

Réseaux de Télécommunication

Introduction - Partie 1

Carte des technologies

Histoire

Sommaire

Les acteurs

1 - Carte des Technologies

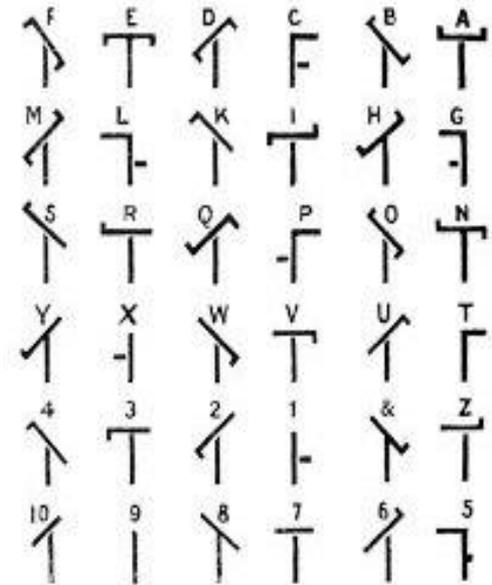
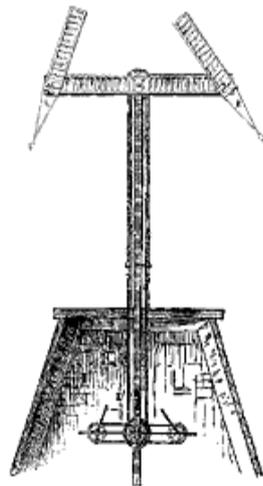
Applications	Calculs scientifiques	Web, messagerie...	Logiciels de gestion de stocks	Logiciel de 3D, bureautique
Système	OS	Internet	BD	IU 
Matériel	Processeur	Réseaux	Mémoires	Périphériques / objets co
	OS	Communication	Mémoires	Interfaces
Energie				

2- Histoire ->

Quelques décennies pour quelques
révolutions...

Quelques décennies pour quelques révolutions...

- o **Le télégraphe optique : premier réseau de télécommunications**
 - Présenté en 1792 par Claude Chappe



Quelques décennies pour quelques révolutions...

o Le télégraphe électrique : ou l'émergence d'une communication mondiale

- Morse réalise le 24 mai 1844 la première liaison entre Washington et Baltimore



Quelques décennies pour quelques révolutions...

- o **L'invention du téléphone : vers une communication de masse**
 - Graham Bell dépose le 14 février 1876 le premier brevet de téléphone
 - En 1877, Hughues puis Thomas Edison inventent le microphone à pastille de charbon
 - En 1891, Strowger met au point le premier système électromécanique de commutation



Quelques décennies pour quelques révolutions...

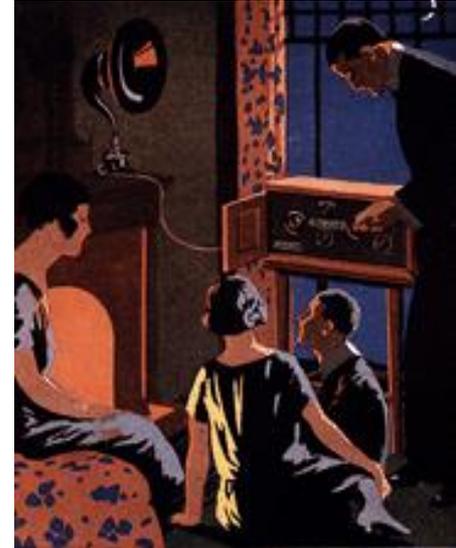
- o **La transmission sans fils : ou la naissance de la radio**
 - Maxwell démontre en 1870 démontre que les OEM voyagent dans le vide comme dans la matière
 - En 1887 Hertz montre comment fabriquer des ondes
 - En 1890 Branly invente le premier récepteur d'OEM : le cohéreur
 - Popov conçoit l'antenne radioélectrique
 - Marconi, en 1895, réalise les premières liaisons radio
 - En 1993, ouverture des premiers réseaux de GSM, puis d'UMTS en 2004...



Quelques décennies pour quelques révolutions...

o L'Electronique : une nouvelle révolution

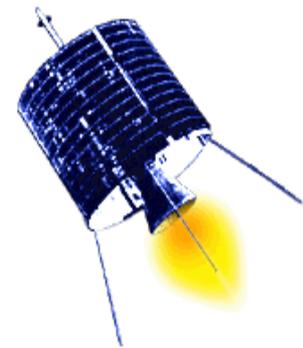
- En 1906 , Lee De Forest invente la triode qui est à l'origine de toute l'électronique
- Au cours des années 20 des stations de radiodiffusion se créent dans le monde entier, offrant au public un nouveau média
- En 1947 c'est l'invention du transistor puis des circuits intégrés dans les années 60
- En 1949, Von Neumann met au point le premier ordinateur
- En 1961, invention du laser puis de la fibre optique
- En 1971 : premier microprocesseur



Quelques décennies pour quelques révolutions...

o A la conquête de l'espace

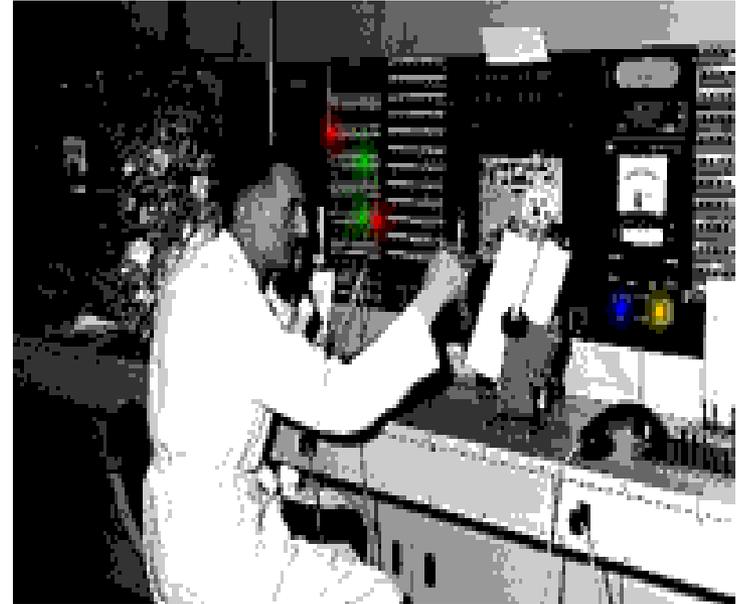
- En 1956 , pose du premier câble téléphonique transatlantique : TAT 1
- En 1962, lancement du premier satellite de télécoms : Telstar
- 10 juillet 1962, premier échange d'images avec les USA depuis Pleumeur Bodou
- A partir de 1965, premiers satellites géostationnaires de télécoms : Intelsat 1. La mondovision est ouverte



Quelques décennies pour quelques révolutions...

o Vers les autoroutes de l'information

- Dans les années 1970 : la numérisation permet de véhiculer efficacement les communications sur une même ligne et permet l'intégration des services
- Dans les années 1980, pionnière dans le domaine, la France propose la connexité numérique sur tout son territoire sous le nom de Numeris
- En 1983, lancement du Minitel, pionnier dans le domaine de la télématique



Quelques décennies pour quelques révolutions...

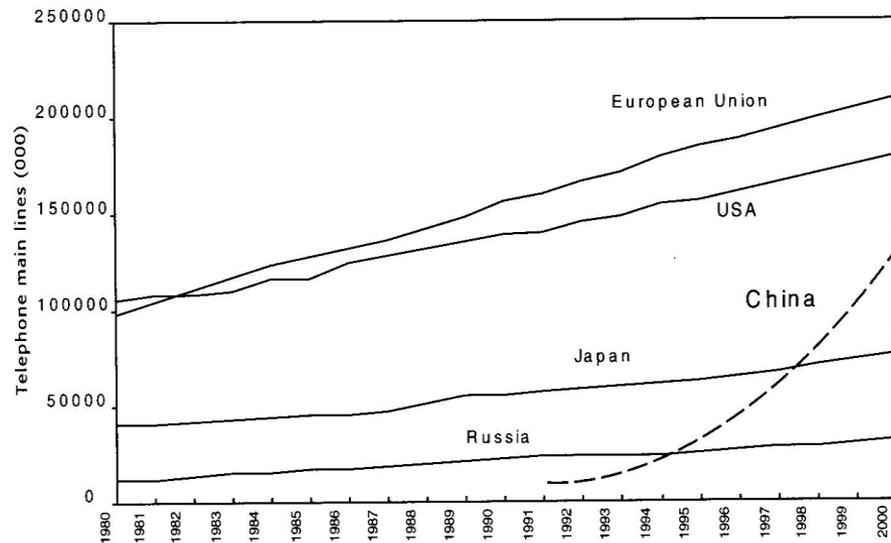
o A l'heure du Web

- Le Minitel a eu un rôle majeur car il a permis d'initier les français à la communication électronique (avec écran et clavier)
- En 1960 : création de ARPAnet destiné à un usage militaire
- A la fin des années 60, ARPAnet se diffuse dans le monde universitaire US qui découvre le courrier électronique
- En 1971, mise au point du protocole TelNet puis du protocole de transfert de fichiers FTP
- En 1974 apparaît le protocole TCP (Transmission Control Protocol) première brique de l'Internet, puis Vin Cerf conçoit le protocole IP
- En 1982, le protocole d'adressage IP est associé à TCP, conduisant à la vraie naissance d'Internet
- En 1990 au CERN, deux ingénieurs créent le WWW (World Wide Web), la toile d'araignée planétaire.
- En 1993, les étudiants de l'Université de l'Illinois achèvent l'application clé du Web grand public : le navigateur (browser) Mosaic

Les évolutions du monde des télécoms

o La croissance des réseaux

- Croissance des réseaux fixes



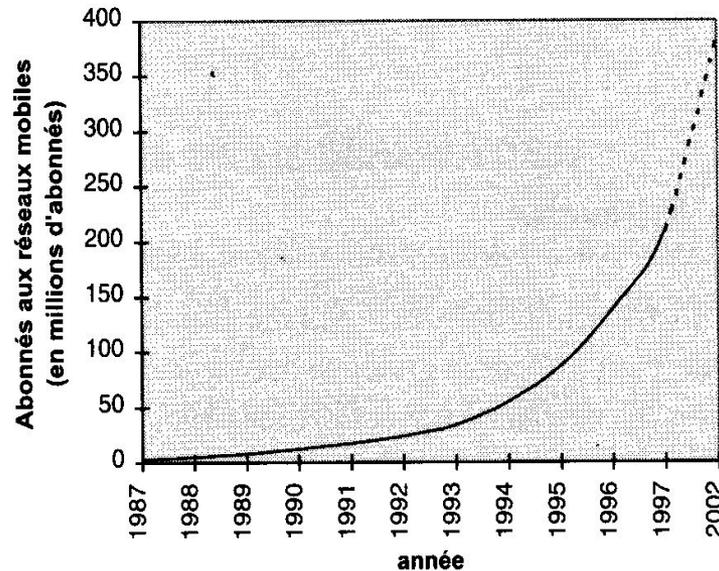
Aujourd'hui en France

- 34 millions de lignes fixes en France
- 20 millions d'abonnés à l'Internet
- Dont 19 millions au haut débit
- Dont 15 millions totalement dégroupées (sans abonnement)

Les évolutions du monde des télécoms

o La croissance des réseaux

- Naissance des réseaux mobiles



Aujourd'hui

- 74 millions de clients aux services de téléphonie mobile en France
- 5 milliards d'utilisateurs de GSM
- Le cellulaire a démarré dans les années 80 dans les pays scandinaves
- Puis il s'étend au Japon, aux USA et dans le reste de l'Europe

Les évolutions du monde des télécoms

o La croissance des réseaux

- Naissance des réseaux mobiles
 - En Scandinavie, le succès du radiotéléphone est le fruit de la coordination des acteurs
 - Entre opérateurs et fabricants d'équipements (Ericsson, Motorola puis Nokia) pour le développement de nouveaux systèmes
 - Puis coopérations de tous les acteurs pour la mise en place de la norme NMT
 - Au Royaume Uni, c'est la concurrence et les subventions d'accès
 - Attribution de 2 licences en 1985 à CELLNET (BT et Securicor) et à VODAPHONE (Racal)
 - Les opérateurs sont interdits de vente et doivent faire appel à des Service Providers
 - Stimulés par la concurrence, les deux opérateurs mettent en place un système de « prime à l'abonné »
 - » Pour chaque abonné supplémentaire, Vodaphone reverse 70 £ aux SP
 - » Ces derniers reversent jusqu'à 200£ aux distributeurs
 - » Qui eux même le reversent aux abonnés sous la forme d'une ristourne sur le prix du terminal...

Les évolutions du monde des télécoms

o La croissance des réseaux

- Naissance des réseaux mobiles : les normes et systèmes
 - Hétérogénéité des normes dans les systèmes cellulaires
 - Systèmes cellulaires analogiques (apparus au début des années 80) sont fondés sur des normes nationales qui vont induire des marchés excessivement protégés:
 - » TACS en UK puis en Espagne et en Italie
 - » Radiocom 2000 en France
 - » C-Netz en Allemagne
 - » NMT en Scandinavie puis Benelux, Portugal et France (SFR) en 1989
 - En 1982, les pays européens décident de mettre au point une norme commune : le GSM
 - Système normalisé en 1987 et signature d'un MoU de tous les pays européens pour mettre en place des réseaux numériques GSM à partir de 1992.
 - Cette norme est un succès mais elle ne s'est pas imposée au plan mondial
 - » USA utilisent 3 normes: IS-54 (GSM), IS-136 (en TDMA), et IS-95 (CDMA)
 - » Japon utilise sa norme PDC

Les évolutions du monde des télécoms

o La croissance des réseaux

- Naissance des réseaux mobiles : les normes et systèmes

	GSM 900	GSM 1800
Bande en Emission	890-915 MHz	1710-1785 MHz
Bande en Réception	935-960 MHz	1805-1880 MHz
Largeur de bande disponible (E+R)	2 x 25 MHz	2 x 75 MHz
Nombre de canaux à 200KHz (full rate)	2 x 124	2 x 374
Puissance maxi. Zone urbaine-émetteur/gain	15 W / 14 dB	7 W / 20 db
Zones rurales ou peu denses (cellules sectorisables)		
Grandes cellules 5 Km < R < 25 Km	Oui	Non
Cellules moyennes 3 Km < R < 10 Km	Oui	Possible
Zones urbaines denses (cellules sectorisables)		
Macro cellules 1 Km < R < 3 Km	Oui	Oui
Micro cellules 300 m < R < 1 Km	Non	Oui

- Les cellules du GSM 1800 sont plus petites que celles du GSM 900, il faut donc installer plus de stations de Base (BTS) : le nombre d'abonnés nécessaire pour rentabiliser un réseau urbain est donc plus élevé, ce qui incite les opérateurs à baisser leurs prix et à développer le marché grand public avant tout.
- La tendance actuelle consiste à attribuer des licences GSM bi-bandes

Les évolutions du monde des télécoms

o La croissance des réseaux

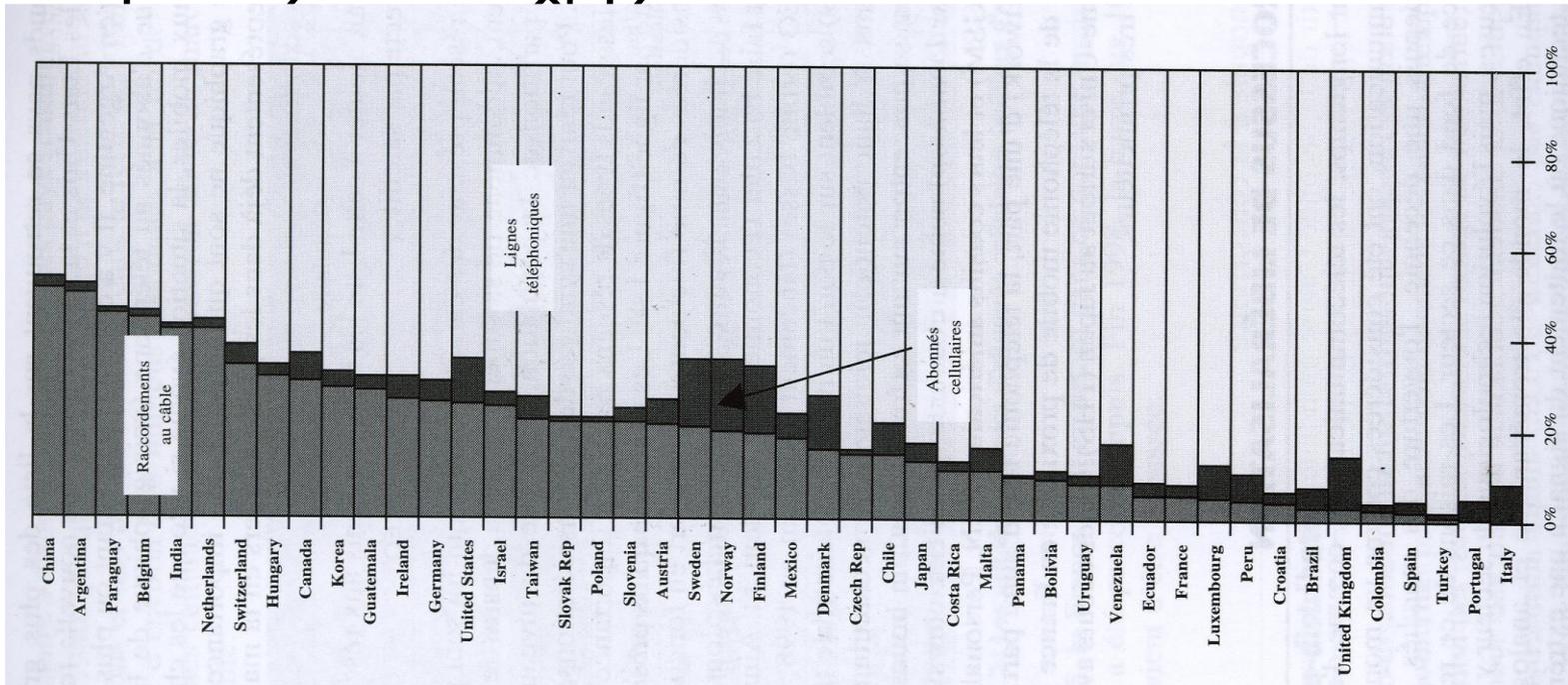
- Naissance des réseaux mobiles : les normes et systèmes
 - Vers l'UMTS

Génération	Acronyme	Intitulé
1G	Radiocom 2000 NMT	Radiocom 2000 France Telecom Nordic Mobile Telephone
2G	GSM	Global System for Mobile Communication
2.5G	GPRS	General Packet Radio Service
2.75G	EDGE	Enhanced Data Rate for GSM Evolution
3G	UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
3.5G	HSDPA HSUPA	High Speed Downlink Packet Access High Speed Uplink Packet Access
3.75G	HSOPA	High Speed OFDM Packet Access
4G	LTE WIMAX	Long Term Evolution Worldwide Interoperability for Microwave Access

- L'**UMTS** est l'une des technologies de téléphonie mobile de troisième génération (3G) européenne.
- Elle est fondée sur la technologie W-CDMA, standardisée par le 3GPP et constitue l'implémentation européenne des spécifications IMT-2000 de l'UIT pour les systèmes radio cellulaires 3G.
- L'UMTS est parfois aussi appelé 3GSM, soulignant l'interopérabilité qui a été assurée entre l'UMTS et le standard GSM auquel il succède.

Les évolutions du monde des télécoms

o La croissance des réseaux



Les évolutions du monde des télécoms

o Vers un processus de libéralisation

- Du monopole à la concurrence
 - A la fin de la guerre, les télécoms ayant montré leur importance stratégique, les Etats récupèrent le contrôle des exploitants et bénéficient de monopoles territoriaux absolus
 - Nationalisation de Cable and Wireless en 1949 en UK
 - Le Consent Decree de 1956 aux USA maintenant la structure intégrée de AT&T est le point culminant
- Le désengagement des Etats
 - Le caractère de plus en plus stratégique des télécoms (elles deviennent le support indispensable des échanges économiques) pousse à une libéralisation du secteur
- Le processus de libéralisation
 - S'opère sur 4 domaines
 - Interconnexion : procédures de mise sur le marché des terminaux libérées de la politique industrielle
 - Services à valeur ajoutée : permet l'entrée et la consolidation d'acteurs venus d'autres champs
 - Réseaux alternatifs: réseaux mobiles (radio messagerie, réseaux cellulaires), réseaux câblés (CATV),...
 - Réseau général: évolution majeure s'est faite en Europe avec
 - » Libéralisation des réseaux alternatifs en 1996
 - » Ouverture totale des marchés réservés des services téléphoniques et des infrastructures de télécoms le 1 janvier 1998

Les évolutions du monde des télécoms

o Vers un processus de libéralisation

- Le processus de libéralisation (suite)
 - Séparation des missions réglementaires et opérationnelles
 - On distingue clairement les fonctions de régulateur et celles d'exploitant
 - Questions restant posées
 - Convergence entre télécoms et audiovisuel
 - » Il faut réfléchir à la cohérence entre la régulation des contenants et celles des contenus
 - » Régulation du contenu des services sur Internet montre aujourd'hui les limites...
 - Question d'un régulateur supranational
 - » Par exemple pour l'attribution des licences (cas des systèmes mondiaux de satellites LEO)
 - Conditions d'interconnexion
 - » Accès des nouveaux entrants aux réseaux des opérateurs historiques : conditions techniques et économiques
 - Financement de l'obligation de service universel

Les évolutions du monde des télécoms

o Vers un processus de libéralisation

- La création des grands groupes de télécoms
 - Début 1998, création de 4 alliances (dont peu subsistent...)
 - AT&T avec Unisource (opérateurs historiques suédois, suisse, néerlandais, espagnol), puis WorldPartner (nombreux opérateurs asiatiques)
 - BT et MCI puis nombreux opérateurs nordiques et Cegetel
 - Global One avec FT, DT et Sprint
 - Cable & Wireless tente de former un réseau d'opérateurs en association avec l'allemand Veba

Les évolutions du monde des télécoms

o **Création de nouveaux services**

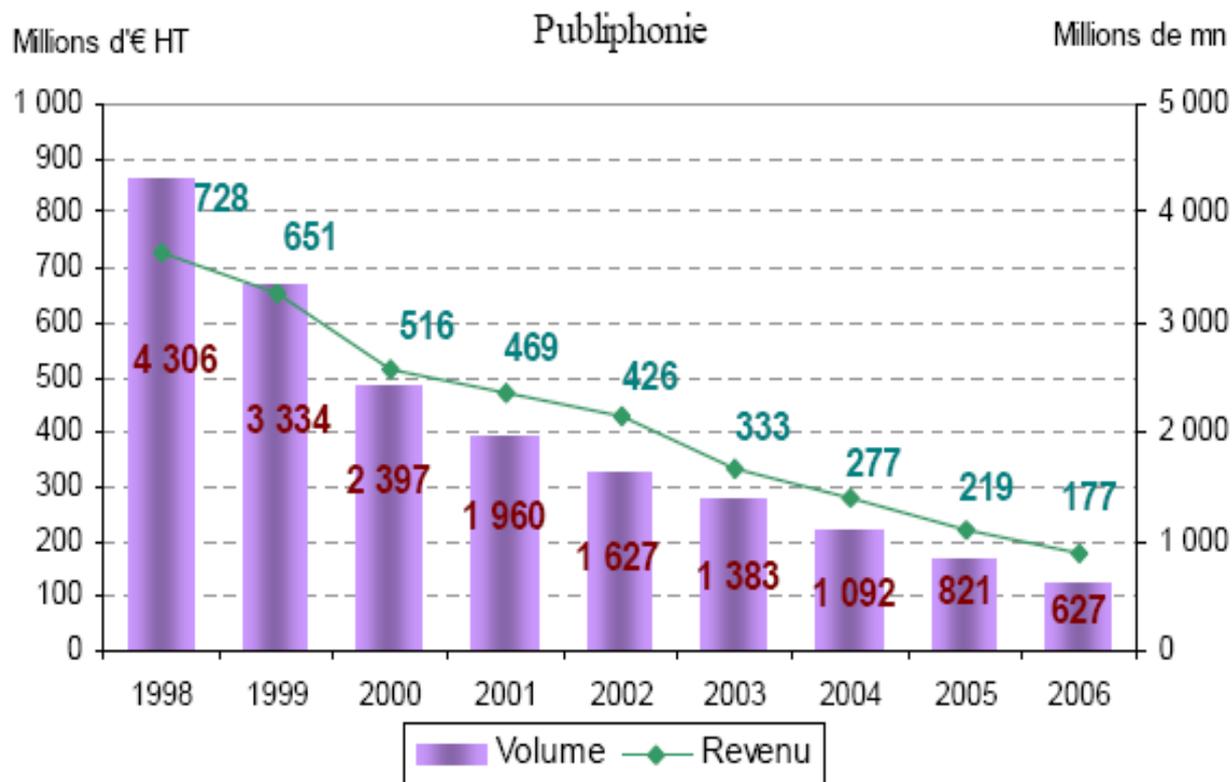
- **Caractéristiques des nouveaux services : 3 catégories**
 - Communications interpersonnelles
 - Diffusion
 - Consultation d'informations ou Services interactifs
- **Différenciation également par le vecteur utilisé**
 - Voix
 - Image
 - Ecrit

Les évolutions du monde des télécoms

o **Création de nouveaux services**

- Communications interpersonnelles
 - Publiphonie
 - Radiomessagerie (remplacée par les SMS)
 - Radiotéléphonie et téléphonie mobile de proximité
 - Téléphonie mobile cellulaire
 - Email
 - Instant messaging

Les évolutions du monde des télécoms



Publiphonie

	T3 2008	T4 2008	T1 2009	T2 2009	T3 2009	Variation 3 T09/3 T08
Nombre de publiphones au 31 décembre (unités)	153 744	152 075	150 545	147 433	147 275	-4,2%
Revenus des communications (millions d'€)	30	24	20	22	21	-28,6%
Volumes de communications (millions de minutes)	91	62	59	67	66	-27,1%

Les évolutions du monde des télécoms

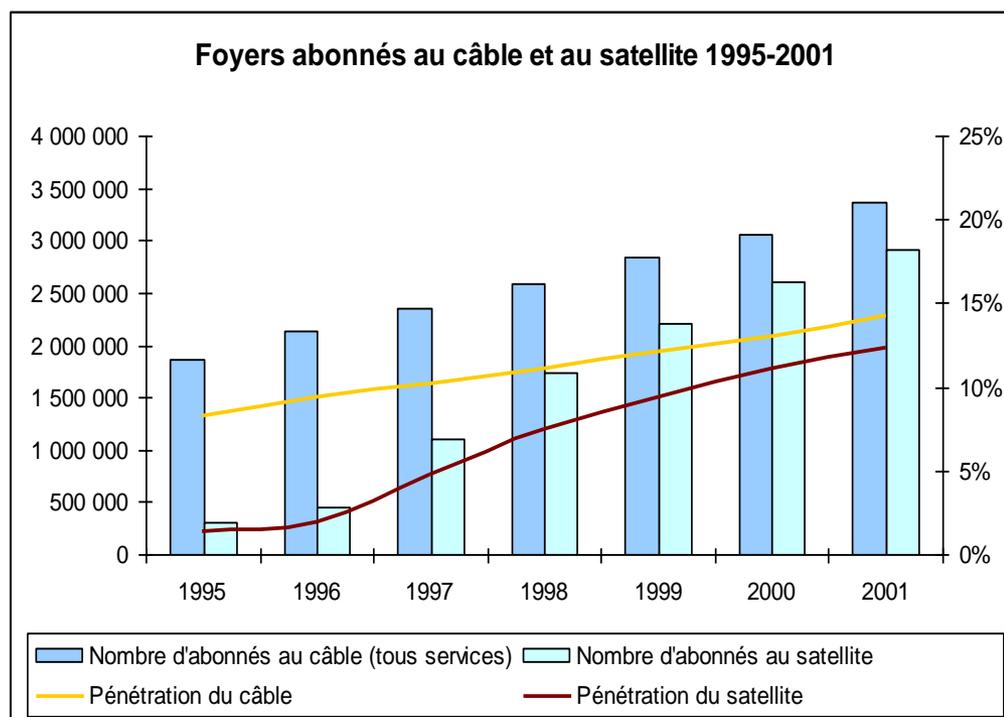
o Création de nouveaux services

- Services de diffusion
 - Radio (AM + FM), puis radio numérique (DAB, DRM, satellite)
 - Télévision hertzienne (analogique puis numérique)
 - Apparition de chaînes à péage (Canal + avec 4,5 millions d'abonnés en 1997)
 - Diffusion par satellite (chaînes analogiques puis bouquets numériques)
 - » 2 millions d'antennes en service en 1997
 - Réseaux câblés
 - » 2,4 millions de raccordés en 1997
 - L'arrivée du numérique bouleverse l'ensemble du paysage
 - Multiplication des programmes, amélioration de la qualité,...
 - Concurrence des 2 mondes (télécoms et audiovisuel), en particulier avec l'arrivée du « triple play »

Les évolutions du monde des télécoms

o Création de nouveaux services

- Services de diffusion : le câble et le satellite



Les évolutions du monde des télécoms

o La numérisation des réseaux

- Une innovation majeure pour le réseau téléphonique
 - Numérisation de l'information est un nouveau paradigme:
 - Le « paradigme numérique » désigne les transformations structurelles et sociales qui affectent les industries des fournisseurs de moyens (télécoms et informatique), et les producteurs de contenus
 - La diffusion du paradigme numérique se traduit dans les TICs par la mise en place progressive d'une convergence fonctionnelle entre les réseaux (télécoms et infos) puis de télédiffusion.
 - Numérisation de la transmission
 - Apparue dans les années 50, elle devient opérationnelle dans les années 70.
 - » Débute par le MIC à 64 Kbit/s
 - » Permet d'améliorer la qualité de transmission par la « régénération »
 - » Permet d'accroître la capacité des systèmes par le multiplexage numérique
 - » Permet d'augmenter le volume d'informations transmises par la « compression » (MPEG,...)

Les évolutions du monde des télécoms

o La numérisation des réseaux

- Une innovation majeure pour le réseau téléphonique
 - Numérisation de la commutation et déstructuration des réseaux
 - Un commutateur est constitué de deux parties : la commande et la connexion
 - Le nombre de lignes est très supérieur au nombre d'artères de transmission
 - La « signalisation » entre commutateurs se fait par un canal spécifique: le canal sémaphore
 - Cette signalisation devient une norme internationale : CCITT N°7
 - Grâce à la séparation entre signalisation et transmission, l'opérateur de réseau économise des ressources logicielles nécessaires à la fourniture de services avancés : le réseau devient « intelligent »
 - Il peut proposer aux grands clients des services de « réseau privé virtuel »

Les évolutions du monde des télécoms

o La numérisation des réseaux (suite)

- La numérisation comme innovation de produit et service
 - Transmission asynchrone et commutation en mode paquets
 - Dans les réseaux téléphoniques, la transmission des conversations s'effectue en mode synchrone.
 - Dans les réseaux informatiques, la transmission est de type asynchrone.
 - Dans les années 60, on a imaginé un mode asynchrone pour les réseaux téléphoniques
 - Naissance de la « commutation par paquets X25 » qui fonctionne sur le principe du circuit virtuel. Il est normalisé par le CCITT en 1976
 - Les protocoles TCP/IP utilisent également un mode paquets (datagrammes), mais la gestion des flux est complètement décentralisée.
 - L'augmentation de la vitesse des routeurs permet la transmission de la voix par ces datagrammes.

Les évolutions du monde des télécoms

o La numérisation des réseaux (suite)

- La numérisation comme innovation de produit et service
 - L'ATM : la réaction des opérateurs face à la demande de débit
 - Face à la montée de la demande de débit (images), la commutation de circuits est inadaptée. La technologie ATM semble alors répondre à cette nouvelle exigence
 - Cette technologie combine les avantages de la commutation par paquets et du multiplexage temporel
 - Elle permet une adaptation permanente des capacités du réseau aux besoins des utilisateurs
 - Les informaticiens ont envisagé d'intégrer cette technologie dans l'architecture interne des ordinateurs, mais concurrence forte du « fast Ethernet » dans les réseaux privés d'entreprises qui bénéficie de fortes économies d'échelle dans la fabrication des équipements
 - Néanmoins l'ATM s'est bien implanté en particulier dans les « dorsales d'interconnexion » permettant la mise en place de « dorsales IP » avec QoS

Les évolutions du monde des télécoms

o La numérisation des réseaux (suite)

- Quelques technologies complémentaires
 - Les fibres optiques et les réseaux optiques
 - Augmentation de la portée sans amplification
 - Multiplexage optique
 - Commutation optique
 - Boucle locale optique : FTTH,...
 - Les satellites et la distribution hertzienne
 - Nombreux projets : Iridium, GlobalStar, ...
 - Boucle locale radio : MMDS, LMDS, WIMAX,...
 - La téléphonie mobile
 - Les réseaux câblés
 - Réseaux coaxiaux
 - Réseaux HFC (Hybrid Fiber Coax)
 - Introduction des « voies de retour »
 - Le réseau électrique
 - Power line indoor et outdoor

Les évolutions du monde des télécoms

o Evolution du cadre institutionnel

- Le processus de libéralisation aux US
 - Concurrence et course aux raccordements entre Bell System et AT&T
 - En 1934, tous les réseaux sont interconnectés au Bell System et AT&T contrôle directement près de 80% du marché. Cela durera 50 ans !
 - Mise en place d'une instance de régulation
 - En 1934, le Communication Act crée une autorité fédérale : la FCC (Federal Communications Commission) dont relèvent les télécoms, la radio puis la TV. Pouvoir exclusif pour les services entre Etats de l'Union et pour l'Etranger
 - Pour les services relevant d'un seul état, création de la PUC (Public Utility Commission)
 - Au regard de la loi Antitrust, la situation de monopole de AT&T est une exception
 - En 1956, le Consent Decree entre AT&T et le gouvernement limite strictement les activités au domaine des Common Carrier Communications Services. L'opérateur garde néanmoins son monopole sur les liaisons longue distance et sur l'essentiel du réseau local.
 - En 1968, libéralisation du marché des équipements terminaux agréés par la FCC. Cette libéralisation conduit à la connexion d'équipements informatiques sur le réseau téléphonique.
 - En février 1996, le Congrès vote une loi de libéralisation complète des communications (disparition de la distinction entre voix, données et images).
 - En 1982, nouveau Consent Decree entre AT&T et le gouvernement qui aboutit au démantèlement de AT&T
 - Le 1 février 1996, une loi établit le décloisonnement des 3 principaux marchés de la communication : la téléphonie locale, la vidéocommunication et les services telecoms longue distance. Les opérateurs deviennent libres d'opérer où ils le souhaitent.

Les évolutions du monde des télécoms

o Evolution du cadre institutionnel

- Libéralisation et Union Européenne
 - 1984 : l'UK se lance dans la libéralisation avec la création de l'OFTEL (Office of Telecommunications) et la privatisation de BT.
 - L'Europe met en place la libéralisation en 4 étapes:
 - Emergence du droit commun de la concurrence qui met fin au monopole des Administrations nationales
 - Livre Vert sur le développement du marché commun des services et équipements de télécom en 1987 : préconise la séparation des fonctions de contrôle (régulation) et d'exploitation. Conduit au compromis de l'Open Network Provision qui conserve des droits exclusifs en échange d'une obligation d'interconnexion avec des réseaux tiers à des conditions transparentes et orientées sur les coûts.
 - Relance de la libéralisation par la DG IV (concurrence) par des directives (non votées par les Etats) ouvrant la concurrence des équipements (1988) puis des services (1990)
 - Adoption d'une résolution fixant au 1 janvier 1998 la libéralisation complète du marché au sein de l'Union

Les évolutions du monde des télécoms

o Evolution du cadre institutionnel

- Processus de libéralisation en France
 - 1986 : ouverture de la concurrence dans le radiotéléphone
 - Licence d'exploitation à SFR en 1987
 - Loi en 1990 : FT devient un exploitant autonome de droit public
 - Décembre 1996, FT est transformée en Société Anonyme.
 - Création 1 janvier 1997 de l'ART (Autorité de Régulation des Télécoms)
 - Les tarifs de l'interconnexion sont fixés par l'ART
 - Les consommateurs peuvent choisir un opérateur pour chaque appel longue distance par le choix d'un préfixe à 1 chiffre
- Un paradigme perdu : le service public ?
- La notion européenne de « Service économique d'Intérêt Général »

Le marché des télécoms aujourd'hui...

Le marché des télécoms aujourd'hui

o Les différents segments de marché

- La téléphonie fixe
 - L'accès, les abonnements et les lignes fixes
 - Les communications depuis les lignes fixes (hors publiphonie et cartes)
 - Les cartes téléphoniques fixes et la publiphonie
- Internet sur réseau fixe
- La télévision par xDSL
- La téléphonie mobile
- Les services à valeur ajoutée (hors services de renseignements)
- Les services de renseignements
- Les liaisons louées et le transport de données (opérateurs fixes)
- Les services d'hébergement et de gestion de centres d'appels
- Les terminaux et équipements

Les grands dossiers actuels des télécoms

o **La boucle locale : de nouvelles technologies**

- La valorisation de la paire de cuivre
- La fibre
- La BLR
- Les Power lines

Les grands dossiers actuels des télécoms

o La boucle locale

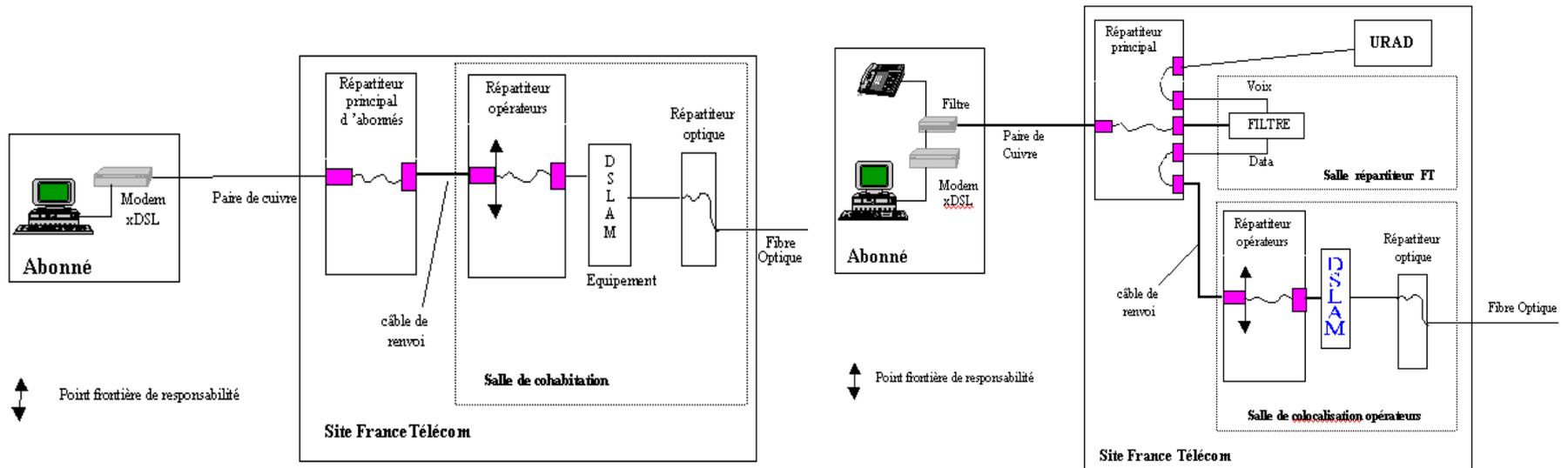
- Le dégroupage de la boucle locale
 - **Définition**
 - La boucle locale est le nom donné à la partie d'un réseau de télécommunications situé entre la prise téléphonique de l'abonné final et le central local.
 - Ainsi, il a été décidé au niveau européen que l'opérateur historique devrait fournir à ses concurrents un accès direct à sa boucle locale : c'est le dégroupage de la boucle locale.
 - Cet accès dégroupé au réseau local consiste en la fourniture de paires de cuivre nues à l'opérateur alternatif, qui installe alors lui-même ses propres équipements de transmission sur ces paires. L'usage du réseau local de l'opérateur historique est naturellement rémunéré par l'opérateur utilisateur.

Les grands dossiers actuels des télécoms

o La boucle locale

- Le dégroupage de la boucle locale

Accès totalement dégroupé à la boucle locale de FT *Accès partagé à la boucle locale de FT*



Les grands dossiers actuels des télécoms

o La boucle locale

- La boucle locale radio : Wimax
 - Les technologies radio dans la boucle locale constituent aujourd'hui une solution de substitution aux moyens filaires
 - Les fréquences identifiées pour les réseaux de boucle locale radio se trouvent dans les bandes de fréquences 3,5 GHz et 26 GHz pour la métropole et 3,5 GHz pour les DOM.
 - Premières réflexions sur les orientations à prendre (1997-1999),
 - Premiers appels à candidatures de 2000, et nouveaux appels à candidatures lancés en 2005-2006
 - Le nombre d'opérateurs est passé de sept à deux fin 2004 : Neuf Telecom (dans la bande de 26 GHz) et Altitude Telecom (dans la bande 3,5 GHz sur l'ensemble du territoire).
 - Neuf Telecom a depuis renoncé à ses autorisations attribuées lors des appels à candidatures de 2000.
 - En rachetant Altitude Telecom en 2005, IFW (groupe Iliad-Free) est devenu titulaire de la seule autorisation nationale attribuée, qui complètent désormais les deux autorisations de 15 MHz chacune attribuées dans chaque région métropolitaine lors de l'appel à candidatures de 2006.

Les grands dossiers actuels des télécoms

o La boucle locale

- Les réseaux câblés
 - Les réseaux câblés constituent une technologie d'accès alternative susceptible d'ouvrir la concurrence sur la boucle locale (...)
 - La technologie du câble occupe une place pleine et entière dans le développement du haut débit"
 - Le développement de services de télécommunications sur les réseaux câblés français, qui ont une longue histoire puisque qu'ils ont été conçus dans le cadre du Plan Câble de 1982, constitue un enjeu fondamental et une nécessité.
 - Aujourd'hui il y a 8 millions de prises câblées et de 3 millions d'abonnés aux services audiovisuels.
 - Le nombre d'abonnés disposant d'un accès Internet est de l'ordre de 200 000.

Les grands dossiers actuels des télécoms

o La boucle locale

- Les réseaux câblés

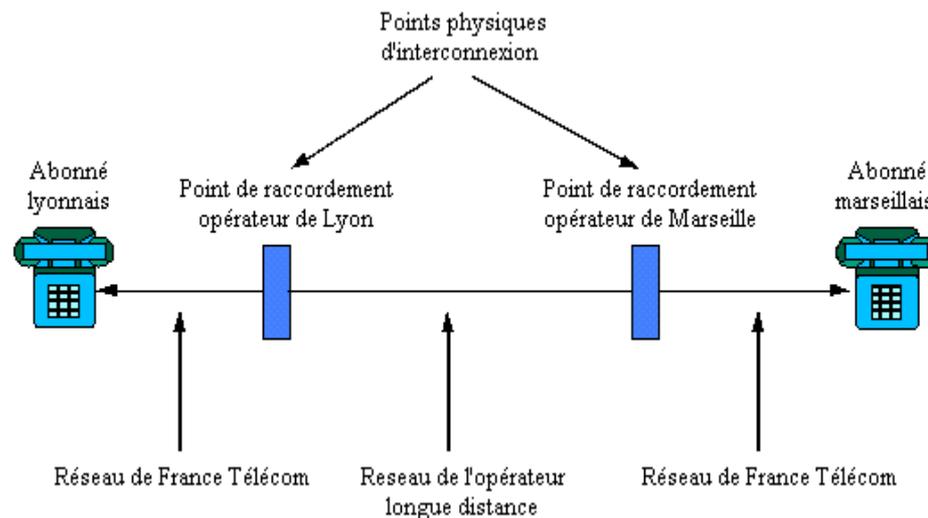
Opérateur		Abonnés TV		Abonnés Télécom	
		Total TV	Dt Tv numériq.	Internet	Téléphone
1	Noos*	1 085 108	471 954	201 327	
2	France Télécom Câble*	835 921	210 174	80 013	
3	NC Numéricâble*	794 772	217 488	85 031	
4	UPC France*	467 500	22 200	28 000	58 800
5	Divers : Cuvelle, Est Vidéo Communication, GER-TV, Région Communications SA	157 452	8 451	20 900	1 500
6	Régies, SEM, SIVU	111 304	2 782	1 820	
7	World Satellite Guadeloupe	26 873			
8	Martinique TV câble	19 498		93	
9	Vialis*	16 384	885	2 595	
10	Valvision*	15 684	1 066		

REPARTITION DES ABONNES PAR OPERATEUR AU 31/03/2004

Les grands dossiers actuels des télécoms

o L'interconnexion

- Qu'est ce que c'est ?



L'interconnexion : exemple d'une communication entre Lyon et Marseille

Les grands dossiers actuels des télécoms

o L'interconnexion

- La régulation de l'interconnexion
 - Elle constitue l'un des facteurs essentiels du cadre concurrentiel. La loi de réglementation des télécommunications a prévu des dispositions importantes dans ce domaine
- Les droits et obligations des opérateurs en matière d'interconnexion
 - Les exploitants de réseaux ouverts au public sont tenus de faire droit aux demandes raisonnables d'interconnexion des autres opérateurs de réseaux ouverts au public et des prestataires de téléphonie au public.
 - De plus, les opérateurs possédant une influence significative sur le marché et désignés comme tels par l'Autorité sont soumis à des obligations renforcées en la matière: ils doivent publier une offre, appelée catalogue d'interconnexion, décrivant les principaux services d'interconnexion ainsi que les prix associés.
 - Ce catalogue contient des conditions différentes pour répondre d'une part aux besoins d'interconnexion des exploitants de réseaux ouverts au public et, d'autre part, aux besoins d'accès au réseau des fournisseurs de service téléphonique au public.
 - Enfin, les tarifs d'interconnexion de ces opérateurs doivent être fondés sur les coûts.

Les grands dossiers actuels des télécoms

o Les mobiles

• L'UMTS

- Le 1er appel à candidatures UMTS (28 juillet 2000)
- **7 septembre 2001** : l'ART attribue les fréquences aux deux titulaires de licences UMTS ([Orange](#) / [SFR](#))
- Le 2ème appel à candidatures UMTS (29 décembre 2001)
- **12 décembre 2002** : l'autorisation UMTS de [Bouygues Télécom](#)
- **12 juillet 2007** : l'Autorité publie la mise en demeure faite à Bouygues Télécom de se conformer aux obligations de couverture de sa licence 3G, notamment de couvrir 20% de la population française
- **8 mars 2007** : les modalités et conditions d'attribution de la 4ème licence 3G sont publiées
- **4 mai 2007** : l'Autorité lance une consultation publique sur l'introduction de l'UMTS dans les bandes de fréquences 900 et à 1800 MHz en France métropolitaine
- **9 octobre 2007** : la candidature de Free Mobile ne peut pas être retenue dans les conditions financières actuellement définies dans la loi

Les grands dossiers actuels des télécoms

o Les mobiles

- **Les M.V.N.O : Répartition des rôles MVNO/opérateur mobile**
 - Trois grandes familles de solutions techniques, dont trois répondent à la qualification de MVNO, peuvent être définies.
 - **Modèle 1 : La SCS**
 - » Il s'agit du modèle classique de la Société de Commercialisation de Services (SCS), déjà mis en œuvre dans le cadre du GSM. Les SCS ne contrôlent aucun élément du réseau et utilisent les cartes SIM de l'opérateur. Elles se focalisent sur la commercialisation des offres de téléphonie mobile d'un ou plusieurs opérateurs, prenant en charge la facturation et la gestion de la relation client.
 - **Modèle 2 : Le MVNO " minimaliste "**
 - » Dans ce modèle minimaliste, le MVNO émet ses propres cartes SIM, éventuellement fournies par l'opérateur et dispose dans le HLR (Home Location Register) de l'opérateur hôte, d'une partie qui lui est allouée pour gérer les profils de ses clients.
 - **Modèle 3 : Le MVNO étendu**
 - » Dans ce modèle étendu, le MVNO émet ses propres cartes SIM et dispose de sa propre base HLR, comme dans le modèle précédent. Il dispose en plus d'éléments de cœur de réseau (GMSC et GGSN). Ce modèle, s'il est plus contraignant et plus coûteux en terme de déploiement et de maintenance technique, permet à l'opérateur virtuel de s'affranchir davantage de l'opérateur hôte, ce qui lui assure un meilleur contrôle sur son trafic et sur les services qu'il offre à ses abonnés.

Les grands dossiers actuels des télécoms

o Les mobiles (suite)

- Le renouvellement des licences GSM
 - Les licences GSM d'Orange France, SFR et Orange Réunion ont été renouvelées pour une durée de 15 ans
- La qualité de service
 - Depuis 1997, l'ART réalise chaque année, en concertation avec les opérateurs et les associations de consommateurs et d'utilisateurs, une enquête d'évaluation de la qualité de service des réseaux de téléphonie mobile en France métropolitaine, telle qu'elle peut être perçue au quotidien par les clients des trois opérateurs.
- La couverture mobile
 - L'Autorité veille, en application de la loi, à la prise en compte de l'intérêt des territoires et des utilisateurs dans l'accès aux services et aux équipements

Les grands dossiers actuels des télécoms

o Les mobiles (suite)

- Mobiles et santé
 - Une réglementation juridiquement contraignante, assortie d'un contrôle de son application
- Le GSM : les brouilleurs
 - La commercialisation et l'installation d'appareils brouilleurs est strictement interdite en dehors des salles de spectacles et des établissements pénitentiaires.
- La portabilité des numéros
 - février 2007 : le ministre de l'Industrie annonce la portabilité des numéros mobiles en métropole en 10 jours pour le 21 mai 2007
- Le roaming
 - Depuis quelques années, chacun est en mesure d'utiliser son mobile à l'étranger grâce à une prestation dite d'itinérance internationale (également appelée roaming). Cette continuité de service permet de recevoir et de passer des appels dans des conditions proches d'une utilisation domestique.
 - Fin 2005, le Groupe des régulateurs européens (GRE) s'est engagé à favoriser la transparence des tarifs de roaming pour les consommateurs européens.

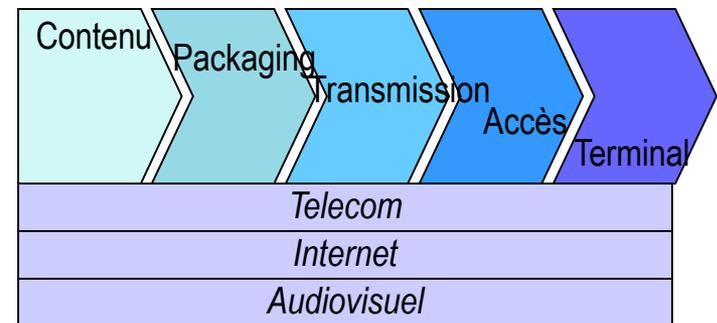
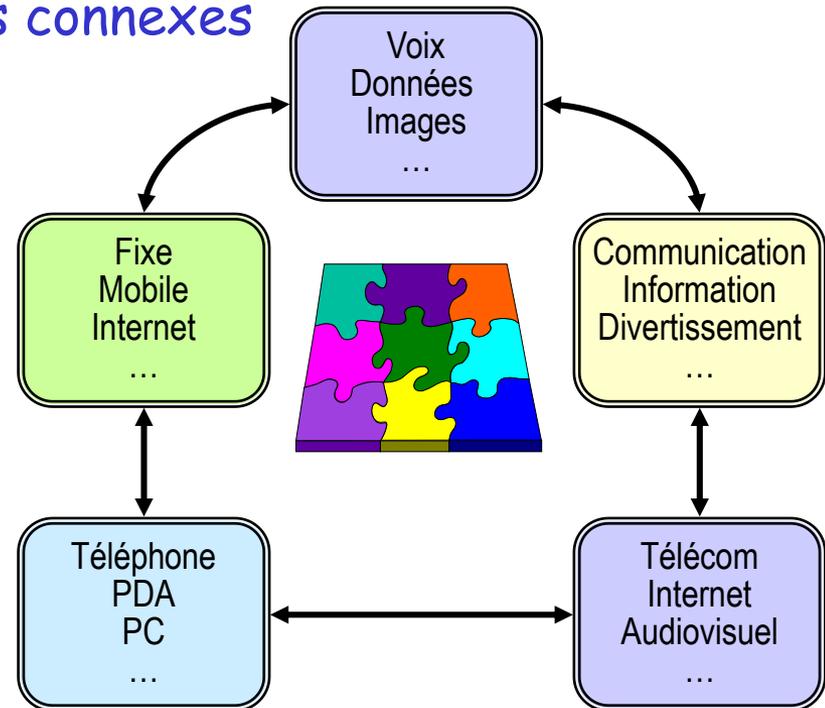
Les grands dossiers actuels des télécoms

o Convergence et dividende numérique

- La **convergence** induit des stratégies croisées des acteurs des télécommunications, de l'audiovisuel et de l'informatique pour conquérir les clients, appelés à vivre dans un « réseau ambiant » leur proposant une connexion permanente pour répondre à tous leurs besoins.
- La **mobilité**, permettant une telle connexion en tout lieu et à tout moment, est le prolongement naturel de la convergence, or elle ne peut s'envisager que grâce aux transmissions par radiofréquences.
- Le **dividende numérique**, c'est à dire les fréquences que libérera la bascule en 2011 d'une diffusion analogique à une diffusion numérique de la télévision hertziennne, constitue donc une opportunité à ne pas manquer, ces fréquences étant une **ressource rare**
- La répartition du dividende entre divers usages (nouveaux services de TNT, services de TV en haute définition, télévision mobile personnelle, mais surtout **couverture à bas coût du territoire en internet haut débit...**) doit absolument être déterminée après un **débat** très large, notamment au Parlement

La Convergence Fixe Mobile est un domaine vaste qui peut être envisagé sous de nombreuses facettes connexes

- o Les principaux angles de convergence pouvant être :
 - Le média de communication (voix, données, images)
 - Le type de contenu (communication, information, divertissement)
 - Le support technologique technologique (fixe, mobile, internet)
 - Le métier (télécom, Internet, Audiovisuel)
 - Le terminal (téléphone, pda, pc, ..)
- o La convergence se traduit par de nombreux impacts à la fois :
 - sur les divers métiers de l'opérateur
 - sur la chaîne de valeur de l'activité de l'opérateur
 - sur la chaîne technique (réseau et systèmes d'information)
- o La convergence a pour conséquence de changer les marchés et de rapprocher voire fusionner certaines industries, tout en laissant l'opportunité à de nouveaux acteurs d'intervenir sur la chaîne de valeur.

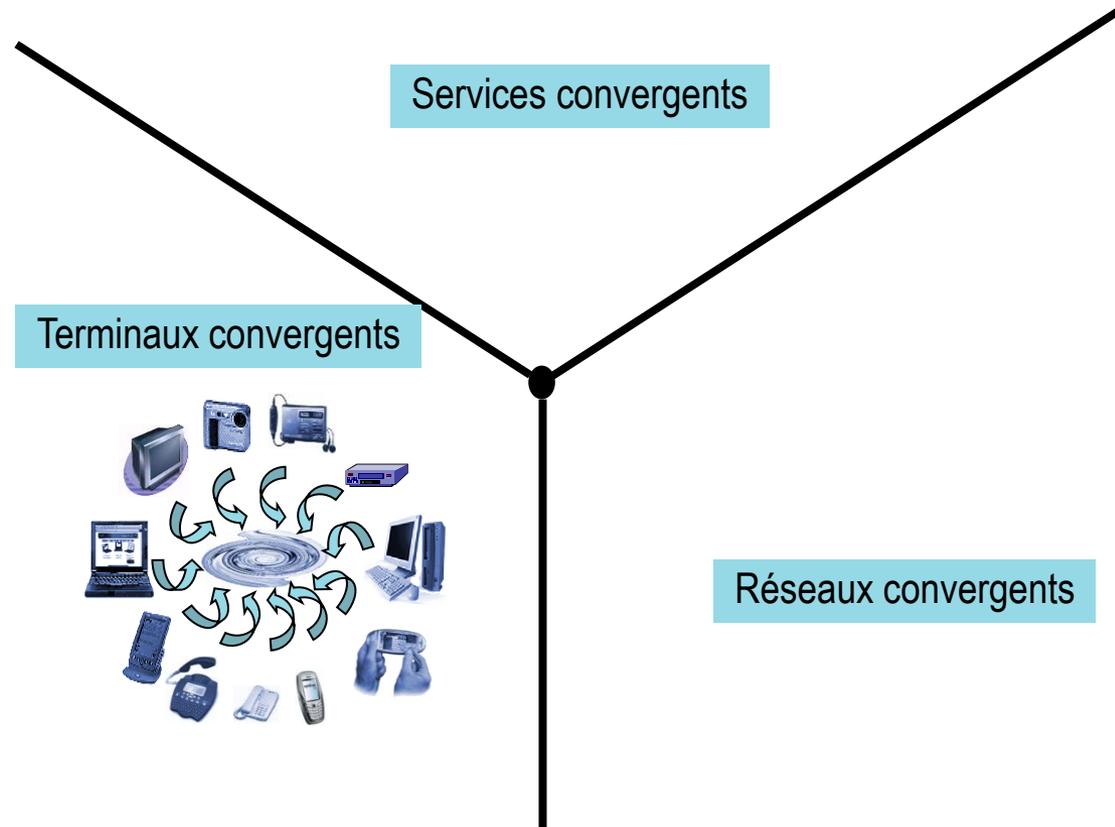


Sous l'angle des Télécommunications, nous assistons à une triple convergence technique et technologique

Cette convergence technique et technologique a pour objectif principal et ambitieux :
o d'offrir des services convergents:

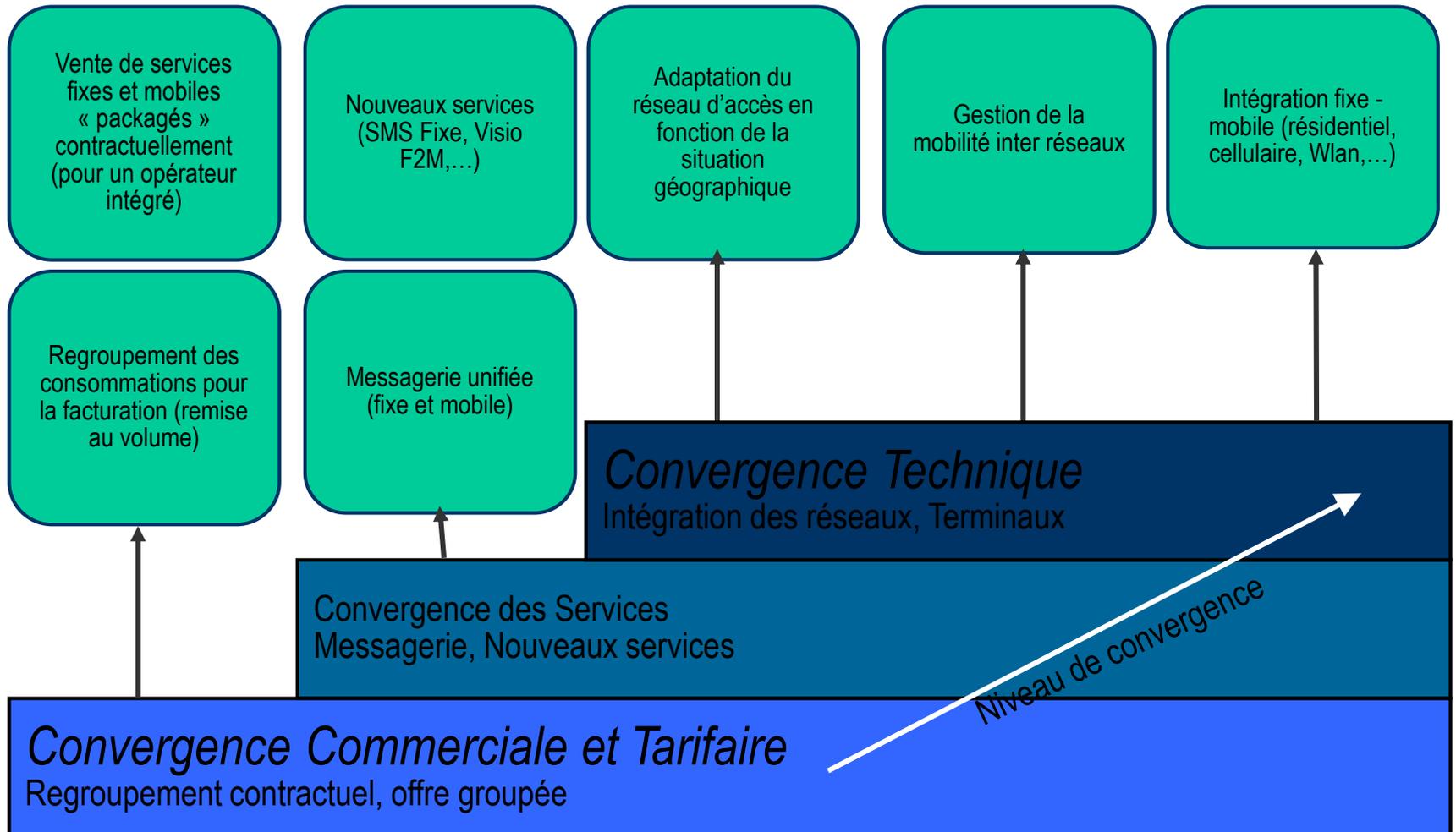
o grâce à des réseaux convergents:

o délivrés sur des terminaux convergents:



Les axes de la Convergence Fixe Mobile

La convergence fixe mobile peut se décliner sous de nombreux axes



Bien que la définition soit complexe

- o On définira la Convergence Fixe Mobile comme étant le ou les moyens dans le domaine des télécommunications permettant aux consommateurs résidentiels et professionnels de trouver une alternative mobile ou fixe à un besoin résolu par l'autre moyen de transport de communication
- o Vue du côté opérateur mobile, le principe de convergence Fixe vers Mobile consiste à trouver le moyen de router la majorité des communications multimédias (Voix / Données / Images) dans les différents contextes professionnels et résidentiels vers le réseau d'un opérateur mobile
- o Ceci dans l'optique d'accroître le Chiffre d'Affaire des opérateurs mobiles et en tenant compte des contraintes techniques réseau et d'accès aux services afin d'éviter de saturer l'opérateur mobile



En conclusion

- o La convergence Fixe Mobile peut être abordée selon plusieurs angles en fonction du rôle joué :
 - Nouveaux services convergents accessibles à la fois au travers d'un réseau fixe ou bien d'un réseau mobile (fournisseurs de services)
 - Substitution de trafic fixe au profit du trafic mobile (opérateur mobile)
 - Intégration physique des réseaux fixes et mobiles (opérateur fixe et mobile)
- o La convergence Fixe-Mobile vu de l'opérateur de a pour objectif d'atteindre la capacité à offrir au client des services de télécommunications au meilleur coût et à la meilleure qualité de services :
 - Indépendant du mode d'accès (réseau d'accès)
 - Indépendant de la technologie réseau assurant le transport (réseau cœur)
- o Cette convergence fixe-mobile est à rapprocher également de la convergence des usages qui n'est pas forcément un objectif final

Les grands dossiers actuels des télécoms

o La gestion des fréquences : le cadre français

C.S.A

A.R.C.E.P

A.N.F

C.D.C

C.S.A :

A.R.C.E.P :

A.N.F :

C.D.C :

Conseil Supérieur de l'Audiovisuel

Autorité de régulation des communications électroniques et des Postes

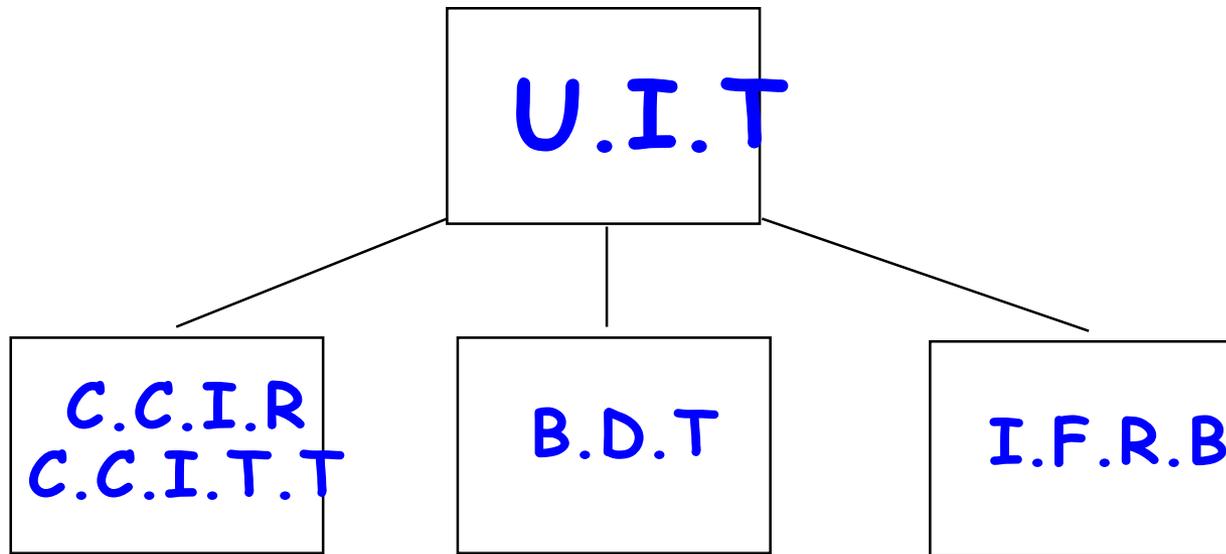
Agence Nationale des Fréquences

Conseil de la Concurrence

Les grands dossiers actuels des télécoms

o La gestion des fréquences : cadre international: l'U.I.T

O.N.U GENEVE



U.I.T:

Union Internationale des Télécommunications

C.C.I.R:

Comité Consultatif International des Radiocommunications

C.C.I.T.T:

Comité Consultatif International Télégraphe Téléphone

I.F.R.B:

International Frequency Registration Board

B.D.T:

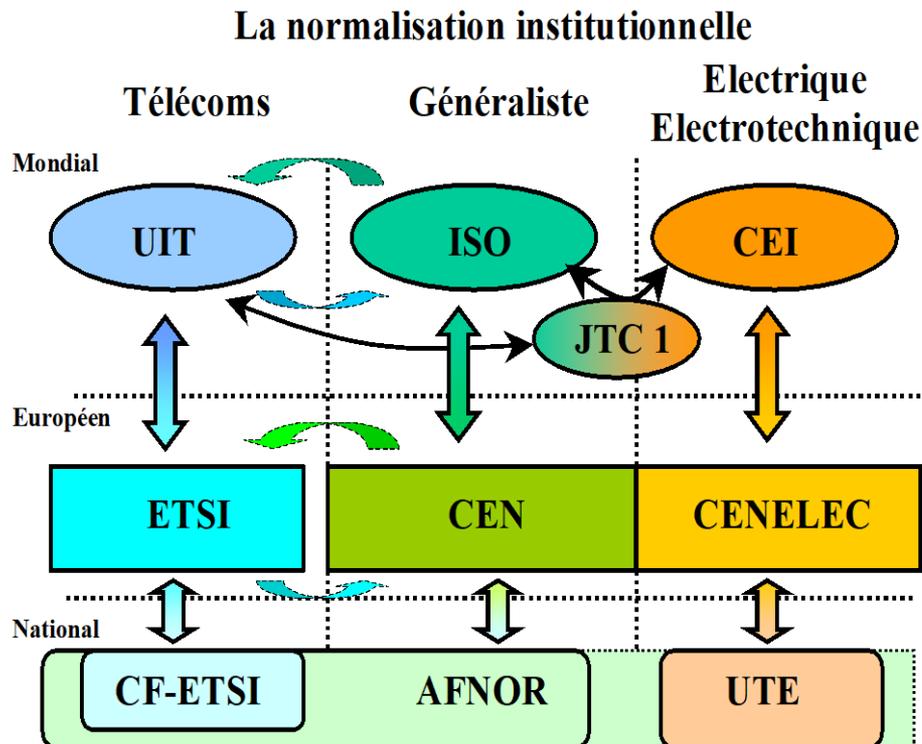
Bureau de Développement des Télécommunications

Les grands dossiers actuels des télécoms

- o **La gestion des fréquences : Le cadre international: l'U.I.T**
 - L'U.I.T assure au plan mondial une gestion coordonnée des fréquences
 - **Le spectre des fréquences est une ressource limitée il faut donc le partager entre les divers services:**
 - Services de radiodiffusion (de l'audiovisuel)
 - Services de radiodiffusion par satellite (SRS)
 - Service fixe
 - Service fixe par satellite (SFS)
 - Service mobile terrestre
 - ...
- o **Le règlement des radiocommunications:**
 - **Il contient deux informations:**
 - La définition des divers services
 - Le tableau des fréquences (Article 8)
 - **Il est périodiquement remis à jour par les C.A.M.R:**
 - Conférences Administratives Mondiales des Radiocommunications, convoquées par l'U.I.T
- o **Les C.A.M.R:**
 - **Sur la base des normes du CCIR et avec l'aide des membres de l'IFRB,**
 - Les pays se réunissent en conférences de planification pour préparer les plans de fréquences (ou les orbites) à incorporer au "Règlement"

Les grands dossiers actuels des télécoms

o Normalisation



■ Principaux organismes

- **U.I.T : Union Internationale des Télécoms**
- **C.E.I : Commission Electrotechnique Internationale**
 - Un comité joint avec l'I.S.O pour traiter de l'informatique : ISO/IEC/JTC1
- **I.S.O : International Standard Organisation composé de 140 organismes internationaux de normalisation**
 - La France participe à ces travaux par l'AFNOR (Association Française de Normalisation)

Les grands dossiers actuels des télécoms

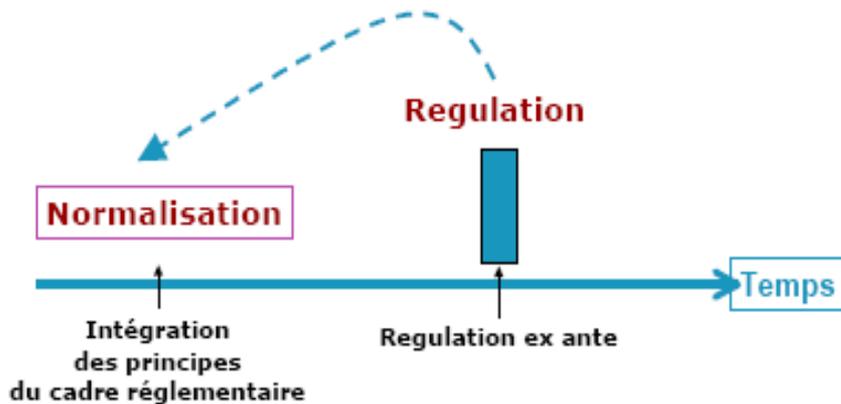
o Normalisation

- Au coeur du système universel des télécommunications
- Un processus volontaire, premier carrefour entre acteurs
- Une norme n'est jamais neutre. Elle reflète un consensus résultat de l'influence des intervenants
- Un marché concurrentiel dynamique consomme des normes et spécifications et passe par un équilibre entre différentes composantes du marché
- Un révélateur des tendances sur le long terme et des jeux industriels
- **La normalisation doit répondre aux finalités de la concurrence** et reste indissociable de la pluralité des interventions
- Sans normalisation, les perspectives de libre choix aussi bien en terme de services que d'équipementiers se réduisent au détriment du consommateur.

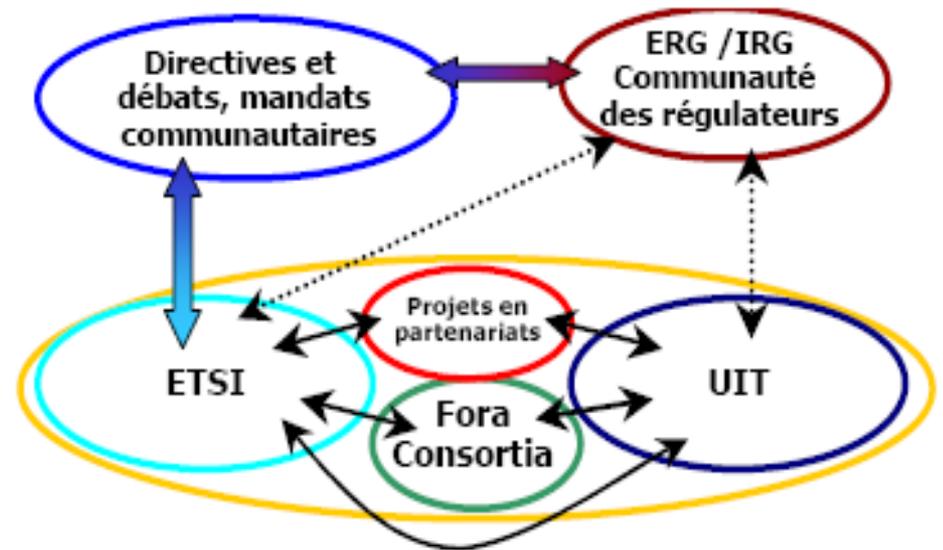
Les grands dossiers actuels des télécoms

o Normalisation et régulation

Standards : You are "in" or "out"...



Normes et regulation sont liées par défaut, la faiblesse de la normalisation retarde l'entrée de la concurrence sur le marché de détail.

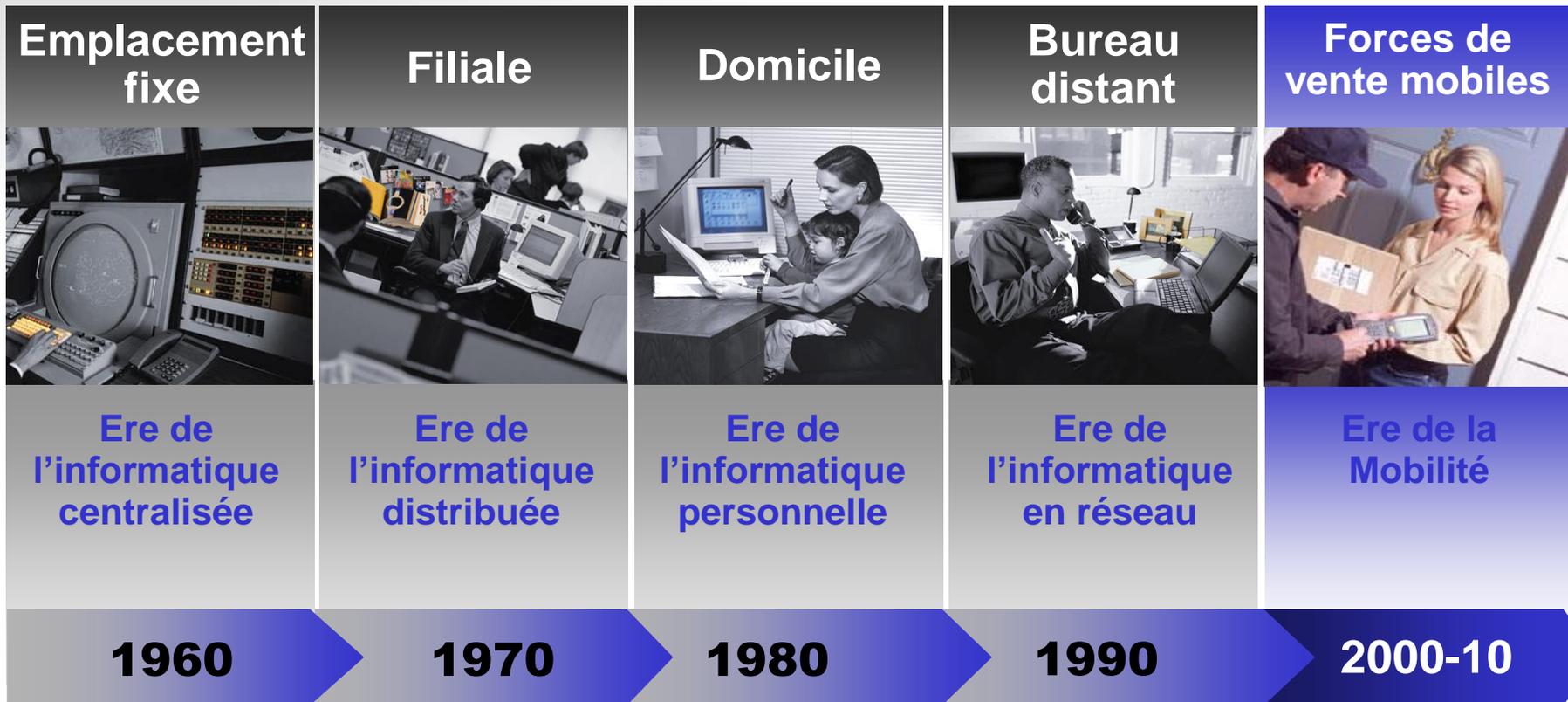


Les grands dossiers actuels des télécoms

o Normalisation et régulation

- Interopérabilité et libre choix de l'utilisateur
 - Face aux innovations technologiques et à l'essor du logiciel, deux attitudes envisageables en fonction des services
 - **L'interopérabilité«ex post»**: la normalisation, processus conduit par le marché, prend seul en charge l'objectif grâce à des objectifs fixés par le cadre réglementaire. La régulation, cliente plus passive, intervient, si nécessaire, pour corriger des faiblesses du marché(outils de sanction et de contrôle).
 - **L'interopérabilité«ex ante»**: la régulation adopte une démarche pro active sur un segment clairement identifié. Elle peut, le cas échéant, retenir les mécanismes de lignes directrices mis en oeuvre dans d'autres domaines (e-administration). Une démarche concertée à l'échelon européen est indispensable.

Evolution des Technologies de l'Information dans le même temps...



A quoi sert la mobilité d'entreprise ?

Capturer & Transmettre
l'information
Sur le

**point
d'activité**

augmente
la productivité

crée
**des avantages
compétitifs**



L'Entreprise Mobile d'aujourd'hui



**Connexion
continue**

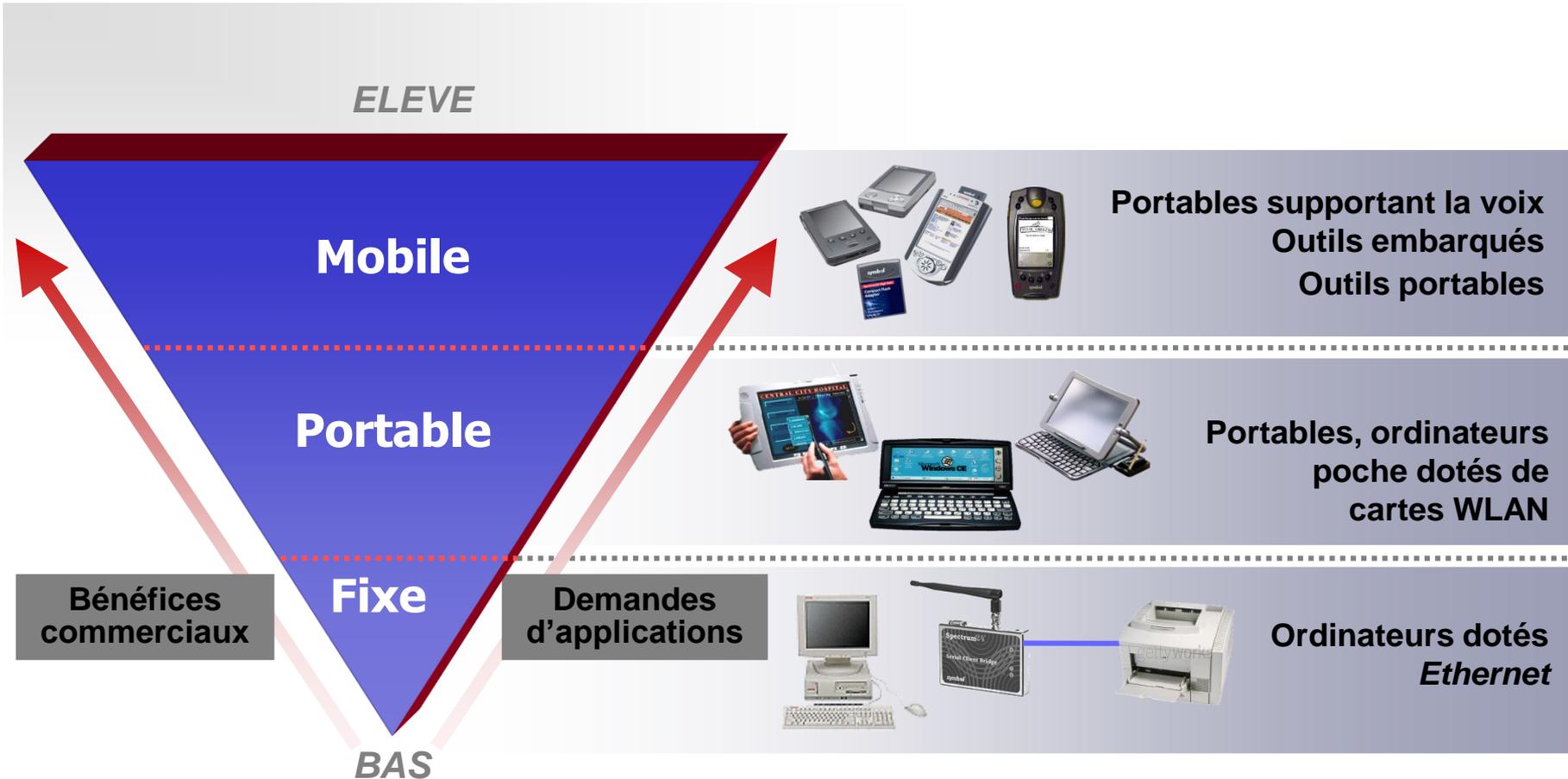


**Le mobile remplace
le portable**



Convergence

Les Challenges de l'Entreprise Mobile



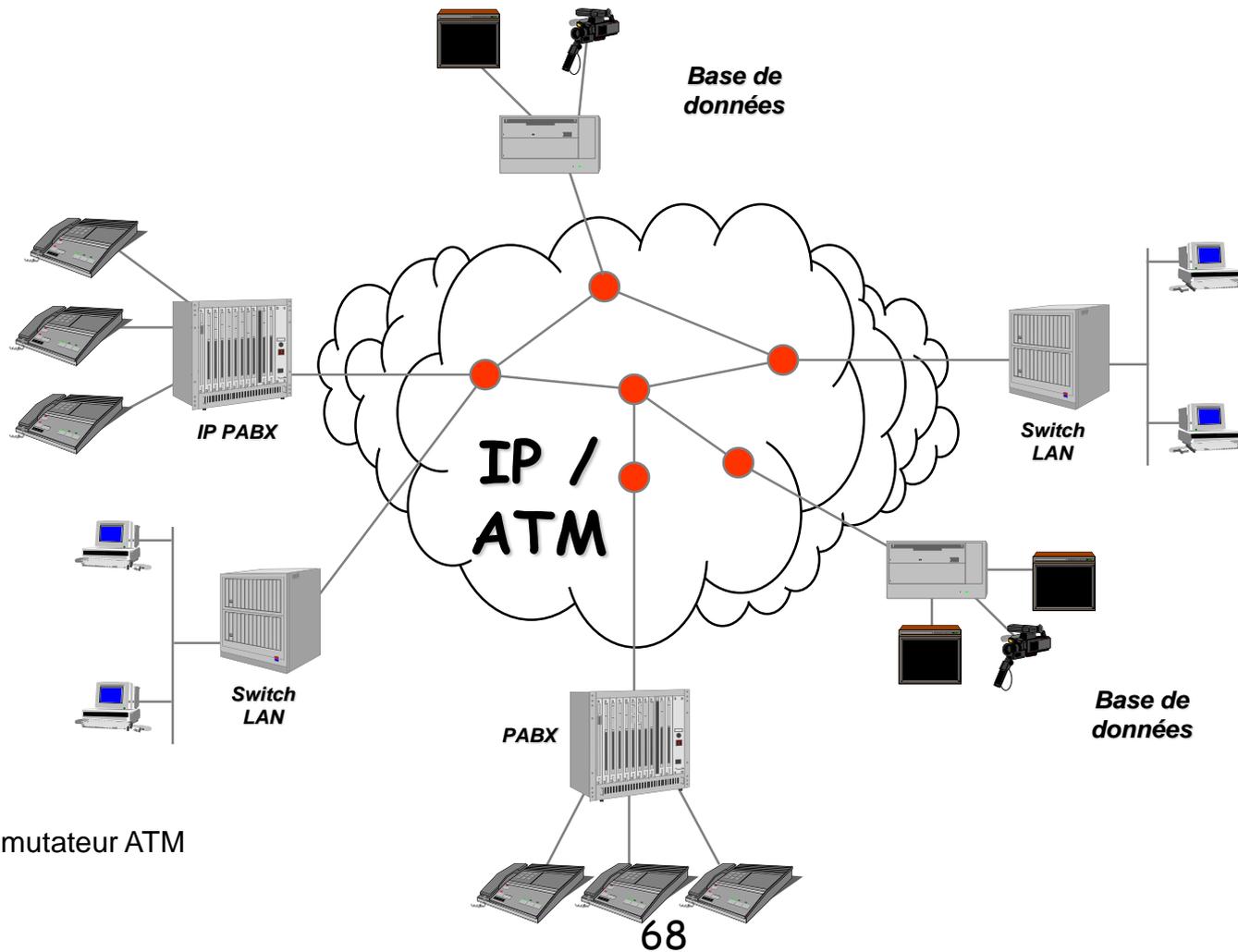
Bilan

- o Aujourd'hui, les entreprises convergent leur réseau voix et data
 - Le réseau data peut être organisé en plusieurs sous réseau (Bureautique, R&D, comptabilité,...)
 - Le réseau voix est interne (IPBx / PABx - commutateurs voix d'entreprises)

- o Qui gère les réseaux voix et data ?
 - Ces réseaux sont gérés par les DSI
 - Une des missions à partir de maintenant est d'intégrer le réseau voix dans le réseau data (PABx IP - Nouvelle génération disponible sur le marché - Alcatel par ex.)

- o Un autre facteur à prendre en compte, c'est la mobilité des collaborateurs, besoin pris en compte dès maintenant dans la conception des nouveaux réseaux d'entreprises

Un exemple de réseaux idéal d'entreprises

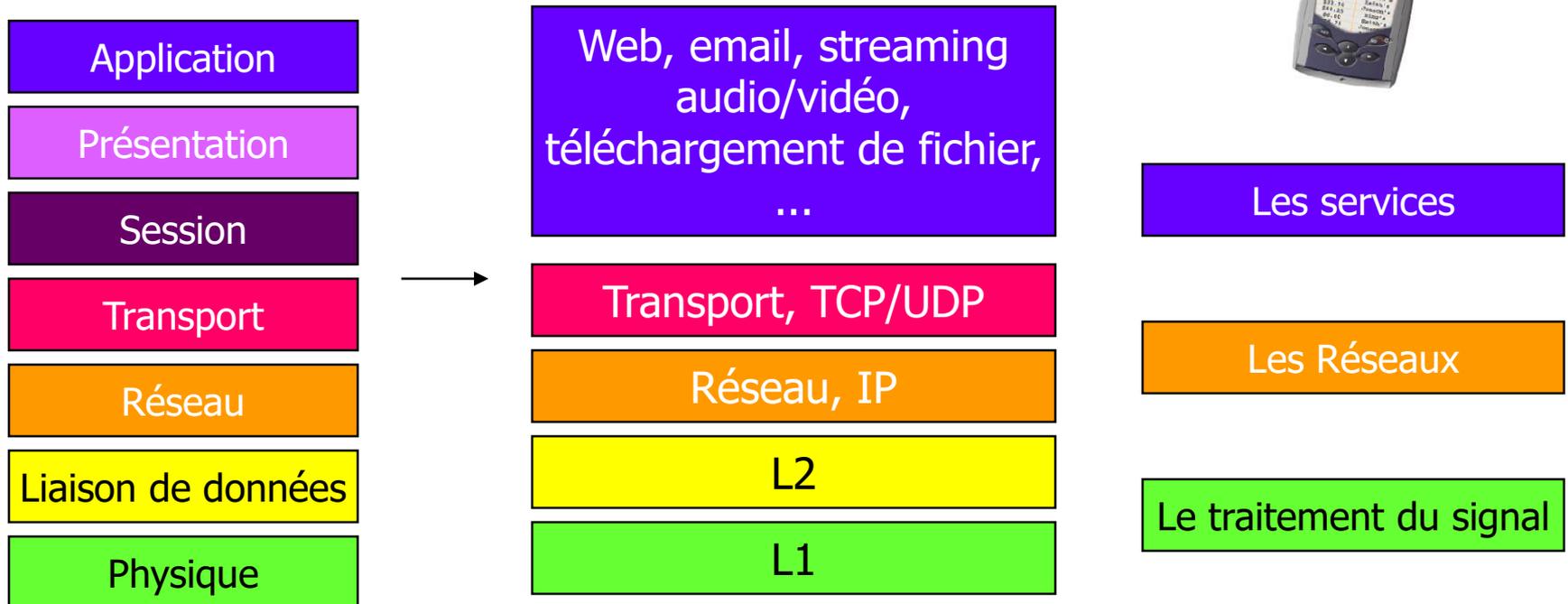


3 - Sommaire

Evolution du modèle OSI...

...Vers les NGN

o Et l'UI passe par le terminal...



4 - Pour conclure l'introduction...

... Présentation des acteurs

- o Les opérateurs (Fixe / Mobile / Internet / Virtuel)
- o Les constructeurs (Terminaux / Infrastructures)
- o Les éditeurs / fournisseurs de contenu / Aggrégateurs
- o Les organismes de normalisation
- o Les régulateurs

- o Et ... Les clients finaux

Le traitement du signal - Partie 2

Le numérique

Evolution du nombre de transistors
dans un processeur

Mémoire dans un PC

La structure physique

Les équipements d'infrastructures

1 - Le numérique

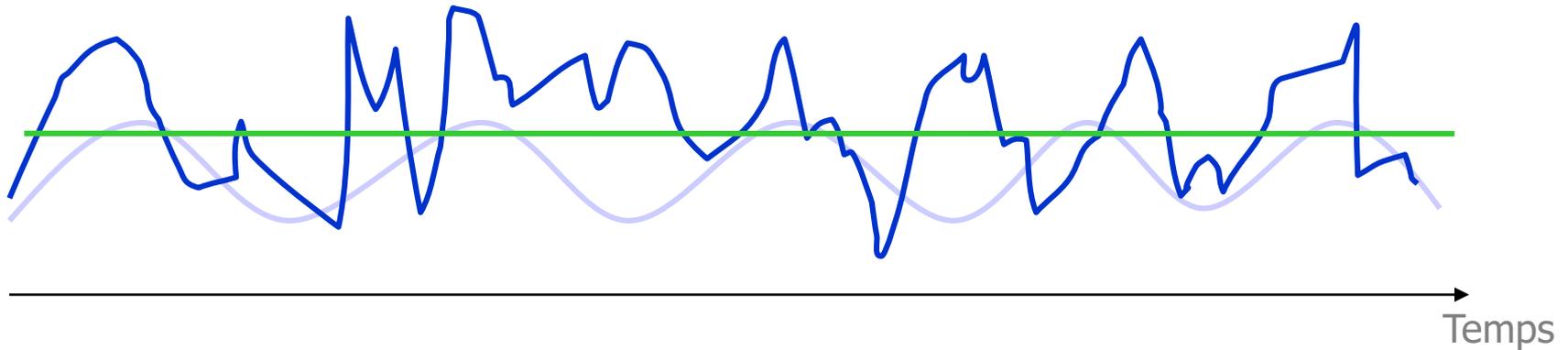
- o Ondes et Signaux
- o Analyse spectrale
- o Théorie de l'Information
- o La numérisation
- o Le numérique oui, et l'analogique ?
- o Études de cas concrets

Ondes et Signaux : les ondes

- o Perturbation qui se propage
- o Pas de déformation de la perturbation
- o Pas de matière déplacée
- o Ondes acoustiques :
 - Propagation dans un milieu non vide
 - Intensité sonore = compression de tranches d'air
- o Ondes « lumineuses » :
 - Propagation dans tous les milieux (éventuellement vide, ether)
 - Lumière = variation du champ électrique et magnétique
- o Définition de la fréquence :
 - Rapidité de variation
 - Capacité à changer de valeur rapidement

Ondes et Signaux : les signaux

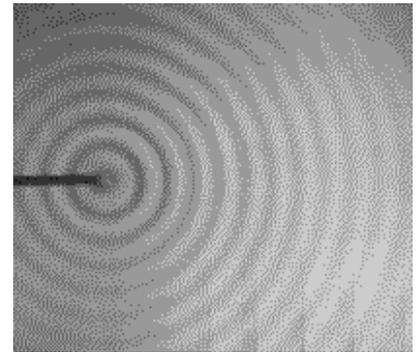
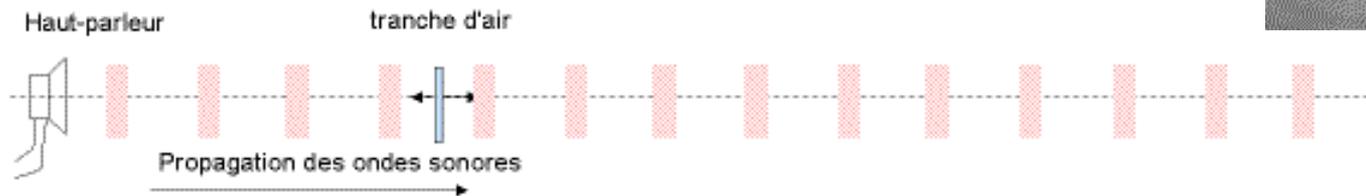
o Variation d'une quantité



- Exemple : l'amplitude d'une onde
- Signaux périodiques, chaotiques ...
- Il y a de l'information dans tous les signaux
- Plus le signal est *complexe*, plus il contient de l'information

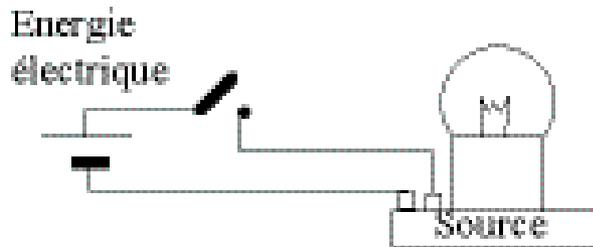
Ondes et Signaux : le son

- o Ondes acoustiques :
 - Variation de la pression de l'air:
 - Compression et décompression des tranches d'air
 - Vibration et non pas souffle (haut-parleur)
 - Ondes destructrices (interférences)



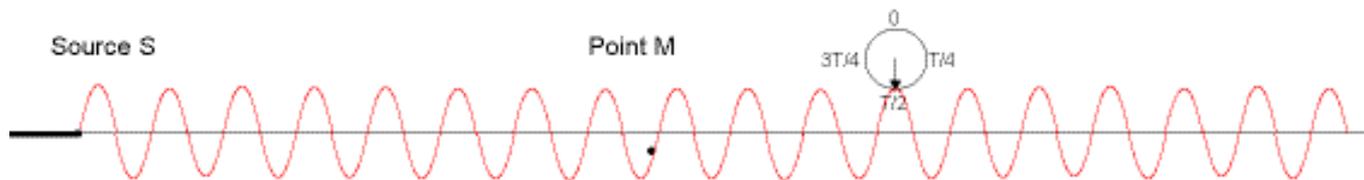
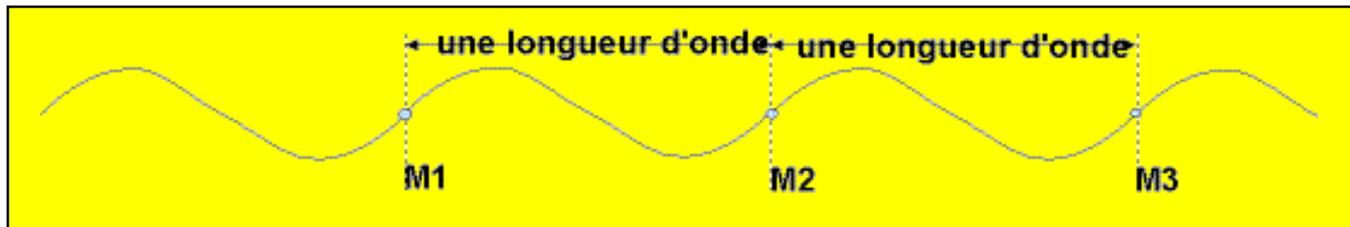
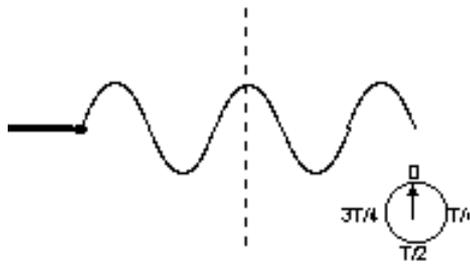
Ondes et Signaux : la lumière

- o Onde électromagnétique
- o Caillou dans l'eau \Leftrightarrow perturbation qui se déplace dans le champ électromagnétique



Ondes et Signaux : la longueur d'onde

o Longueur d'onde : distance entre deux vagues



Ondes et Signaux : propagation et fréquence

o Propagation

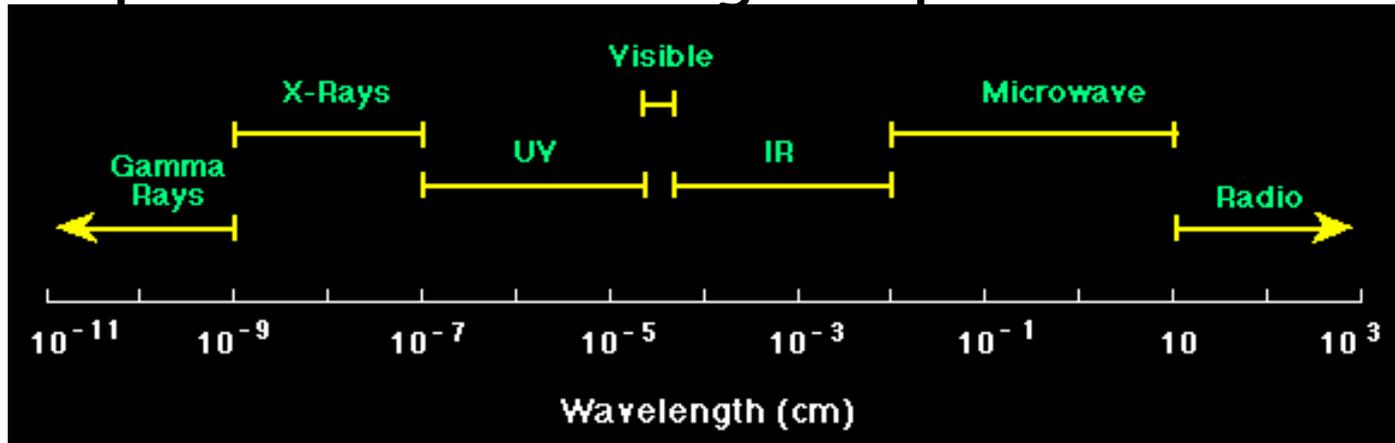
- L'intensité d'un signal est atténuée par la propagation dans le milieu.
- Atténuation en fonction de la distance
- Plus le milieu est « mou », plus l'atténuation est importante
- Vitesse de propagation : dépend de la rigidité du milieu

o Fréquence :

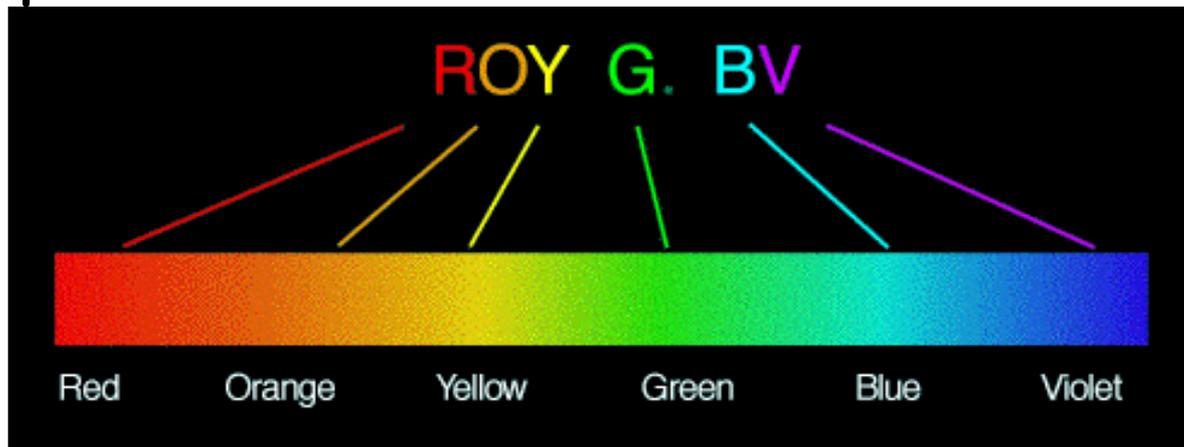
- Dans un milieu donné, plusieurs fréquences peuvent coexister
- Ensemble des fréquences = spectre
- La lumière n'est que la partie visible du spectre électromagnétique
- $F = c/\lambda = 1/T$

Ondes et Signaux : le spectre

o Le spectre électromagnétique :



o Le spectre de la lumière visible :



Ondes et Signaux : exemples

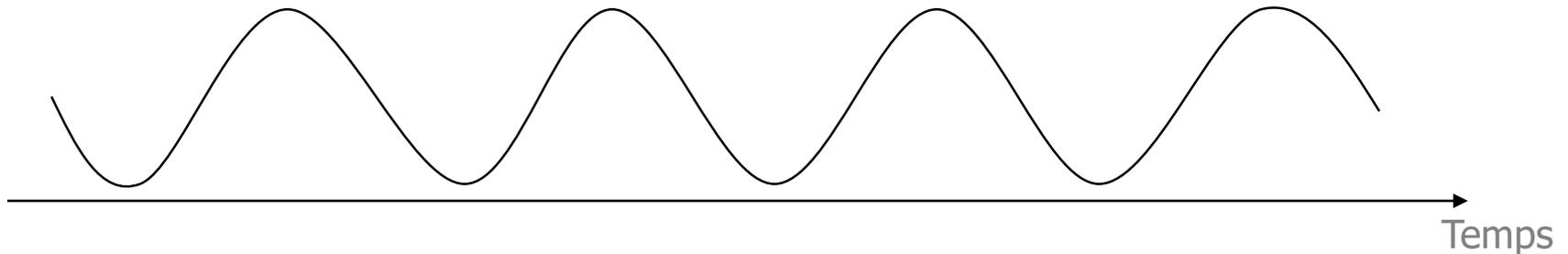
- o Les différentes ondes :
 - Acoustiques
 - Dans l'air (milieu mou) : 330 m/s, atténuation rapide
 - Dans l'eau (milieu dur) : 1500m/s, atténuation lente
 - Sismiques
 - Dans la terre
 - Dans l'eau
 - Lumineuses
 - Dans tous les milieux non opaques
 - 300 000 km/s ou moins (suivant le milieu - eau : 200 000 km/s)
- o Effet Doppler et Mur du son
 - Concentration des ondes en un seul point
 - Phénomène qui s'auto-alimente
 - Ambulance, pompiers ; super novae, pulsars ...
- o Résonance
 - Micro-ondes, armée au pas, laser
- o Radar, GPS

Ondes et Signaux : résumé

- o Perturbation qui se déplace
- o Pas de matière déplacée, seulement énergie
- o Énergie transportée = information pour nous
- o Les ondes sont tout ce que l'on perçoit

Analyse spectrale: Décomposition en fréquences

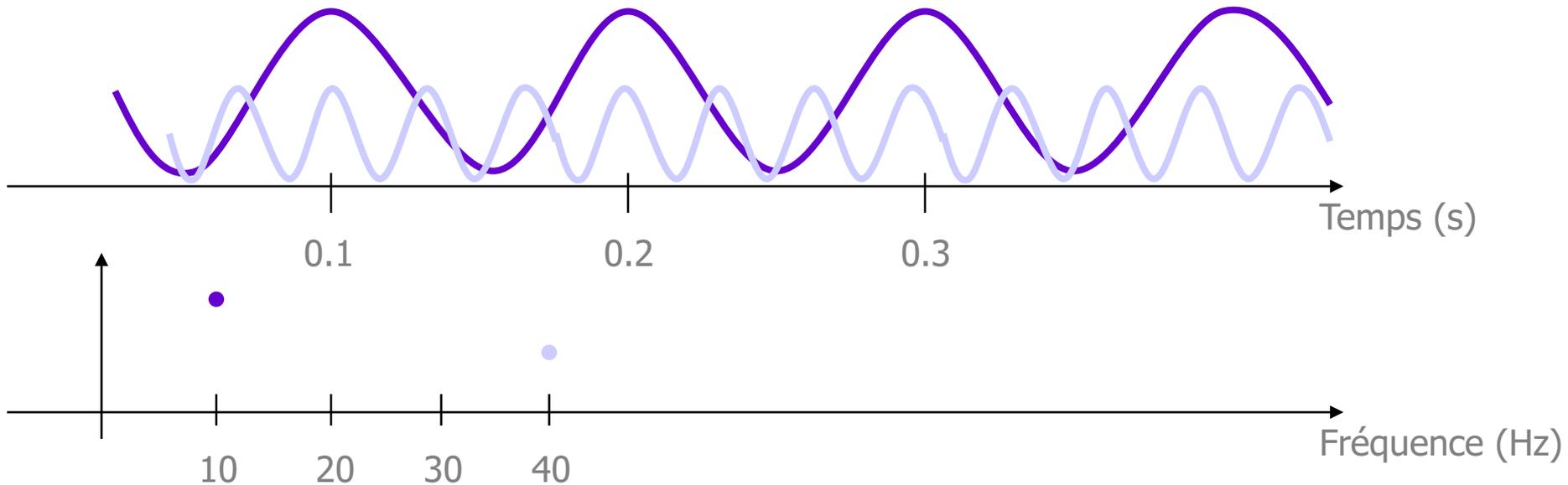
o Signal à fréquence « pure » :



- **Définition de la fréquence :**
 - 1 Hertz (Hz) : un changement de signe en 1 sec
 - Signal à 1 MHz : 1 000 000 de changements de signe en 1 sec
- **Bande passante :**
 - Fréquence minimale et maximale dans le signal
 - Bande passante : différence entre f_{\min} et f_{\max}
- **Propriété fondamentale des signaux (Fourier) :**
 - Un signal à bande passante limitée peut être décomposé en une somme de fréquences pures

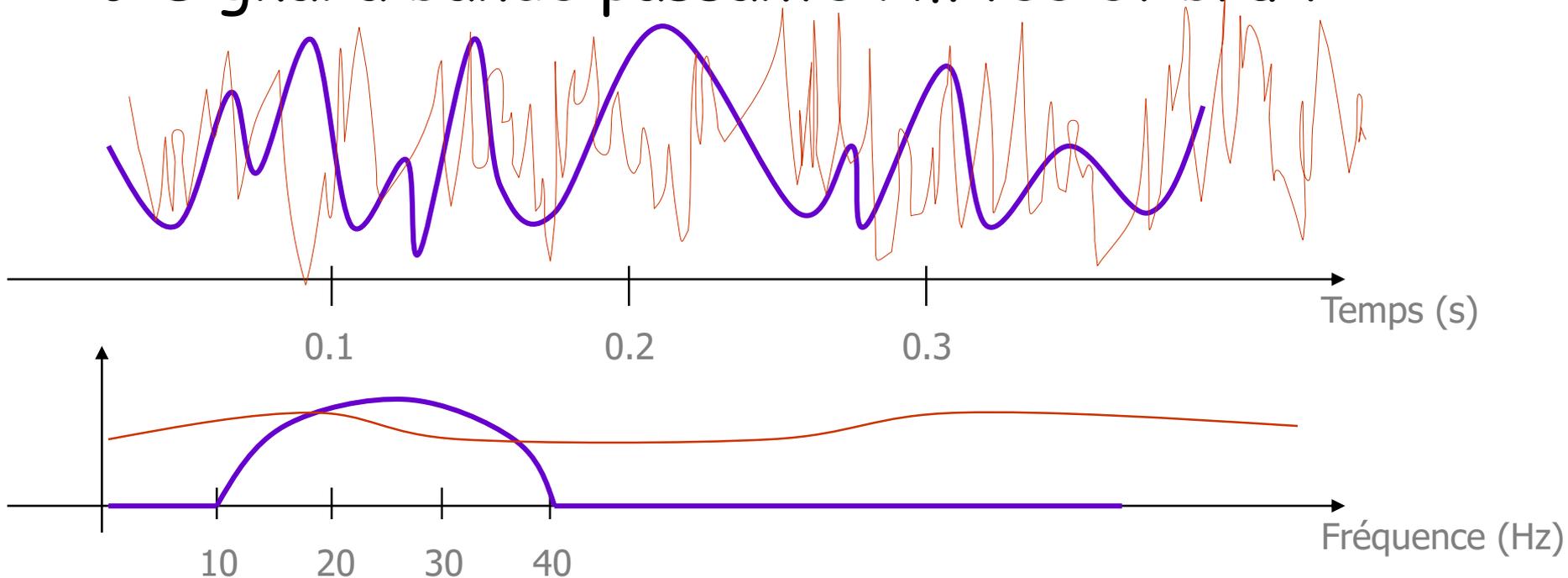
Analyse spectrale: Décomposition en fréquences

o Transformation en fréquence :



Analyse spectrale: Décomposition en fréquences

o Signal à bande passante limitée et bruit:



□ Un peu de Maths...enfin !

$$F(t) = \sum_{n=0}^{+\infty} a_n f_n(t) \quad \text{Avec } f_n(t) \text{ fréquence pure et } a_n = \frac{1}{T_e} \int_{-T_e/2}^{+T_e/2} f_n(t) \cdot F(t) \cdot dt$$

Analyse spectrale:

Spectre et densité d'information

- o Plus un signal est composé de fréquences pures (plus son spectre est étalé), plus il contient de l'information \Rightarrow notion de densité de l'information dans un signal
- o Plus un signal est large bande, plus le débit est grand :
 - Téléphone, entre 300 et 3300 kHz (bande passante = 3kHz)
 \Rightarrow modem 56 kbit/s
 - ADSL, entre 10 kHz et qqes centaines de kHz
 \Rightarrow modem 1 Mbit/s
 - UMTS, entre 1980 MHz et 1985 MHz (bande passante = 5 MHz)
 \Rightarrow jusqu'à 2 Mbit/s

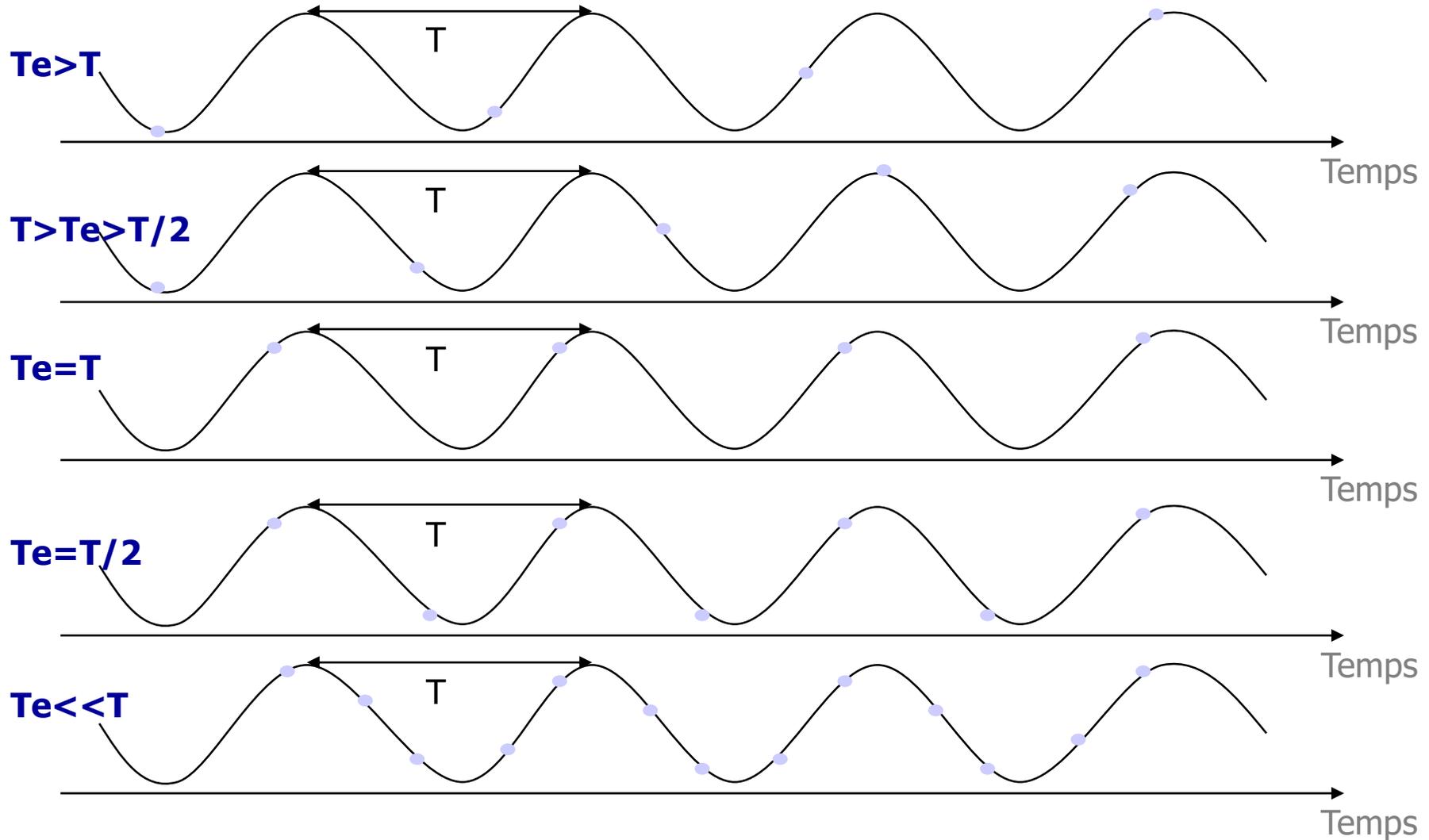
Théorie de l'information

- o Discipline née avec Claude Elwood Shannon en 1949 :
 - Article de 1949 « *Théorie mathématique de la communication* »
- o Concept de théorie unificatrice de la transmission et du traitement des informations:
 - Les informations, selon cette théorie, incluent toutes formes de messages transmis, y compris ceux envoyés le long des canaux nerveux des organismes vivants.
- o Modélisation de l'information en tant que quantité mesurable vérifiant certaines propriétés et obéissant à certaines lois générales

Théorie de l'information : Shannon

- o Principe de base :
 - Si on prend suffisamment d'échantillons d'un signal pas trop perturbé, on peut reconstituer parfaitement le signal initial grâce aux seuls échantillons
- o Analogie :
 - Cinéma : 25 images/sec \Rightarrow impression de continuité, restitution parfaite
 - Supposition implicite : on ne loupe pas grand chose entre 2 images
- o Justification intuitive :
 - Soit un phénomène qui ne varie pas trop vite (à une fréquence F , et période $T=1/F$)
 - Un observateur a une idée exacte du phénomène s'il l'observe à des intervalles de temps (T_e) au moins 2 fois plus courts que la période (T).
- o \Rightarrow Théorème de Shannon

Théorie de l'information : Shannon - Illustration



Théorie de l'information : Shannon

- o L'information est une quantité mesurable
- o La quantité d'information contenue dans un signal dépend de la largeur de son spectre
- o Pour retrouver toute l'information d'un signal, il suffit de prendre quelques échantillons
- o Notion de *Contenu d'Information Algorithmique (CIA)*
 - signaux réguliers
 - signaux bruités

La numérisation

- o Pourquoi numériser ?
 - o Parce que c'est mieux !!!
 - o Pourquoi ?
 - o Ben....
-
- **Analogique : continu**
 - **Numérique : discret**
- } Incompatibles

La numérisation

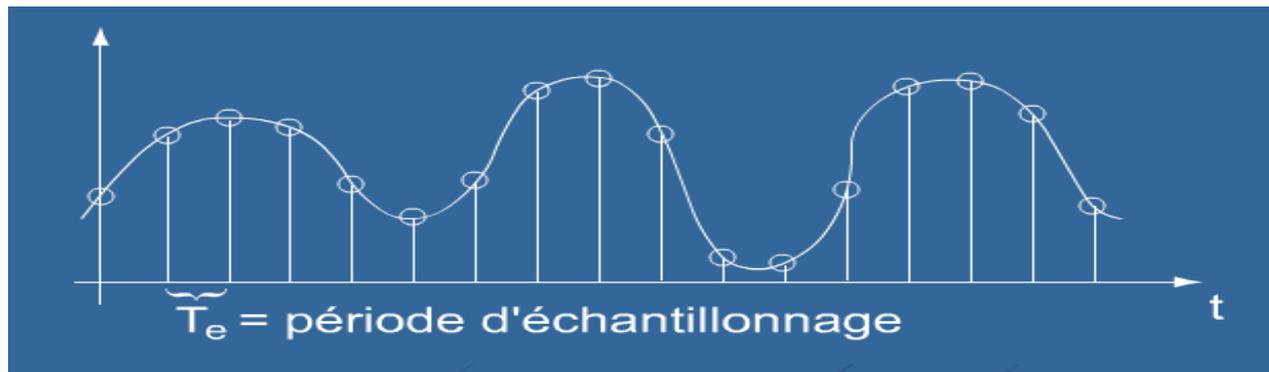
- o Signal continu contenant de l'information
- o A chaque répétition, le signal est déformé, bruité
- o Comment reconnaître le signal original ?

⇒ impossible !

- Suite de symboles d'un alphabet
- A chaque répétition, les symboles sont déformés, mais restent lisibles. Ils peuvent donc être répétés sans erreurs.
- Exemple

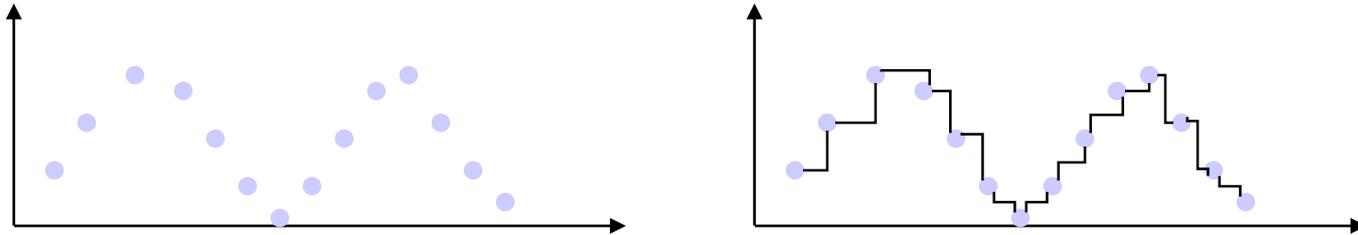
La numérisation : analogique → numérique

- o Échantillonnage : prendre des valeurs du signal à intervalles de temps réguliers
 - Suite d'échantillons: suite de photographies du signal
- o Shannon : pour reconstituer parfaitement le signal, il faut que la fréquence d'échantillonnage soit supérieure à 2 fois la fréquence max du signal : $F_e > 2.F$
- o Numérisation : conversion d'un signal continu converti en un signal discret (=suite de points)
- o ⇒ convertisseur analogique/numérique

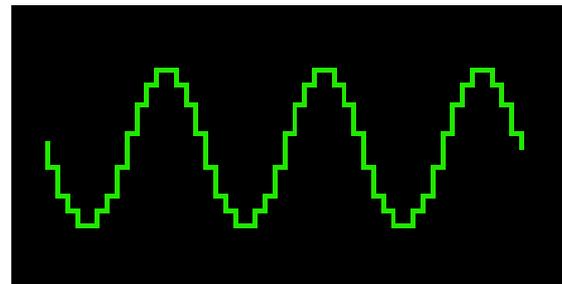
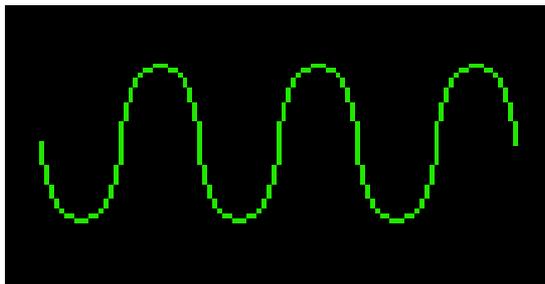


La numérisation : numérique \rightarrow analogique

- o Reconstruction du signal continu grâce au signal discret : \Rightarrow convertisseur numérique/analogique



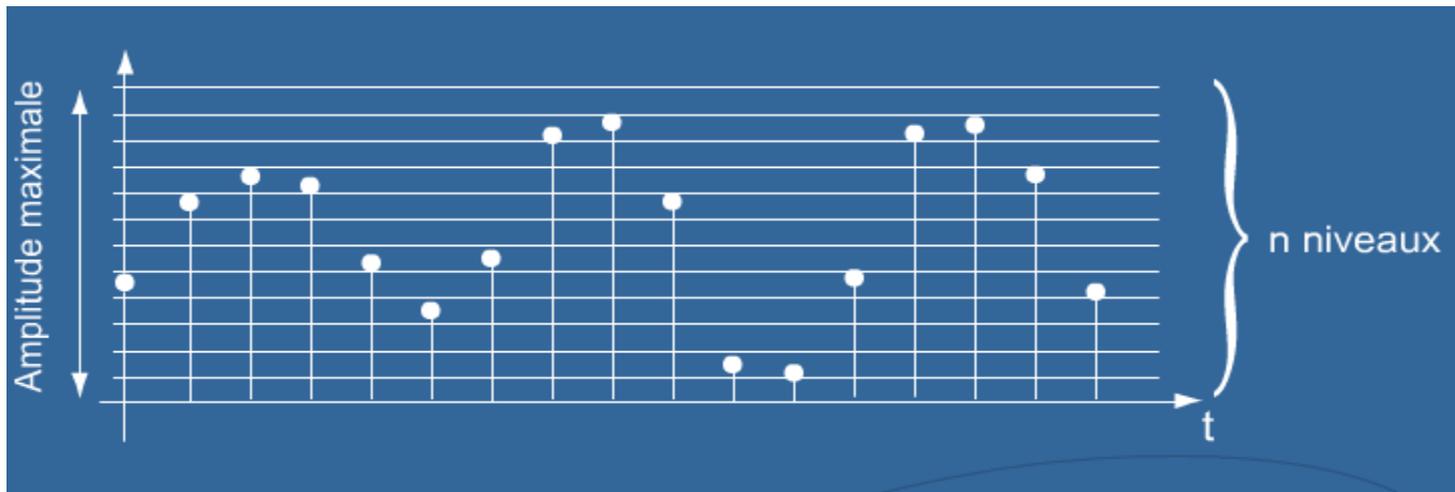
- o Entre deux valeurs discrètes, le signal a une valeur constante \Rightarrow signal en marches d'escalier :



La numérisation : quantification

o La quantification

- Cela consiste à mesurer la valeur d'un échantillon par rapport à des niveaux placés régulièrement entre des amplitudes minimum et maximum.
- Les niveaux seront ensuite codés sous forme binaire.
- Plus le nombre de niveaux n est grand, meilleure sera la qualité du son numérisé.



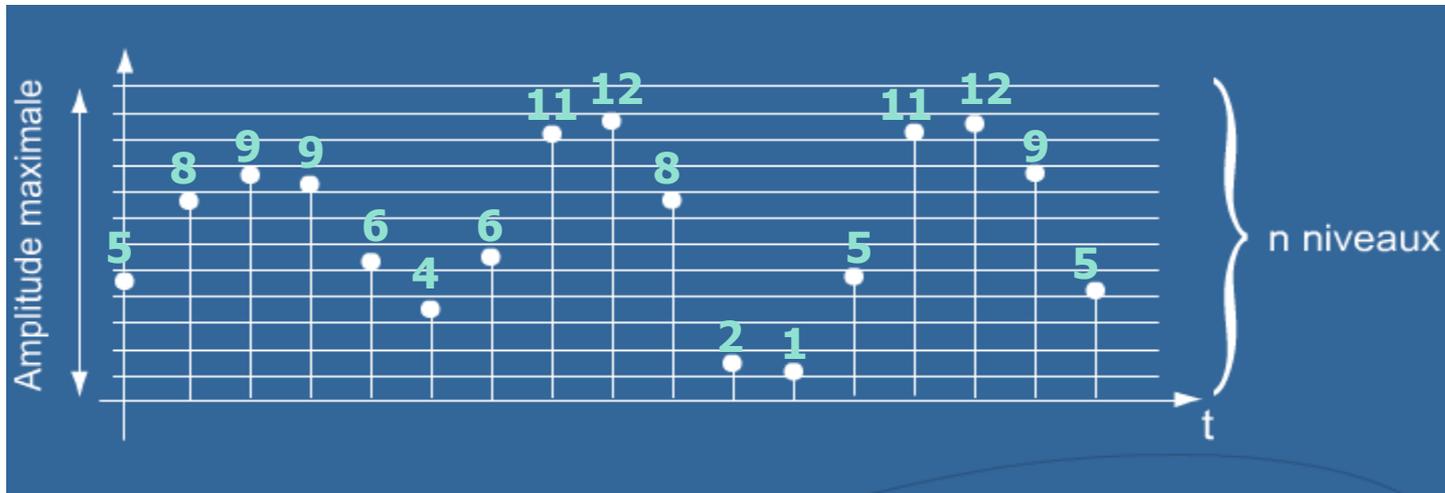
La numérisation : codage binaire

o La valeur du signal en chaque point est codée sous forme binaire sur plusieurs bits :

$$\underbrace{(101001011100)}_{\text{N bits}} = (X_N X_{N-1} X_{N-2} \dots X_1) = \sum_{i=1}^N 2^i X_i$$

- Avec $X_i = 0$ ou 1
- N est le nombre de bits (8, 16, 32 ...)
- Si on code sur N bits, on code sur 2^N valeurs (de 0 à $2^N - 1$) :
 - $N=8$, valeurs de 0 à 255
 - $N=16$, valeurs de 0 à 65535
- Plus N est grand, plus la quantification est précise

La numérisation : codage binaire



- o 14 niveaux \Rightarrow au moins 4 bits (de 0 à 15)
(5 8 9 9 6 4 6 11 12 8 2 1
...)
(0101 1000 1001 1001 0110 0100 0110 1011 1100 1000 0010
0001...)
- o Transformation d'un signal continu en une suite (discrète) de valeurs décimales puis en valeurs binaires.

Le numérique oui, et l'analogique ?

- o Grâce au théorème de Shannon et au codage binaire, on transforme un signal continu en une suite de 0 et de 1, sans perdre d'information.
- o Que fait-on de cette suite de 0 et de 1 ?
- o Les ondes sont toujours continues, alors comment transmettre un signal discret ?
- o Tous les signaux sont, *en réalité*, continus et donc

analogiques !!!

Le numérique oui, et l'analogique ?

La modulation

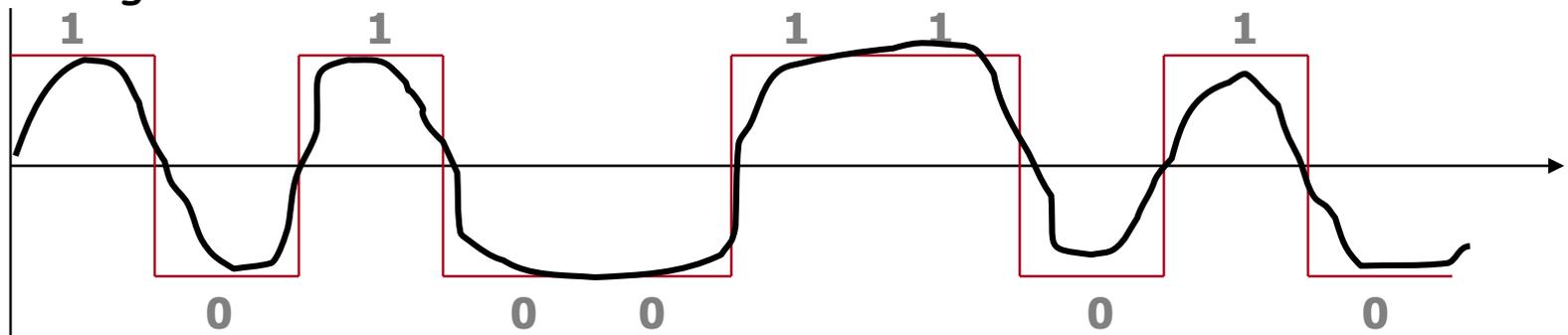
- o Dans la plupart des cas, il n'est pas possible de transmettre le signal en *bande de base*
- o Il faut moduler le signal
- o Exemples :
 - AM : modulation d'amplitude
 - FM : modulation de fréquence
- o Un signal électromagnétique sert à transporter des informations de diverses natures (son, TV...)

Le numérique oui, et l'analogique ?

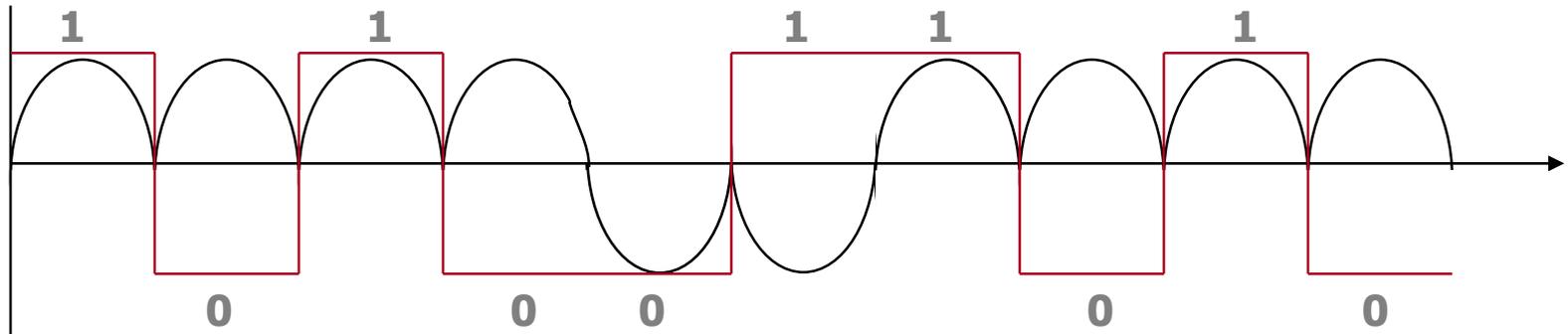
La modulation

o Si l'informations transportée est numérique, il faut juste transmettre des 0 ou des 1

• Signal NRZ :



□ Signal à changement de phase :

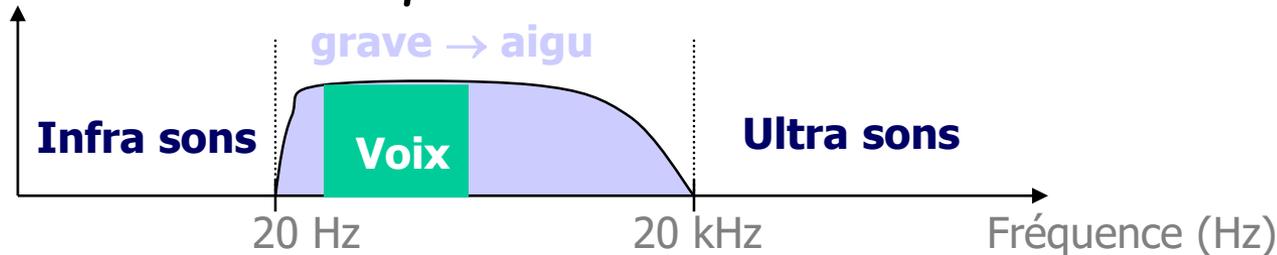


Études de cas concrets

- o Le Téléphone
- o L'Image
- o La Vidéo

Le Téléphone

- o L'oreille entend les fréquences entre 20 Hz et 20 kHz
- o C'est un filtre *passé-bande* :



- o La voix est comprise entre 300 Hz et 4kHz uniquement
- o Shannon → fréquence d'échantillonnage de 8 kHz (8000 échantillons par seconde)
- o Quantification : chaque échantillon est codé sur 8 bits donc, $8000 \text{ ech/s} \times 8 \text{ bits/ech} \Rightarrow 64000 \text{ bits/s} = 64 \text{ kbits/s}$
- o Cas du GSM (9.6 kbits/s)

L'Image

- o L'image est segmentée en points (pixels)
- o Chaque pixel est repéré par ses coordonnées
- o La couleur du pixel est la somme des trois couleurs RVB
- o Chaque couleur est codée sur 8 bits
- o Image de $200 \times 200 \Rightarrow 8 \cdot 3 \cdot 200 \cdot 200 = 960 \text{ kbits}$
- o Nécessité de compresser
 - JPEG,
 - GIF,
 - fractales,
 - Ondelettes
- o Fréquences spatiales \Rightarrow compression spatiale

La Vidéo

- o Son et image animée \Rightarrow mouvement
- o Codage du mouvement
- o Interpolation des images intermédiaires
- o Compression spatio-temporelle
- o MPEG2 et MPEG4

Récapitulatif

- **L'information est contenue dans les variations des signaux**
 - L'information est une quantité mesurable
 - Notion de bande passante (f_{\min} - f_{\max})
 - bande passante élevée = débit d'information élevé
- **Les ondes transportent l'information**
 - Les ondes sonores
 - Les ondes électromagnétiques
 - Toutes sortes d'ondes → toutes sortes de média



Récapitulatif

o Le numérique

- Échantillonnage : quelques échantillons suffisent à retrouver toute l'information
- Quantification et code binaire : les échantillons sont mesurés et codés en bits
- Transformation d'un signal continu en suite de 0 et 1

o L'information devient exacte, ordonnée et donc *manipulable* :

- Les équipements électroniques peuvent traiter les données
- Protection contre les erreurs : entrelacement, redondance
- Possibilité de *traiter* l'information
- Exemple : calcul de contours dans une image

Récapitulatif



o Extractions de contours

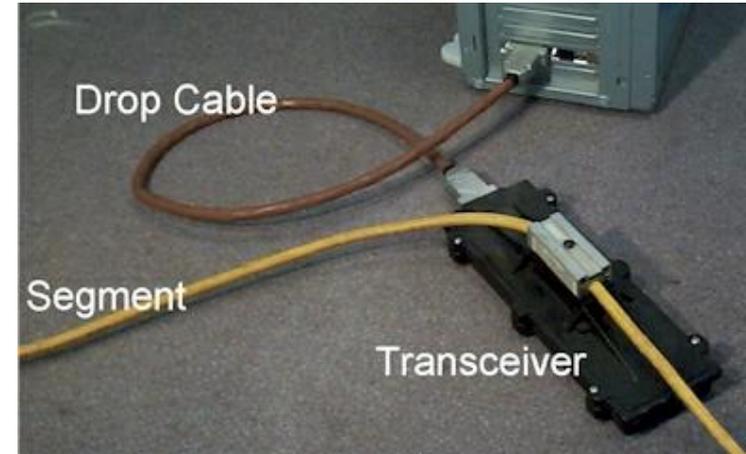
- Calcul de la variation de couleur entre 2 pixels
- Seuillage de cette différence pour décider de l'importance du contour

Récapitulatif

- o Toute information, quelque soit sa signification, peut être codée en bit (succession de 0 et de 1) sur des supports numériques.
- o L'information est contenue dans la variation d'un signal
- o Les ondes transportent les signaux
- o Les ondes passent dans un canal physique (air, câble...)

2 - La structure physique

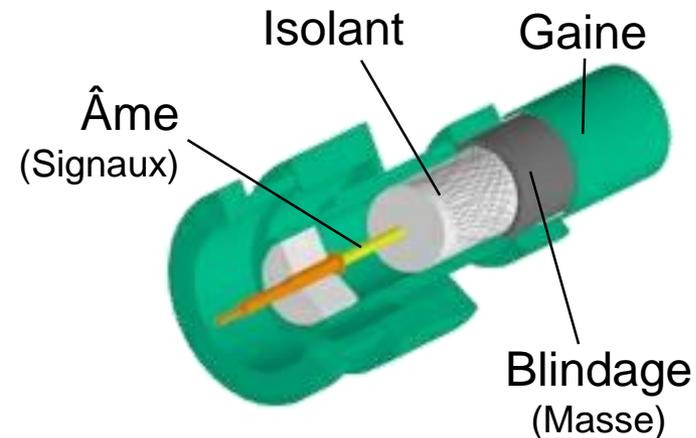
- o Gros câble jaune
 - Coaxial, 10Base5
 - Topologie en Bus
 - 500m maxi
 - Postes espacés de $n \times 2,5$ m
 - Ajout à la volée
 - Pas d'interruption
 - **Pas de retrait possible**



La structure physique (2)

o Petit câble noir

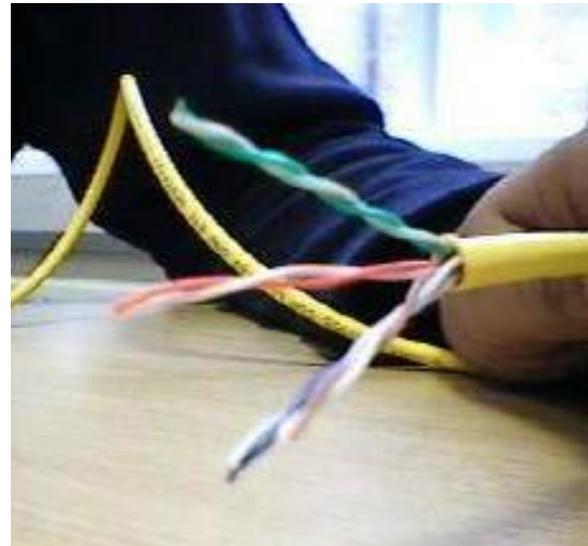
- Coaxial, 10Base2
- Topologie en Bus
- 185m maxi
- Postes espacés d'au moins 0,5 m
- 30 stations maxi
- Ajout grâce à un « T »
 - Interruption du réseau
- Retrait aisé
 - Interruption du réseau
- **Sensible aux perturbations**



La structure physique (3)

o Paires Torsadées

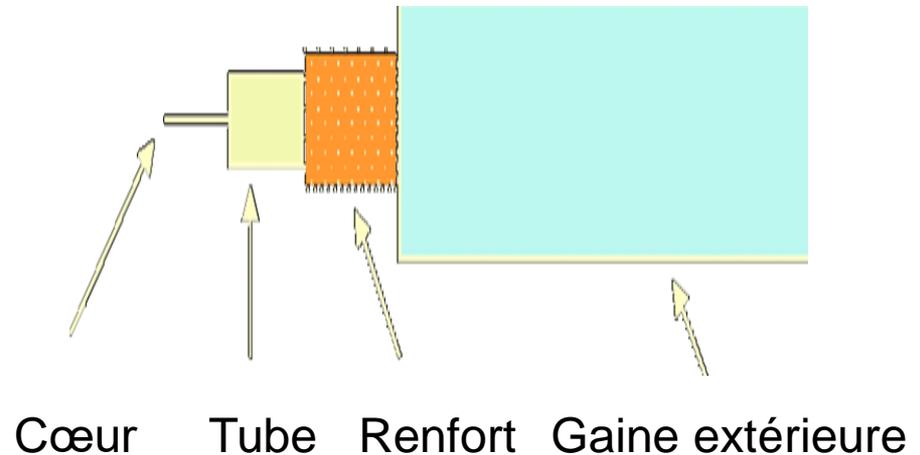
- Différentes normes
 - 10BaseT, cat. 3
 - 100BaseT, cat. 5
 - 1000BaseTX, cat. 6,7
- Topologie en Etoile
- 100m maxi
- 2 stations maxi
- Ajout sur le hub
 - Sans Interruption
- Retrait aisé
 - Sans Interruption
- Moins sensible aux perturbations si cat. élevée



La structure physique (4)

o Fibre Optique

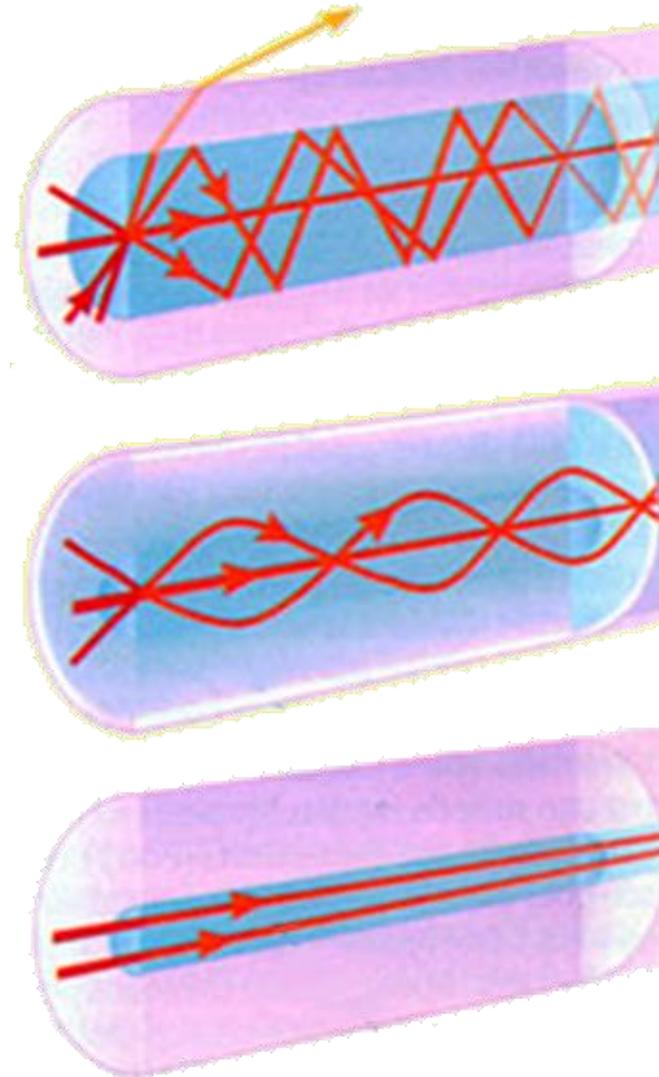
- Câble rond, xxxBaseYY
- Topologie en BUS/Etoile
- 1,5 km maxi
- Transciever à chaque extrémité
- Ajout sur une étoile optique
 - Sans Interruption
- Ajout sur un bus
 - Interruption du réseau
- Insensible aux bruits électromagnétiques



La structure physique (4b)

o Fibre Optique

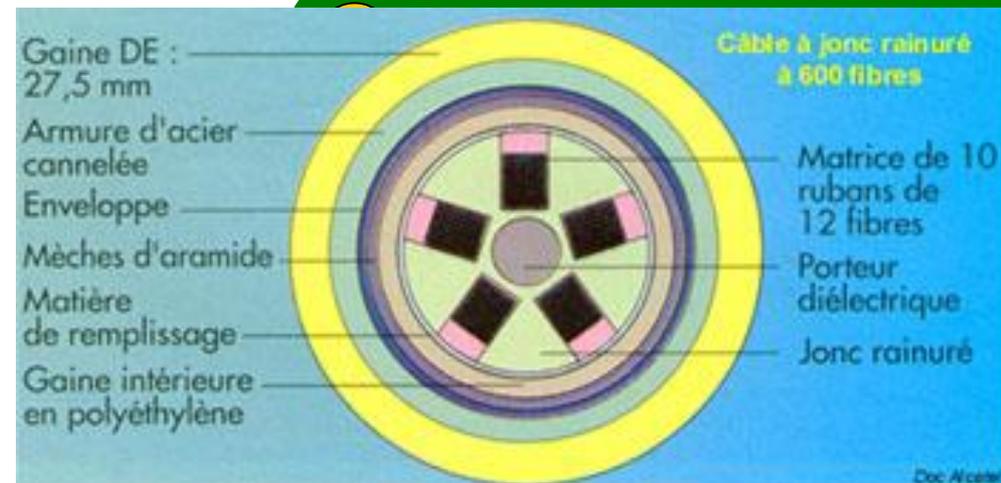
- Multimode (baseLX)
 - Plusieurs faisceaux simultanés
 - Transmission zigzag
 - Gradient d'indice
→ trajectoires courbes
- Monomode (baseSX)
 - Transmission axiale
 - 1 faisceau unique
 - Grande bande passante
 - Peu de pertes



La structure physique (4c)

o Fibre Optique

- Tubée Libre
 - Gros tube rigide
 - Plusieurs fibres
- Tubée serrée
 - Fibre renforcée (kevlar)
 - Fibre gainée (plastique)
 - **Manipulation !**
- Jonc rainuré
 - Gros câble flexible
 - Structure hélicoïdale
 - Dispositif de sortie



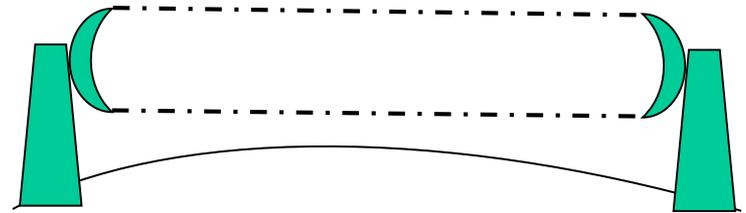
Evolution du débit des fibres optiques

Time Division Multiplexing		
Année	Transmission en Mbits/s	Technologie
	1,5	T1 (US) = DS1 sur signal électrique
	44,7	T3 (US) = DS3 sur signal électrique
	51,8	Sonet OC1 (US) avec TDM (time division multiplexing)
1996	155,5	Sonet OC-3 (US) ou SDH STM-1 (EU)
1997	622	Sonet OC-12 (US) ou SDH STM-4 (EU)
1998	2 500	Sonet OC-48 (US) ou SDH STM-16 (EU)
1999	9 900	Sonet OC-192 (US) ou SDH STM-64 (EU)
2002	39 800	Sonet OC-768 (US) ou SDH STM-256 (EU)

La structure physique (5)

o Sans fil

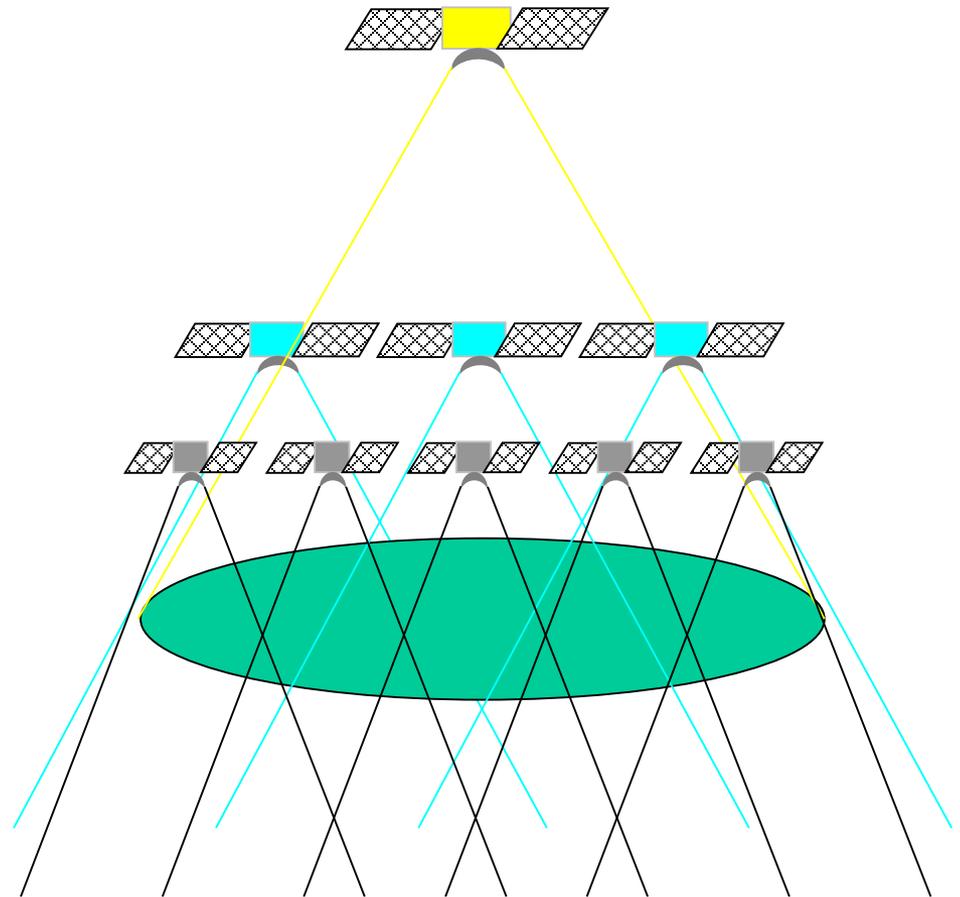
- Faisceau hertzien
 - Quelques km
 - 2 → 30 Mb/s
 - Perturbations !
 - Courbure terrestre !
- Radio
 - 30 m → quelques km
 - → 11 Mb/s
 - Loi stricte
 - Norme IEEE 802.11



La structure physique (5b)

o Sans fil

- Satellites
 - Géostationnaire
 - 36000 km
 - 150 Mb/s
 - 1s aller-retour !
 - Orbite moyenne
 - 5000 km
 - 10 → 40 Kb/s
 - 0,2s aller-retour
 - Orbite basse
 - 250 → 600 km
 - → 150 Mb/s
 - 0,1s aller-retour



La structure physique (5c)

o Sans fil

- Infrarouge
 - Quelques mètres
 - À vue
 - Quelques kb/s
- Laser
 - À vue
 - Portée raisonnable
 - Plusieurs Mb/s
 - Point à point
 - **Alignement !**

5 - Les équipements d'infrastructures

o Les antennes

- Directionnelles



- Paraboliques

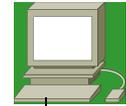


- Yagi



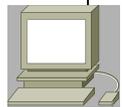
5 - Les équipements d'infrastructures

REPETEURS

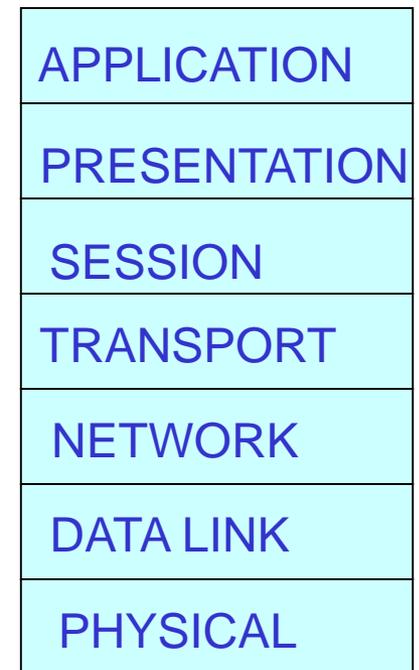
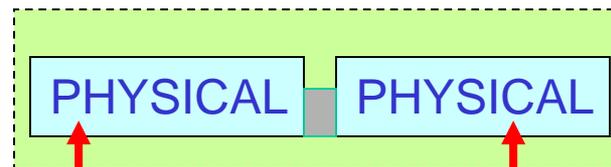


Ethernet

REPETEUR

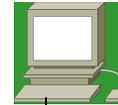


SIGNAL ↔ SIGNAL



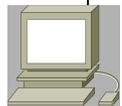
5 - Les équipements d'infrastructures

PONTS (Bridges)

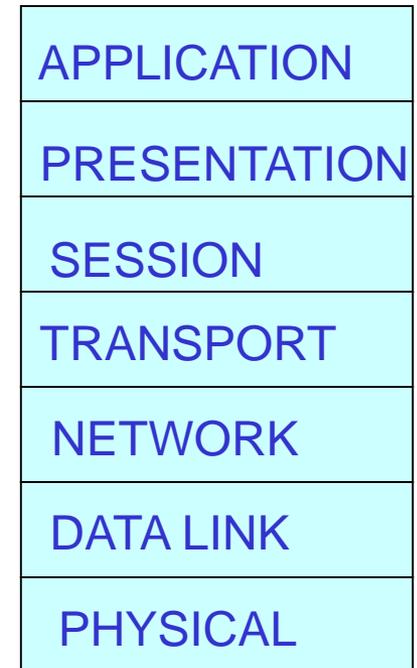
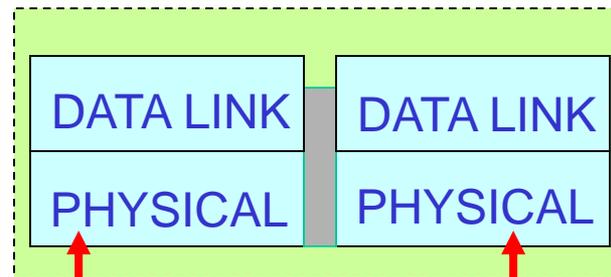


Ethernet

PONT

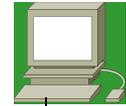


TRAME ↔ TRAME



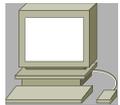
5 - Les équipements d'infrastructures

ROUTEURS

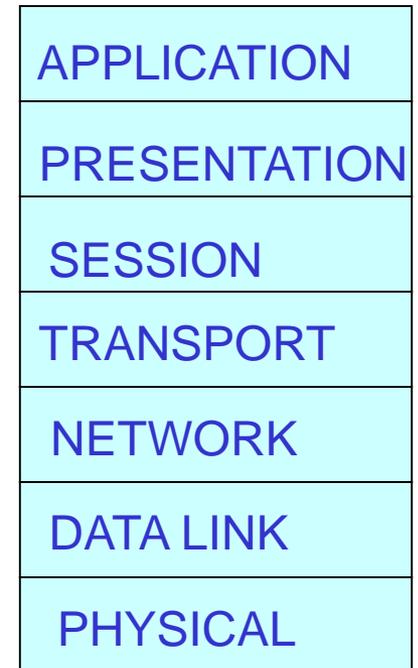
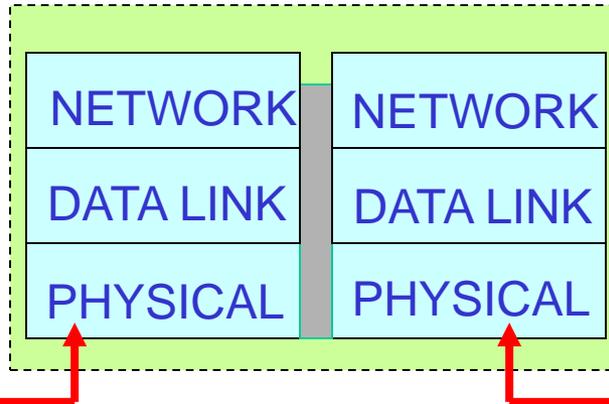


Ethernet

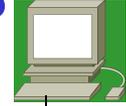
ROUTEUR



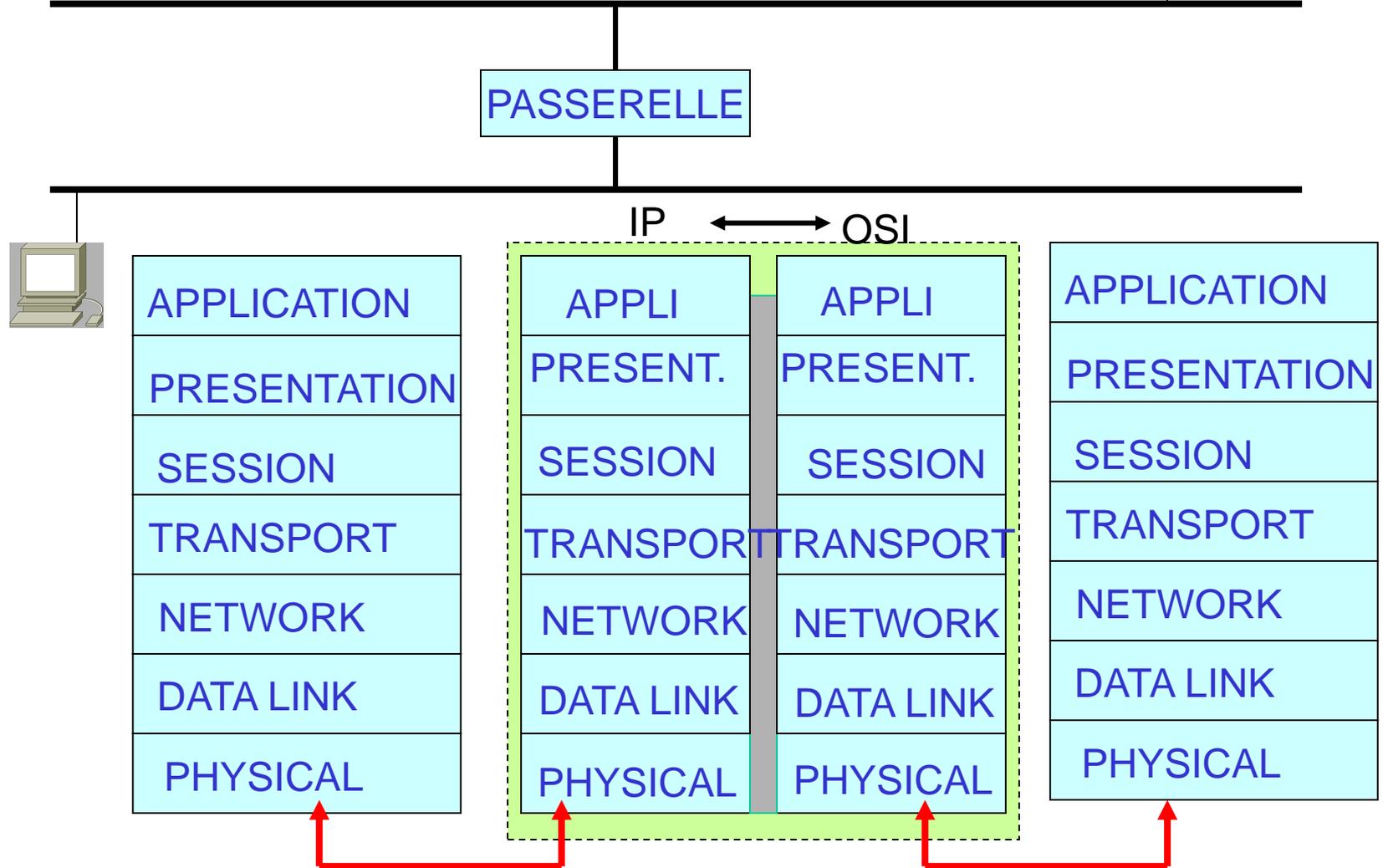
IP ↔ IP



5 - Les équipements d'infrastructures PASSERELLES (Gateways)



Ethernet



Questions ?