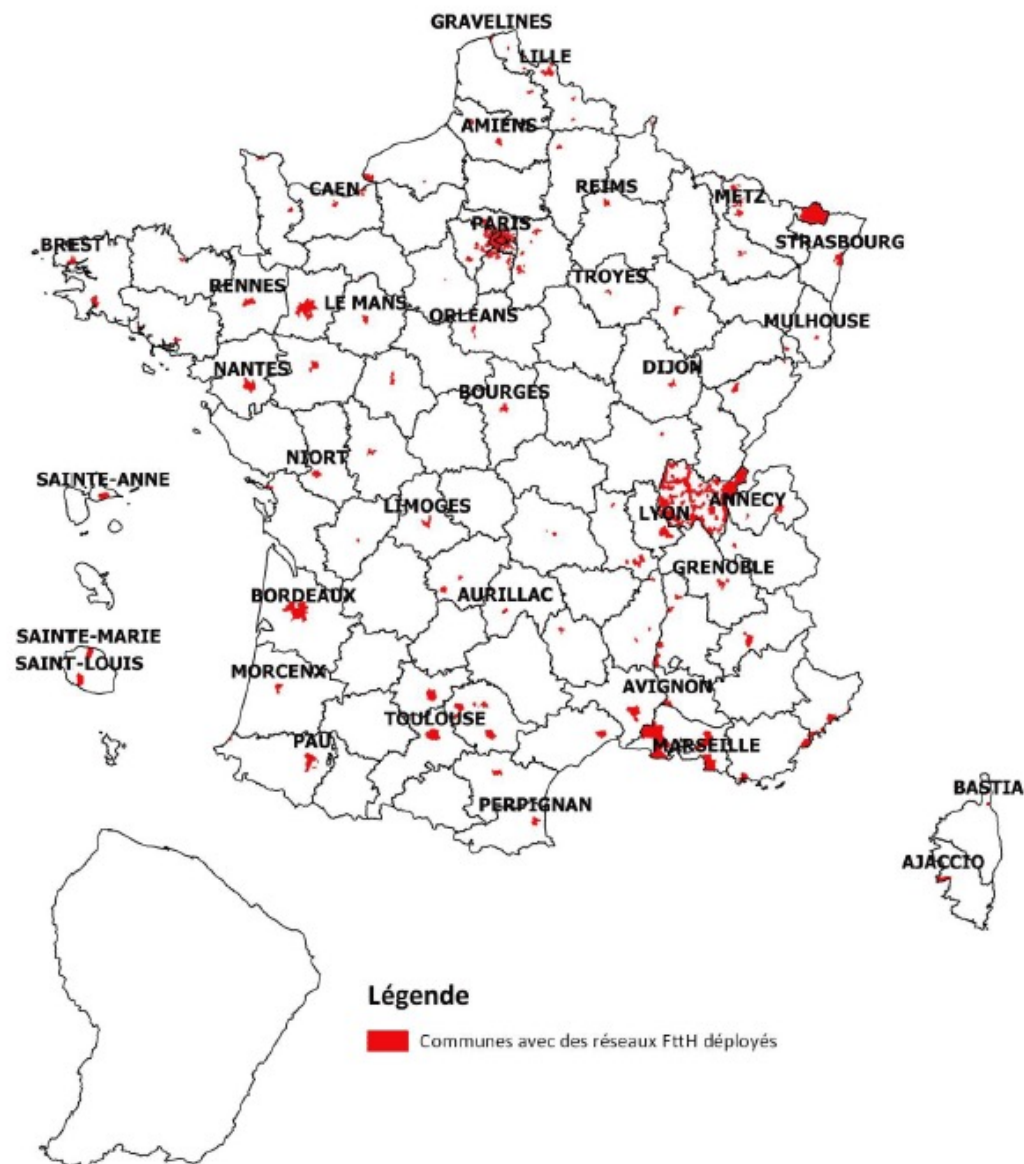


Le très haut débit fixe (1)

- Objectifs 2020 très haut débit Commission européenne
 - **des débits descendants supérieurs à 30 Mbits/s pour tous**
 - **l'abonnement de la moitié au moins des ménages à des offres proposant des débits descendants à 100 Mbits/s**
- Solutions aujourd'hui
 - La fibre optique jusqu'à l'abonné (FttH)
 - Offres à très haut-débit avec une partie terminale en câble coaxial
 - Offres à très haut débit sur le réseau de cuivre fondées sur la technologie VDSL2, lorsque l'abonné est situé suffisamment près de l'équipement actif de l'opérateur
- Au 30 juin 2014 en France
 - L'éligibilité des logements au très haut débit progresse : 9,4 millions de logements éligibles au très haut débit (2) (FttH et câble) et 11,6 millions de logements éligibles au très haut débit en incluant le VDSL2.

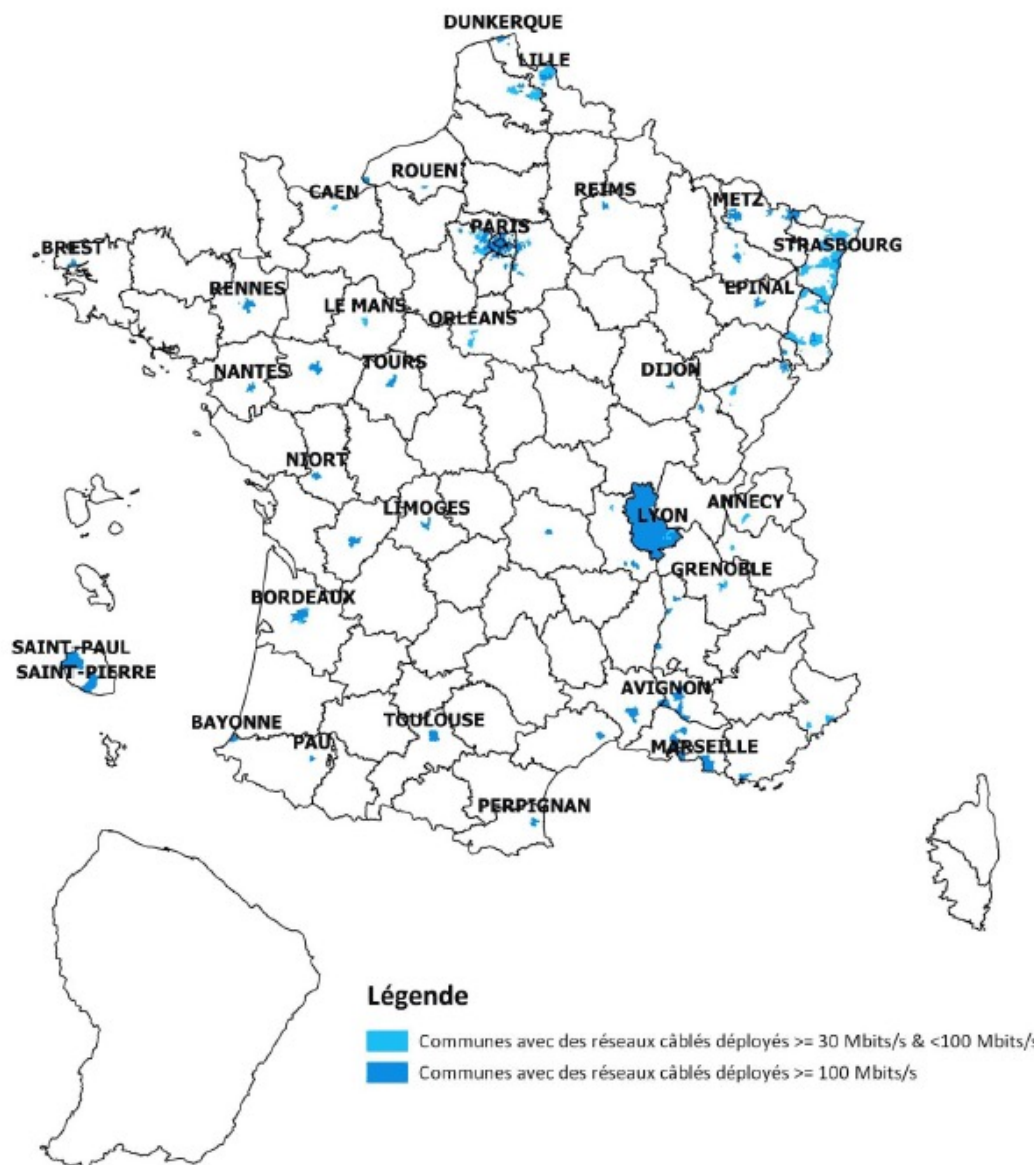
Le très haut débit fixe (2)

Source ARCEP



Le très haut débit fixe (3)

Source ARCEP





Le très haut débit fixe (4)

- **Bitstream** : opérateurs alternatifs louent des accès haut débit activés par Orange. Raccord préalable d'un ou plusieurs points de livraison du réseau d'Orange. Ils peuvent alors offrir des services haut débit de détail dans les zones où ils ne sont pas présents au titre du dégroupage.
 - bitstream classique si l'abonné conserve un abonnement au service téléphonique classique
 - bitstream ADSL nu si l'abonné n'a plus d'abonnement au service téléphonique classique
 - DSL-Entreprise, offre à débit garanti à destination d'un usage professionnel, sur un accès sans abonnement au service téléphonique



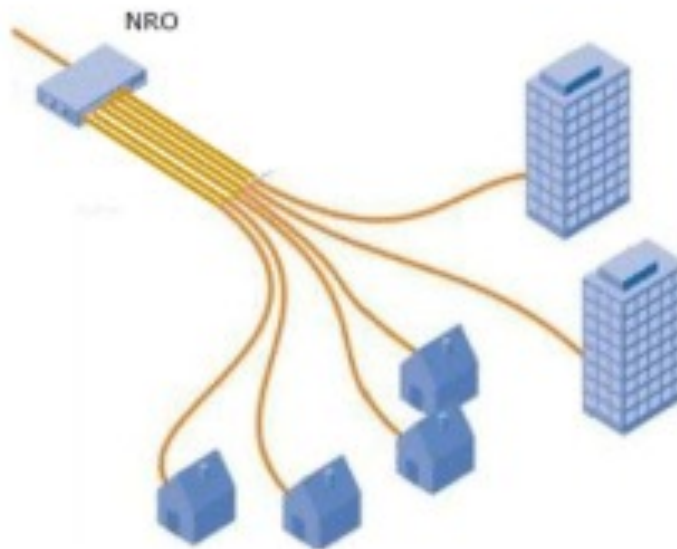
Le très haut débit fixe (5)

- **Dégroupage** : offre de gros d'Orange, permet aux opérateurs alternatifs d'avoir un accès direct à la paire de cuivre. Ils doivent avoir installé au préalable leurs propres équipements au niveau des répartiteurs d'Orange. Ils sont alors en mesure de contrôler l'accès haut débit de bout en bout et de fournir un service différencié de celui d'Orange
 - dégroupage partiel : l'abonné conserve un abonnement au service téléphonique classique
 - dégroupage total : pas d'abonnement au service téléphonique
- **DSL (*Digital Subscriber Line*)** : technologie permettant d'utiliser les lignes de cuivre raccordant les clients du réseau téléphonique commuté (RTC) pour des transmissions de flux de données à haut débit sous forme de paquets

Le très haut débit fixe, infrastructures (1)

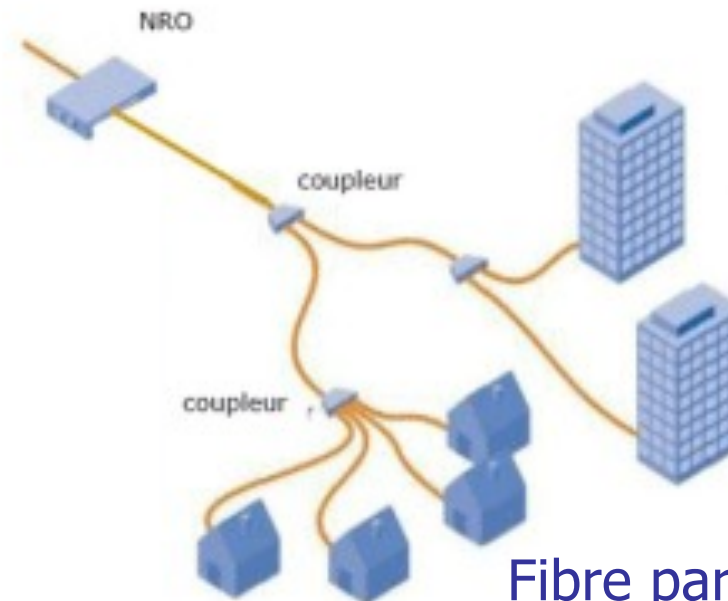
Source ARCEP

Point-à-point



Une fibre par logement

G-PON

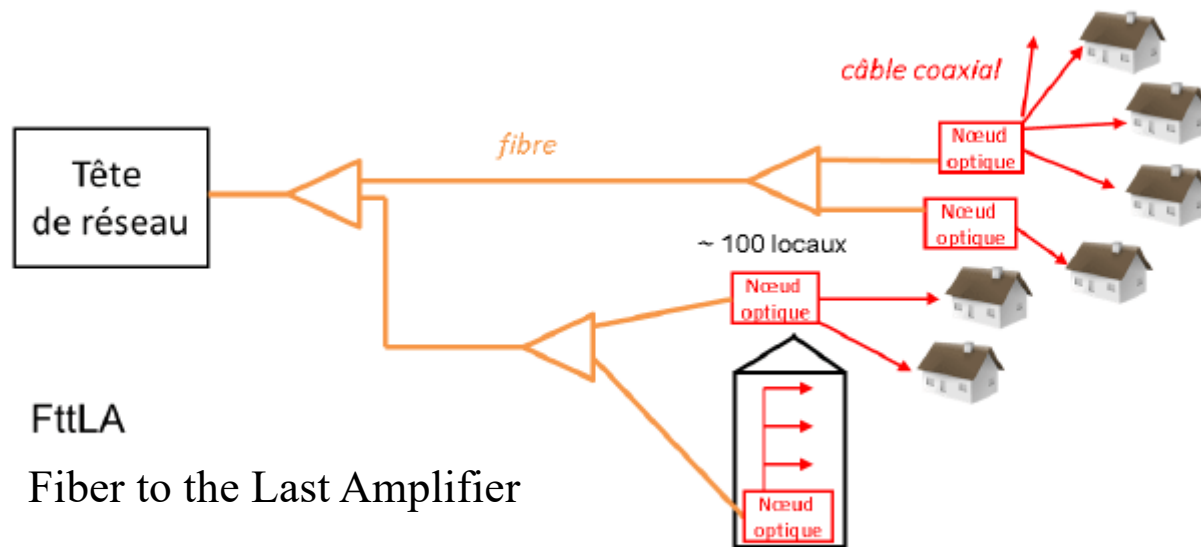


Fibre partagée par
32 ou 64 logements

Les deux principaux types d'infrastructure FttH : Point-à-point et G-PON

Le très haut débit fixe, infrastructures (2)

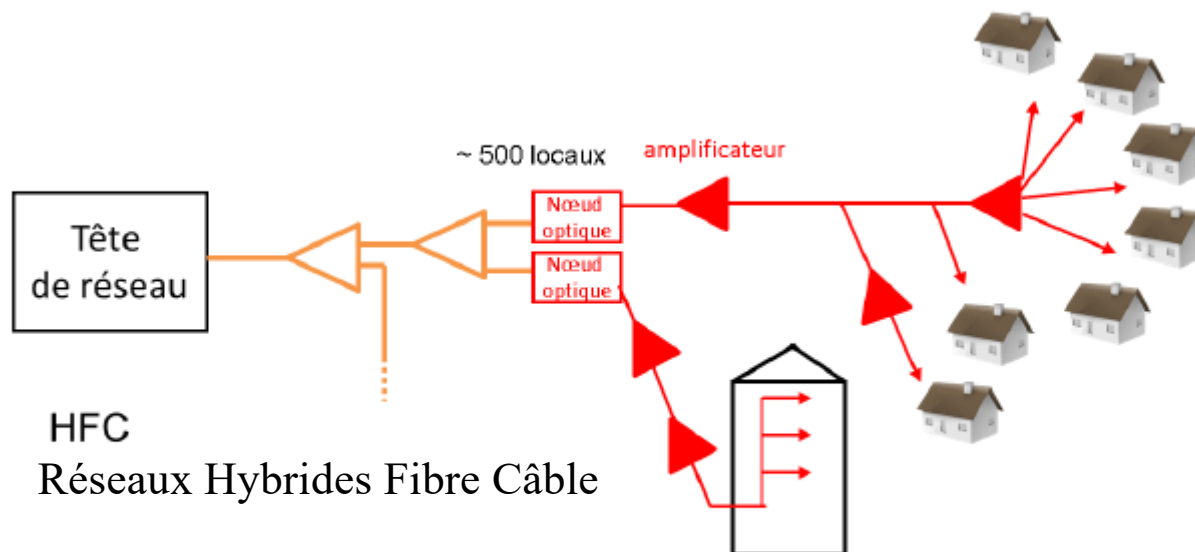
Source ARCEP



FttLA

Fiber to the Last Amplifier

Environ 100
logements, débits
de 30 à 100 Mbps



HFC

Réseaux Hybrides Fibre Câble

Environ 500
logements, débits
de 30 à 50 Mbps

Que se passe-t-il en 60 secondes sur Internet ?

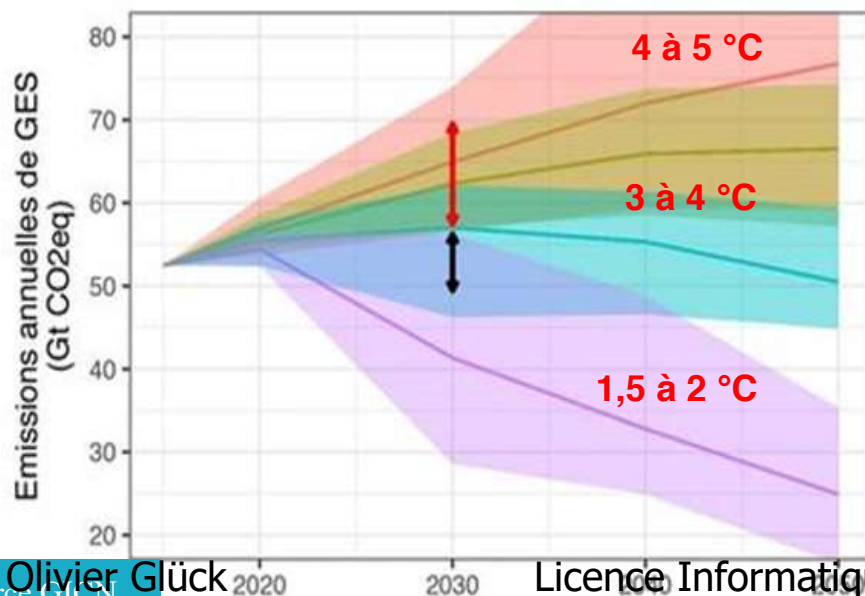


Internet et la planète (1)

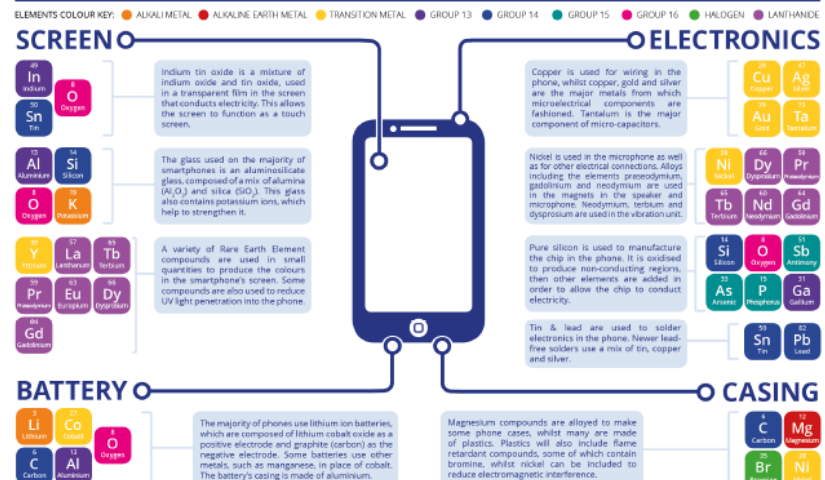


Internet et la planète (1)

- L'envoi d'un simple e-mail : 25Wh, 20g eq CO₂ (Ademe)
 - 100 000 milliards d'e-mail par an (1 smartphone = 80kg eq CO₂)
- Le numérique :
 - 10% de la consommation électrique mondiale, +9% par an (non soutenable car COP21 recommande -5% par an)
 - Eq CO₂ = aviation (8%) en 2013 = automobiles (20%) en 2025
 - 9000 milliards de \$ = 60% PIB Europe (GAFAM = 4500 milliards)



ELEMENTS OF A SMARTPHONE

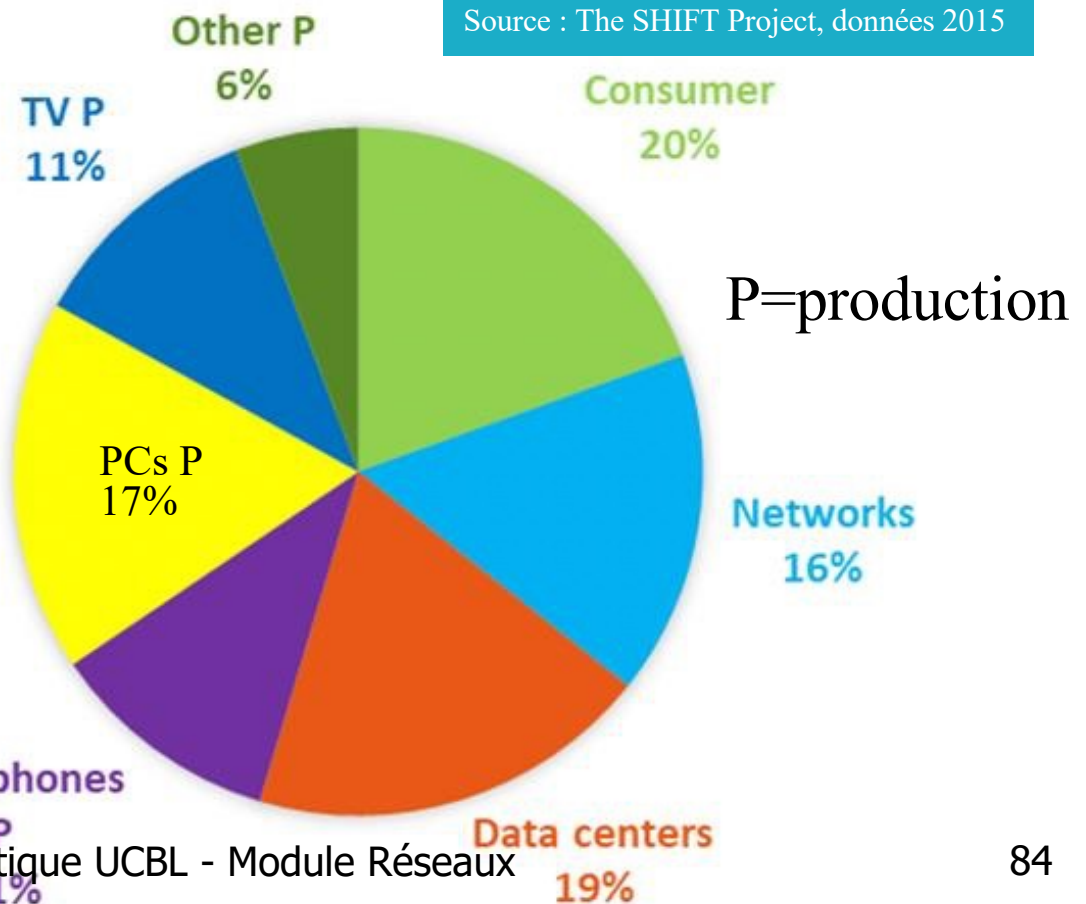


Internet et la planète (2)

- 45% conso énergie = fabrication des équipements
 - Durée de vie : Smartphone = 18 mois, PC = 3 ans (obsolescence programmée), problématique de gestion des déchets + pollution

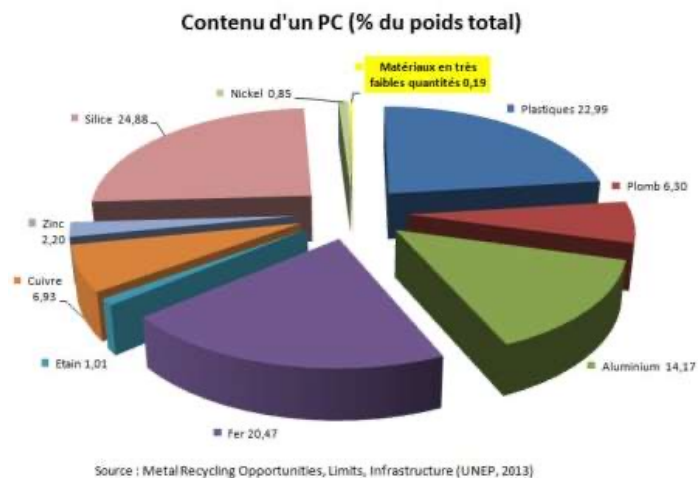
Digital energy consumption 2017

Source : The SHIFT Project, données 2015

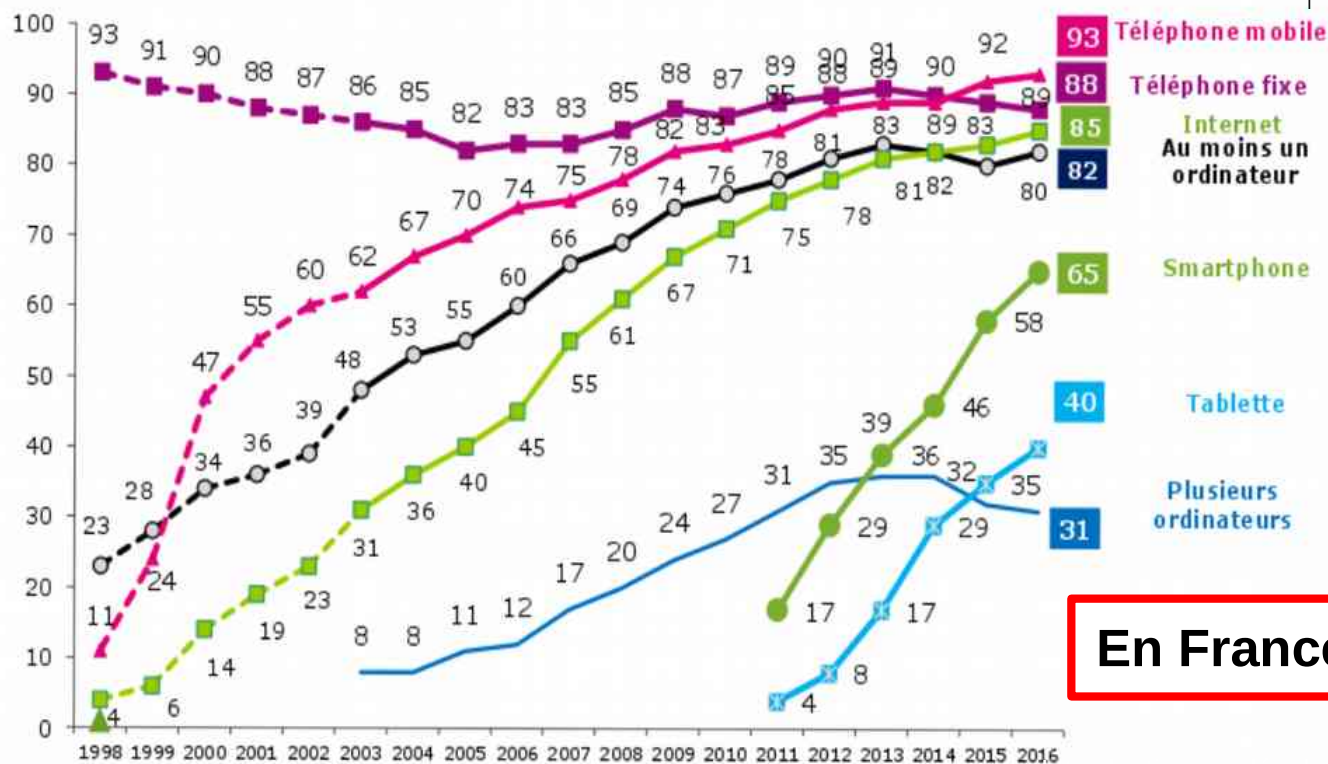


Internet et la planète (3)

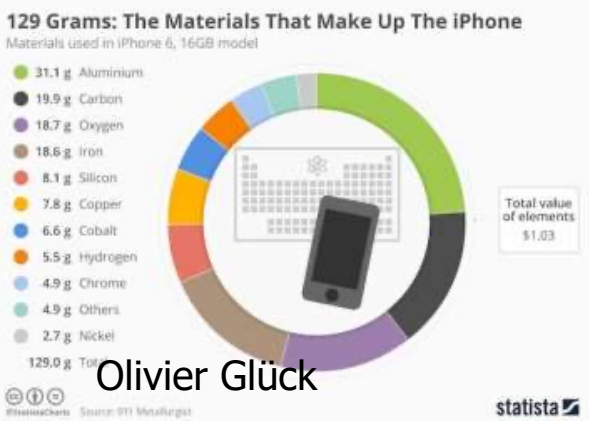
- PCs en service dans le monde en 2015 : 2 milliards
 - Vente de téléphones : 2 milliards/an soit 80/seconde
- <http://www.internetlivestats.com>



Graphique 1 - Taux d'équipement en téléphonie, ordinateur et internet à domicile
- Champ : population de 12 ans et plus, en % -



En France



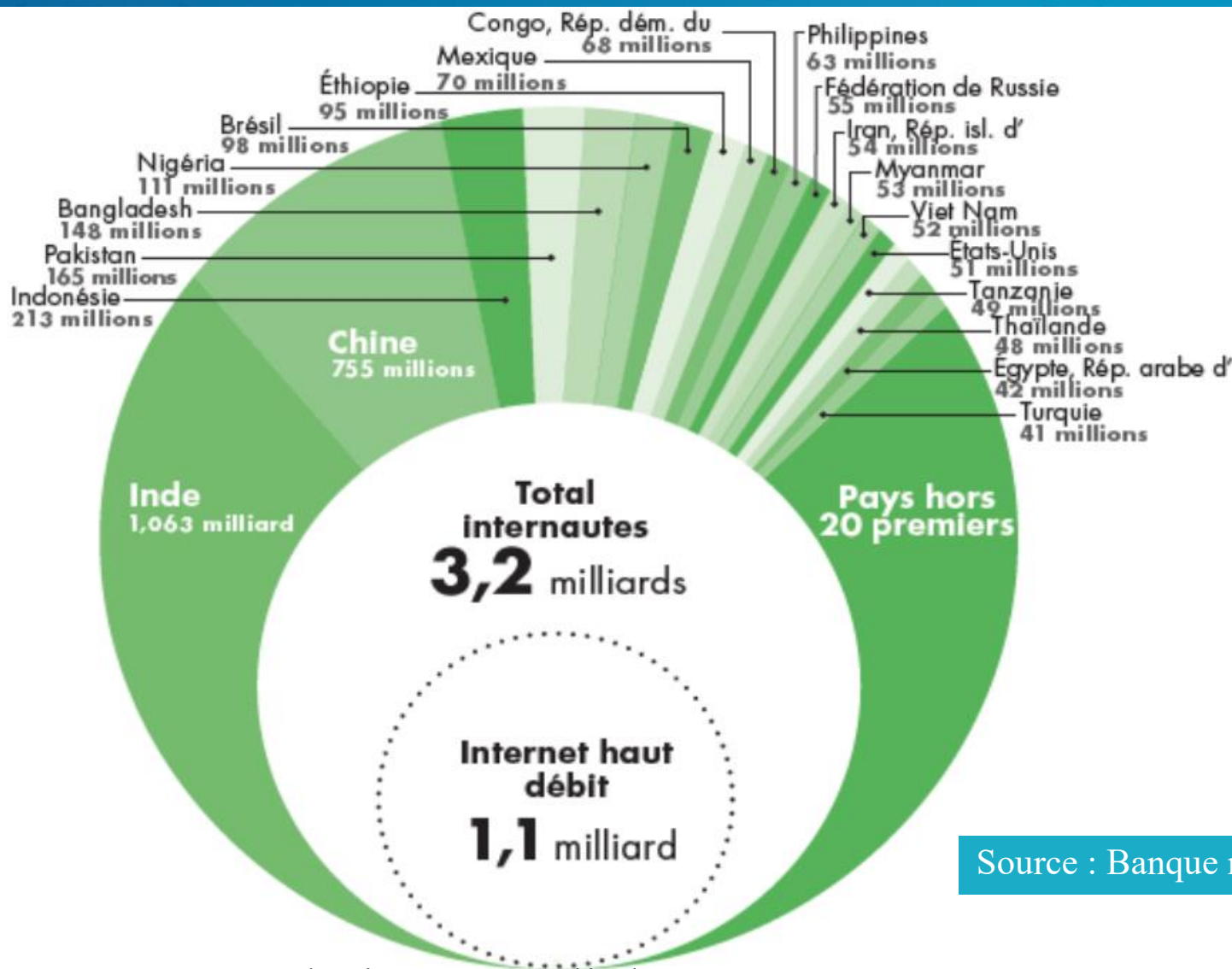
Olivier Glück

Une consommation numérique toujours plus polarisée

Nombre d'équipements connectés par personne	2016	2021	Croissance annuelle
Asie-Pacifique	1,9	2,9	8,3%
Europe centrale et orientale	2,5	3,8	9,1%
Amérique latine	2,1	2,9	7,0%
Moyen-Orient et Afrique	1,1	1,4	5,4%
Amérique du Nord	7,7	12,9	11,0%
Europe de l'Ouest	5,3	8,9	10,9%
Global	2,3	3,5	8,5%

Regional split 2016	Population (millions)	Devices per capita	Traffic per capita (GB/mth)	GES (MtCO2e)	GES per capita (kgCO2e)
USA	322	7,8	97,0	331	1027
Western Europe	415	5,3	34,0	201	486
Japan	126	6,3	35,0	60	474
China	1374	2,5	12,0	400	291
Developing countries	3700	1,1	1,5	238	64
World	7500	2,3	13,0	1630	217

Un constat de fracture numérique



Source : Banque mondiale 2016

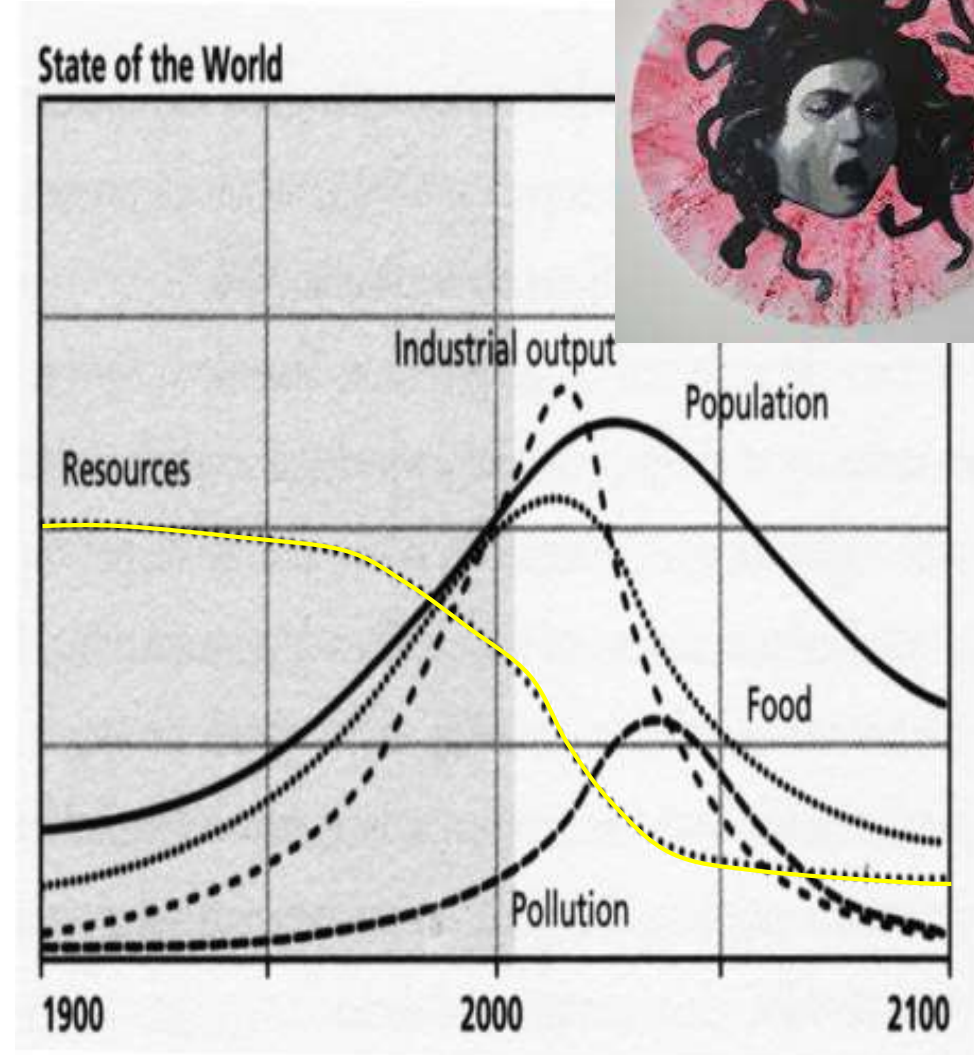
Population mondiale non connectée

Olivier Gluck () des habitants de la planète n'ont pas accès à Internet

(Rapport Meadows & al. 72) du 'club de Rome' dans les années 70. Interactions entre population, produit industriel, pollution, nourriture, et ressources

Effondrement du niveau de vie (quota alimentaire et produit industriel par habitant) au début du XXI^e siècle, avec retour en 2100 aux valeurs de 1950. **L'élément déclencheur est la baisse des ressources naturelles non renouvelables.**

Source : Olivier VIDAL, CNRS





<https://pour-un-reveil-ecologique.be/index.php>

Manifeste étudiant pour un réveil écologique



Nous, étudiants en 2018, faisons le constat suivant : malgré les multiples appels de la communauté scientifique, malgré les changements irréversibles d'ores-et-déjà observés à travers le monde, nos sociétés continuent leur trajectoire vers une catastrophe environnementale et humaine.

Nous, signataires de ce manifeste, sommes pourtant convaincus que ce sombre tableau n'est pas une fatalité. Deux options s'offrent aujourd'hui à nous : poursuivre la trajectoire destructrice de nos sociétés, se contenter de l'engagement d'une minorité de personnes et en attendre les conséquences ; ou bien prendre notre avenir en main en décidant collectivement d'anticiper et d'inclure dans notre quotidien et nos métiers une ambition sociale et environnementale, afin de changer de cap et ne pas finir dans l'impasse.



Conclusions (1)

■ Constats

- Les utilisateurs des réseaux sont de plus en plus nombreux
- Le nombre de sites et d'abonnés augmentent considérablement
- Les volumes transportés sont de plus en plus élevés
- Les flux changent de nature (Vidéos, TV, M2M...)

■ Les problèmes du futur

- Importance du haut débit
- Importance des réseaux sans fil
- Le très haut débit du futur ?
- Problèmes de sécurité (e-commerce, horodatage, informations sensibles, confidentialité, piratages, virus...)
- Problèmes de durabilité, d'énergie



Conclusions (2)

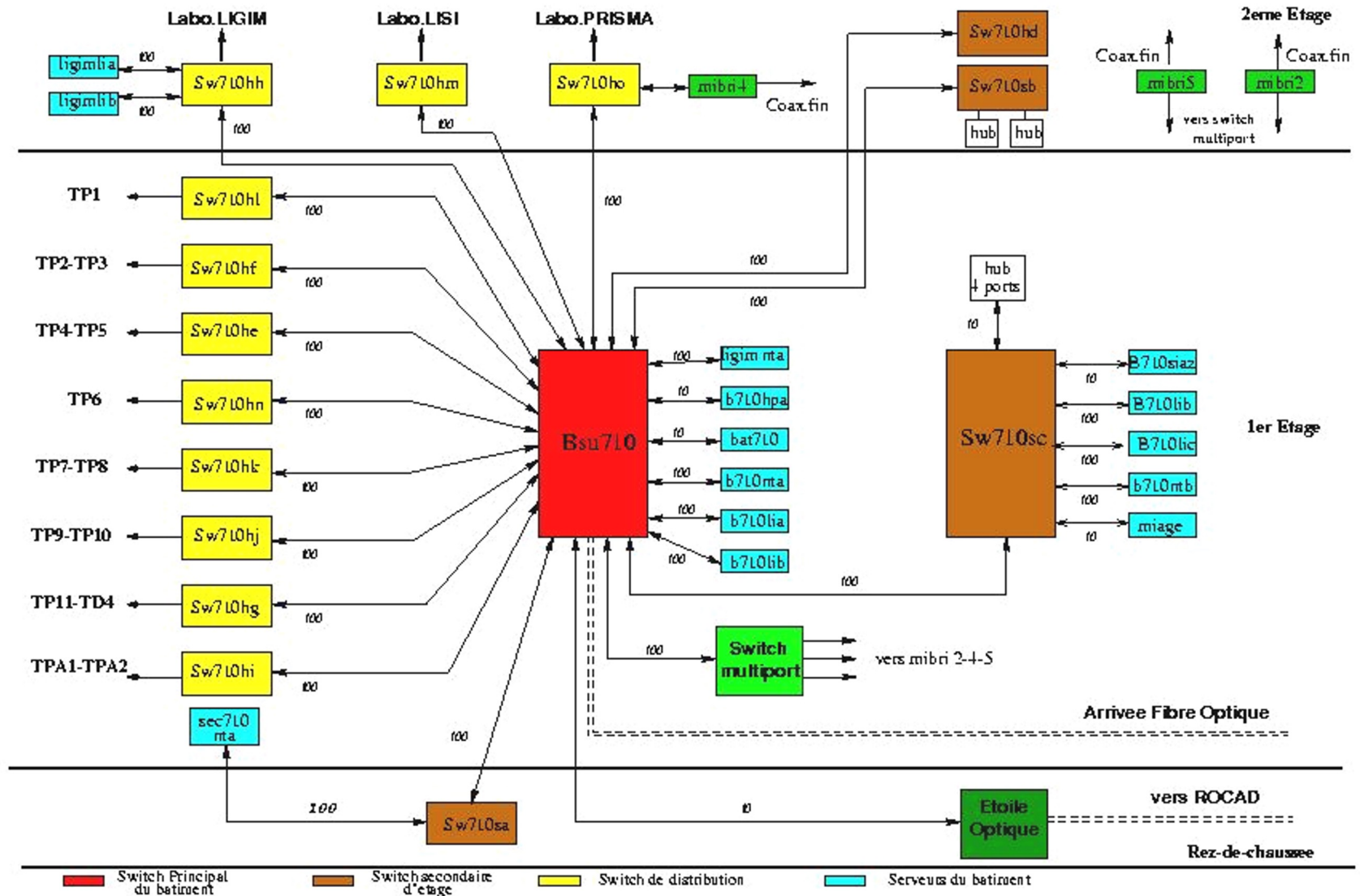
- ... et la recherche : Top 10 Trends in 2015 from IEEE ComSoc Technology News
 - 5G
 - Fiber everywhere
 - Virtualization, open source and SDN
 - Everywhere connectivity, Internet of Things : 50 milliards d'objets connectés d'ici 2020
 - Bigdata, cibersecurity, green communications
 - Network neutrality, internet governance...



Exemple : réseau de l'université

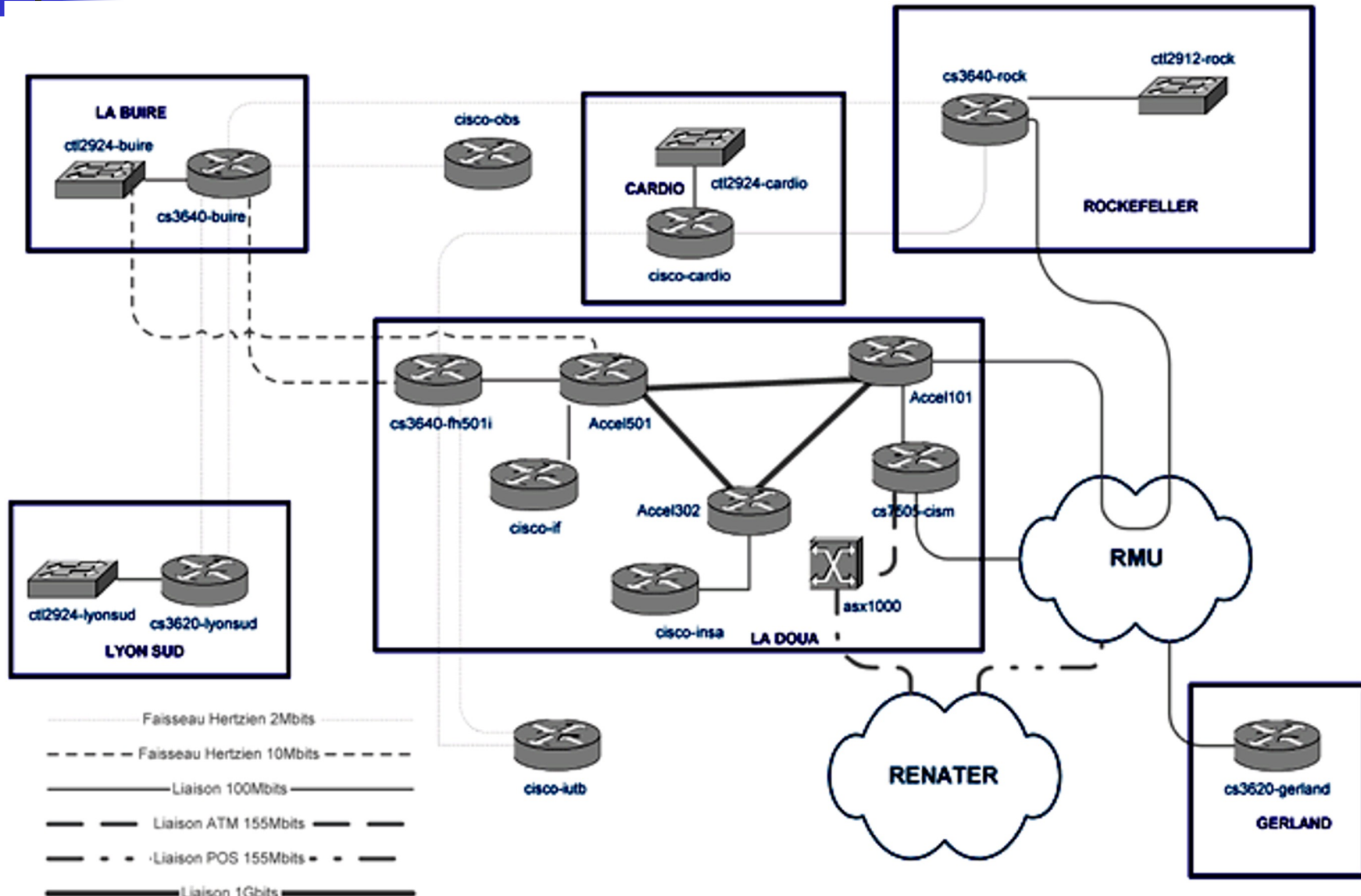
Le bâtiment 710

<http://www710.univ-lyon1.fr/>



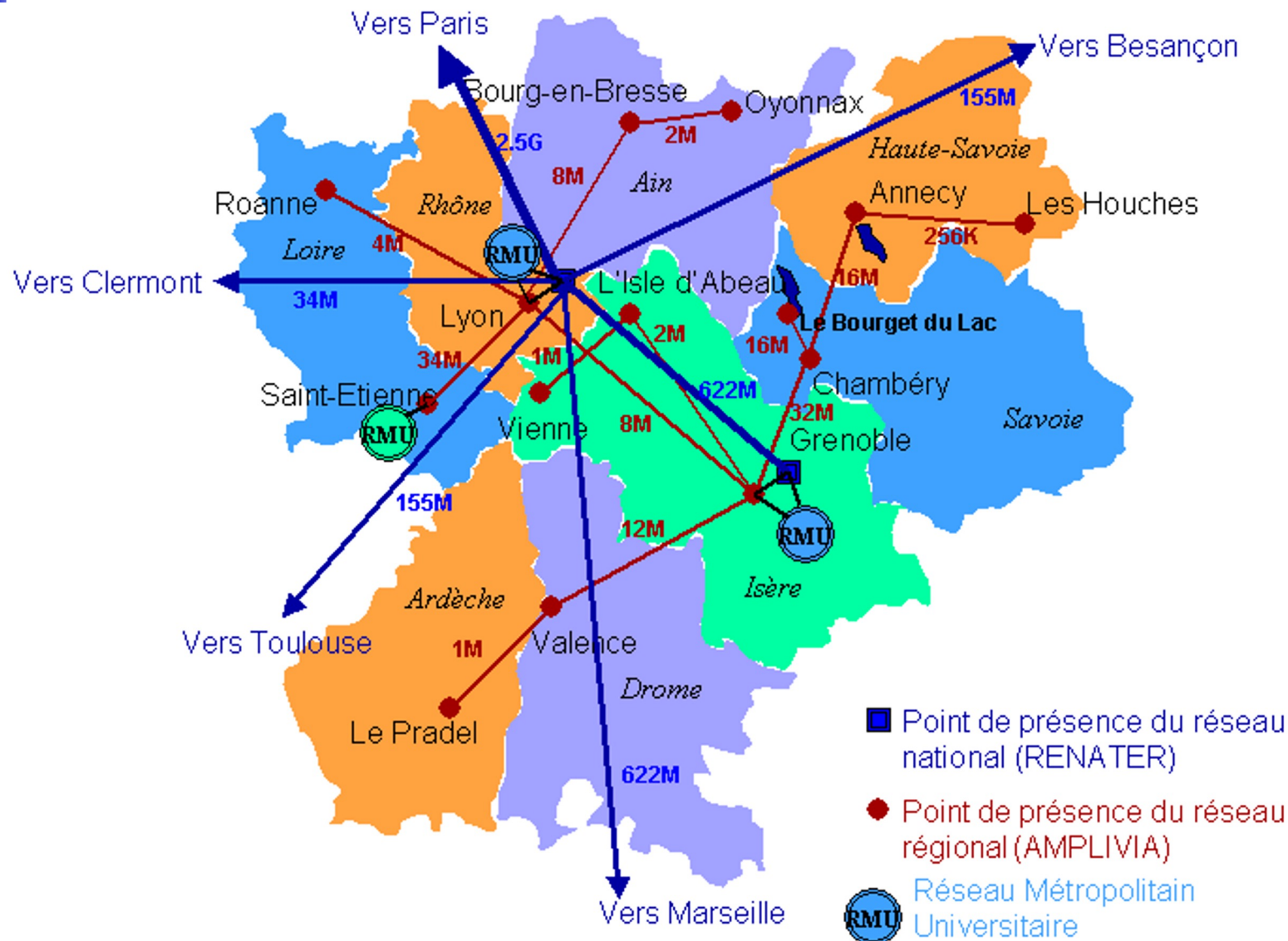
ROCAD

<http://cirs.univ-lyon1.fr/>



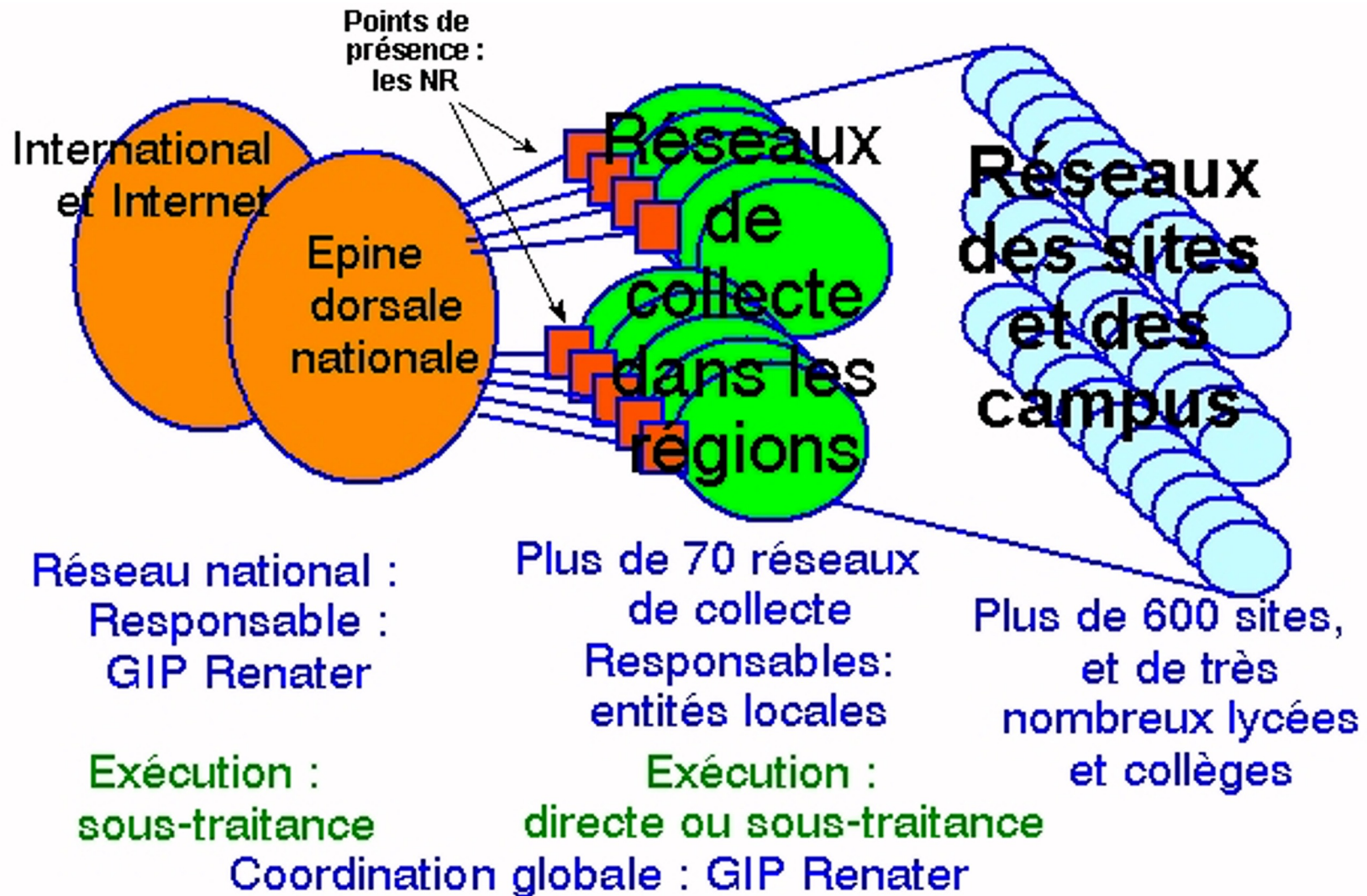
Interconnexions régionales

<http://cisr.univ-lyon1.fr/>



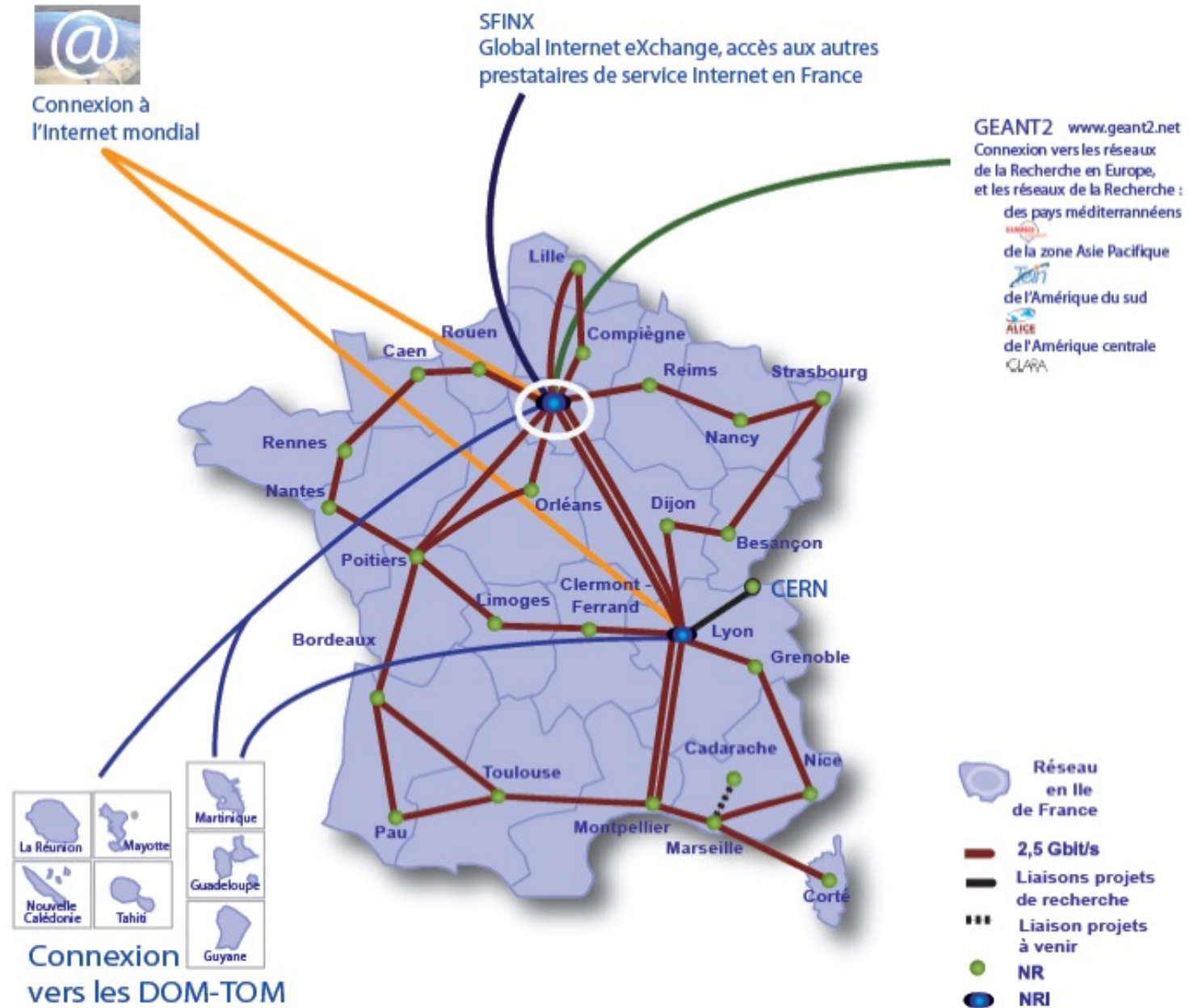
Organisation de Renater

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



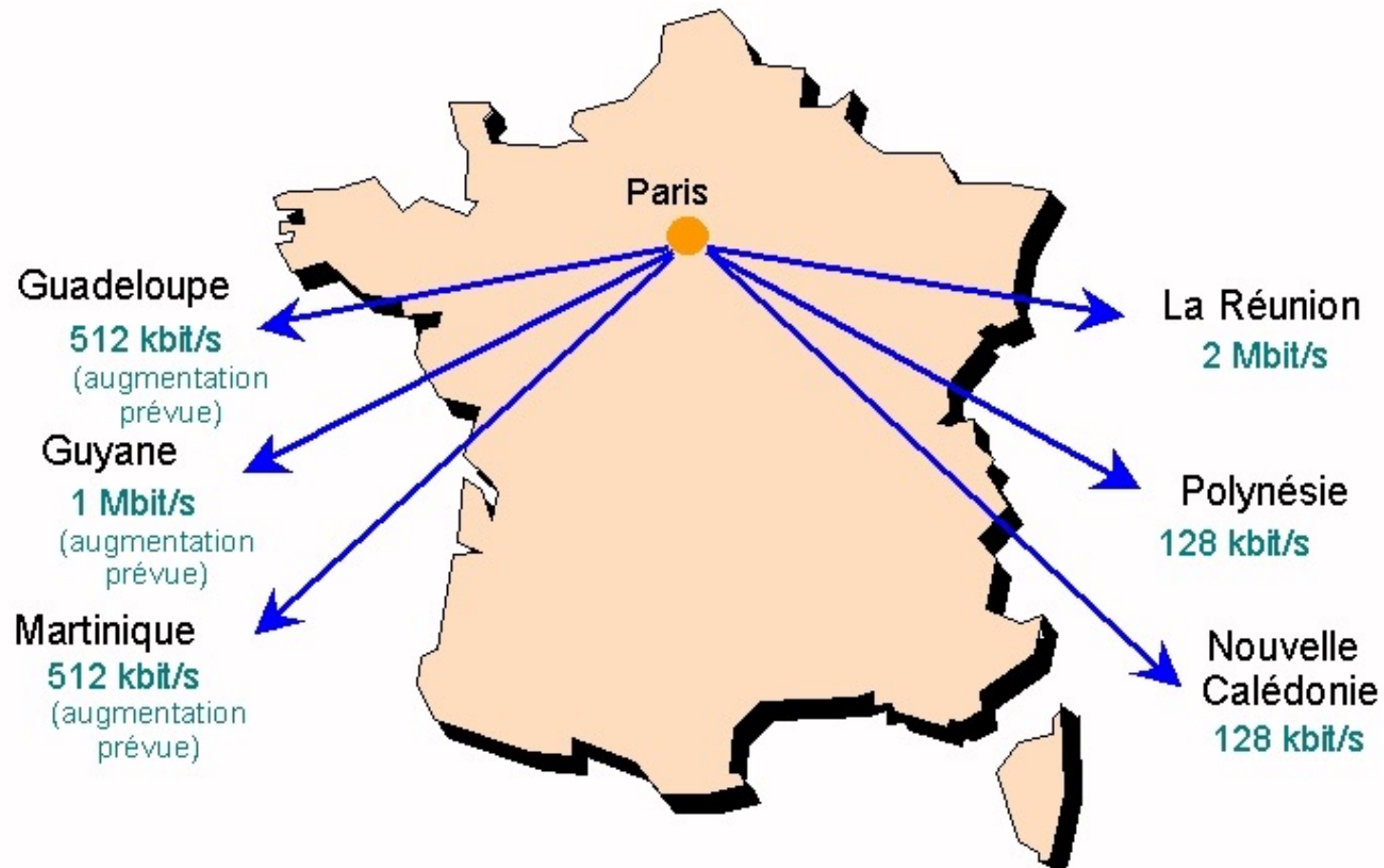
Renater 4 : réseau national

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



Renater et les DOM-TOM

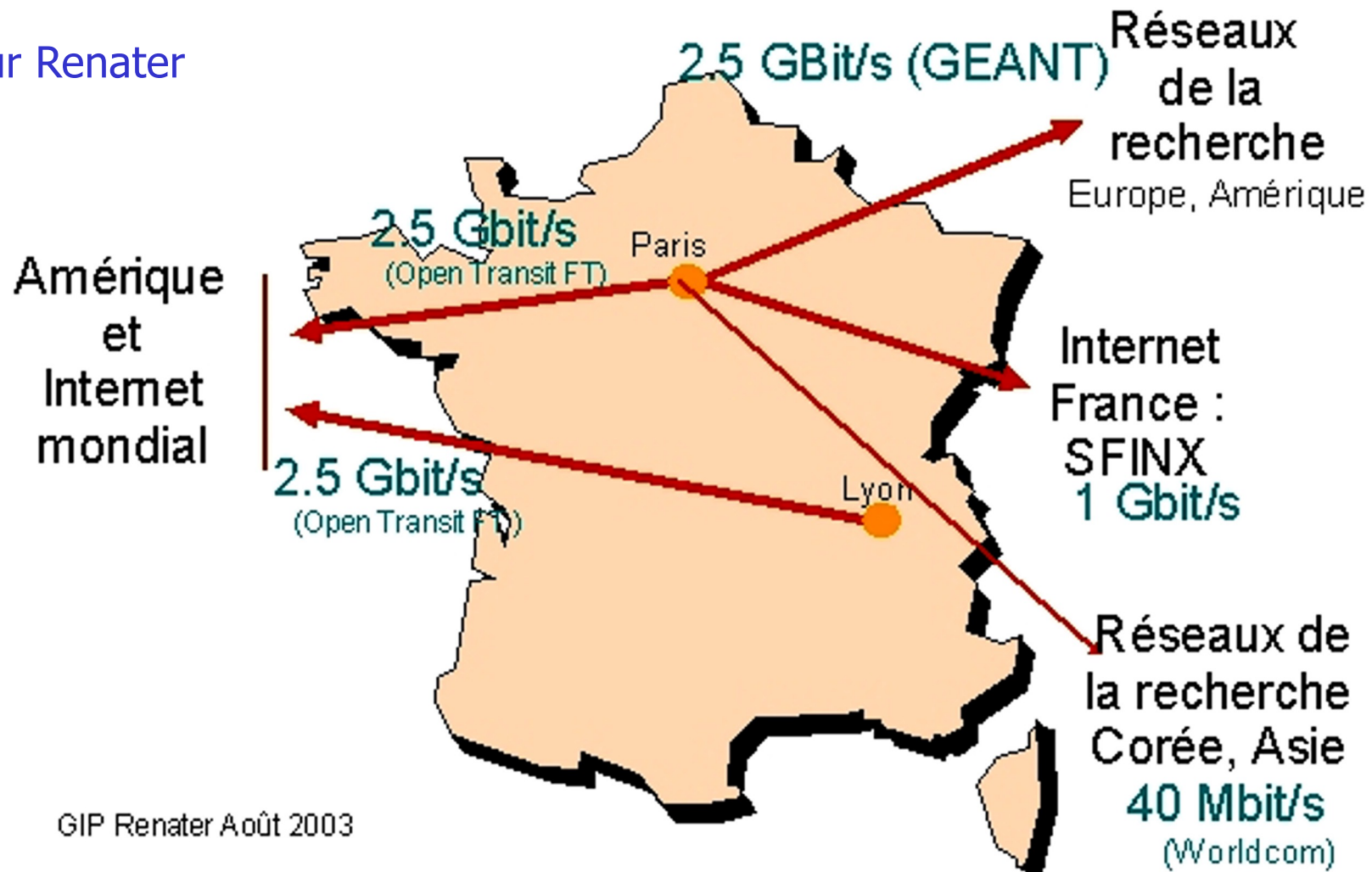
<http://www.renater.fr/>



Renater et l'international

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

Film sur Renater



GIP Renater Août 2003



<http://www.renater.fr/Metrologie/map-Renater3/>