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 © 2025 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 Acadamy
- 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 1ère 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
- N'intervient pas dans l' évaluation de l' UE
- Un plus si vous comptez poursuivre dans les réseaux
- Peut vous servir à trouver un stage
- Un TP de l'UE se fait sur du matériel CISCO

Planif Printemps 2025

----------		Grp-A	Ens-A	Grp-B	Ens-B	Grp-C	Ens-C	Grp-D
16/01/2025	08h00							
16/01/2025	09h45	CM-1	OG	CM-1	OG	CM-1	OG	
16/01/2025	11h30	CM-2	OG	CM-2	OG	CM-2	OG	
-								
17/01/2025	14h00	CM-3	OG	CM-3	OG	CM-3	OG	
17/01/2025	15h45	CM-4	OG	CM-4	OG	CM-4	OG	
17/01/2025	17h30							

23/01/2025	08h00							
23/01/2025	09h45	CM-5	OG	CM-5	OG	CM-5	OG	
23/01/2025	11h30	CM-6	OG	CM-6	OG	CM-6	OG	
-		date limite inscription certif						
24/01/2025	14h00	CM-7	OG	CM-7	OG	CM-7	OG	
24/01/2025	15h45	CM-8	OG	CM-8	OG	CM-8	OG	
24/01/2025	17h30							

30/01/2025	08h00							
30/01/2025	09h45	CM-9	OG	CM-9	OG	CM-9	OG	
30/01/2025	11h30	CM-10	OG	CM-10	OG	CM-10	OG	
-								
31/01/2025	14h00	Révisions/Moodle		Révisions/Moodle		Révisions/Moodle		
31/01/2025	15h45	Révisions/Moodle		Révisions/Moodle		Révisions/Moodle		
31/01/2025	17h30	Révisions/Moodle		Révisions/Moodle		Révisions/Moodle		

06/02/2025	08h00	Certif-1	OG					
06/02/2025	09h45	CM-11	OG	CM-11	OG	CM-11	OG	
06/02/2025	11h30	CM-12	OG	CM-12	OG	CM-12	OG	
-								fin bloc 1
07/02/2025	14h00	CM-13	OG	CM-13	OG	CM-13	OG	
07/02/2025	15h45	TD-1	OG	TD-1	TB	TD-1	FD	QROC 1
07/02/2025	17h30							

13/02/2025	08h00	Certif-2	OG					
13/02/2025	09h45	CM-14	OG	CM-14	OG	CM-14	OG	
13/02/2025	11h30	CM-15	OG	CM-15	OG	CM-15	OG	
-								
14/02/2025	14h00	Révisions/Moodle		Révisions/Moodle		Révisions/Moodle		
14/02/2025	15h45	Révisions/Moodle		Révisions/Moodle		Révisions/Moodle		
14/02/2025	17h30	Révisions/Moodle		Révisions/Moodle		Révisions/Moodle		

20/02/2025	08h00							
20/02/2025	09h45	CM-16	OG	CM-16	OG	CM-16	OG	
20/02/2025	11h30	TD-2	OG	TD-2	TB	TD-2	FD	
								fin bloc 2
21/02/2025	14h00	TD-3	OG	TD-3	TB	TD-3	FD	QROC 2
21/02/2025	15h45	TD-4	OG	TD-4	TB	TD-4	FD	

27/02/2025	08h00	TPR-1	OG TE				
27/02/2025	09h45	TPR-1	OG TE	TD-5	LD		
27/02/2025	11h30	Certif-3	OG	TD-6	LD		
-							
28/02/2025	14h00	TD-5	OG	TPR-1	LD YC	TD-5	FD
28/02/2025	15h45	TD-6	OG	TPR-1	LD YC	TD-6	FD
28/02/2025	17h30						

06/03/2025	08h00	Vacances		Vacances		Vacances	
06/03/2025	09h45	Vacances		Vacances		Vacances	
06/03/2025	11h30	Vacances		Vacances		Vacances	
-							
07/03/2025	14h00	Vacances		Vacances		Vacances	
07/03/2025	15h45	Vacances		Vacances		Vacances	
07/03/2025	17h30	Vacances		Vacances		Vacances	

13/03/2025	08h00						
13/03/2025	09h45	TD-7	OG	TD-7	LD	TD-7	FD
13/03/2025	11h30	CC-mi	OG	CC-mi	LD	CC-mi	FD
-							
14/03/2025	14h00	TD-8	OG	TD-8	TB	TPR-1	FD EJ
14/03/2025	15h45					TPR-1	FD EJ
14/03/2025	17h30						

20/03/2025	08h00	TPR-2	OG TE				
20/03/2025	09h45	TPR-2	OG TE				
20/03/2025	11h30	TPR-2	OG TE			TD-8	FD
-							
21/03/2025	14h00	TPF-1	OG TE	TPF-1	LD YC	TPF-1	FD EJ
21/03/2025	15h45	TPF-2	OG TE	TPF-2	LD YC	TPF-2	FD EJ
21/03/2025	17h30						

27/03/2025	08h00					TPR-2	EJ TE
27/03/2025	09h45	TD-9	OG			TPR-2	EJ TE
27/03/2025	11h30	Certif-4	OG	TD-9	LD	TPR-2	EJ TE
-							
28/03/2025	14h00	TPF-GNS	OG YC	TPR-2	LD TE	TPF-GNS	FD EJ
28/03/2025	15h45	TPF-GNS	OG YC	TPR-2	LD TE	TPF-GNS	FD EJ
28/03/2025	17h30			TPR-2	LD TE		

03/04/2025	08h00	TPR-3	OG TE	TPF-GNS	LD YC		
03/04/2025	09h45	TPR-3	OG TE	TPF-GNS	LD YC		
03/04/2025	11h30	TPR-3	OG TE			TD-9	FD
-							
04/04/2025	14h00	TD-10	OG	TD-10	LD	TD-10	FD
04/04/2025	15h45	Certif-5	OG				
04/04/2025	17h30						

10/04/2025	08h00			TPR-3	LD TE		
10/04/2025	09h45			TPR-3	LD TE		
10/04/2025	11h30	TD-11	OG	TPR-3	LD TE	TD-11	FD
-							
11/04/2025	14h00			TD-11	TB		
11/04/2025	15h45						
11/04/2025	17h30						

17/04/2025	08h00					TPR-3	EJ TE
17/04/2025	09h45					TPR-3	EJ TE
17/04/2025	11h30					TPR-3	EJ TE
-							
18/04/2025	14h00	Certif-6	OG				
18/04/2025	15h45	Certif-7	OG				
18/04/2025	17h30						

24/04/2025	08h00						
24/04/2025	09h45	CC-TP	OG YC TE	CC-TP	EJ LD FD	CC-TP	TB
24/04/2025	11h30	CC-TP	OG YC TE	CC-TP	EJ LD FD	CC-TP	TB
25/04/2025	14h00	CC-F	OG	CC-F	LD	CC-F	FD
25/04/2025	15h45						

Le module LIFRES : 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 LIFRES : 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 LIFRES : 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 LIFRES : 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, ...

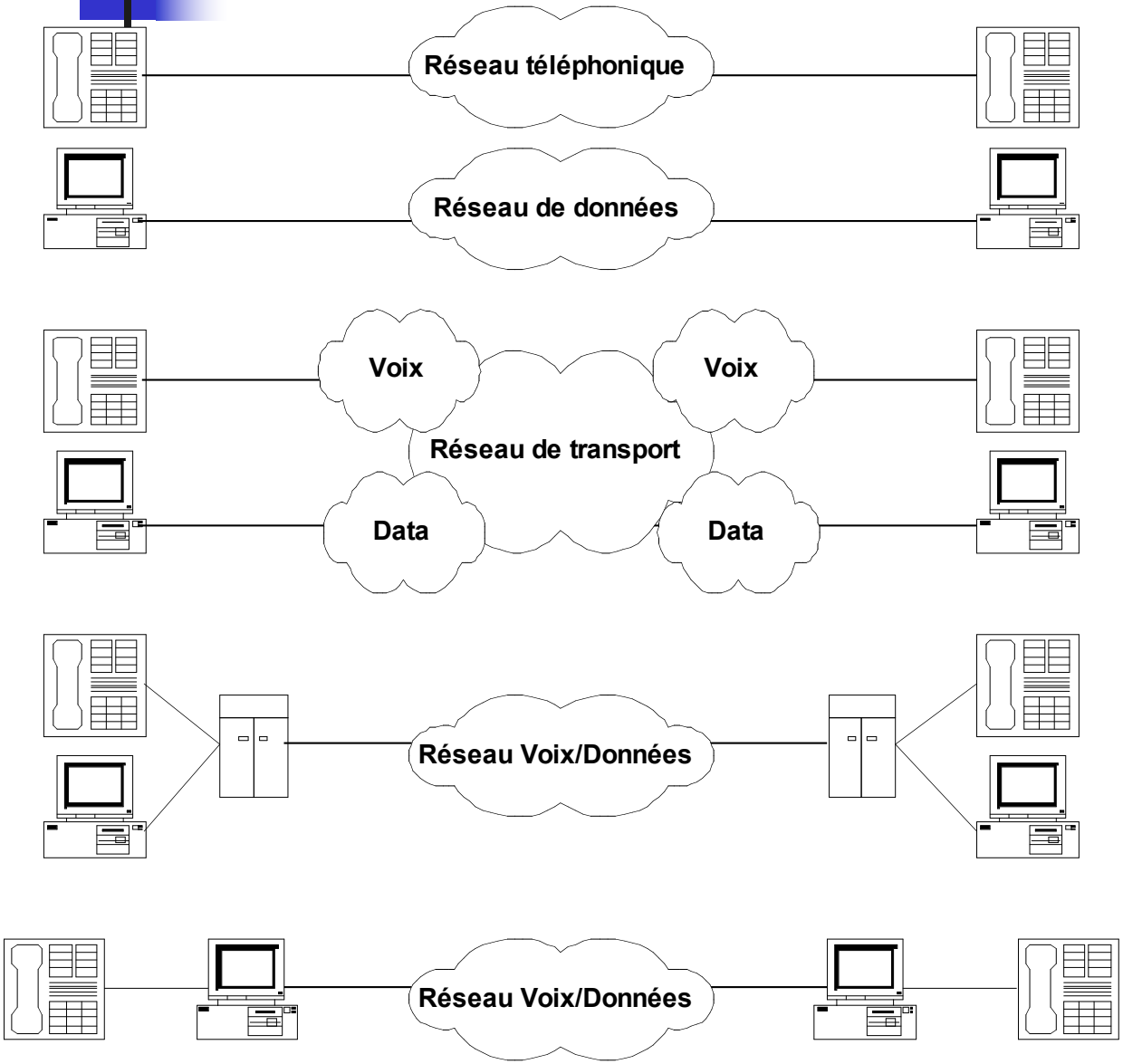
Transfert fiable d'information entre entités communicantes :

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 paquétisée
  - traitement de bout en bout identique
  - un seul accès physique
  - protocoles usagers <>
- Etape 4 :
  - même interface d'accès
  - couplage info/tel

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 Fondation* 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

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
  - D-AMPS 900 et 1900 aux Etats-Unis

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 Enginers* (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

La réglementation

ARCEP
www.arcep.fr
Autorité de régulation des communications électroniques et des postes

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.

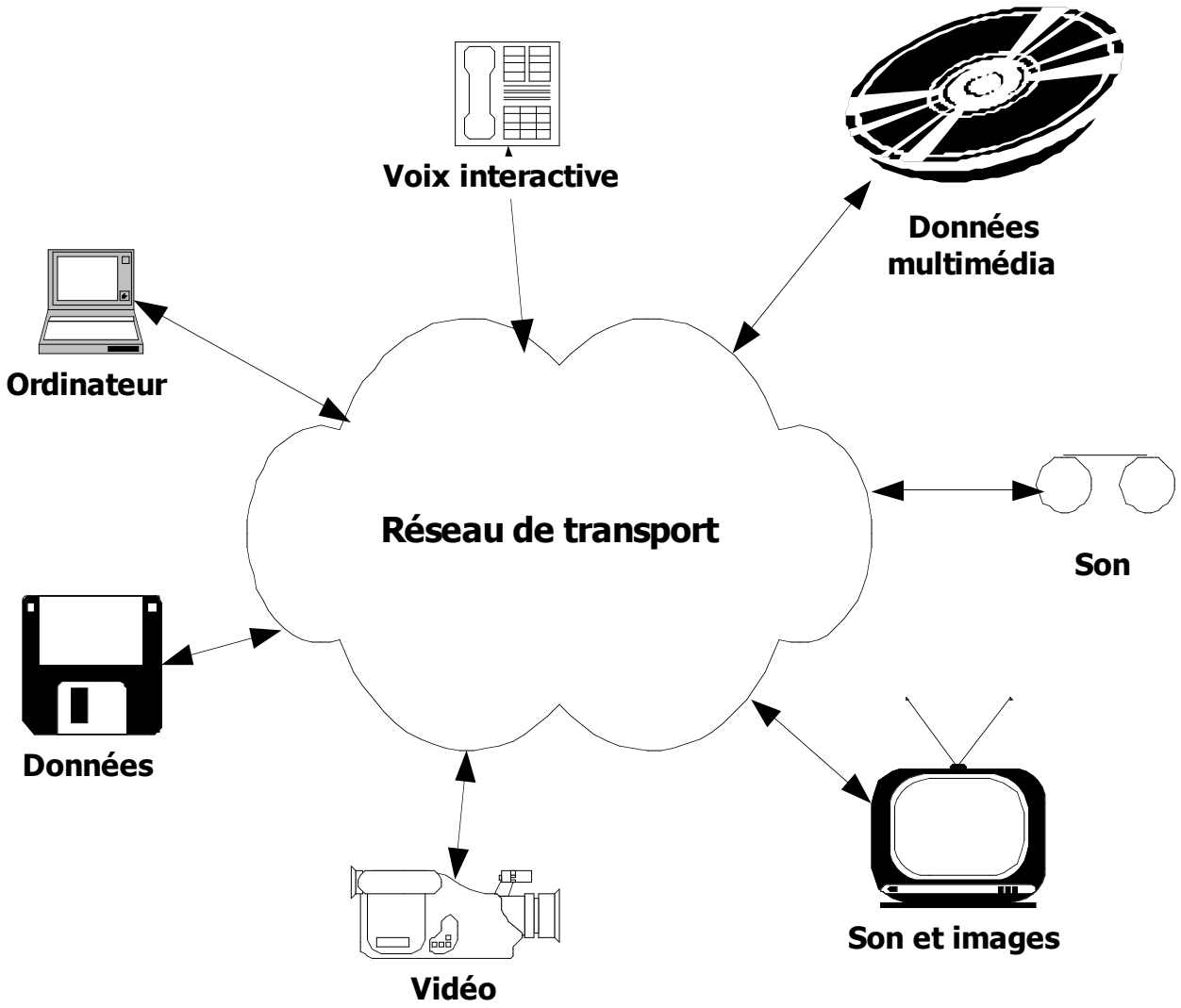
Définitions (3)

- « **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

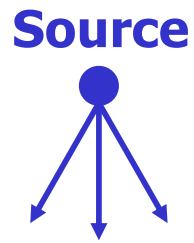
- Internet, Internet, Internet...
  - recherche d'informations
  - communication entre personnes (e-mail, forums, messagerie instantanée, *chat*…)
  - divertissements interactifs
  - commerce électronique, vente aux enchères
  - gestion comptes en banques, opérations boursières
  - démarches administratives
  - *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

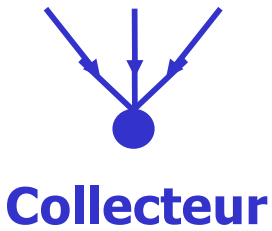
Des classifications

- 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

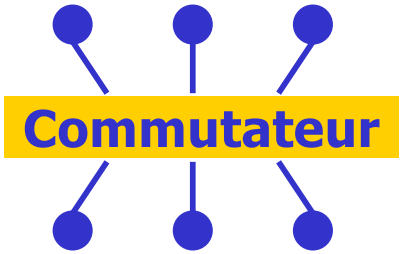


- ***Diffusion 1 à N***
  - réseaux de radiodiffusion
  - réseaux locaux



Collecte 1 à N

réseaux de télémesure



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

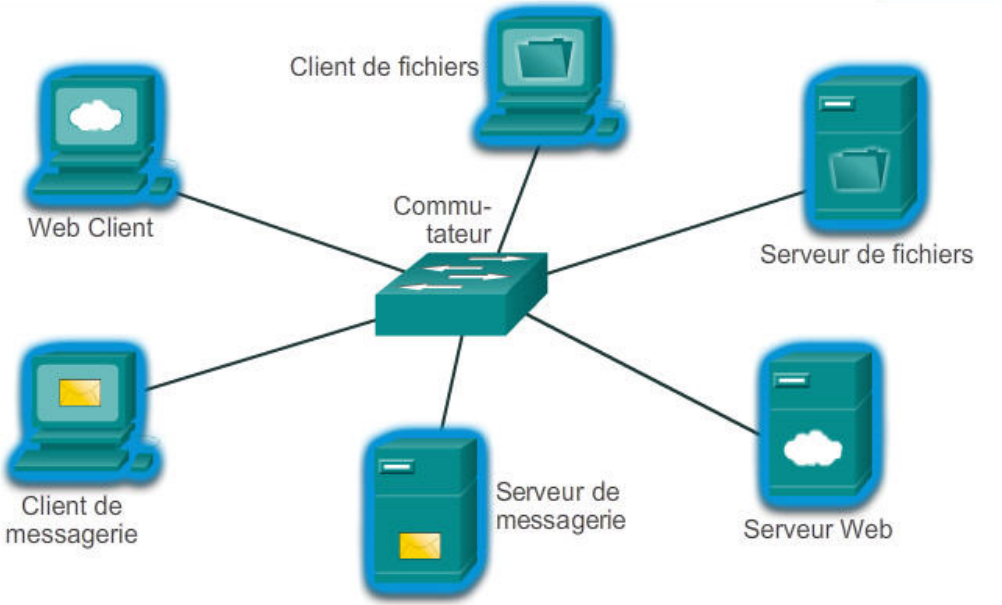
- **Débit** : nombre de bits que le réseau peut transporter par seconde
- **Latence** : nombre de secondes que met le premier bit pour aller de la source à la destination

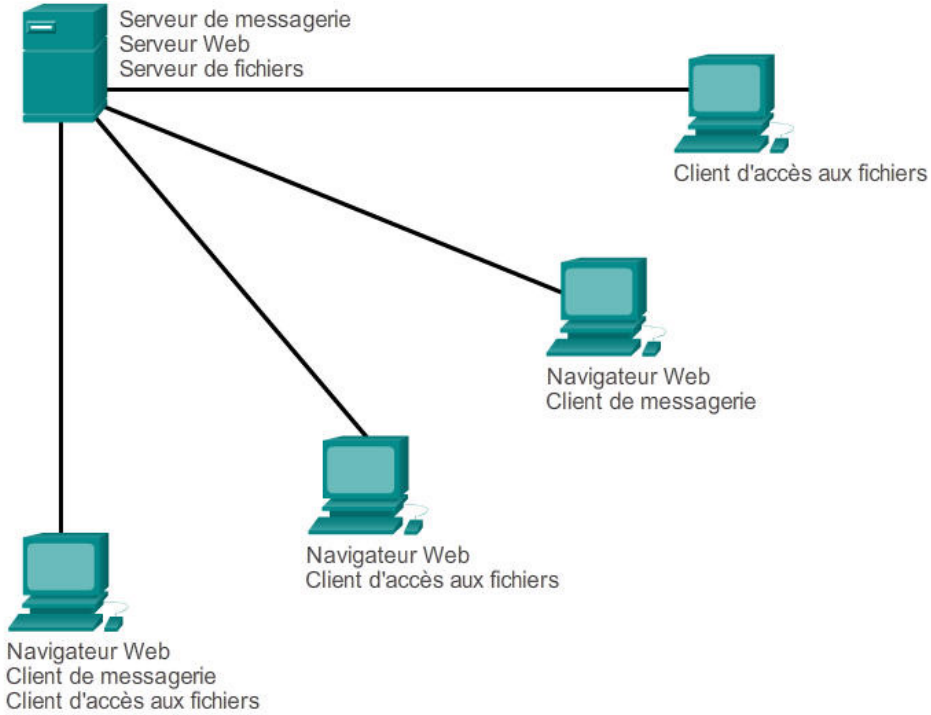
en bits par seconde

Réseaux d'accès résidentiels					
RTC	**Modem RTC**	**RNIS**	**ADSL**	**Modem câble**	
64 K	56 K	64 K	1 M à 8 M	~ 1-10 M	
Réseaux locaux et métropolitains					
Ethernet	**ATM**	**FDDI**	**DQDB**		
10 M à 10 G	155 M	100 M	jusqu'à 622 M		
Réseaux sans fil					
IEEE 802.11	**GSM**	**GPRS**	**UMTS**	**Satellites**	
				Iridium	**VSAT** / **Teledesic**
11 M à 54 M	jusqu'à 14,4 K	114 K	jusqu'à 2 M	jusqu'à 64 K	jusqu'à 512 K / 100/720 M
Cœurs de réseau et réseaux de la recherche					
Renater 3				**GEANT**	
Paris/DOM-TOM	**International**	**National**	**Idf**		
128 K à 2 M	jusqu'à 2,5 G	155 M à 2,5 G	jusqu'à 80 G	155 M à 10 G	

Réseaux d'ordinateurs (1)

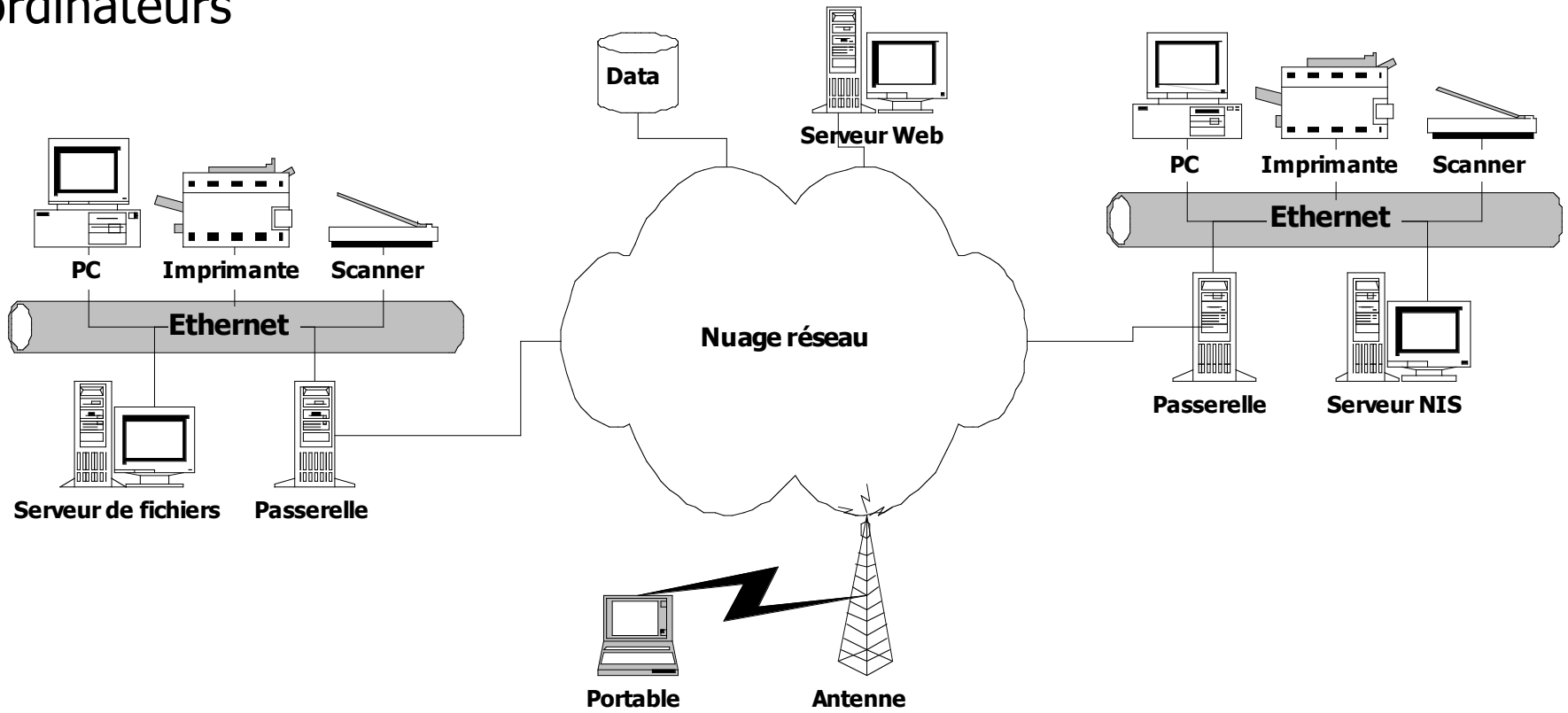
- Des clients et des serveurs



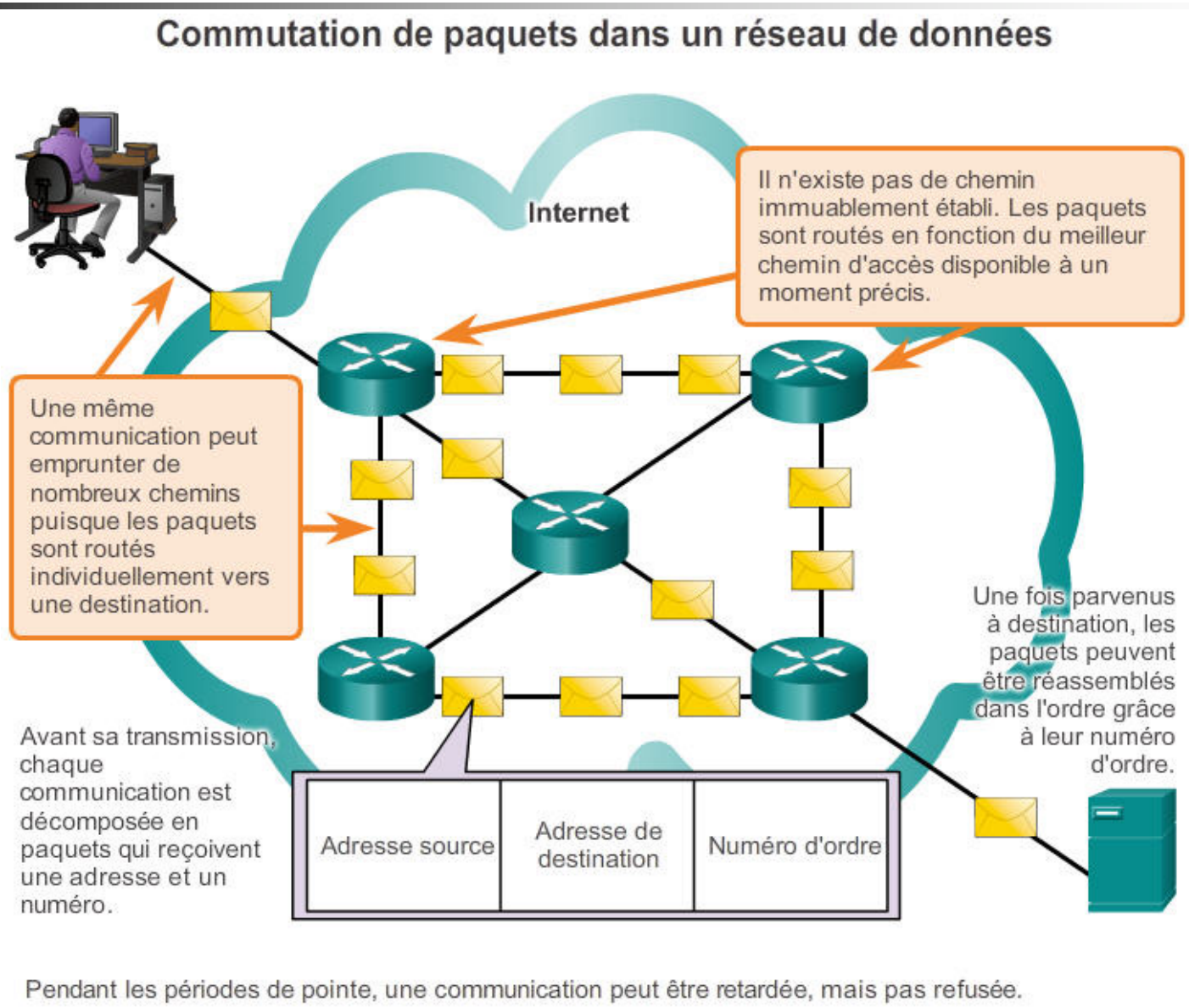


Réseaux d'ordinateurs (2)

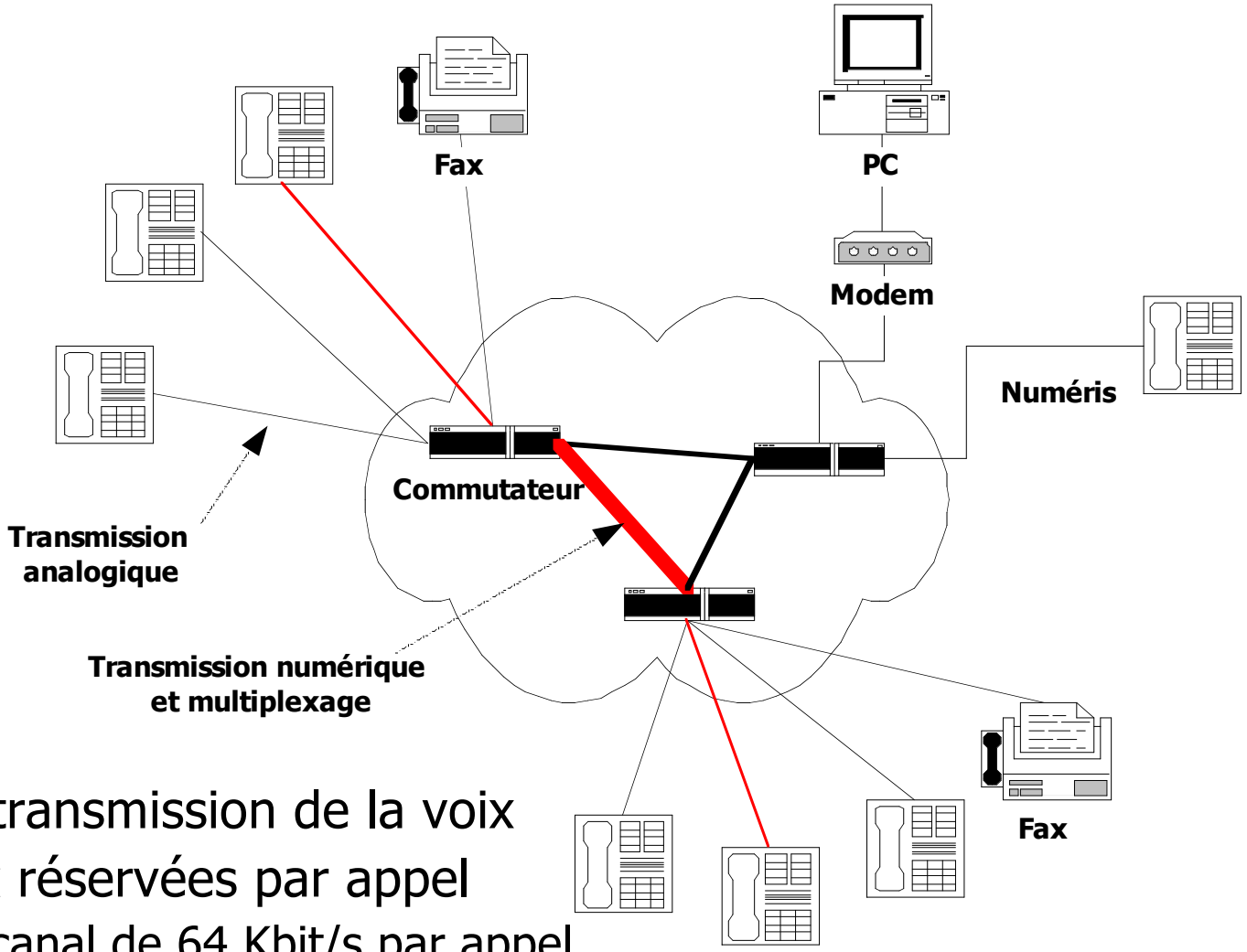
- Ensemble d' ordinateurs autonomes interconnectés au moyen d' une seule technologie
- Applications situées sur les ordinateurs
- Permet la transmission de textes, images, vidéos, sons entre les ordinateurs



Réseaux d'ordinateurs (3)



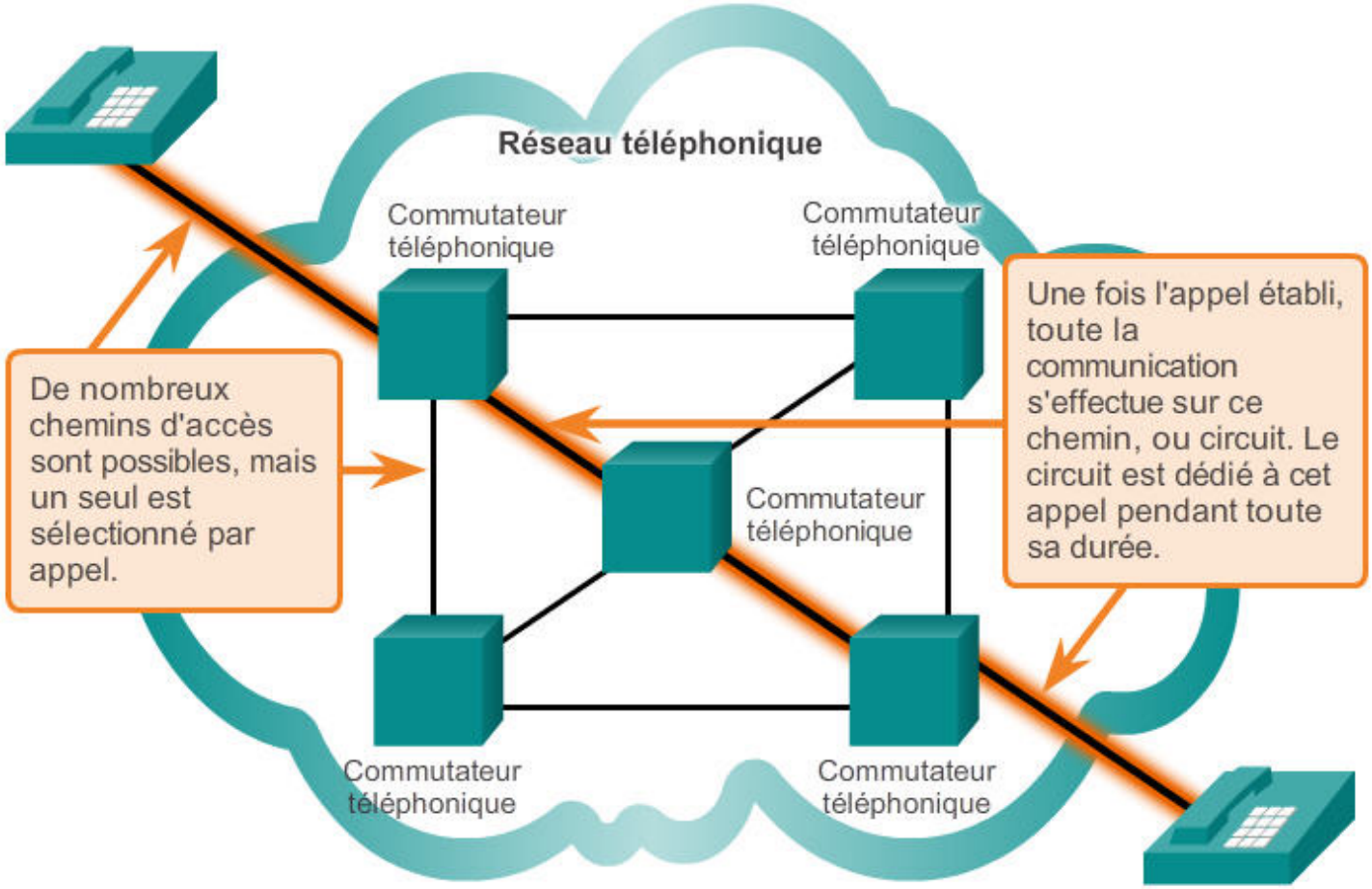
Réseaux téléphoniques (1)



- 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)

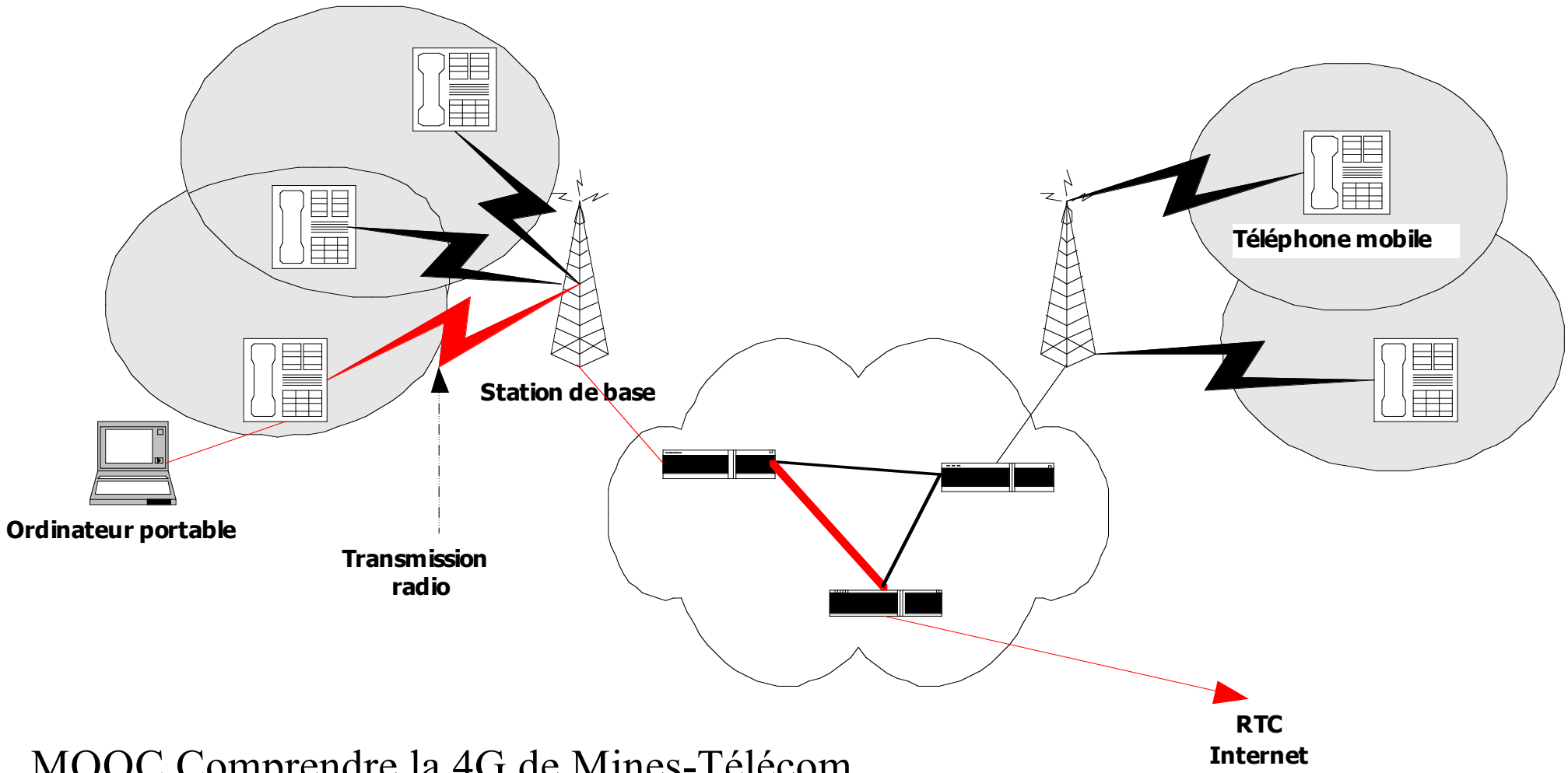
Commutation de circuits dans un réseau téléphonique



Le circuit demeure actif même si personne ne parle.

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)

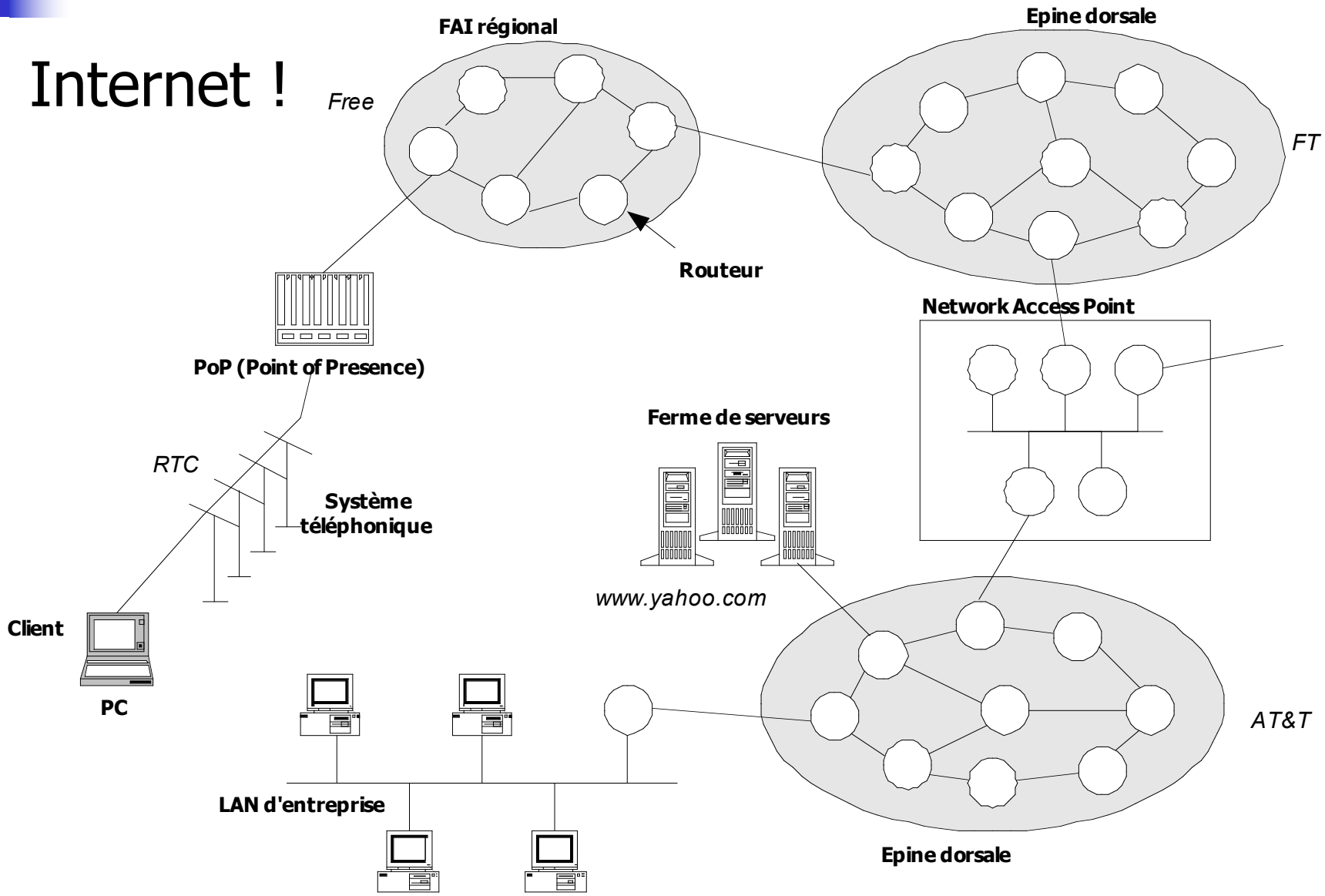
- Différence accès mobile / accès sans fil
- Applications :
  - téléphonie mobile, radio, TV, satellites, infrarouge, usagers en déplacement, conférences informatiques, taxis, livreurs, armée, distributeurs de boissons, parcmètres
- LAN sans fil : IEEE 802.11
  - plusieurs dizaines de mètres - jusqu'à 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 !



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 d'Internet

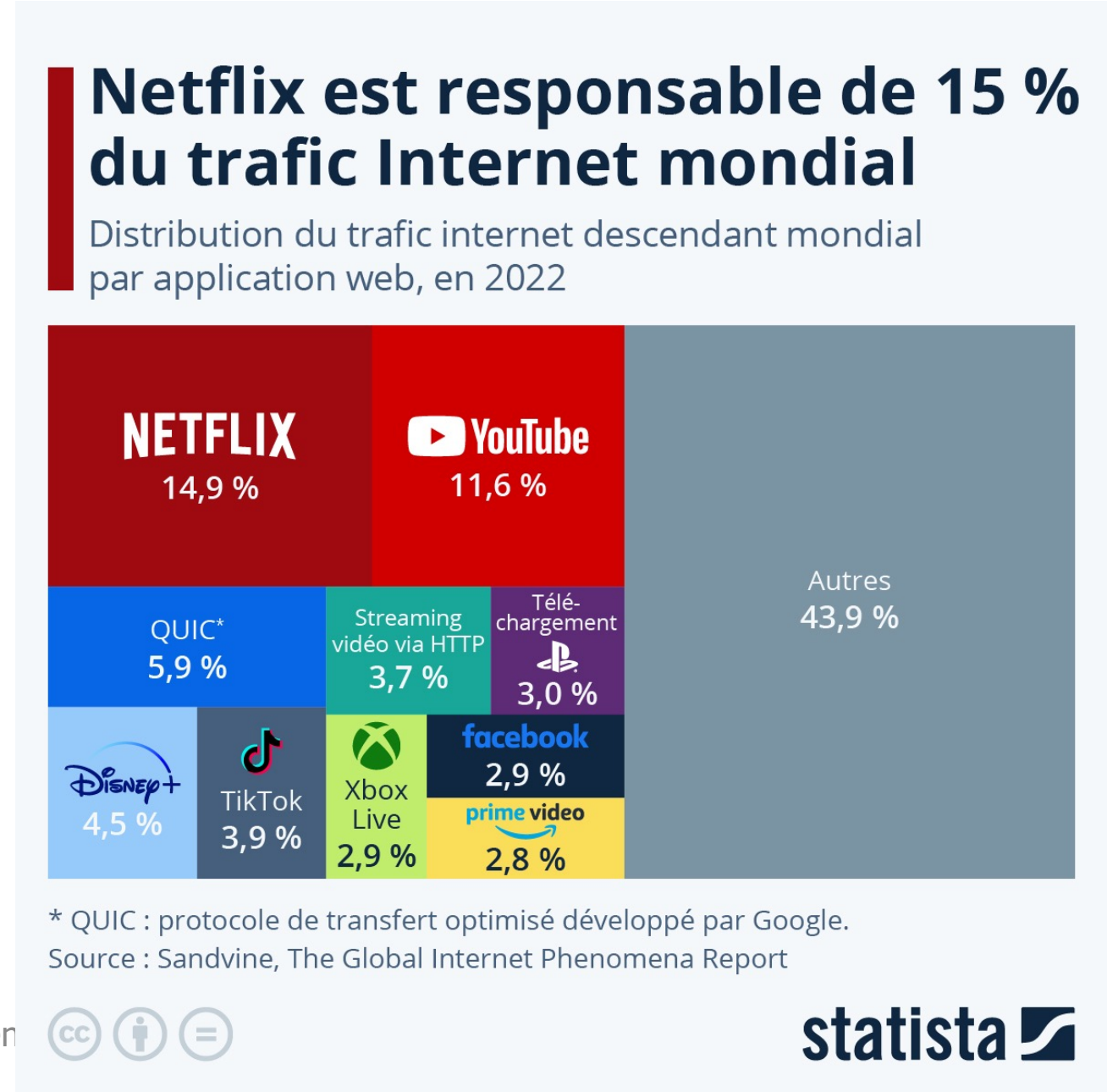
- Une ère nouvelle : celle de la « communication » avec une explosion prévisible d' Internet
  - volume du trafic de données / conversations téléphoniques
  - augmentation du trafic, du nombre de sites, du nombre d' abonnés, du nombre de satellites…
  - augmentation des débits (le haut débit du futur ?)
  - 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

Quelques statistiques sur Internet (1)

- Nombre d'utilisateurs d'Internet : 2,5 milliards en 2013, près de 4 milliards en 2017, 5,4 milliards en 2024 soit 66% de la population mondiale (55 millions en France soit 86% de la population).
- Nombre d'utilisateurs d'un téléphone portable : 5,7 milliards en 2024 soit 70% de la population mondiale ; 85% possèdent un smartphone permettant l'accès à Internet. 94% des personnes utilisent principalement leur smartphone pour aller sur le web.
- Nombre d'équipements connectés : 30 milliards en 2024, 21 en 2018, 12 en 2013, une croissance de 20% par an.
- Nombre de serveurs Web : 12 millions en 2023
- Le Web : En moyenne, nous passons 6h31 sur le web chaque jour. Trouver l'information reste la première raison d'aller sur le web, pour 62,4 % des utilisateurs. Suivent ensuite « garder le contact avec ses proches » (59,6 %) et « se tenir au courant de l'actualité et des événements » (54 %) ; Google Chrome reste le navigateur web le plus populaire au monde, avec 65,7 % de pages totales visitées. Suivent Safari (18 %) et Edge (5,2 %). Google est le moteur de recherche n° 1 dans le monde, avec 92% des parts de marché. Google Maps est utilisé par plus d'un milliard de personnes par mois.

Quelques statistiques sur Internet (2)

- Le trafic : En 2024, le trafic vidéo représente 80% de tout le trafic Internet contre 66% en 2013 ; le trafic de Google.com représente 18,3 % du trafic total mondial avec 132 milliards de visites mensuelles ; le trafic a augmenté de 17% entre 2023 et 2024.

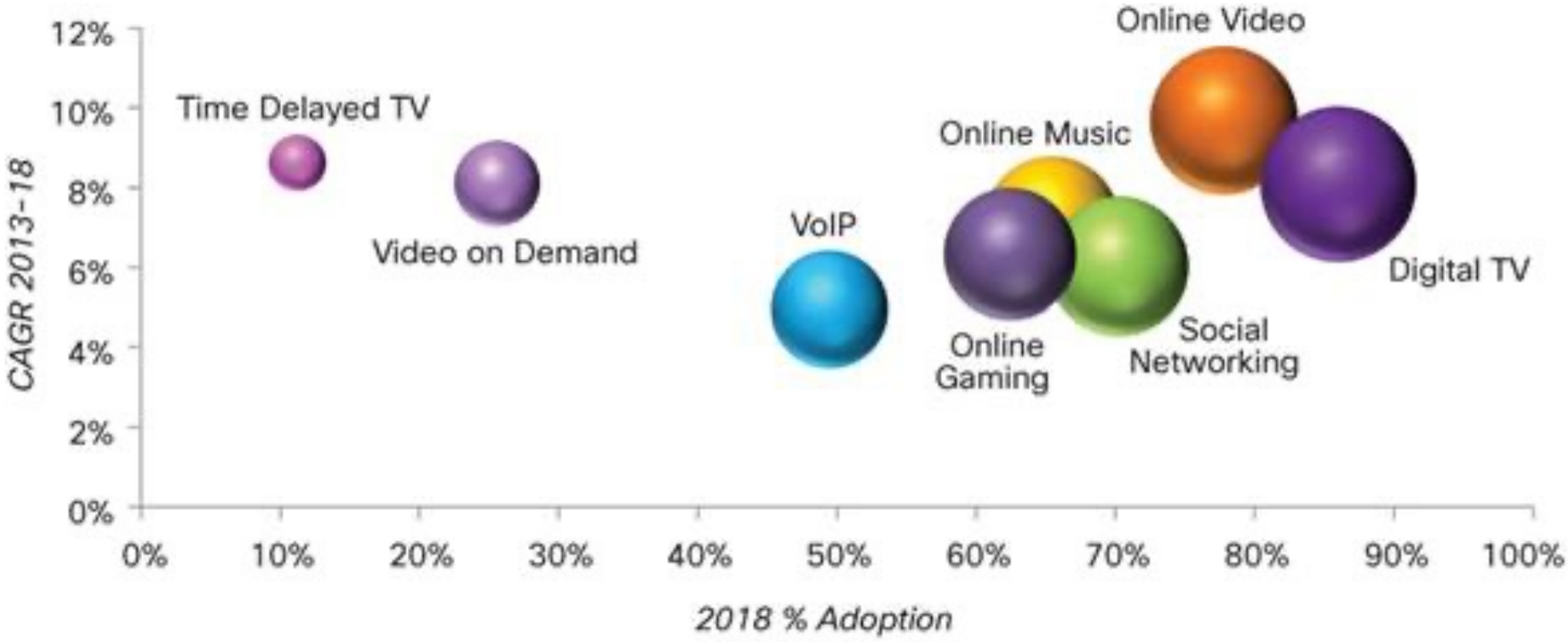


Quelques statistiques sur Internet (3)

- Réseaux sociaux : 60% de la population mondiale utilise les réseaux sociaux, en moyenne 2h20 par jour. 38% du temps passé en ligne est consacré aux réseaux sociaux. TikTok et YouTube sont les 1ers du classement avec environ 23 heures par mois et par utilisateur pour chaque plateforme. Instagram est la plateforme préférée pour 17% des utilisateurs actifs, WhatsApp pour 16%, Facebook pour 14%. Facebook revendique 3 milliards d'utilisateurs actifs en 2024, YouTube 2,5 ; WhatsApp 2 ; Instagram 2 ; TikTok 1,6 ; WeChat 1,3.
- ChatGPT : Les États-Unis sont les 1ers utilisateurs. La France est quatrième.
- E-commerce : les leaders en France sont Amazon, Leboncoin, Booking, Vinted et E.Leclerc ; près de 90 % des 30-44 ans achètent en ligne, 50 % des 60 à 74 ans ; 81 % des achats sont influencés par des recommandations sur les réseaux sociaux.
- Publicité : En 2023, la publicité sur YouTube génère 7,9 milliards de dollars ; Google détient 72 % des parts de marché de la publicité sur les moteurs de recherche ; 30,6 % des internautes de 16 à 64 ans déclarent découvrir une marque pour la première fois grâce à la publicité sur les moteurs de recherche ; 28,1 % des 25-34 ans découvrent de nouvelles marques via des publicités sur les réseaux sociaux ; 60,2 % des internautes estiment que la publicité en ligne est envahissante et la bloquent ; plus de 50 % des internautes en France refusent les cookies, un chiffre largement au-dessus de la moyenne établie à 37 % en 2023.

Services à la maison, évolution

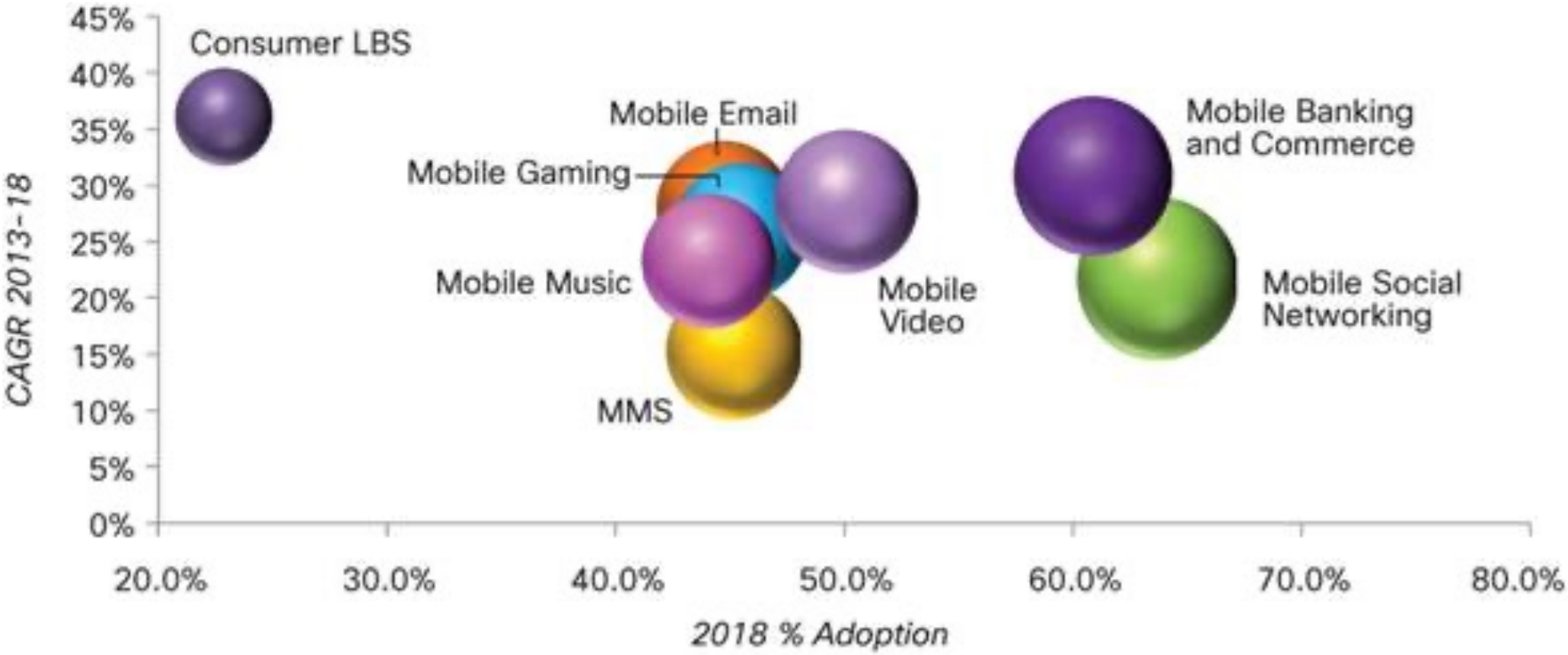
Residential Services Adoption and Growth



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.

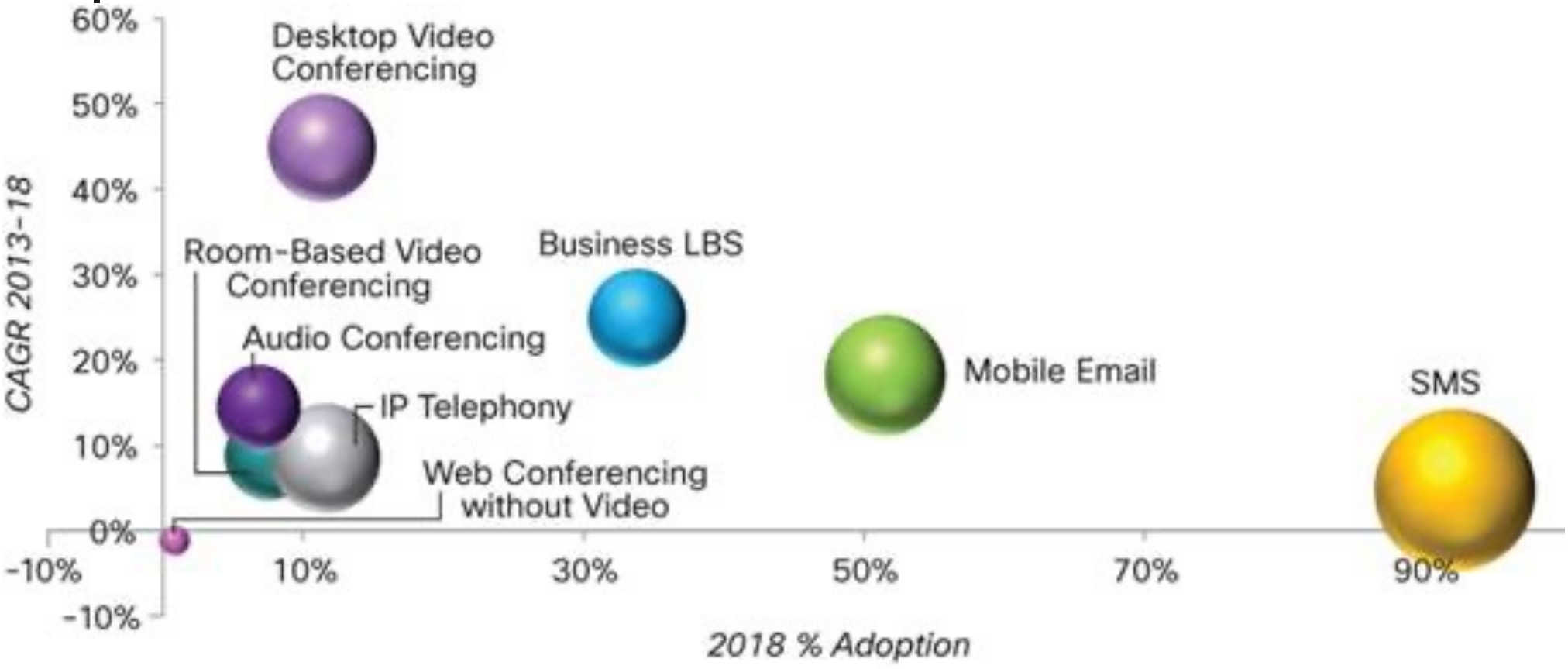
Services des clients mobiles



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

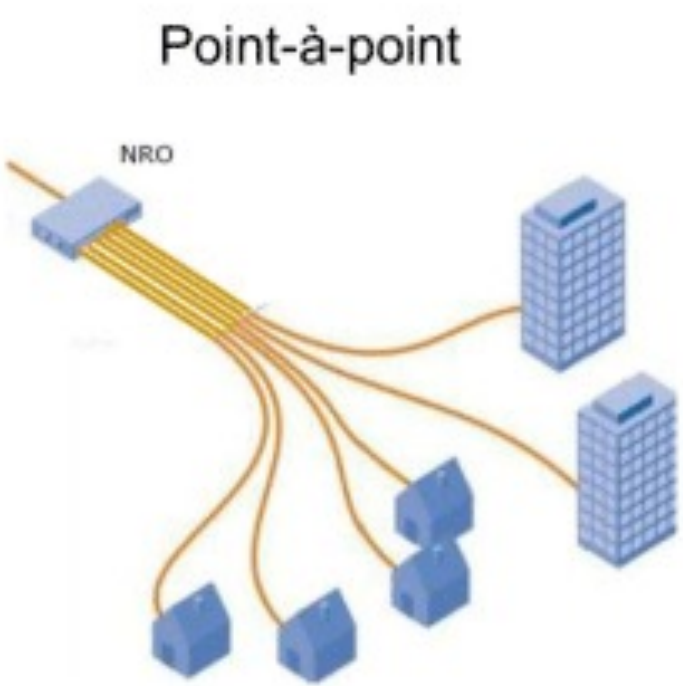
M2M – Machine to Machine

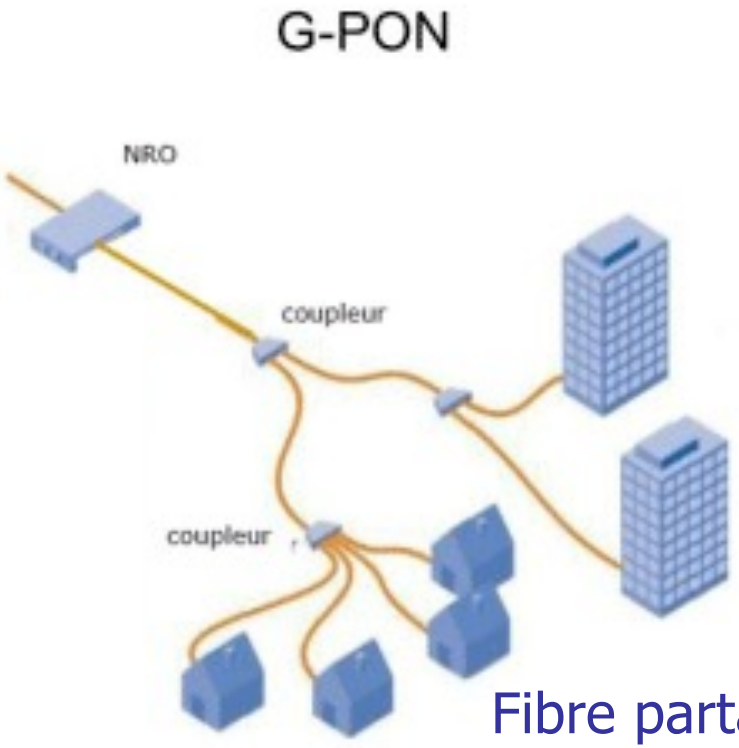
- Les appareils échangent des données automatiquement et en temps réel sans intervention humaine (Internet des objets)

- **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.

Le très haut débit fixe, infrastructures (1)

Source ARCEP





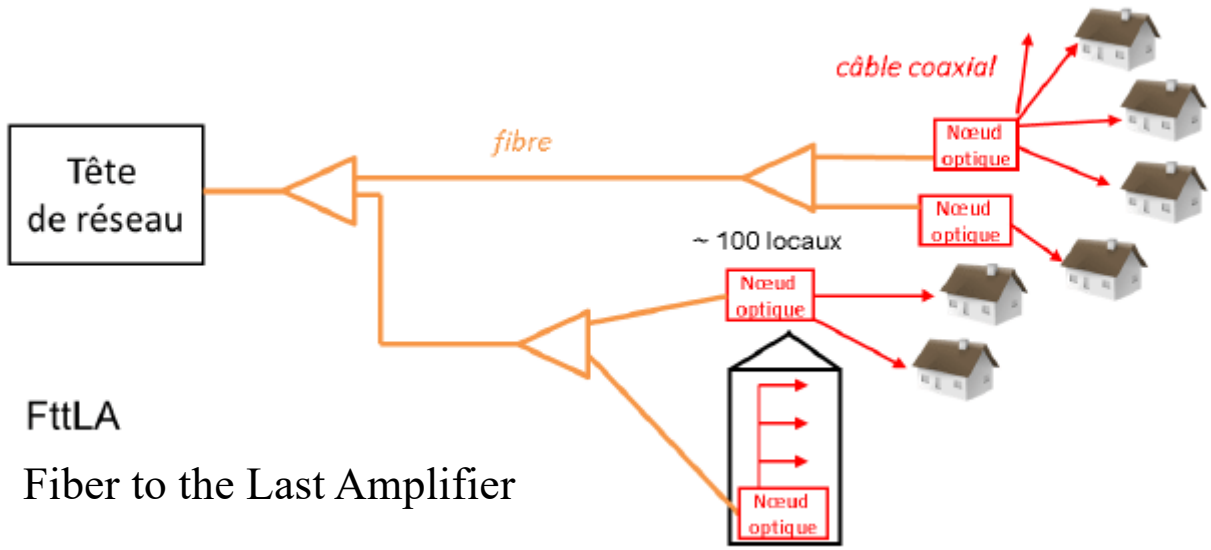
Une fibre par logement

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)

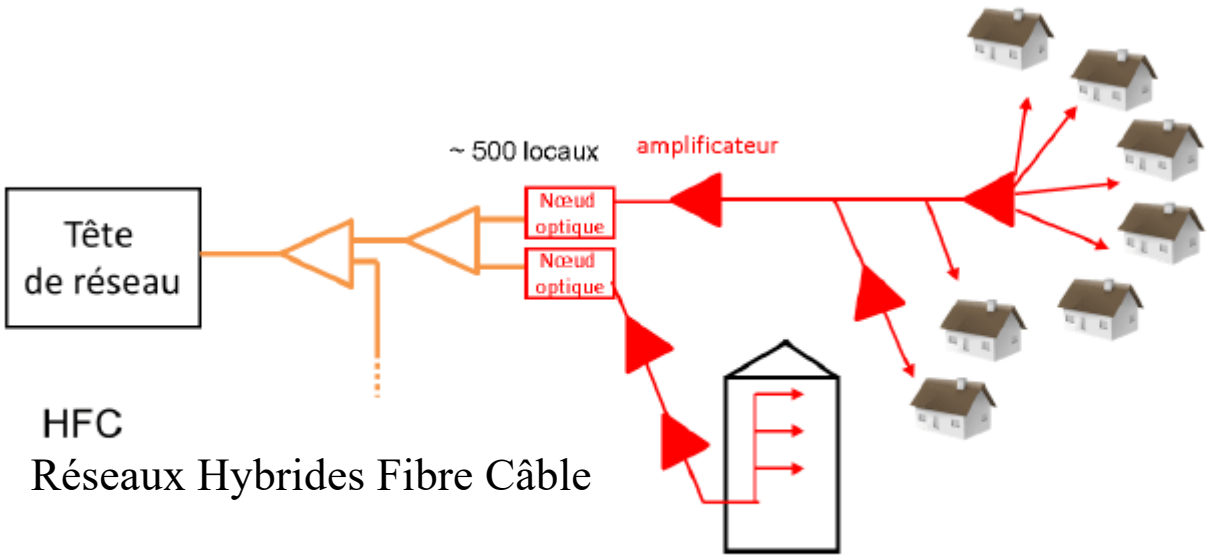
Source ARCEP



FttLA

Fiber to the Last Amplifier

Environ 100 logements, débits de 30 à 100 Mbps



HFC

Réseaux Hybrides Fibre Câble

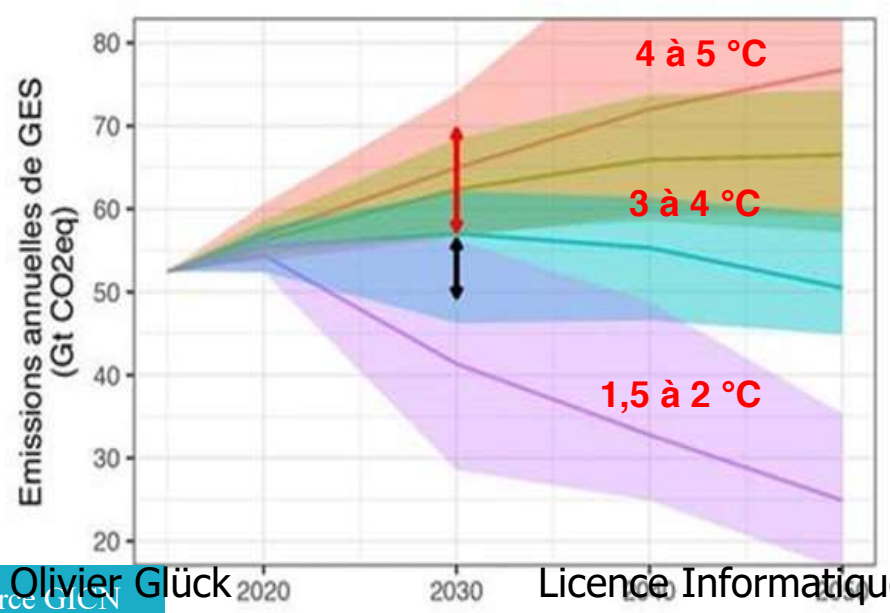
Environ 500 logements, débits de 30 à 50 Mbps

Les types de réseaux câblés : FttLA et HFC

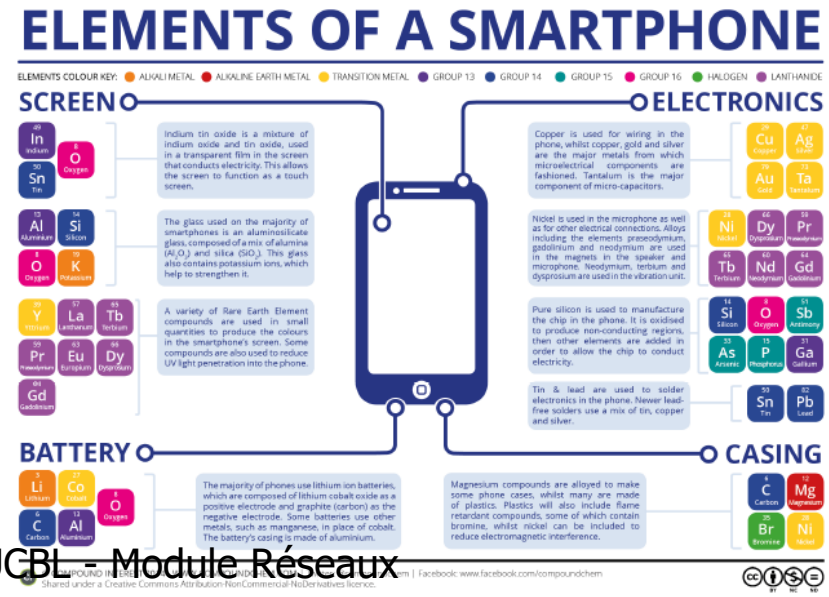
Internet et la planète (1)

Internet et la planète (1)

- L'envoi d'un simple e-mail : 25Wh, 20g eq CO_2 (Ademe)
  - 100 000 milliards d'e-mail par an (1 smartphone = 80kg eq CO_2)
- Le numérique :
  - 10% de la consommation électrique mondiale, +9% par an (non soutenable car COP21 recommande -5% par an)
  - Eq CO_2 = 4% des émissions mondiales, autant que l'aviation
  - 9000 milliards de $ = 60% PIB Europe (GAFAM = 4500 milliards)

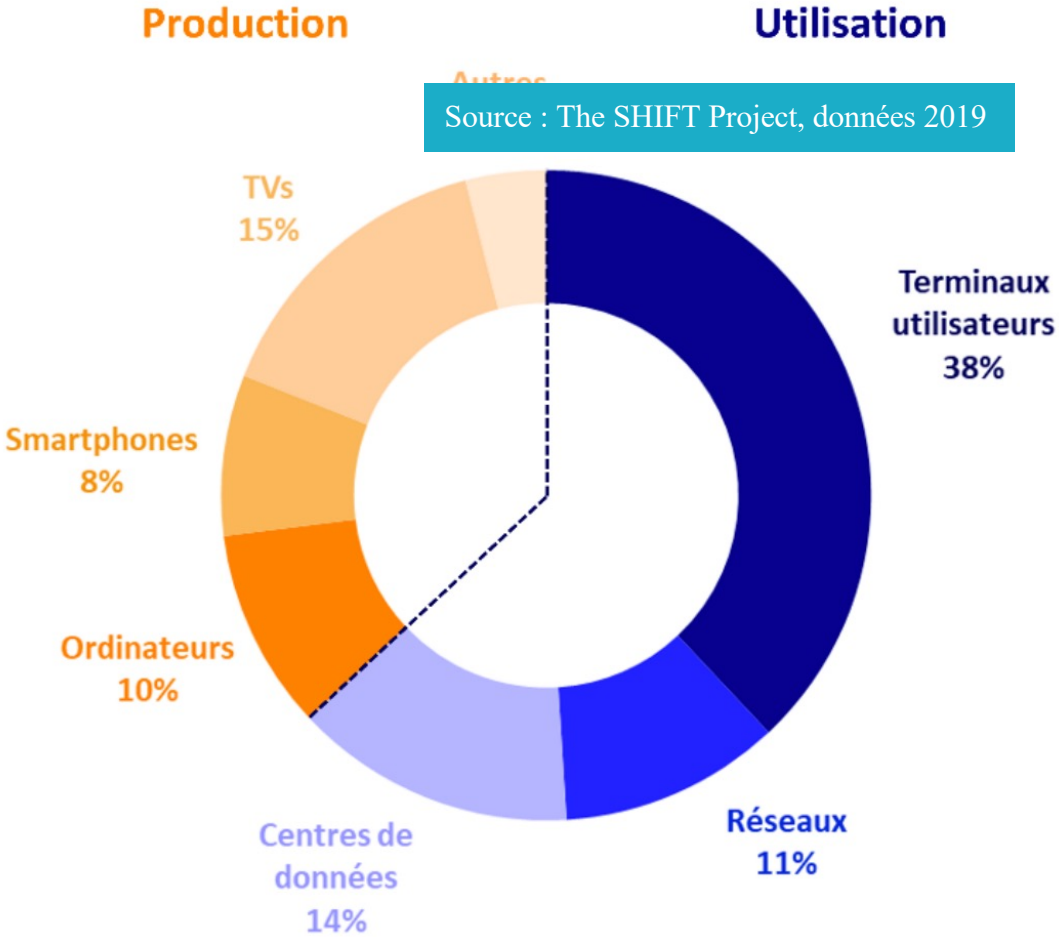


Source GICN



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



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**

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

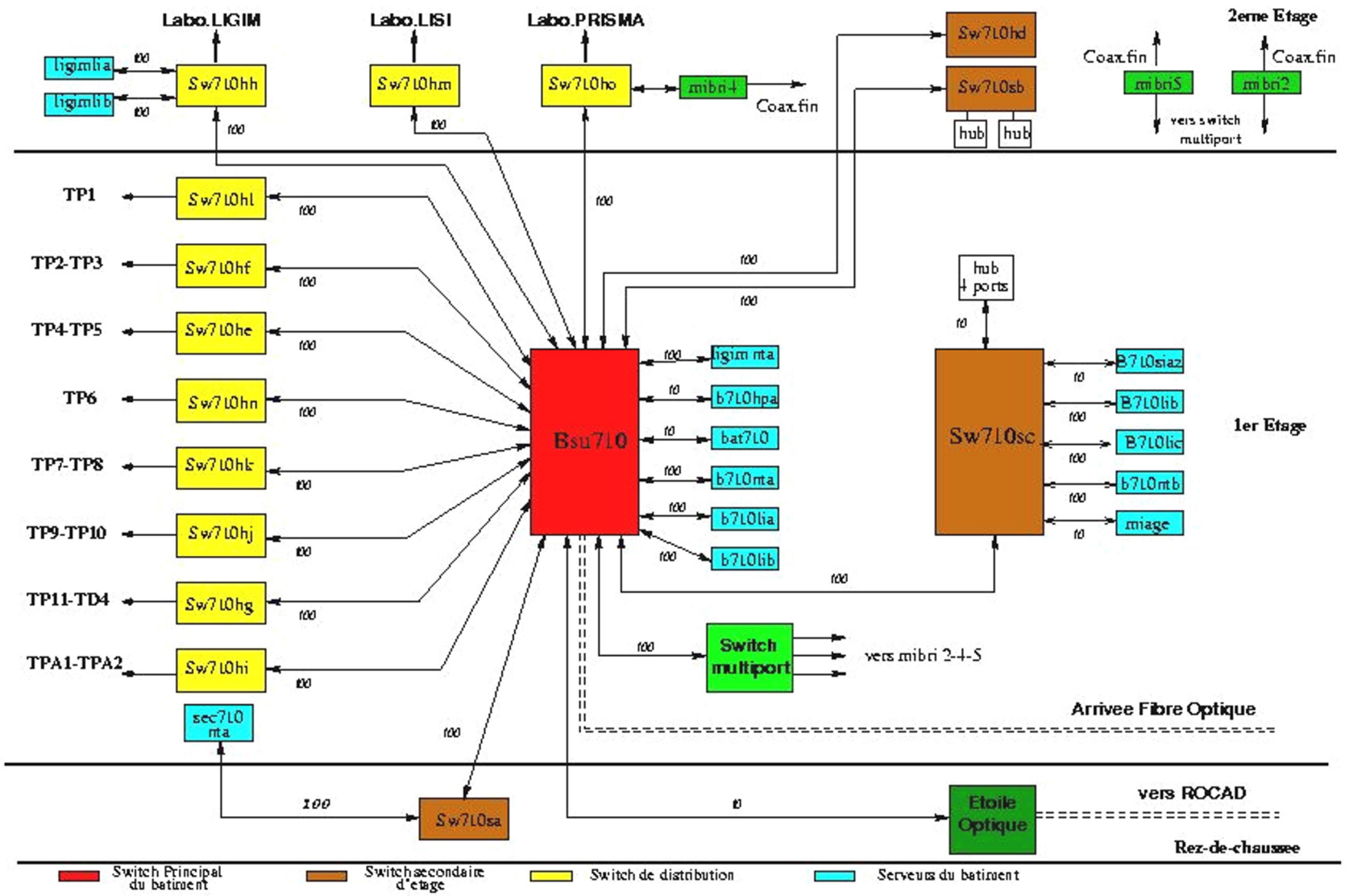
Conclusions (2)

- … 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

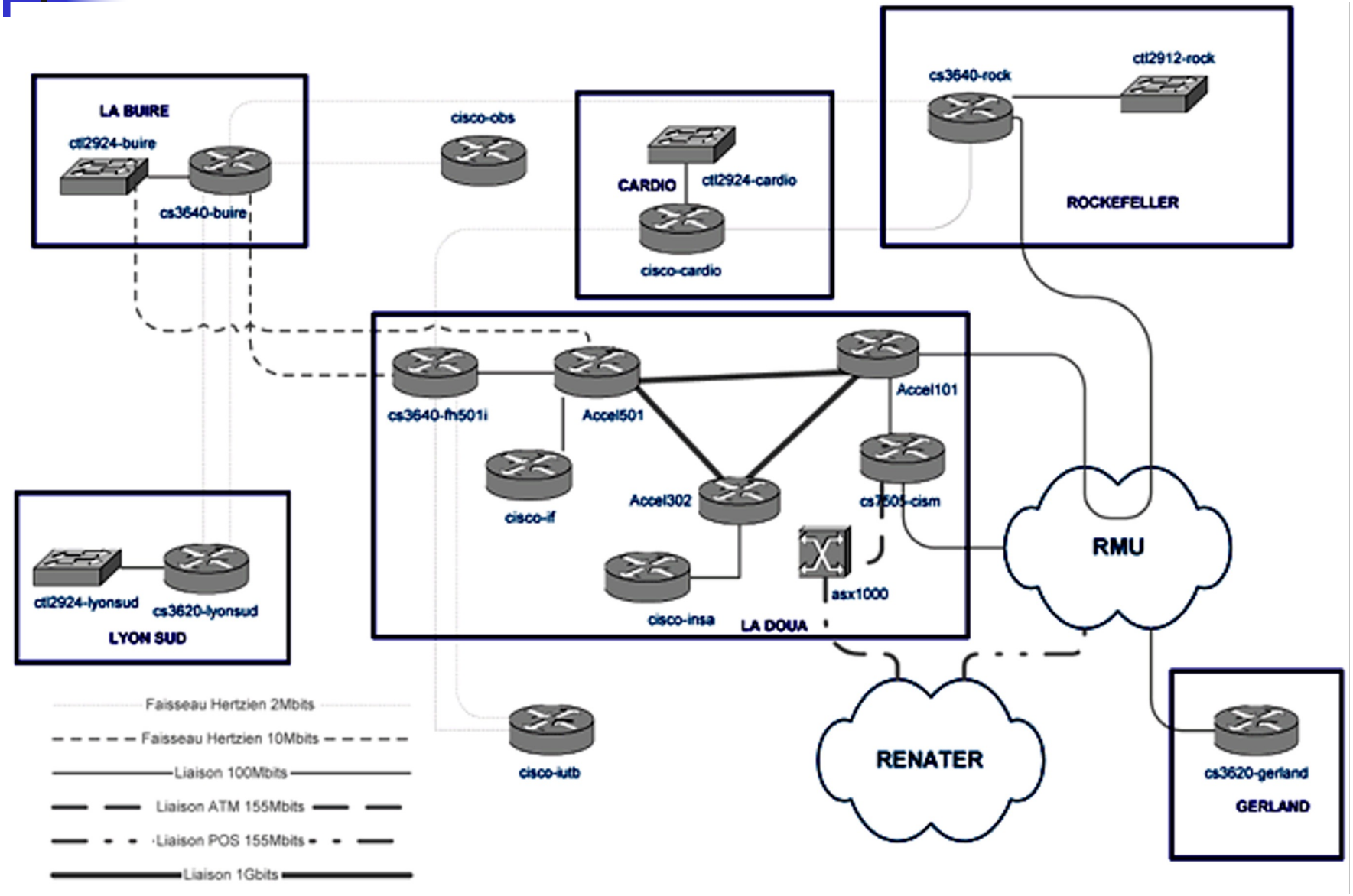
Le bâtiment 710

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

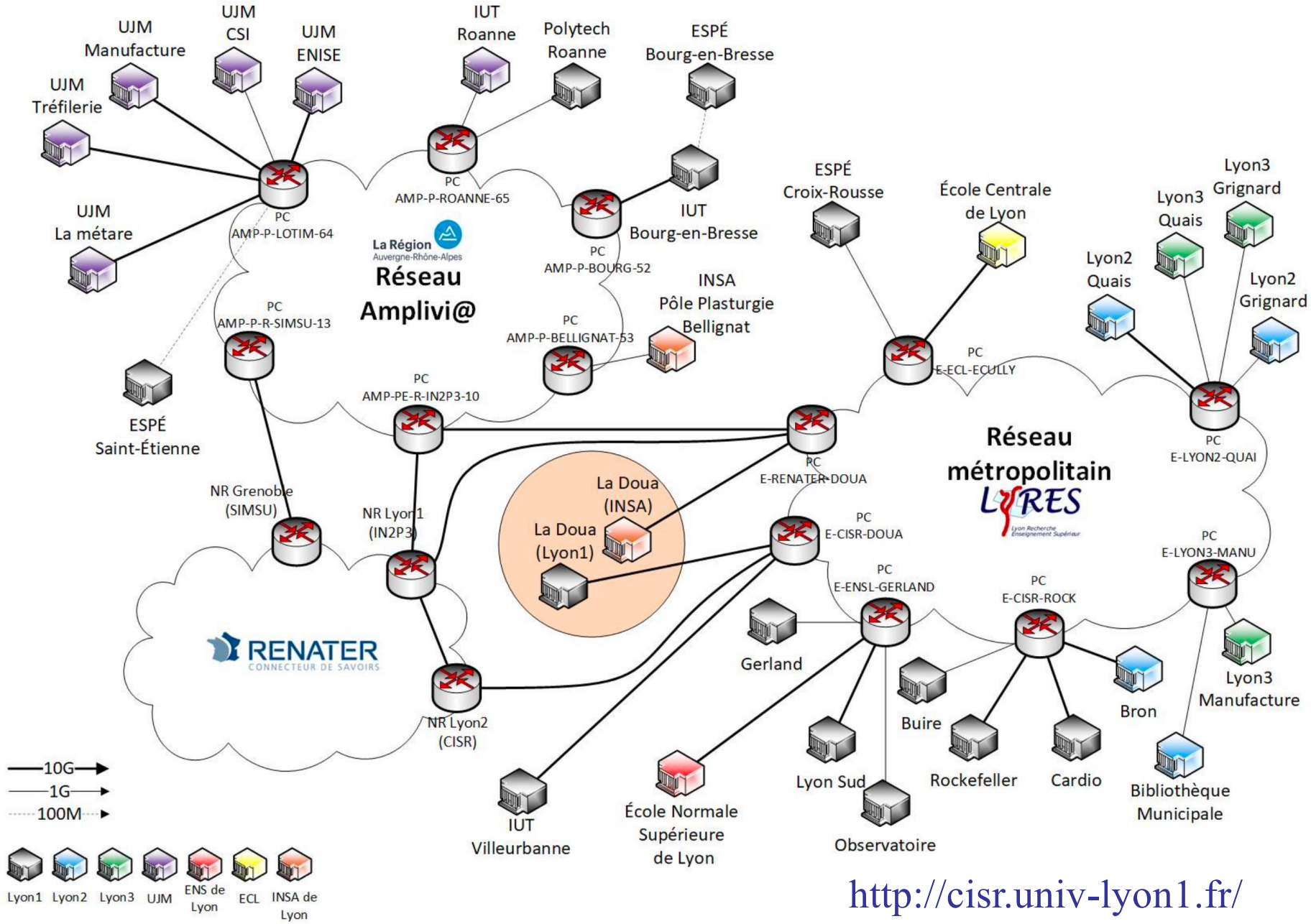


ROCAD

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



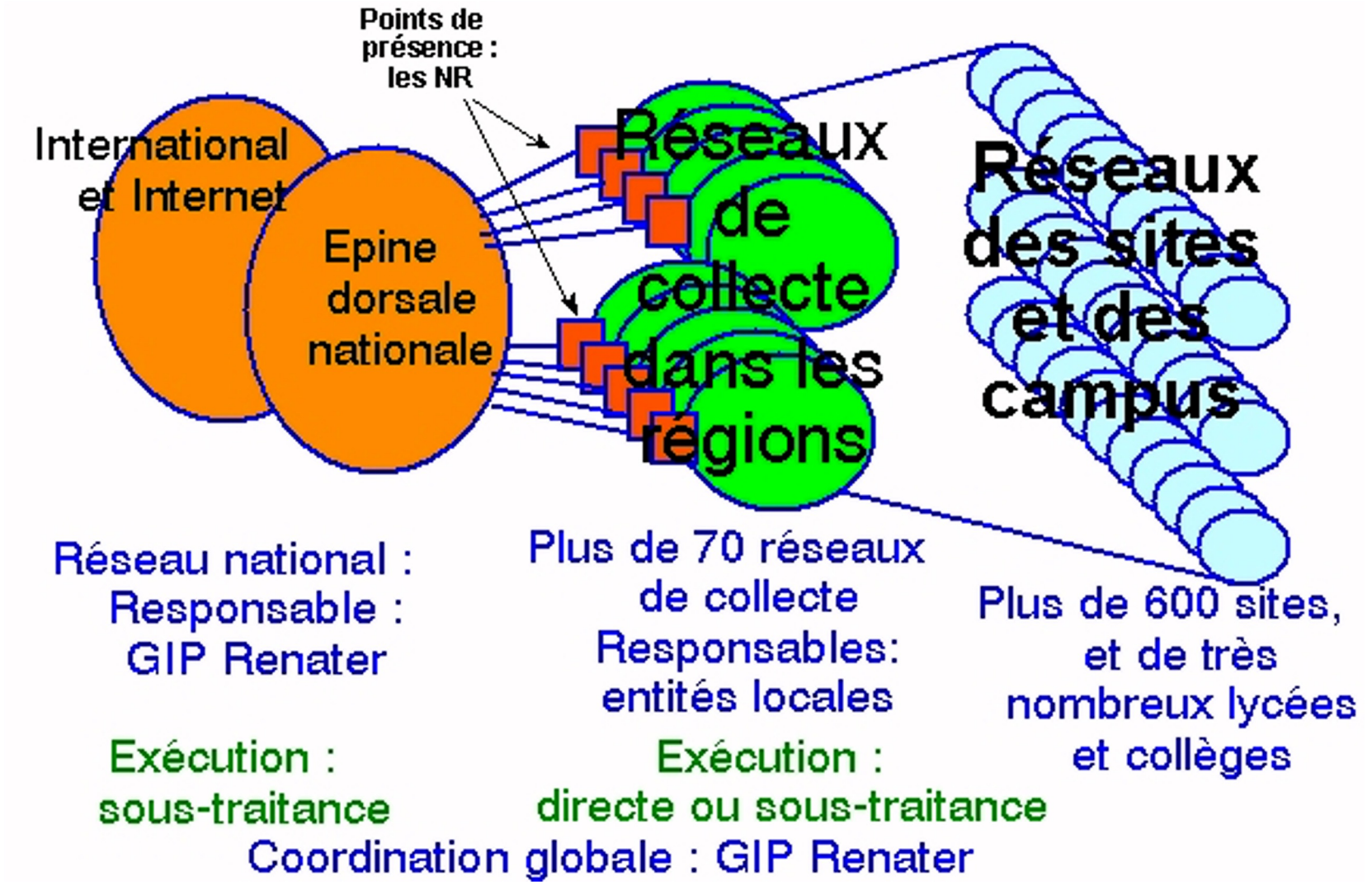
Le site Lyon-Saint-Etienne (MAN)

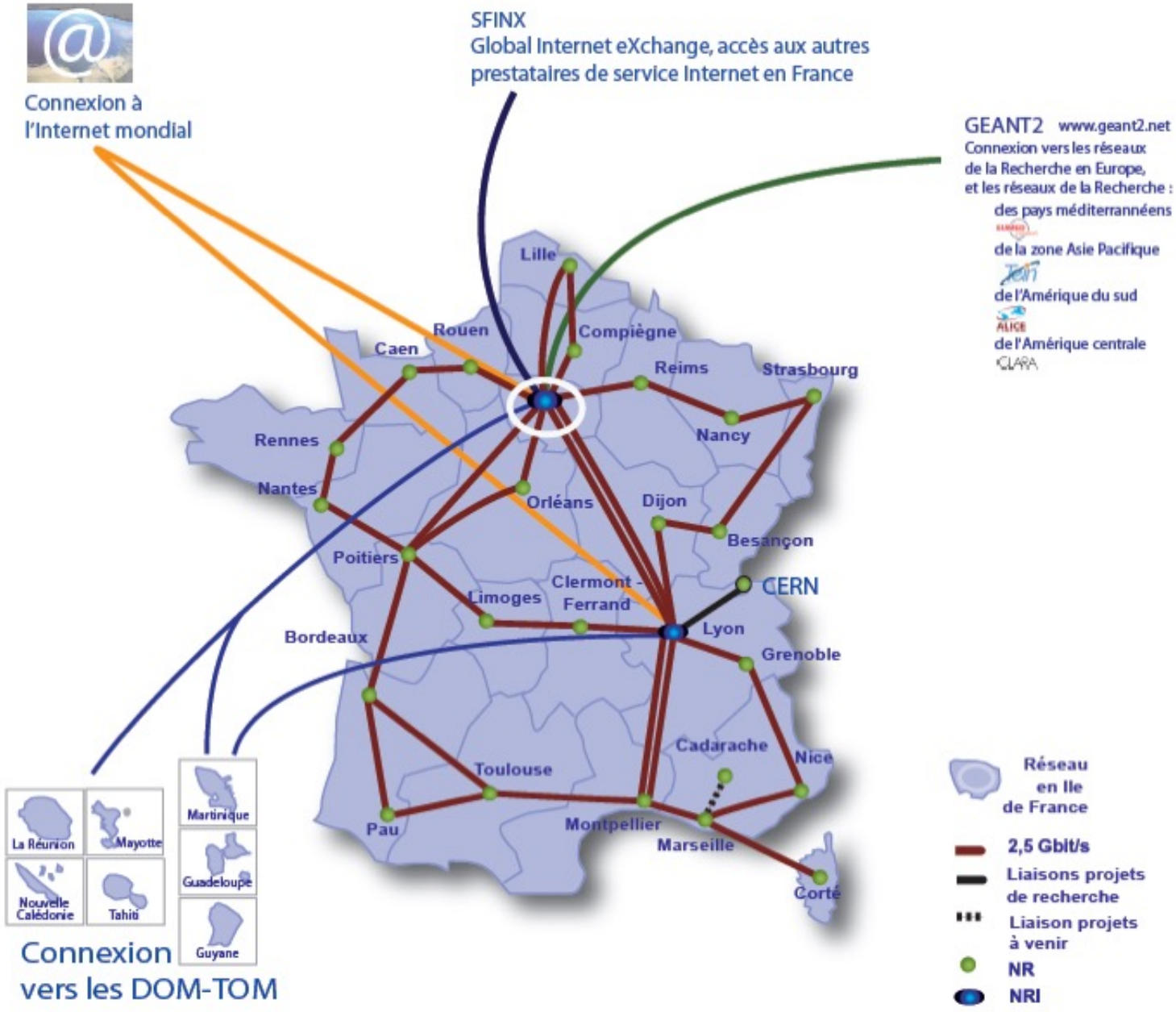


http://cisr.univ-lyon1.fr/

Organisation de Renater

http://www.renater.fr/



Renater 4 : réseau national

http://www.renater.fr/