



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 © 2026 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



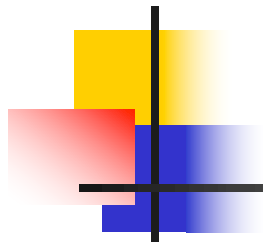
Le module Réseaux : organisation

- 24h CM, 16h30 TD, 18h TP
 - Les groupes de TD et TP sont figés dès la 1^{ère} séance de TD
 - Travail en groupe en TD ; Plusieurs formats de TP
 - Salles TP « Réseaux » : possibilité de câblage, root sur les machines
 - Plateforme en ligne Moodle : supports + QCM + travail régulier à fournir
- Validation de l'UE : 100% Contrôle Continu
 - CC assiduité (25%) : Présences TD/TP + Moodle + QROCs
 - CC TP final (25%)
 - CC mi-parcours (45 minutes environ) en amphi (25%)
 - CC final (45 minutes environ) en amphi (25%)
 - **Présence obligatoire aux évaluations ET aux TD/TP**
 - **La note de seconde chance remplace la moins bonne note des 4 notes qui composent la note de l'UE seulement si elle augmente la moyenne**
 - **La moins bonne note peut être liée à une ou plusieurs absences**
 - **De ce fait, il devient inutile de justifier une absence** (cf. MCCC votées par l'université) **sauf situation particulière exceptionnelle**



Cisco Certified Networking Academy

- Une certification professionnelle reconnue
- Une formation complémentaire aux enseignements de l'UE non obligatoire
- L'obtention de la certification est un prérequis pour faire l'UE optionnelle LIFRS2P (changement IP fin semestre si certification non validée)
- Effectif maximum de 30 étudiant.es (sélection si nécessaire : IA en L3, notes L2INFO)
- Beaucoup de travail personnel en plus de l'UE (un minimum de 5h par semaine pendant 6 ou 7 semaines)
- 6 séances surveillées de QCM ou TP noté en salle TP
- N'intervient pas dans l'évaluation de l'UE
- Un TP de l'UE se fait sur du matériel CISCO



Planif Printemps 2026

-----		Grp-A	Ens-A	Grp-B	Ens-B
15/01/2026	08h00				
15/01/2026	09h45	CM-1	OG	CM-1	OG
15/01/2026	11h30	CM-2	OG	CM-2	OG
-					
16/01/2026	14h00	CM-3	OG	CM-3	OG
16/01/2026	15h45	CM-4	OG	CM-4	OG
16/01/2026	17h30				

22/01/2026	08h00				
22/01/2026	09h45	CM-5	OG	CM-5	OG
22/01/2026	11h30	CM-6	OG	CM-6	OG
-		date limite inscription certif			
23/01/2026	14h00	CM-7	OG	CM-7	OG
23/01/2026	15h45	CM-8	OG	CM-8	OG
23/01/2026	17h30				

29/01/2026	08h00				
29/01/2026	09h45	CM-9	OG	CM-9	OG
29/01/2026	11h30	CM-10	OG	CM-10	OG
-					
30/01/2026	14h00	Révisions/Moodle		Révisions/Moodle	
30/01/2026	15h45	Révisions/Moodle		Révisions/Moodle	
30/01/2026	17h30	Révisions/Moodle		Révisions/Moodle	

05/02/2026	08h00	Certif-1	OG		
05/02/2026	09h45	CM-11	OG	CM-11	OG
05/02/2026	11h30	CM-12	OG	CM-12	OG
-					
06/02/2026	14h00	CM-13	OG	CM-13	OG
06/02/2026	15h45	TD-1	OG	TD-1	FD
06/02/2026	17h30				

12/02/2026	08h00	Certif-2	OG		
12/02/2026	09h45	CM-14	OG	CM-14	OG
12/02/2026	11h30	CM-15	OG	CM-15	OG
-					
13/02/2026	14h00	CM-16	OG	CM-16	OG
13/02/2026	15h45	TD-2	OG	TD-2	FD
13/02/2026	17h30				

19/02/2026	08h00	Vacances		Vacances	
19/02/2026	09h45	Vacances		Vacances	
19/02/2026	11h30	Vacances		Vacances	
-					
20/02/2026	14h00	Vacances		Vacances	
20/02/2026	15h45	Vacances		Vacances	
20/02/2026	17h30	Vacances		Vacances	

26/02/2026	08h00	Révisions/Moodle		Révisions/Moodle	
26/02/2026	09h45	Révisions/Moodle		Révisions/Moodle	
26/02/2026	11h30	Révisions/Moodle		Révisions/Moodle	
-					
27/02/2026	14h00	TD-3	OG	TD-3	FD
27/02/2026	15h45	TD-4	OG	TD-4	FD
27/02/2026	17h30				

05/03/2026	08h00	Certif-3	OG		
05/03/2026	09h45	TPR-1	OG TE	TD-5	FD
05/03/2026	11h30	TPR-1	OG TE	TD-6	FD
-					
06/03/2026	14h00	TD-5	OG	TPR-1	EJ TE
06/03/2026	15h45	TD-6	OG	TPR-1	EJ TE
06/03/2026	17h30				

12/03/2026	08h00				
12/03/2026	09h45	TD-7	OG	TD-7	FD
12/03/2026	11h30	CC-mi	OG	CC-mi	FD
-					
13/03/2026	14h00	TD-8	OG	TD-8	FD
13/03/2026	15h45	TD-9	OG	TD-9	FD
13/03/2026	17h30				

19/03/2026	08h00	TPR-2	OG TE		
19/03/2026	09h45	TPR-2	OG TE		
19/03/2026	11h30	TPR-2	OG TE		
-					
20/03/2026	14h00	TPF-1	OG TE	TPF-1	FD EJ
20/03/2026	15h45	TPF-2	OG TE	TPF-2	FD EJ
20/03/2026	17h30	Certif-4	OG		

26/03/2026	08h00			TPR-2	OG TE
26/03/2026	09h45			TPR-2	OG TE
26/03/2026	11h30			TPR-2	OG TE
-					
27/03/2026	14h00				
27/03/2026	15h45				
27/03/2026	17h30				

02/04/2026	08h00	TPR-3	OG TE		
02/04/2026	09h45	TPR-3	OG TE		
02/04/2026	11h30	TPR-3	OG TE		
-					
03/04/2026	14h00	TD-10	OG	TD-10	FD
03/04/2026	15h45	TD-11	OG	TD-11	FD
03/04/2026	17h30	Certif-5	OG		

09/04/2026	08h00			TPR-3	OG TE
09/04/2026	09h45			TPR-3	OG TE
09/04/2026	11h30			TPR-3	OG TE
-					
10/04/2026	14h00	TPF-GNS	OG TE	TPF-GNS	FD EJ
10/04/2026	15h45	TPF-GNS	OG TE	TPF-GNS	FD EJ
10/04/2026	17h30				

16/04/2026	08h00	Vacances		Vacances	
16/04/2026	09h45	Vacances		Vacances	
16/04/2026	11h30	Vacances		Vacances	
-					
17/04/2026	14h00	Vacances		Vacances	
17/04/2026	15h45	Vacances		Vacances	
17/04/2026	17h30	Vacances		Vacances	

23/04/2026	08h00				
23/04/2026	09h45	CC-TP	OG TE	CC-TP	FD EJ
23/04/2026	11h30	CC-TP	OG TE	CC-TP	FD EJ
-					
24/04/2026	14h00	CC-F	OG	CC-F	FD
24/04/2026	15h45				
24/04/2026	17h30				

30/04/2026	08h00	Certif-6	OG		
30/04/2026	09h45	Certif-7	OG		
30/04/2026	11h30	CC-F2	OG	CC-F2	EJ
-					



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 :

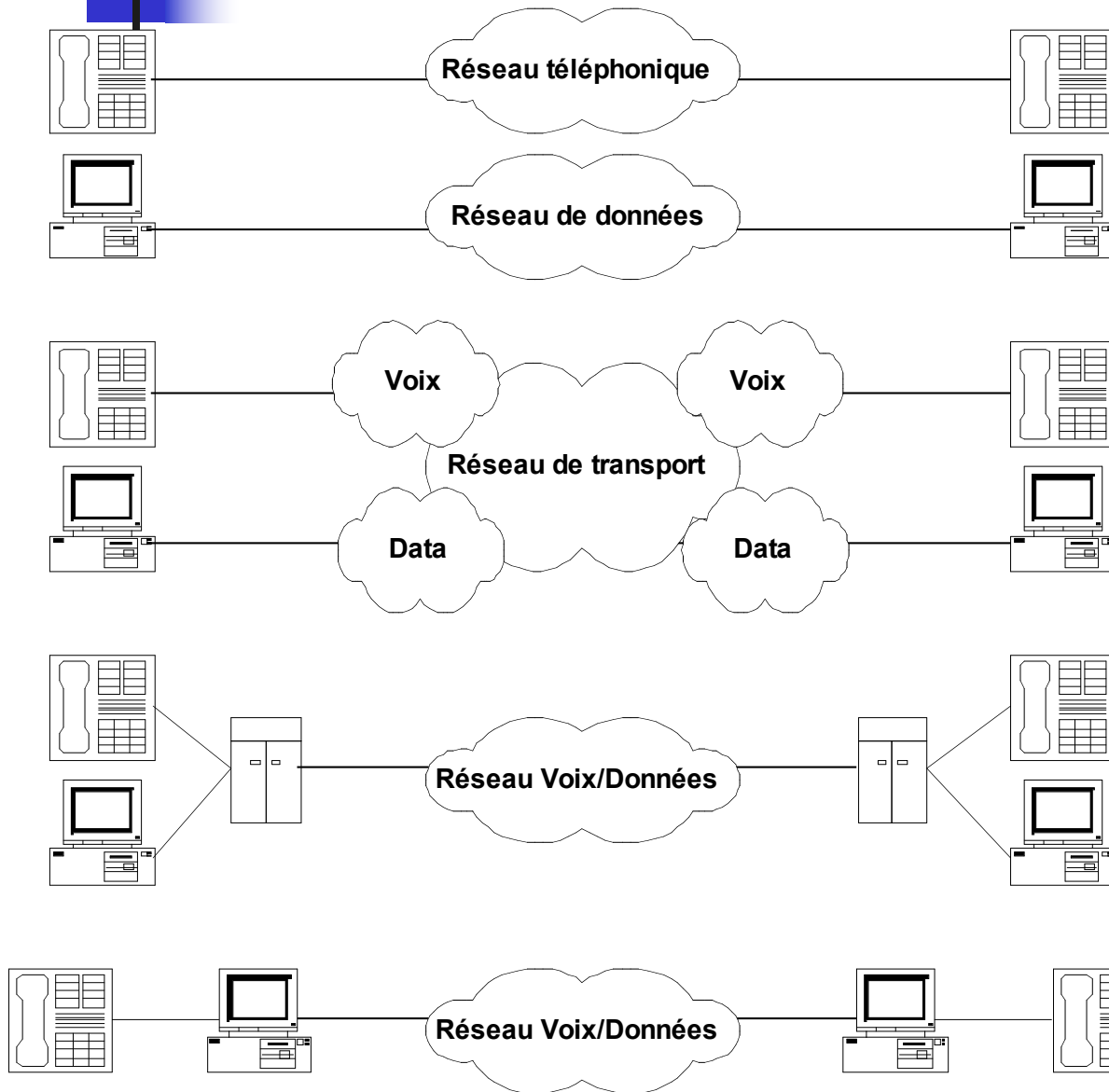
- données traduites (compréhensibles par A et B)
- support de communication (lien)
- adaptation entité/support
- une procédure d'échange (**protocole** = ensemble de règles à suivre pour effectuer un échange d'information)



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 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



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)

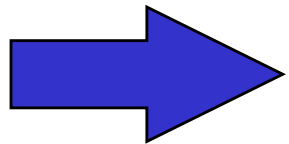
- ***U.I.T.*** *Union Internationale des Télécommunications* (ex CCITT)
(Genève) <http://www.itu.ch>
 - recommandations pour les pays moins avancés
 - recommandations pour les télécommunications internationales
 - **UIT-R : Radiocommunications (allocations des fréquences)**
 - **UIT-T : Télécommunications**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



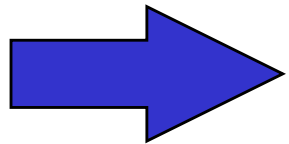
La normalisation (3)

- ***I.E.E.E. Institute of Electrical & Electronics 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

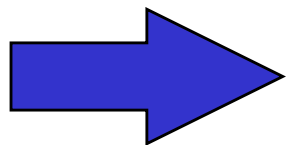
Loi de Réglementation des Télécommunications (LRT) ***Le 18 juin 1996***



- 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)

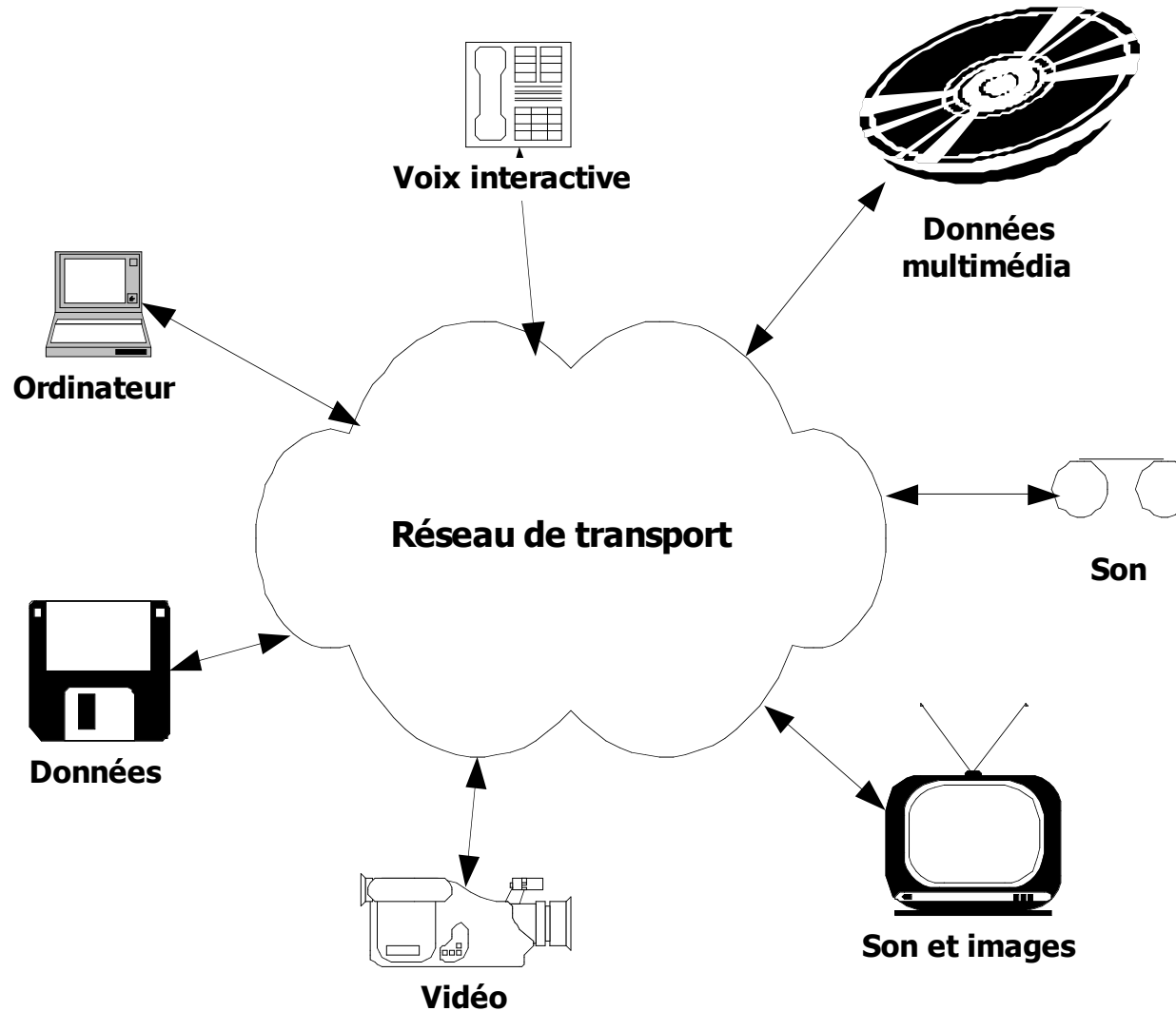
- « **Réseau de commutation** (ou commuté) » :
 - réseau dans lequel un abonné peut atteindre n'importe quel autre : mise en relation de 1 à 1 parmi N (ex : Réseau Téléphonique Commuté).
- « **Réseau d'entreprise** » :
 - réseau connectant les principaux points d'une entreprise, généralement privé.
- « **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

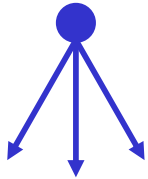


Des classifications

- 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

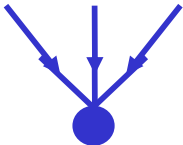
Les modes de diffusion

Source



■ *Diffusion 1 à N*

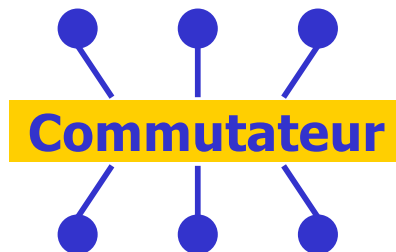
- réseaux de radiodiffusion
- réseaux locaux



Collecteur

Collecte 1 à N

réseaux de 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

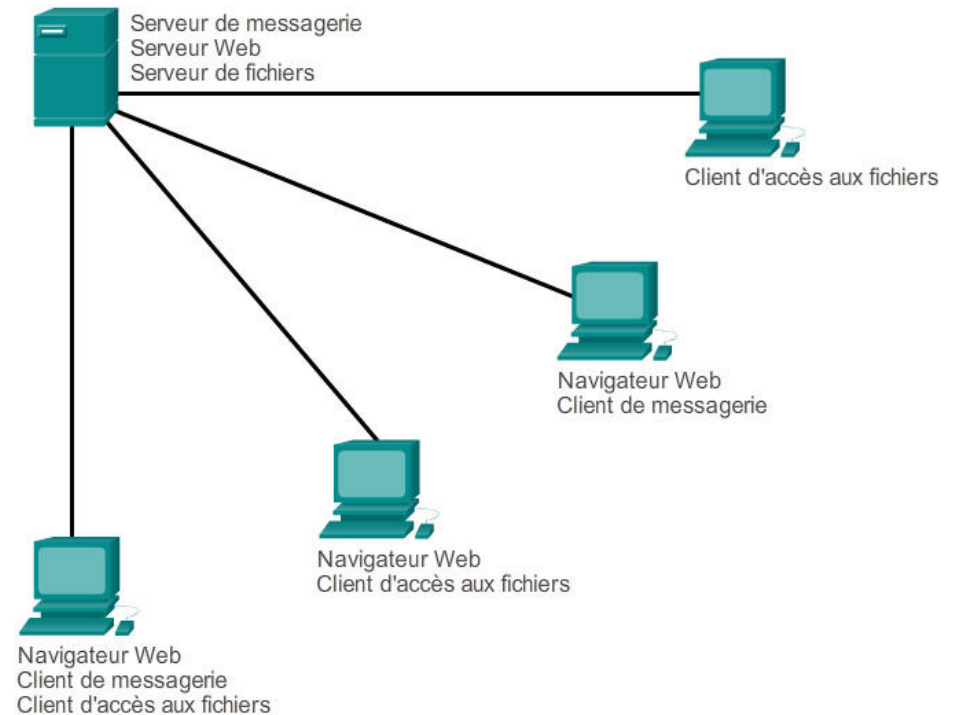
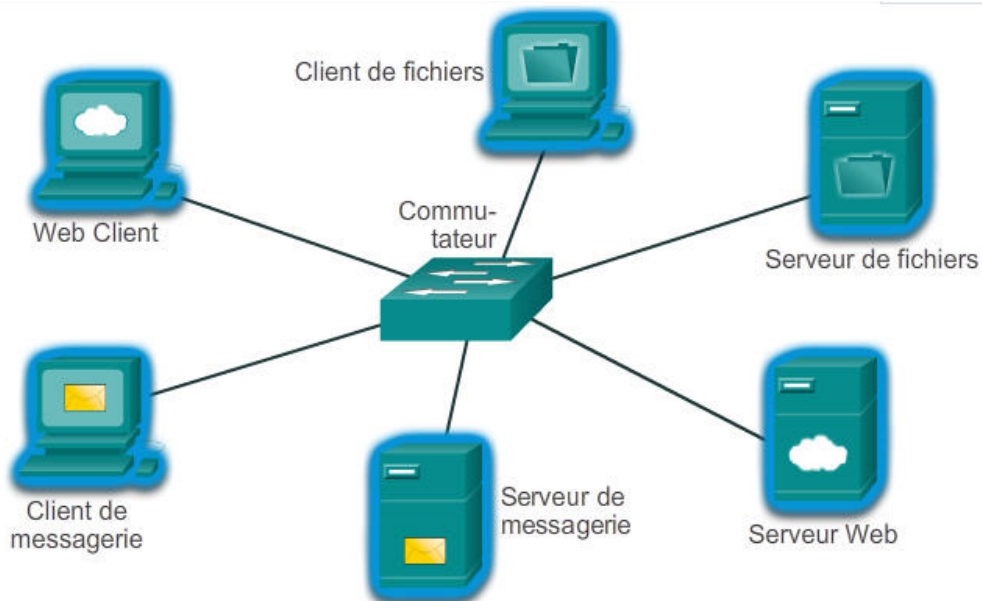
- **Débit** : nombre de bits que le réseau peut transporter par seconde
- **Latence** : nombre de secondes que met le premier bit pour aller de la source à la destination

en bits par seconde

Réseaux d'accès résidentiels					
RTC 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
				Teledesic 100/720 M	
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		

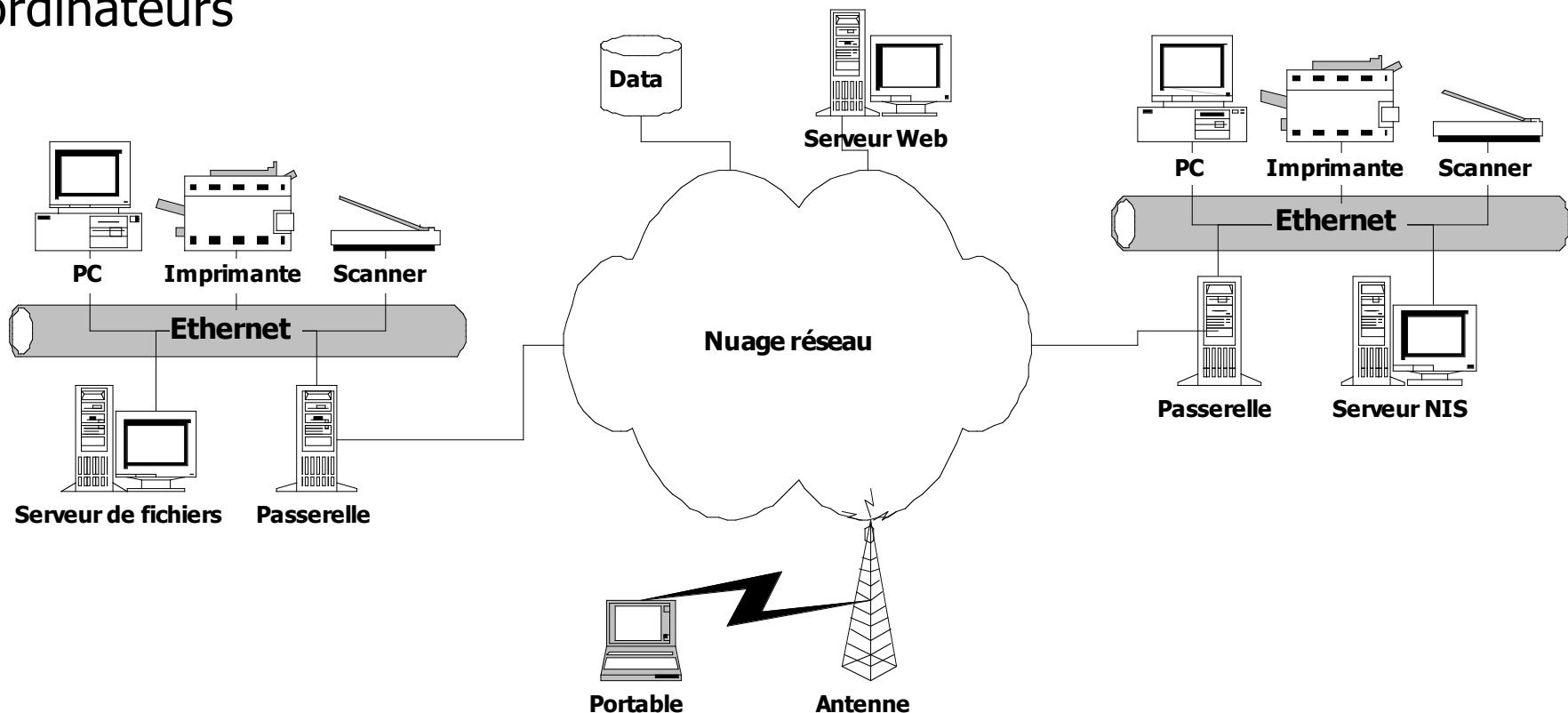
Réseaux d'ordinateurs (1)

- Des clients et des serveurs



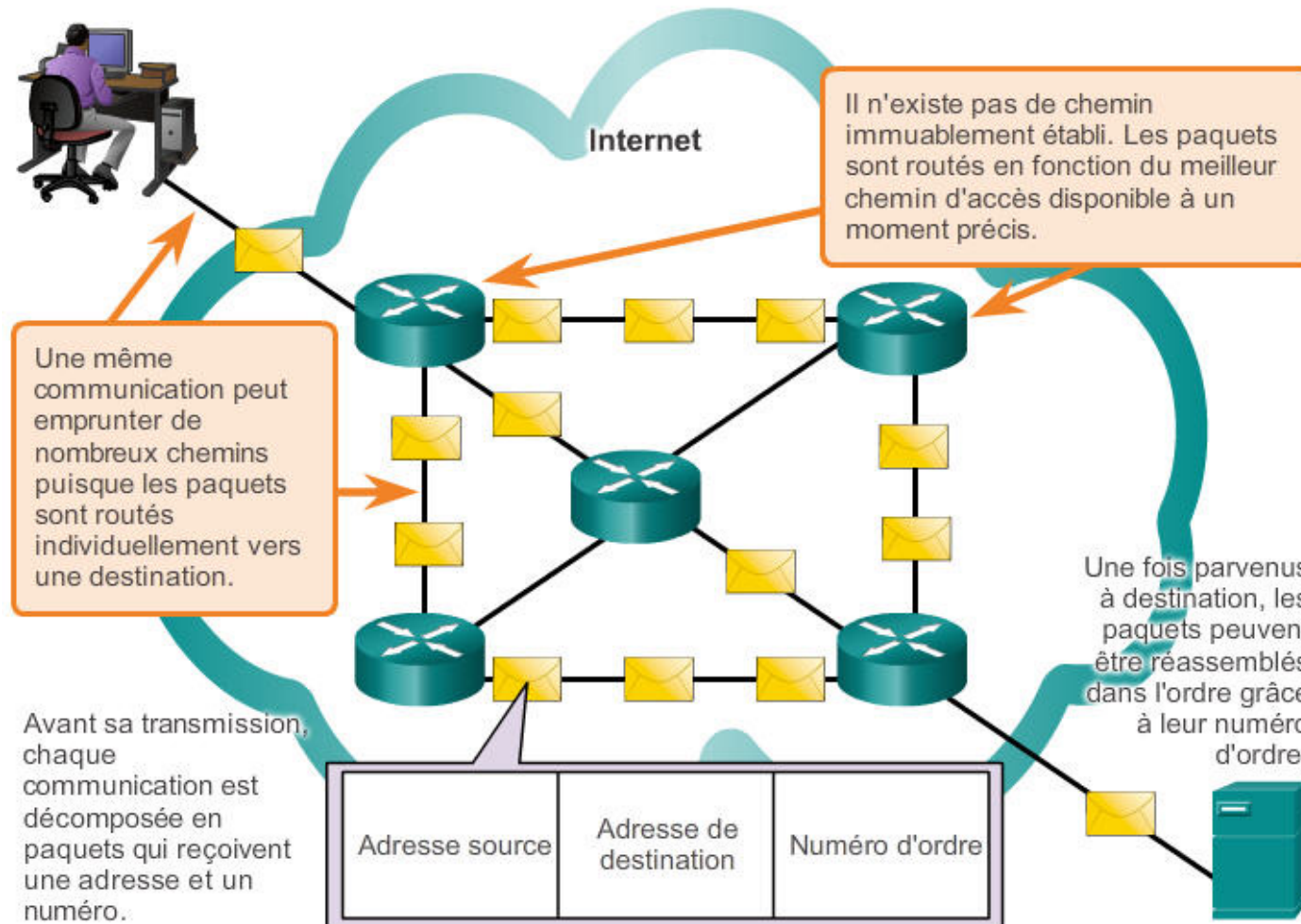
Réseaux d'ordinateurs (2)

- 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



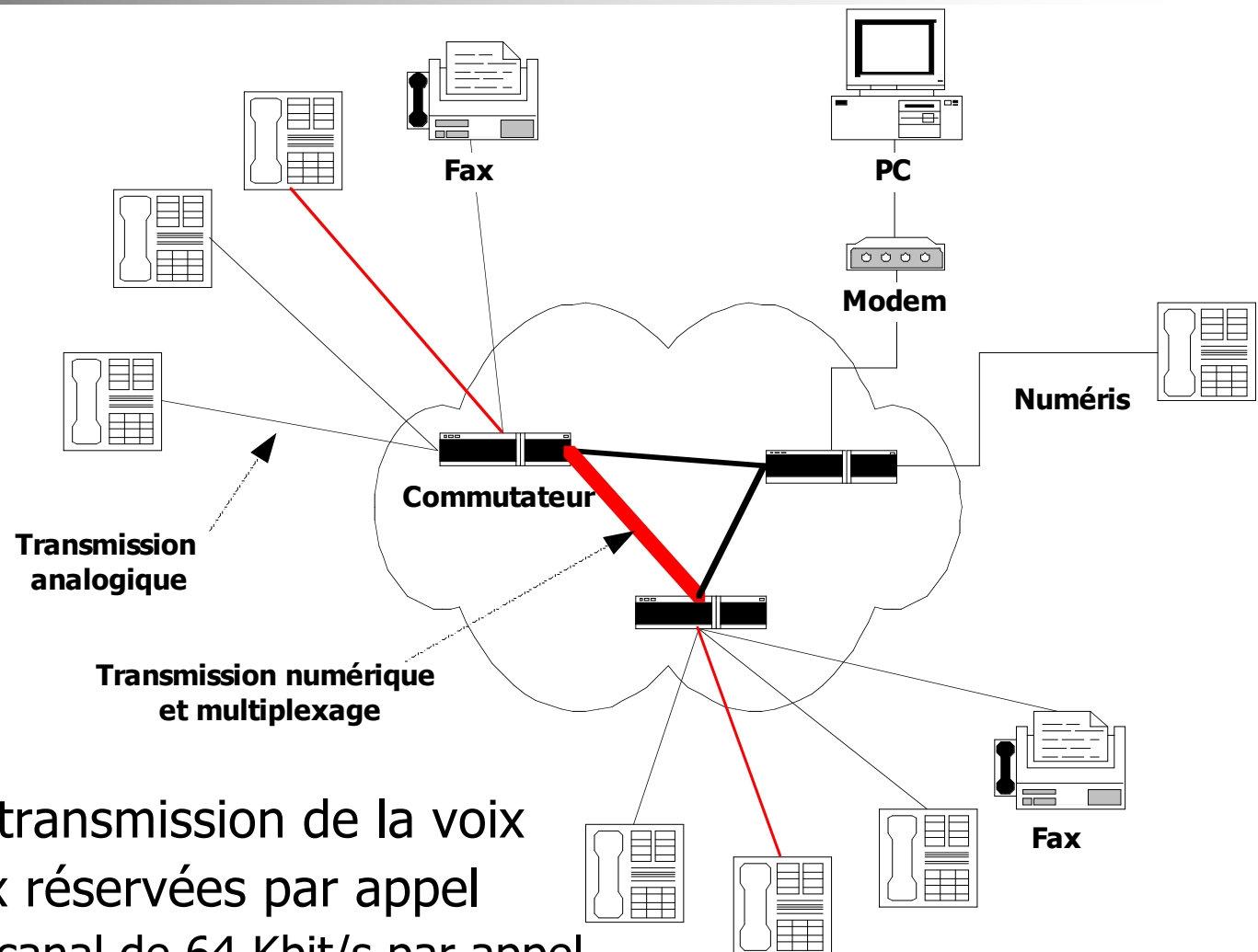
Réseaux d'ordinateurs (3)

Commutation de paquets dans un réseau de données



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

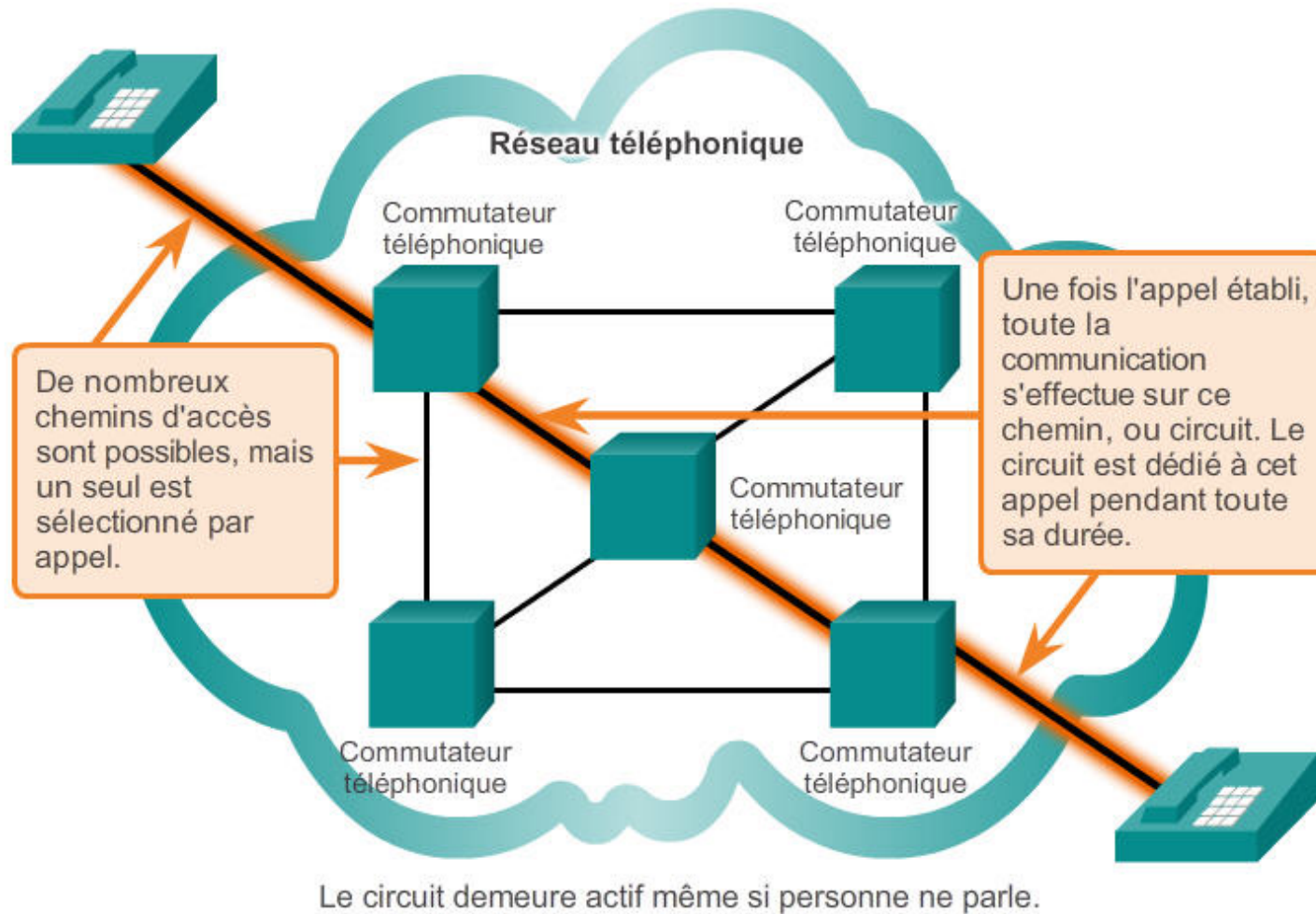
Réseaux téléphoniques (1)



- 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

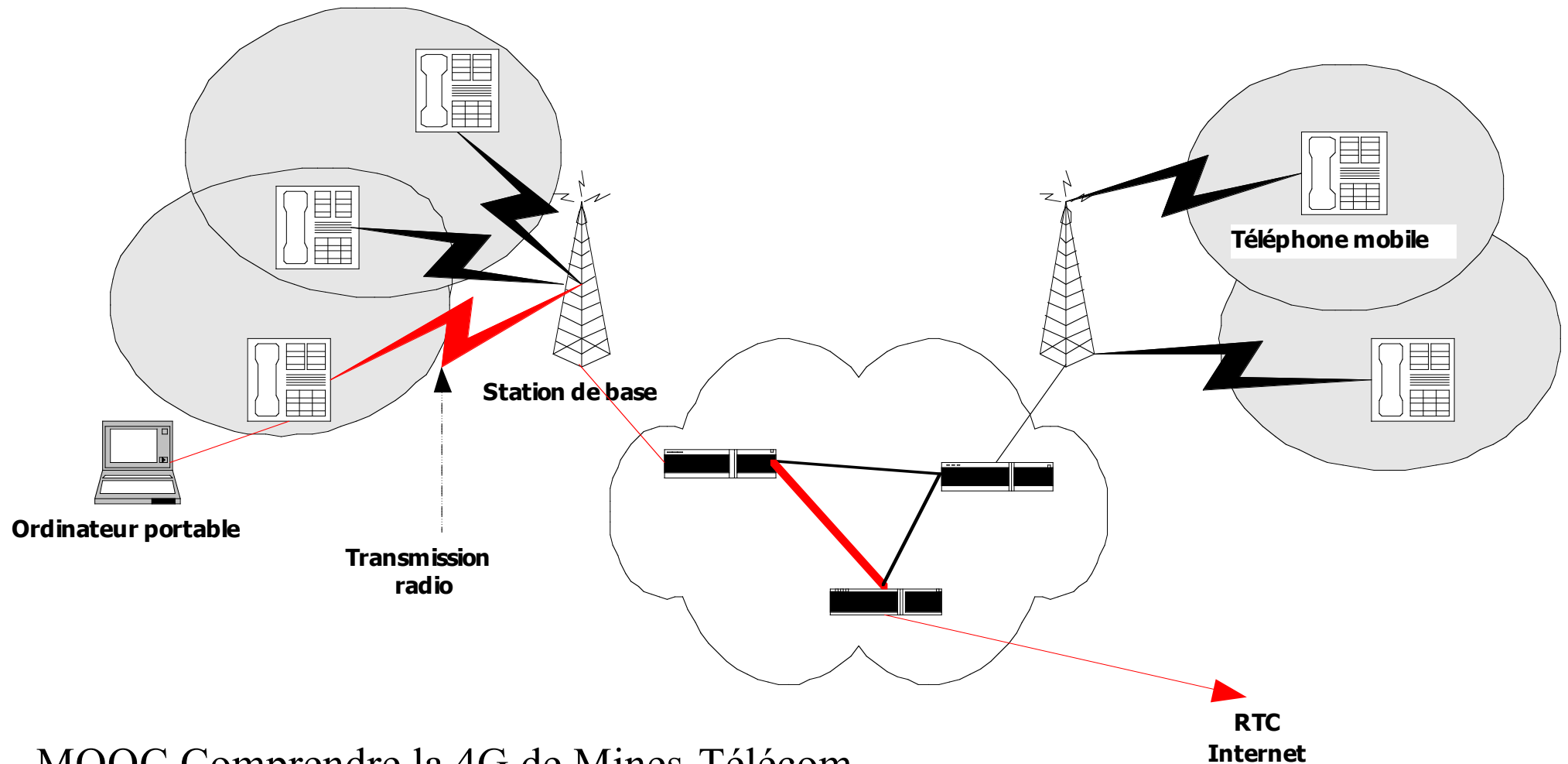
Réseaux téléphoniques (2)

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

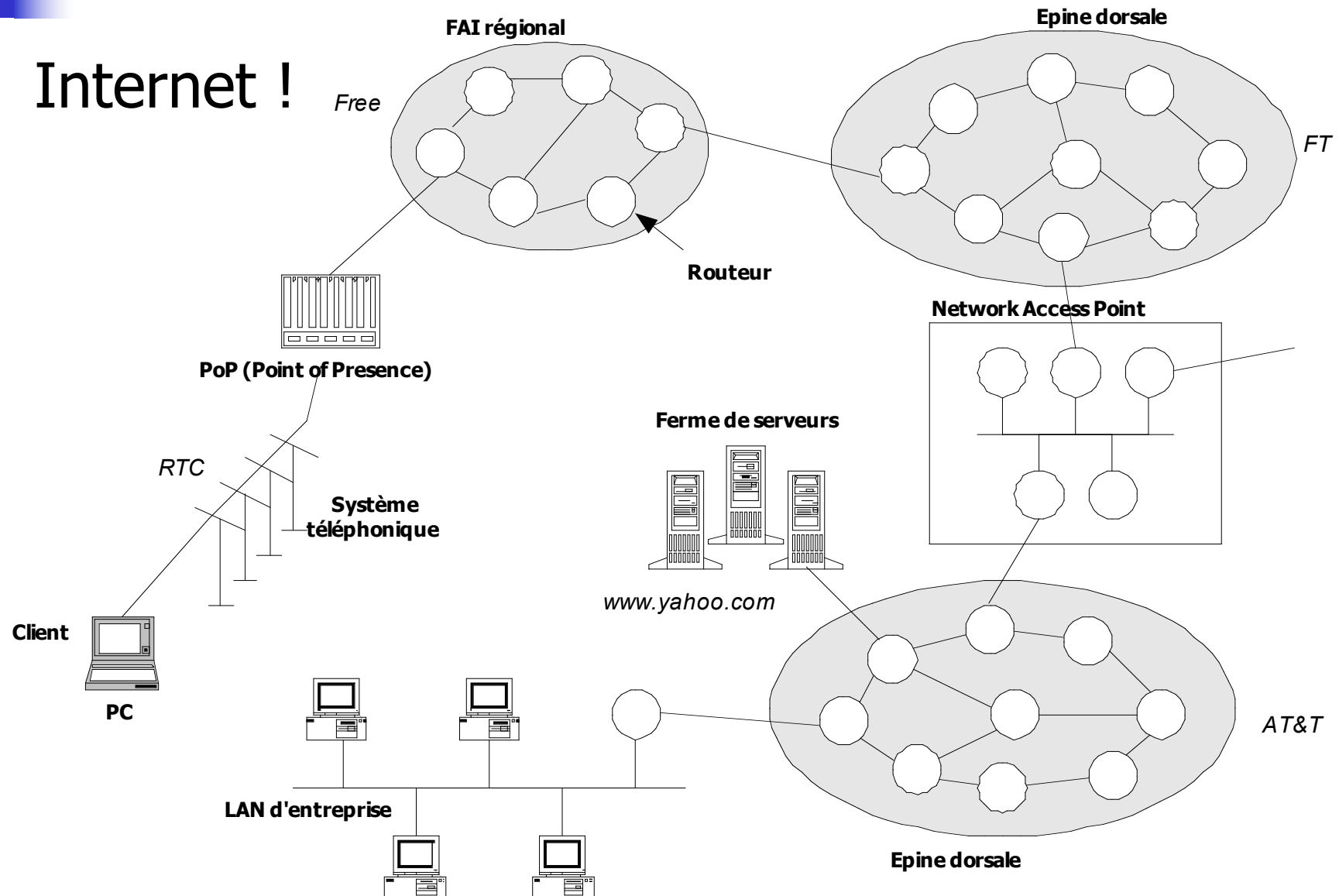


Réseaux domestiques

- 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, consisting of a black crosshair with a blue square in the top-left quadrant, a red square in the bottom-left quadrant, and a yellow square in the bottom-right quadrant.

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)

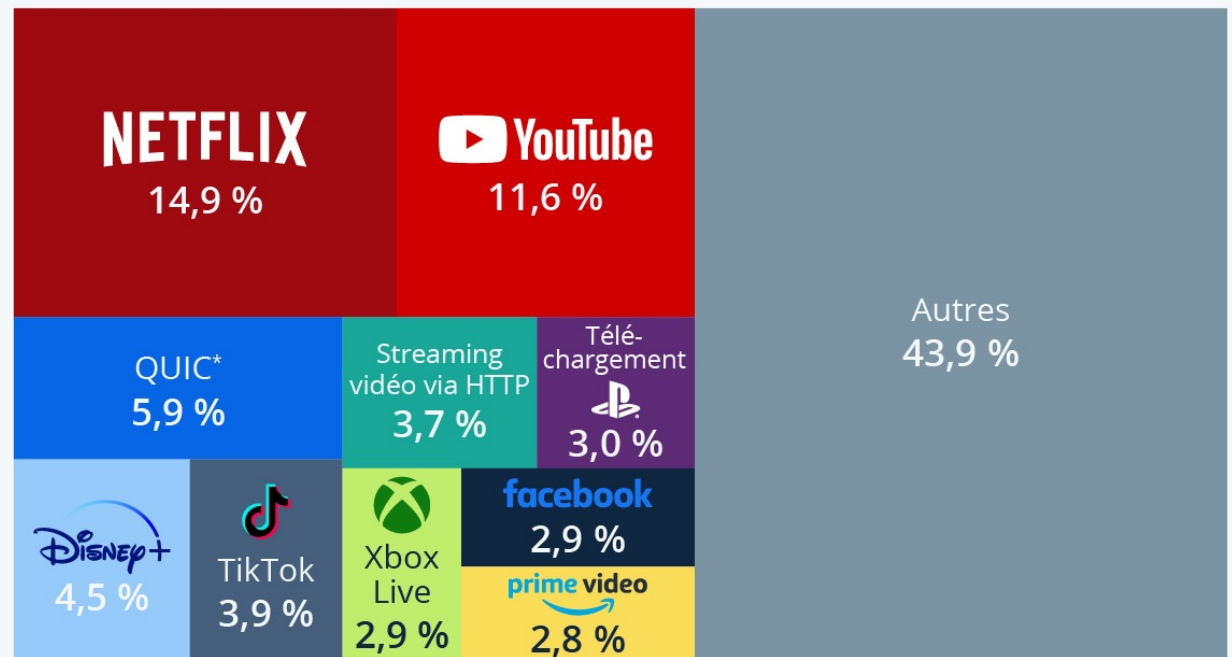
- **Nombre d'utilisateurs d'Internet** : 2,5 milliards en 2013, près de 4 milliards en 2017, 5,4 milliards en 2024 soit 66% de la population mondiale (55 millions en France soit 86% de la population).
- **Nombre d'utilisateurs d'un téléphone portable** : 5,7 milliards en 2024 soit 70% de la population 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.

Netflix est responsable de 15 % du trafic Internet mondial

Distribution du trafic internet descendant mondial par application web, en 2022



* QUIC : protocole de transfert optimisé développé par Google.

Source : Sandvine, The Global Internet Phenomena Report

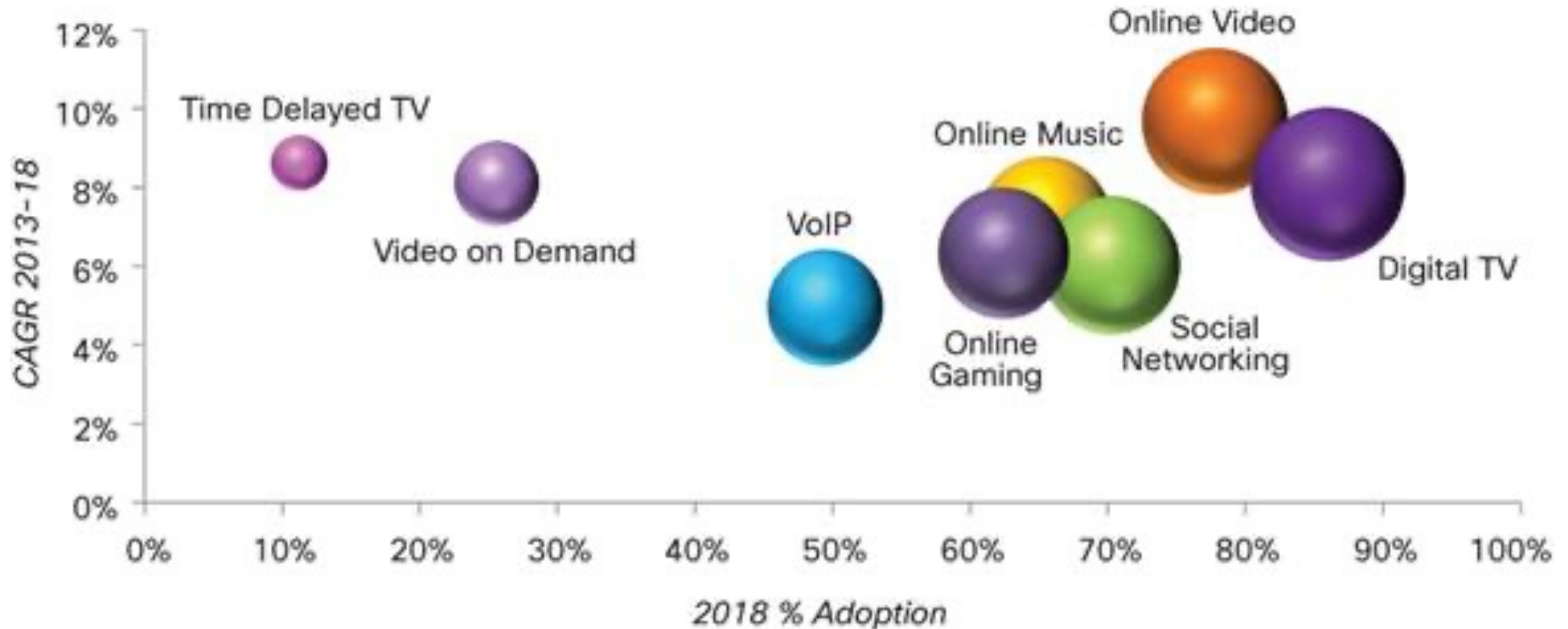


Quelques statistiques sur Internet (3)

- **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

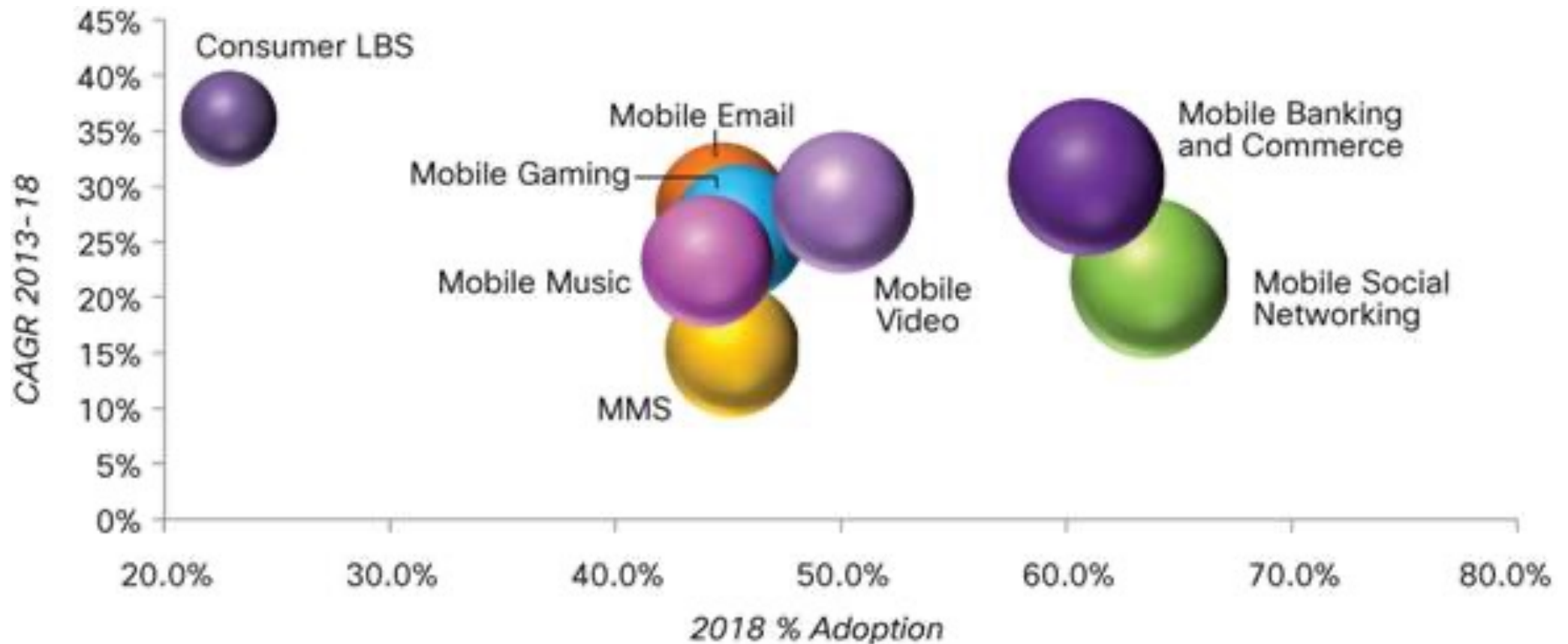
Residential Services Adoption and Growth



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

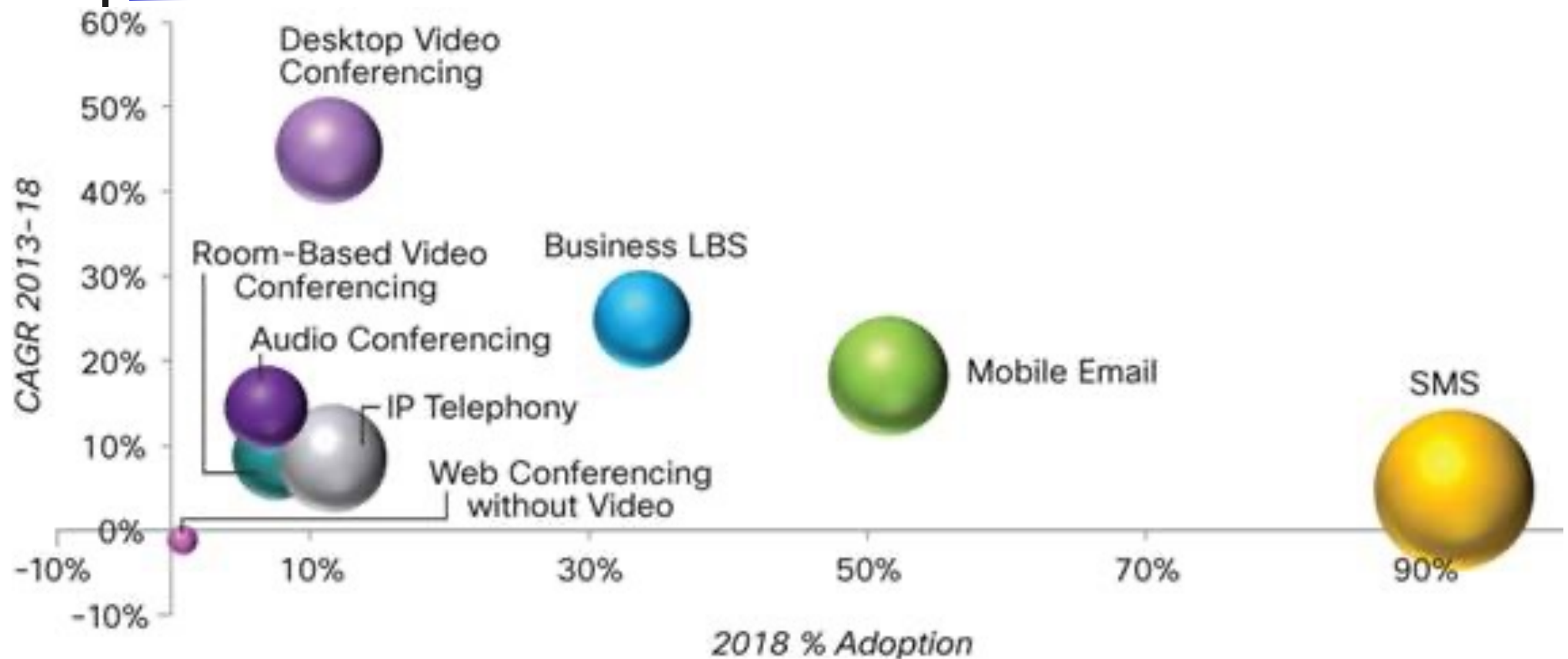


Source: Cisco VNI Service Adoption Forecast, 2013-2018

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



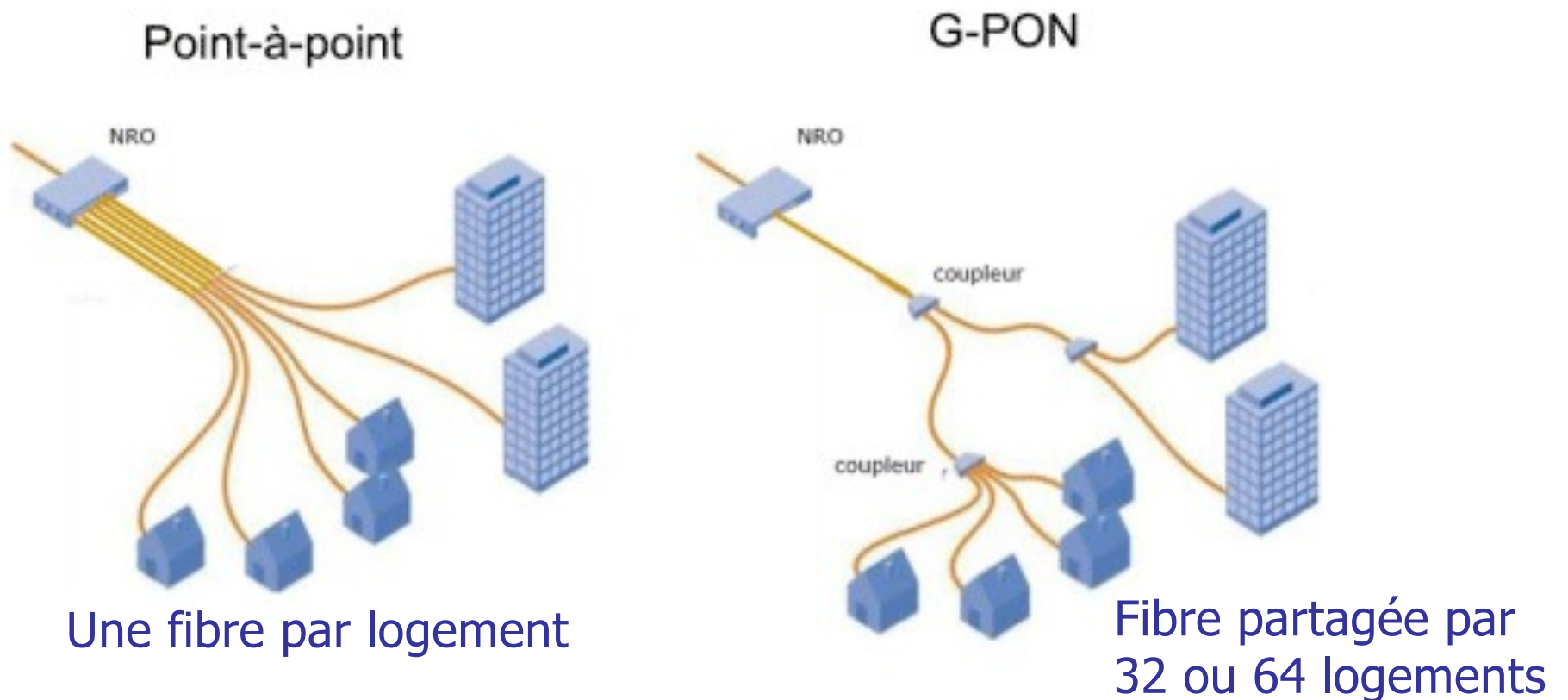
M2M – Machine to Machine

- 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)

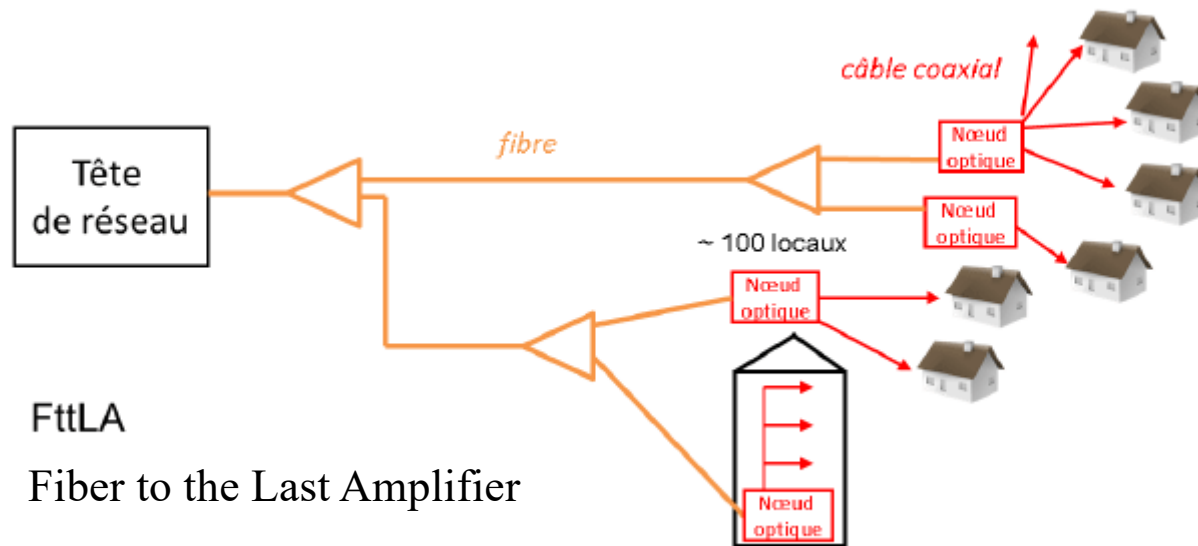
Source ARCEP



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

Le très haut débit fixe, infrastructures (2)

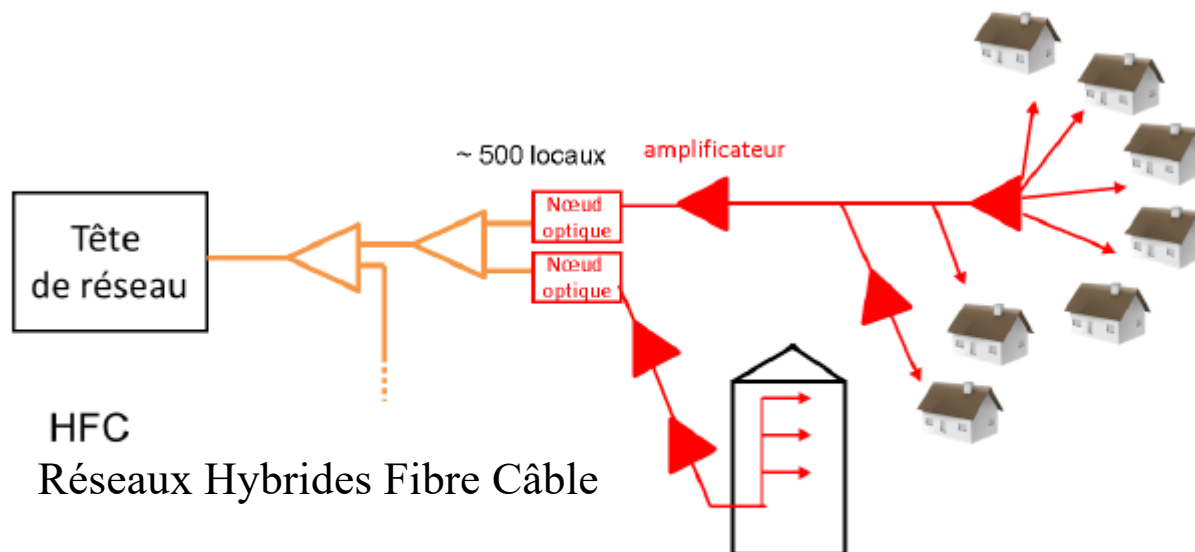
Source ARCEP



FttLA

Fiber to the Last Amplifier

Environ 100
logements, débits
de 30 à 100 Mbps



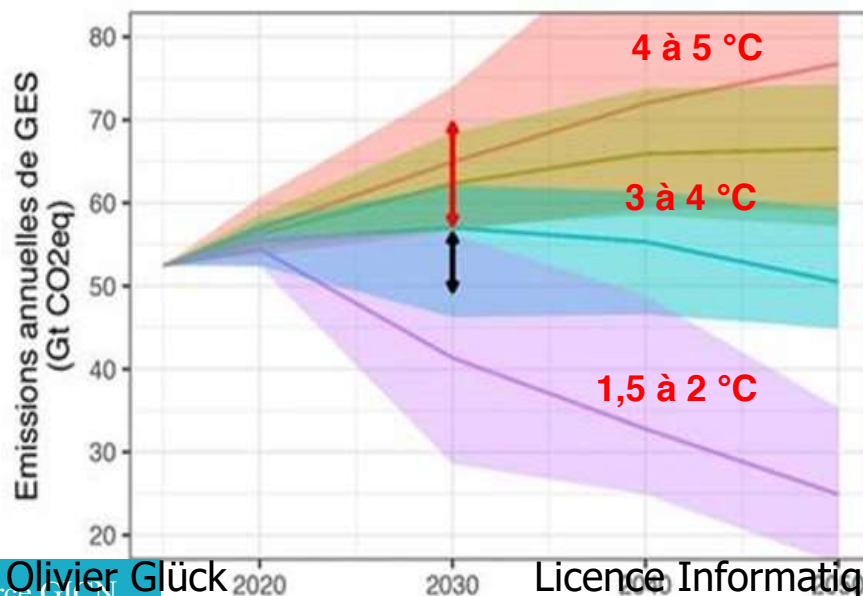
HFC

Réseaux Hybrides Fibre Câble

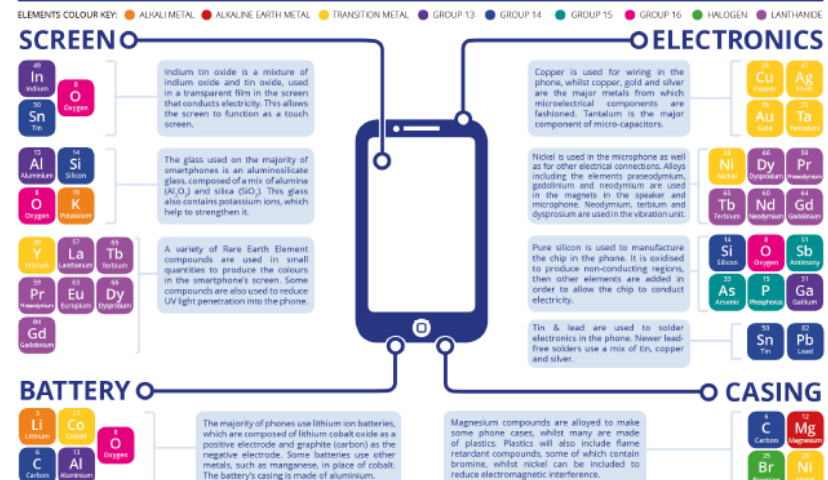
Environ 500
logements, débits
de 30 à 50 Mbps

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 = 4% des émissions mondiales, autant que l'aviation
 - 9000 milliards de \$ = 60% PIB Europe (GAFAM = 4500 milliards)



ELEMENTS OF A SMARTPHONE



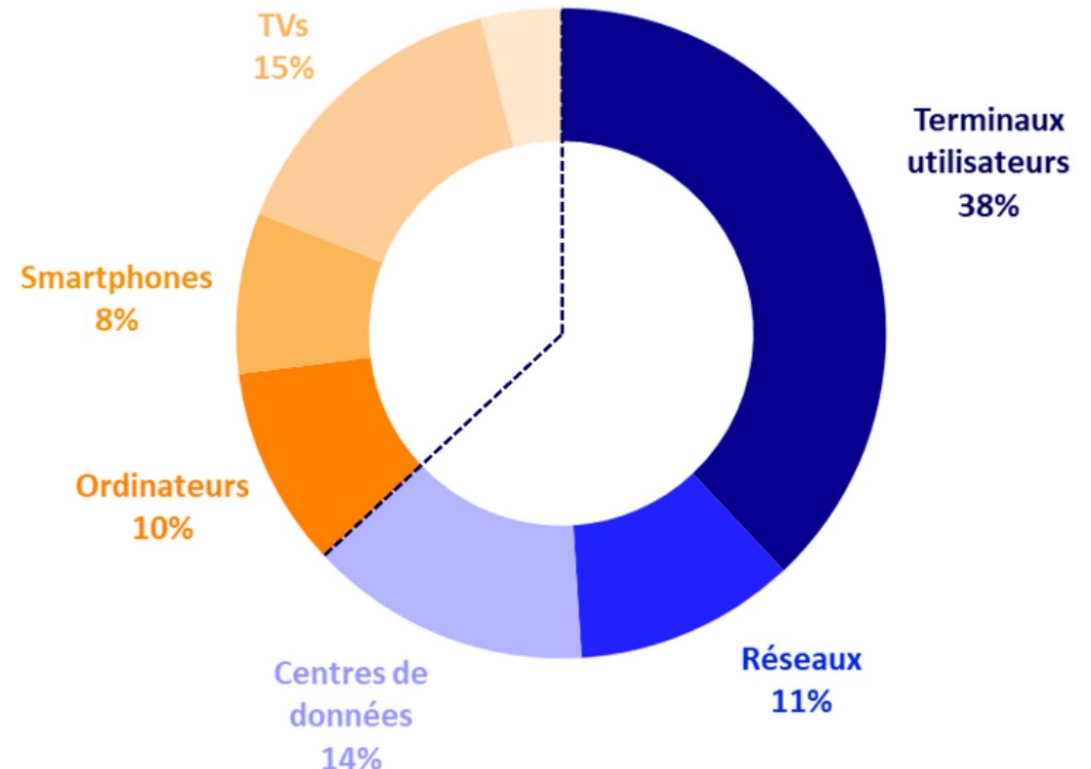
Internet et la planète (2)

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

Production

Utilisation

Source : The SHIFT Project, données 2019



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...)

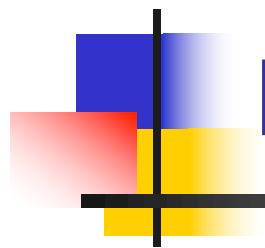
■ Les problèmes du futur

- 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)

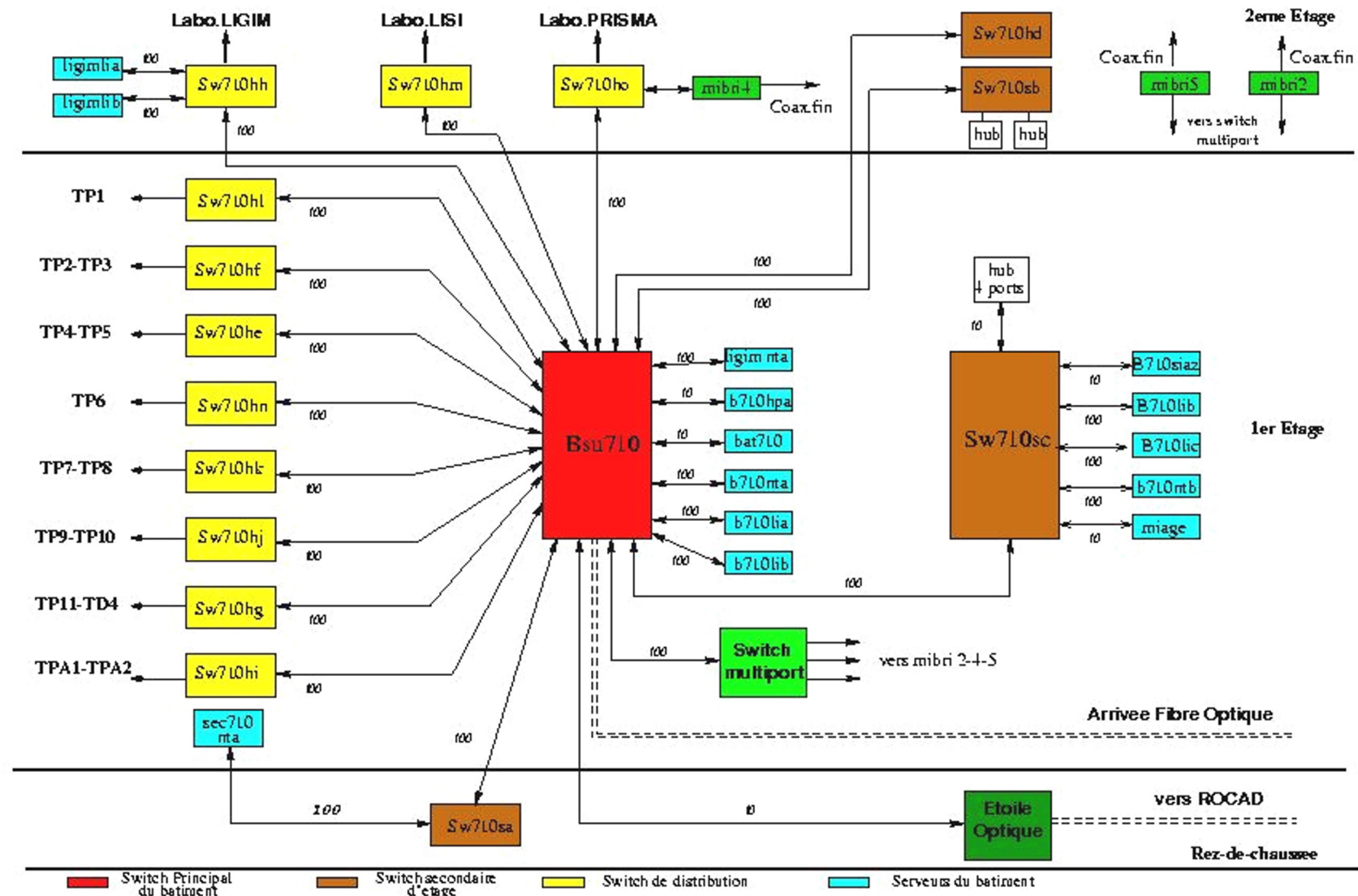
- ... et la recherche : Top 10 Trends in 2015 from IEEE ComSoc Technology News
 - 5G
 - Fiber everywhere
 - Virtualization, open source and SDN
 - Everywhere connectivity, Internet of Things : 50 milliards d'objets connectés d'ici 2020
 - Bigdata, cibersecurity, green communications
 - Network neutrality,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

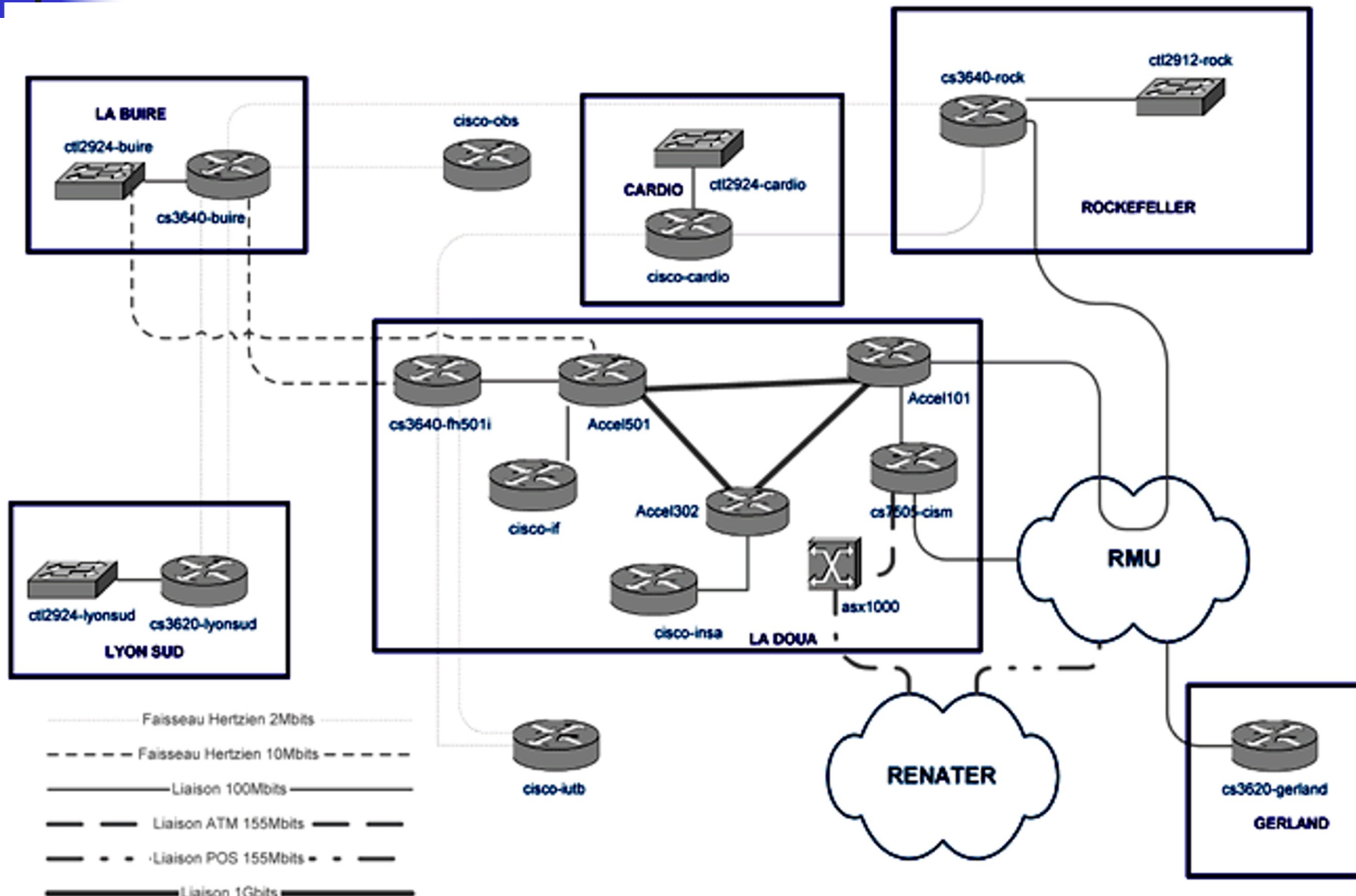


Exemple : réseau de l'université

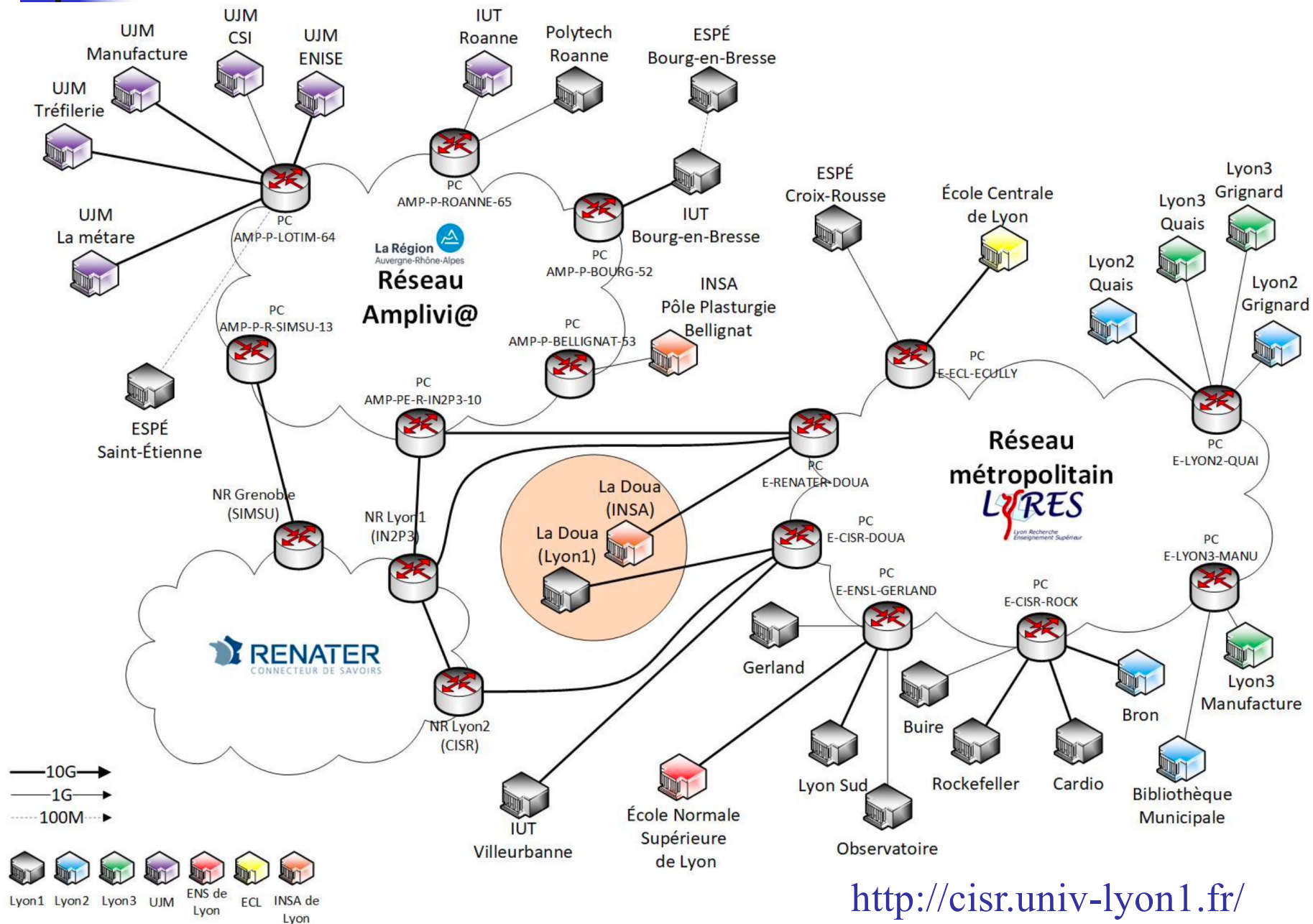
Le bâtiment 710

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



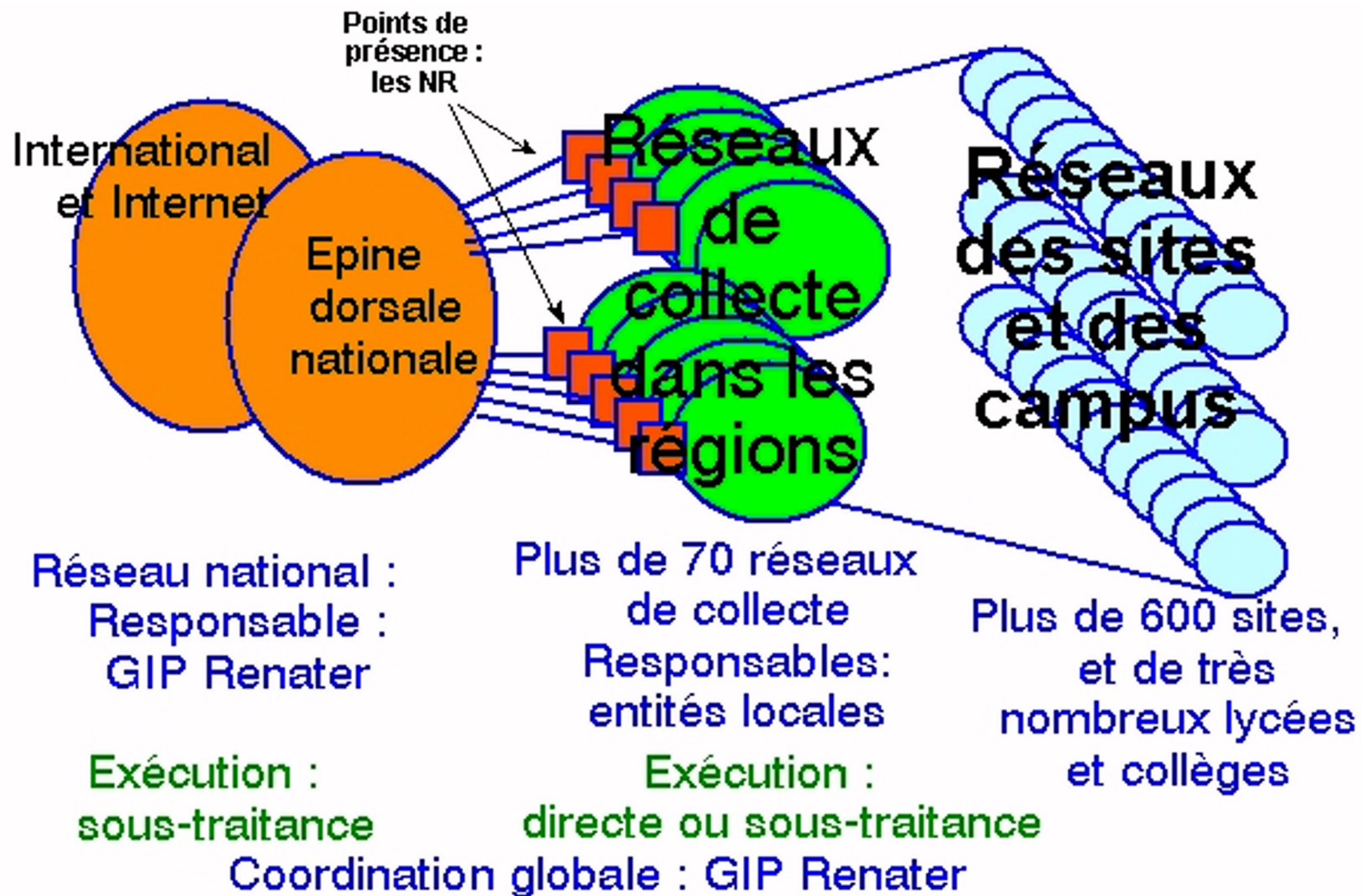


Le site Lyon-Saint-Etienne (MAN)



Organisation de Renater

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



Renater 4 : réseau national

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

