



# Réseaux Sans Fil

## Réseaux Cellulaires

## Réseaux Satellites



**Didier DONSEZ**

Université Joseph Fourier

IMA – IMAG / LSR / ADELE

Didier.Donsez@imag.fr



# Plan

---

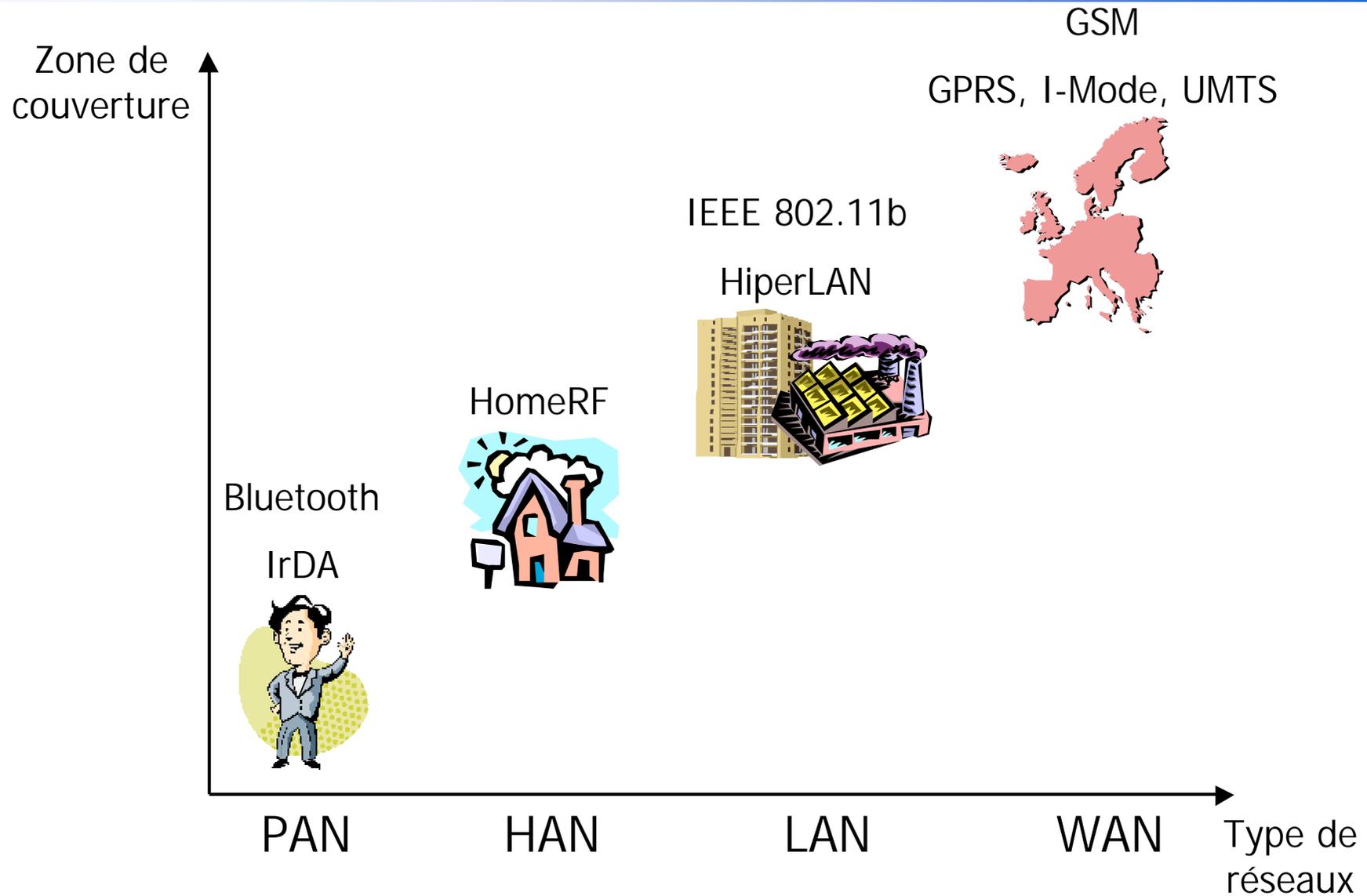
- Motivation
- Les Réseaux Cellulaires
- Les Réseaux Satellites
- Les Réseaux sans Fil

# Motivation : la Mobilité

## ■ Mobilité

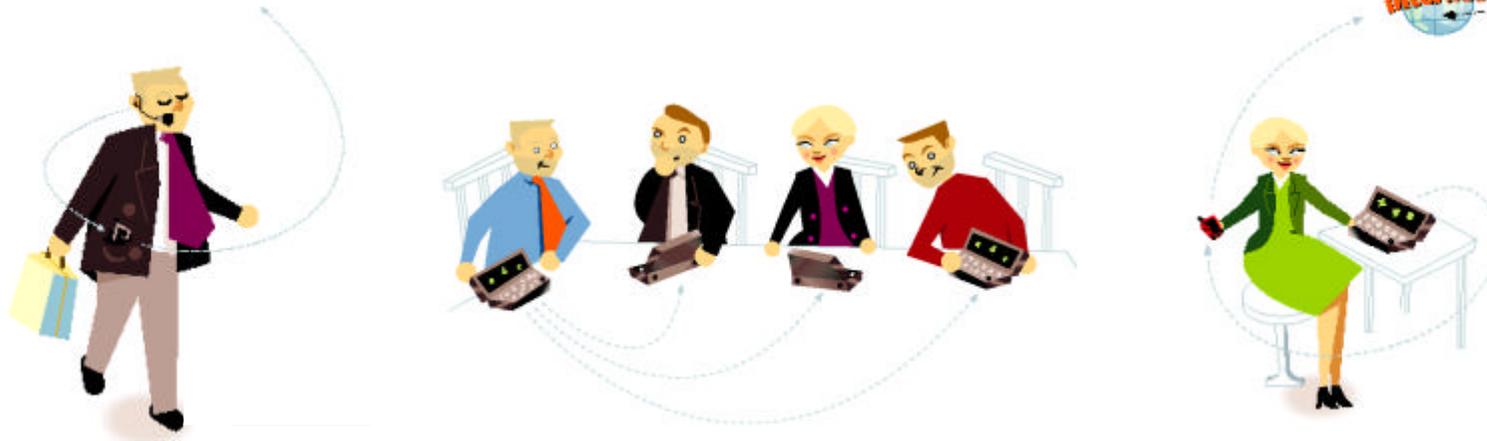
- dans un réseau câblé (wired)
  - Se déplacer d'un LAN à un autre
- dans un réseau sans fil (wireless)
  - Changer de support physique (cellule)

# Réseaux sans fil et/ou mobiles



# PAN/HAN

- Quelques mètres autour de l'utilisateur
- Réseaux qui se déplacent avec l'utilisateur
  - Pas de station relai
- Bluetooth (1 Mbps), IrDA (4 Mbps)



# HAN/LAN

- Réseaux qui couvrent une localisation fixe
  - Requierent une station relai
- Jusqu'à quelques centaines de mètres
  - 50 m à débit max, 550 m à débit réduit
- IEEE 802.11, HyperLan, HomeRF, AirPort, DECT, ...

Bureaux, salles de conférences, centres de formation ...



Bureaux des filiales du groupe ...

Aéroports, hôtels ...



Chez soi

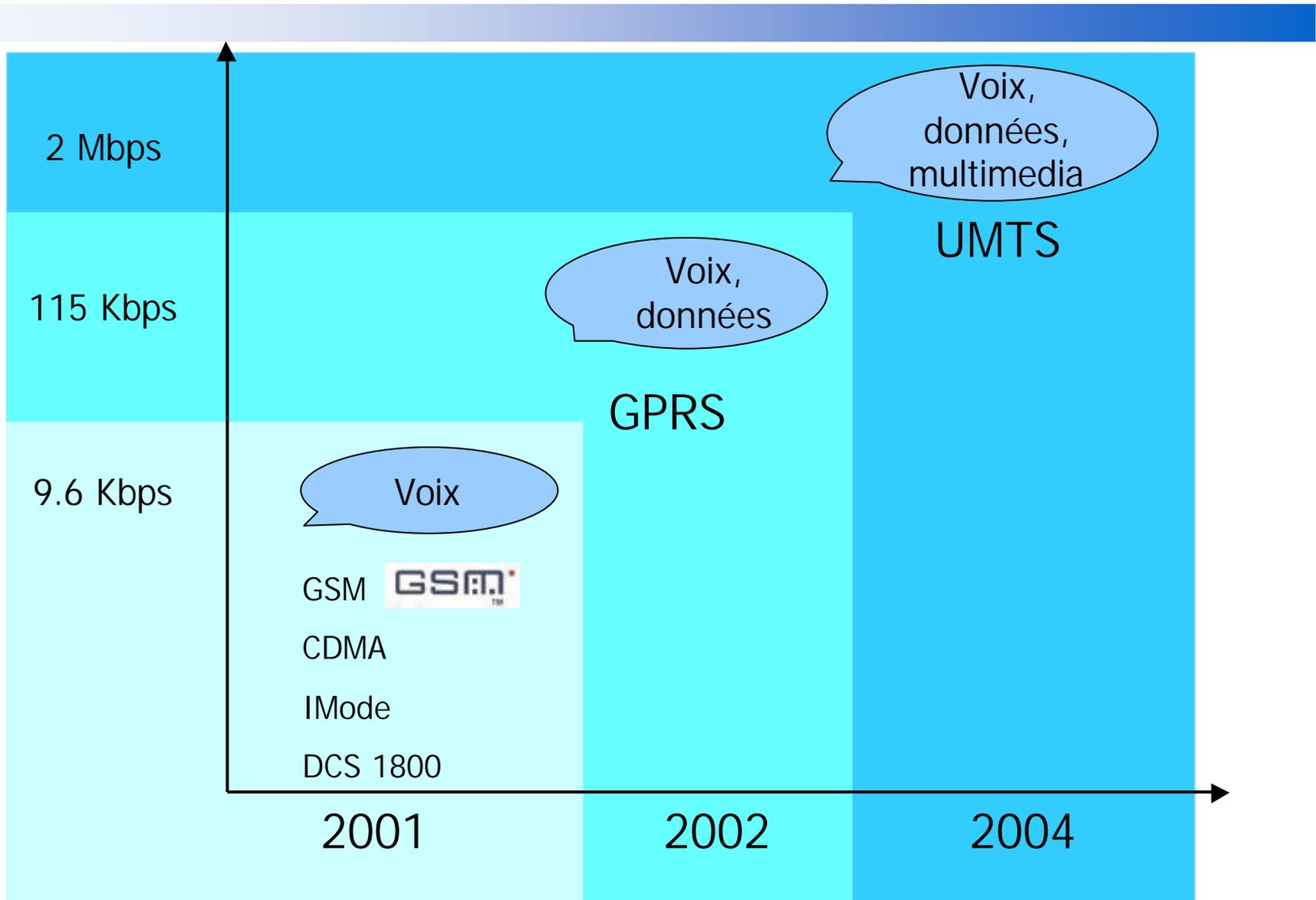


AirPort  
Go Wireless.



# WAN

Didier Donsez, 1995-2000, Réseaux sans Fil, cellulaires et Satellites



# Réseaux sans fil (*Wireless Networks*)

## ■ Wireless LAN

- DECT (Téléphonie sans fil)
- IEEE802.11b
- Bluetooth, Apple AirPort, IrDA
  - connectique sans fil  
PC, Imprimante, ..., Electronic Consuming (Digital Camera, VCR ...)
- HiperLAN, HomeRF ...

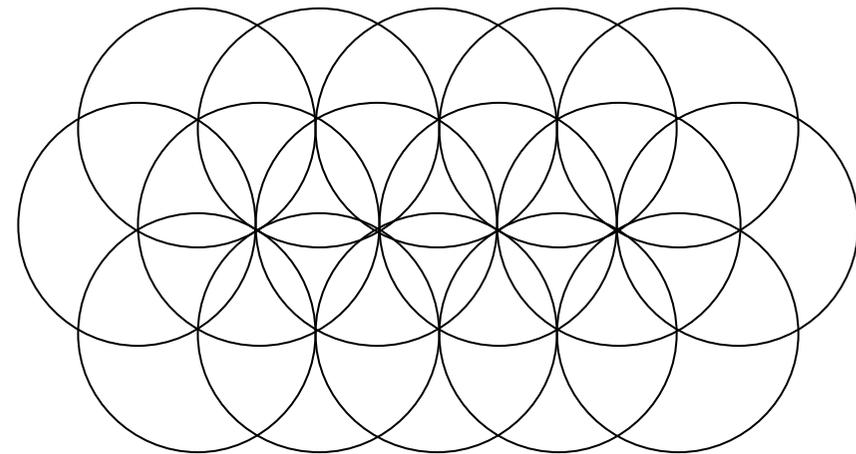
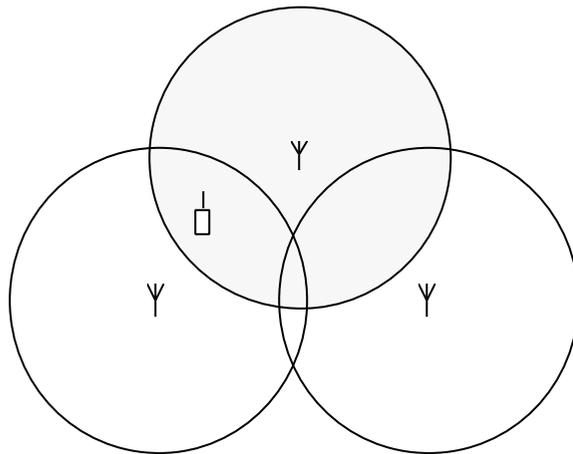
## ■ Wireless WAN

- Réseaux Cellulaires
  - GSM, GPRS, PHS, CDMA, TDMA, UMTS,
  - WaveLAN, Wireless ATM
- Satellites
  - constellation de satellites
  - GlobalStar, (*Iridium* †), ICO, Ellipso, ACeS, Thuraya



# Principe des Réseaux Cellulaires

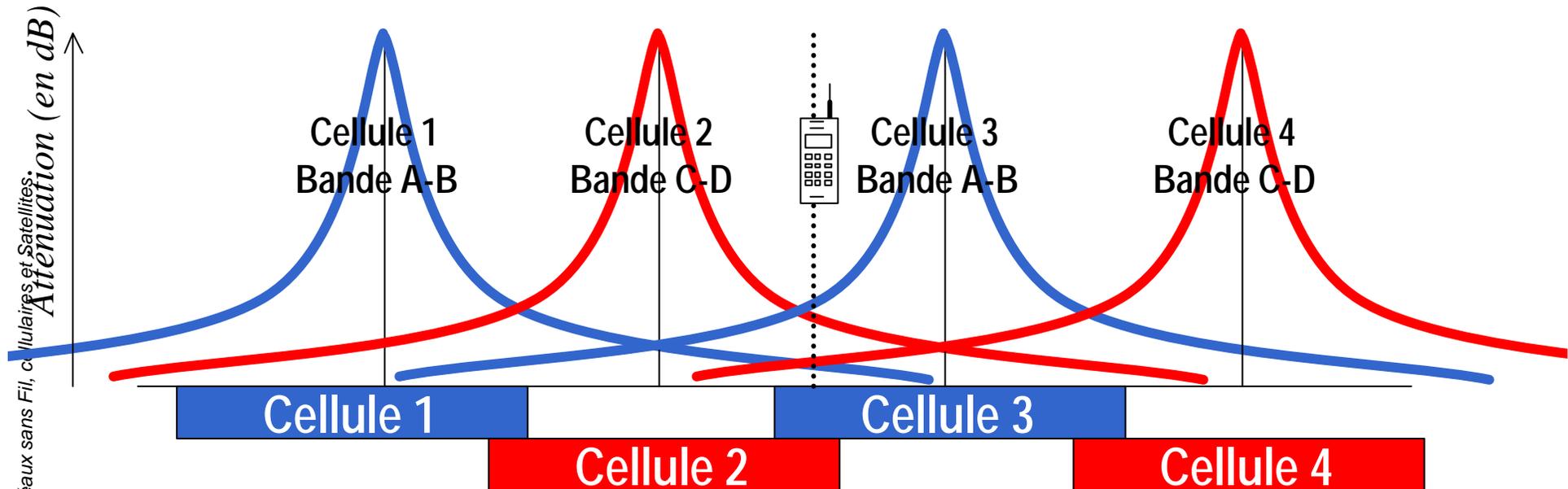
- Multiplexage en fréquence des communications
  - Configuration des fréquences des cellules pour éviter les interférences (problème de coloration de graphe).
  - Dimension des cellules en fonction de sa charge potentielle: cell load
    - en ville : cellules de faible taille
      - » pour partager la bande passante entre plus d'usagers
    - en campagne : cellules de grande taille
      - » limite de puissances d'émission des mobiles



- Multiplexage temporelle dans la cellule

# Multiplexage en fréquence

- Configuration des fréquences des cellules afin d'éviter les interférences
- la puissance s'atténue avec la distance et les obstacles



## ■ Dimensionnement des cellules

- en ville : cellules de faible taille
  - pour partager la bande passante entre plus d'utilisateurs
- en campagne : cellules de grande taille (jusqu'à 32 Kms de diamètre)
  - limite de puissances d'émission des mobiles

# Multiplexage temporelle dans la cellule

## ■ Principe

- partage de la fréquence
- pour éviter les collisions, on alloue un slot de temps à chaque mobile
  - c.f. Aloha

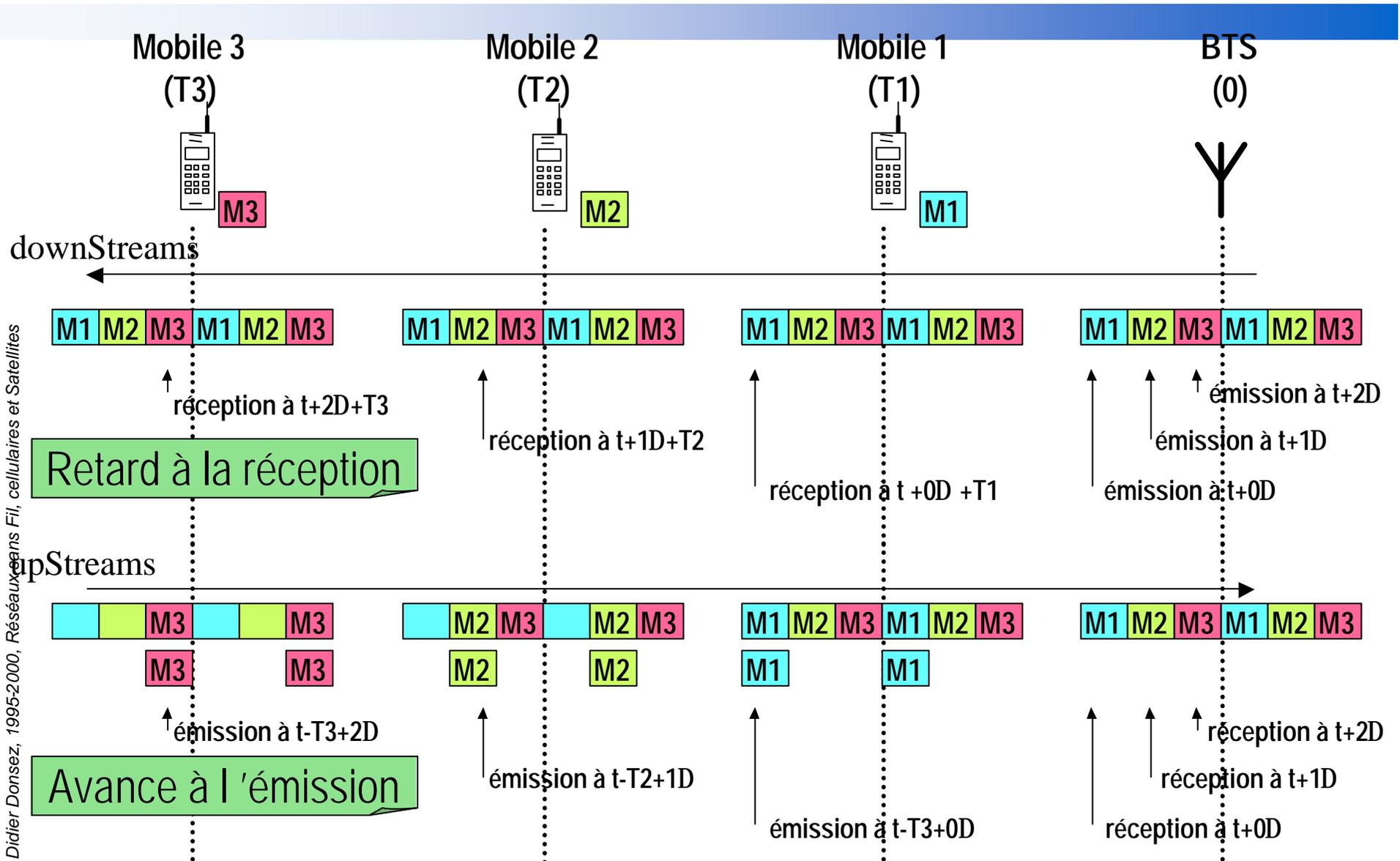
## ■ Retard à la réception / Avance à l'émission

- comme les mobiles ne sont pas à la même distance de la BTS, on calcule une avance à l'émission mobile vers BTS.
  - Vitesse : 300000 Kms/s

📄 *Remarque : Par triangularisation, on peut donner la position d'un mobile*

- ☺ service de localisation (précision 50 mètres à 1000 mètres)
- ☹ vie privée

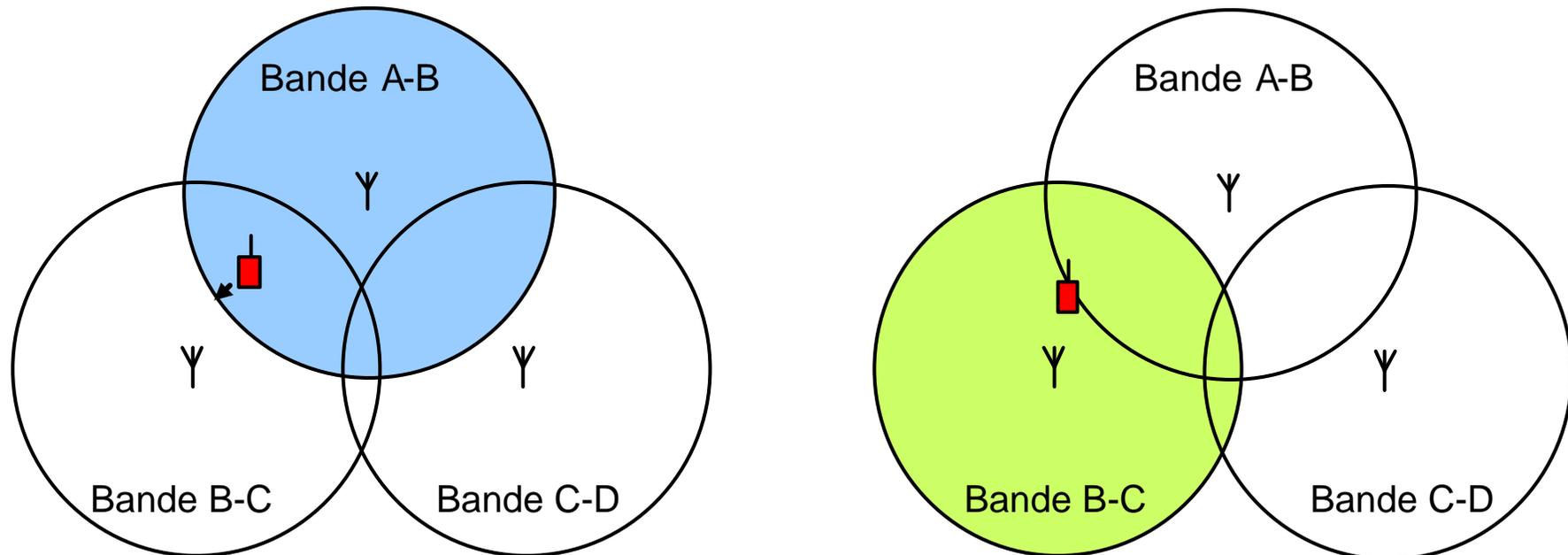
# Multiplexage temporelle dans la cellule



# Commutation de Cellules (HandOver)

## ■ Déplacement (Roaming) du mobile

- Handoff : nombre d 'usagers dans la cellule
- Passage du mobile d 'une BTS à une autre en cours de communication
  - se produit quand un terminal ne reçoit plus bien (éloignement, obstacle) le signal de la borne sur lequel il est accroché
  - HandOver fréquent pour les mobiles dans les véhicules



# Les Réseaux GSM

## ■ Historique

- travaux du CNET (Mouli et Pautet)
- adoption européenne
  - économie d'échelle de production

## ■ Infrastructure

- Réseau Cellulaire Numérique
  - chiffrage de l'interface Air
- Continuité à niveau suffisant
  - mobilité en attente et en communication

## ■ Caractéristiques

- Voix (compression)
- Données en mode circuit
  - débit fixe de 9600 bits/s
- Couches : Sécurité (SIM), Messaging (SMS)

# Infrastructure GSM

## ■ Côté Abonné

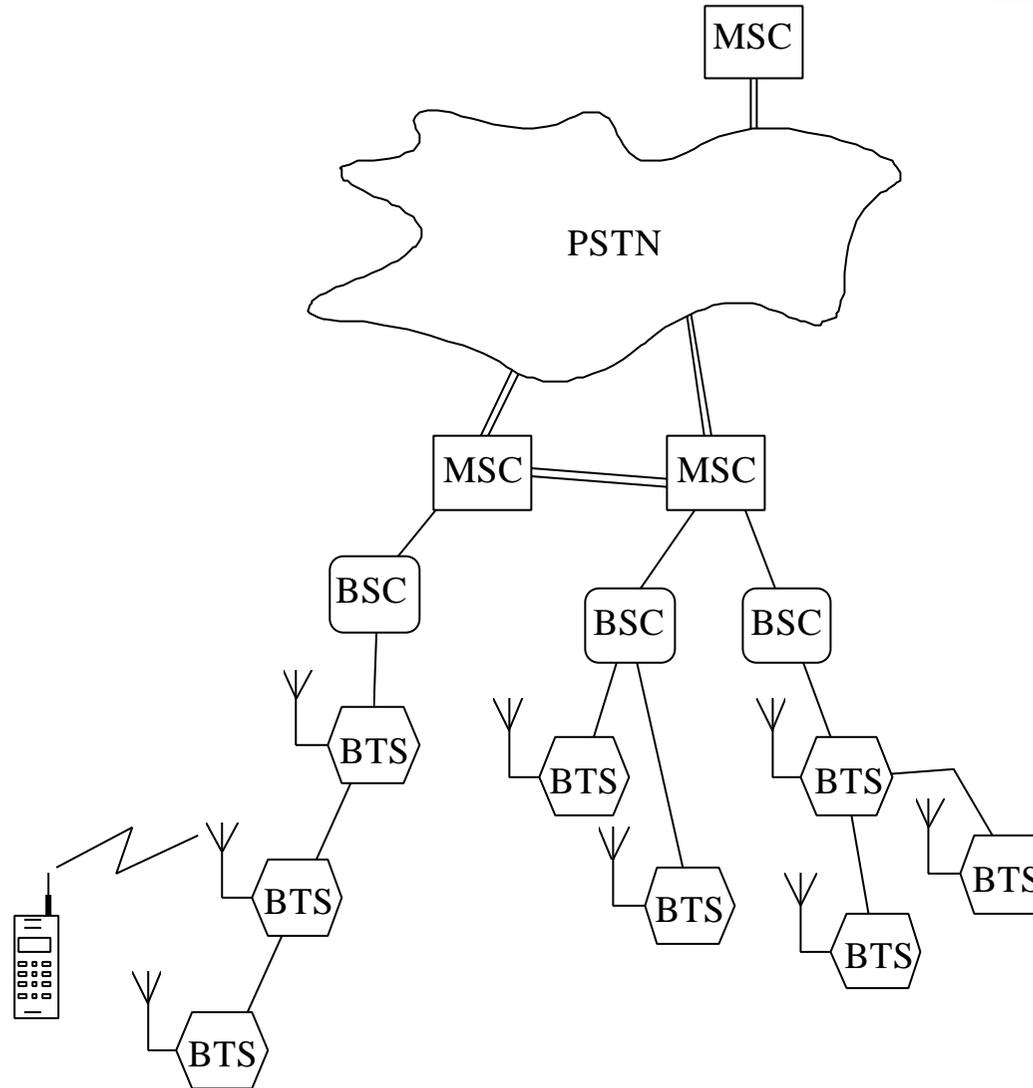
- la carte SIM
  - microprocesseur contenant la clé privée de l'abonné
  - il est capable de chiffrer une chaîne de bits qui lui est envoyée lors de la procédure d'identification
  - évite le piratage d'un compte et la répudiation de l'abonné
  - mobilité entre terminaux (2 Watt, 4 Watt, 8 Watt)
  - Egalement
    - Carnets d'adresse
    - SMS (Short Message Service)
    - Applications embarquées (SIM Toolkit, JavaSIM Toolkit)
- le terminal (handheld)
  - Modem GSM
  - Terminal WAP / WML

# Infrastructure

## ■ Coté Opérateur

- BSS - Base Station System
  - BTS - Base Transmission Station
  - BSC - Base Station Controller
    - entre la BTS et la BSC : liaison fixe MIC 2Mb/S ou faisceau hertzien
- NSS - Network Switching System
  - MSC - Mobil Switching Controller
    - concentrateur régional, gère 30000 communications simultanées
    - injecte les communications dans le réseau fixe (RTC/PSTN) ou vers un autre MSC
  - HLR - Home Location Register
    - registre des abonnés attachées à cette region
  - VLR - Visitor Location Register
    - registre des abonnés “visiteurs” ayant activé leur mobile dans la région (ayant accroché un BTS raccordé à ce MSC)
  - AUC - Authentication User Center
    - possède la clé

# Infrastructure



# Divers

## ■ SMS (*Short Message Service*)

- messaging dans le réseau
- store-and-forward
- taille limitée des messages
- utilisé par les boîtes vocales et WAP pour le transport
- Facturation : très variable selon les opérateurs
- Passerelle SMTP / SMS

## ■ GPRS (*General Packet Radio Service*)

- commutation de paquet (de données) dans un réseau GSM (phase 2+)
- Débit variable (9,6Ks à 144Ks)
- Point à Point/ Point à MultiPoint
- Facturation : au volume

# Autres réseaux cellulaires

## ■ BeBop (Motorola)

- pas de hand-over dynamique
- réseau public / réseau privé
- abandonné par FT

## ■ CDMA (USA, Japon)

## ■ PHS (Japon)

- micro-cellule
- iMode : équivalent du GPRS pour PHS
  - 10 Millions d 'abonnés (mi 2000) NTT/NoCoMo

# Réseaux Mobiles de 3ème Génération

## ■ CDMA 2000

## ■ UMTS

- le futur proche

# IP et Mobilité

## ■ Mobilité

- Filaire (*Wired*) et Sans Fil (*Wireless*)
- Macro Mobilité vs Micro Mobilité

## ■ Propositions

- Mobile IPv6 (IETF), Cellular IP (Ericsson), ...

## ■ Objectifs

- Mobile Router
- Roaming et HandOver
- QoS et Temps Réel
- Sécurité et Facturation
  - AAA : Authentication, Authorization, Accounting
- Adressage et Nomage
  - IPv6, DHCP et Dynamic DNS
- Mobile ISP

# Réseaux Satellitaires

## ■ Constellation de satellites

- Satellite orbite basse (~1000 Kms) = cellule mobile

## ■ Opérateurs

- GlobalStar, (*Iridium* †), ICO, Ellipso, ACeS, Thuraya



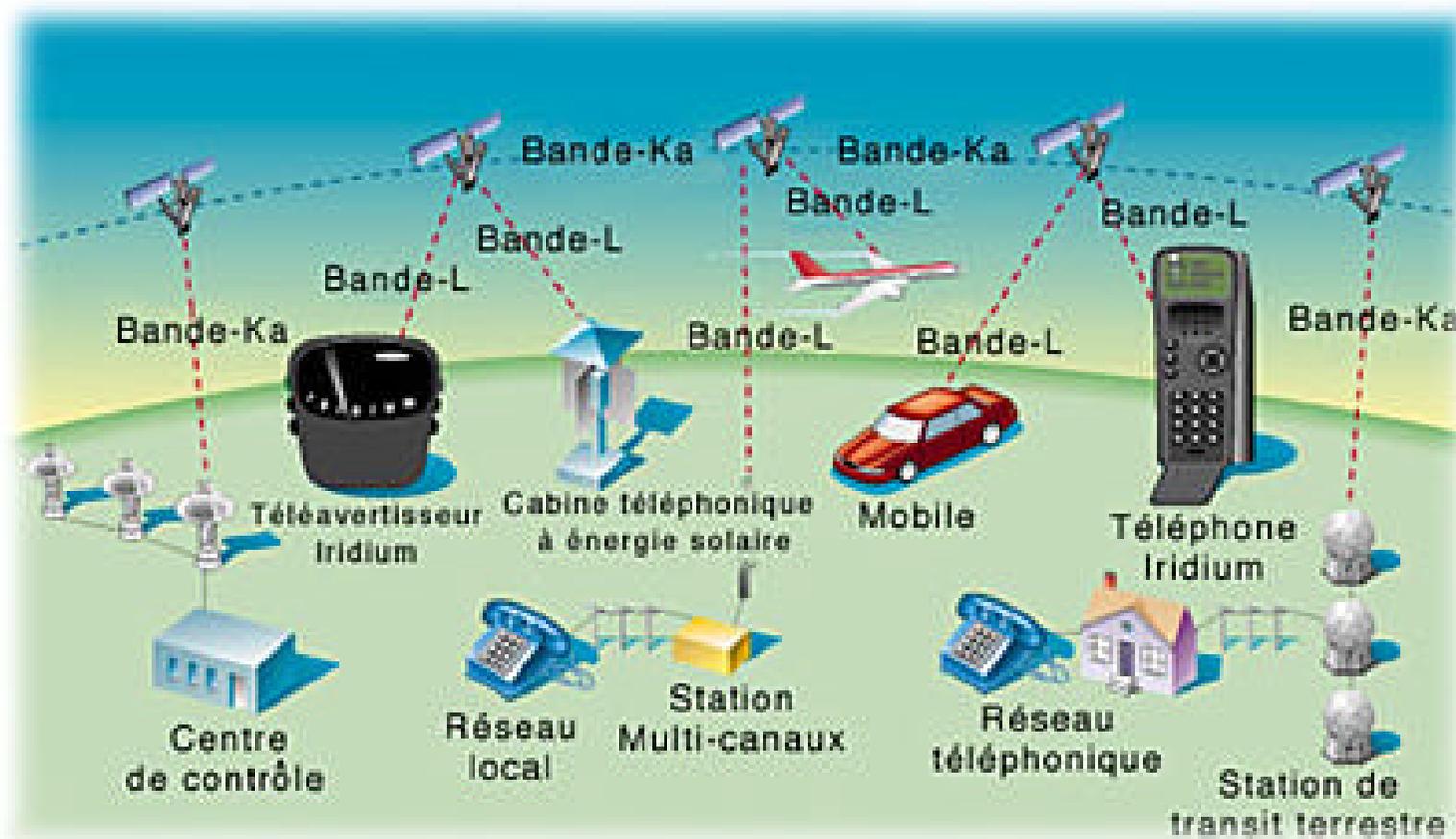


# Exemple: GlobalStar

- 48 satellites orbite basse (1414 kms)
  - 8 plans de 6 satellites inclinés à  $52^\circ$  de la latitude  $70^\circ$  Nord à  $70^\circ$  Sud
- Services
  - Voice Phone, Short Messaging Service (SMS), Positioning,
  - Asynchronous dial-up fax et data services (9,600 bps)
- Canaux
  - CDMA

# Réseau Satellitaire

## Exemple ex-Iridium



# Personal Area Network (PAN)

## ■ Communication intra-personnel

- PDA, GSM, Montre, Bague (*JavaRing*)
- Etiquettes électroniques RFID (*Tags*)

## ■ Communication entre 2 personnes

- échange des cartes de visite par poignée de main

## ■ Normalisation

- IEEE P802.15 Working Group for Wireless Personal Area Networks
  - BlueTooth

# Personal Area Network (PAN)

## ■ Communication

- intra-personnel
  - PDA, GSM, Montre, Bague (*JavaRing*)
  - Etiquettes électroniques RFID (*Tags*)
- entre 2 personnes
  - échange des cartes de visite par poignée de main
- dans la maison
  - Plusieurs appariels « entertainment »

## ■ Normalisation

- IEEE P802.15 Working Group for Wireless Personal Area Networks
- BlueTooth
- IEEE802.11b, HiperLAN, HomeRF

# Nouveaux Réseaux

- Public, Privé, Domestique, Personnel
  
- Filaires
  - Entertainment Network
    - HAVi (Home Audio/Video interoperability), ...
  
- Sans fil
  - Picoréseau : Apple Airport, Bluetooth
  - WAN : GPRS, ... , UMTS

# HAN/LAN - Exemples

## ■ IEEE 802.11 a,b,g

- Débit max : 11 Mbps pour b, 54 pour a, 20 pour g
- Technologies radio : DSSS (b), OFDM (a,g)
- IEEE (USA)
- Pas de QoS

## ■ HiperLan 1 et 2

- Débit max : 23.5 Mbps pour v1, 35 pour v2
- Technologies radio : DSSS
- ETSI (Europe)
- Déterministe, QoS
- Tunneling IEEE 1394 (FireWire) pour réseaux multimédia domestiques
- Cellules Hyperlan semi-publics (gare, aéroport, ...) (complément de UMTS)

## ■ HomeRF (1.6 Mbps)

## ■ Apple Airport (11 Mbps)

## ■ DECT, WLL

## ■ 5Wing

- convergence 802.11 et Hyperlan (IEEE et ETSI)

# BlueTooth



(<http://www.bluetooth.com>)

## ■ Acteurs

- Ericsson (initiateur), IBM, Intel, Nokia, Toshiba, ...
- de nombreux autres se sont ralliés à Bluetooth

## ■ Principe : Piconet

- Connectique sans fil (4,5 GHz) de 8 périphériques pour une sphère de rayon de 10 mètres à 1 Mo/s  
PC, PDA, Cell Phone, Printer, STB, VCR, DVDPlayer, MP3 Player, ...
- Encombrement et coût faible de l'émetteur-récepteur
  - 9 mm, 20 USD (5 USD dans le futur)
  - marché grande consommation

## ■ Bluetooth 2.0 en préparation : 10Mo/s

# Bluetooth

---

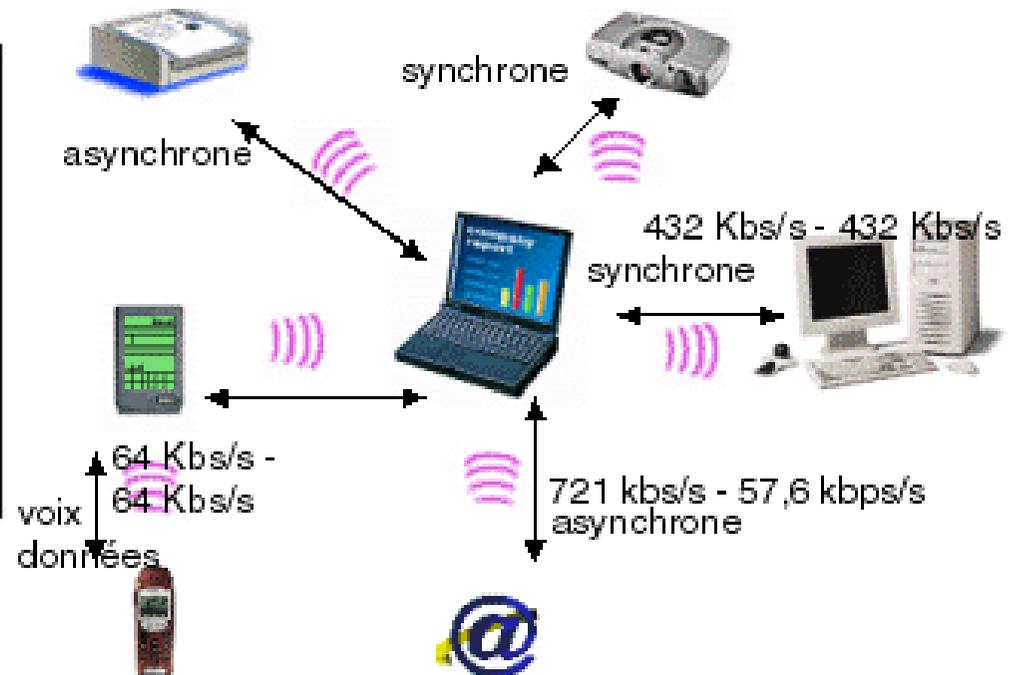
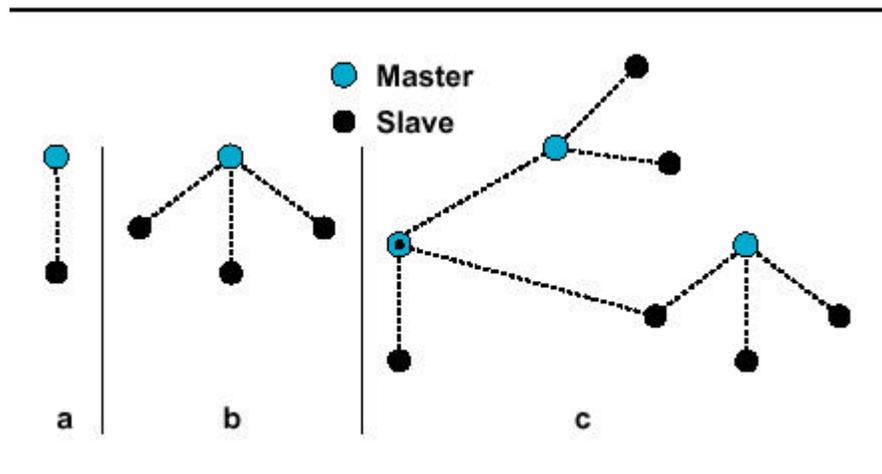
- Hardware

# Marché

- **Marché Bluetooth (Mobile Phones, PDAs, Headsets )**
  - 2001      1.5 millions d'unité
  - 2002      26.2 millions
  - 2003      100 millions (sources ARC Group)

# Bluetooth

## ■ Topologies & Débits



# Comparaison PAN

Technologie	Débit	Portée	Nb d'appariels connectables
IrDA	Asymetrique : 9600 b/s à 115.2 Kb/s Symetrique : 576 Ko/s à 4 Mo/s	1 m	2
802.11b	4 débits 1, 2, 5.5, 11 Mo/s	~45 m	10
BlueTooth	1Mo/s optimal, 864Ko/s max	10 m 100 m avec un ampli	1 maitre et 7 esclaves par PicoNet jusqu'à 10 PicoNet (soit 72)
HomeRF	4 débits 0.8, 1.6, 5, 10 Mo/s	~45 m	8

# Sécurité et HAN

- Ecoute des liaisons air
  - Réponse : chiffage avec une clé de session négociée
- DoS
  - Interférences électromagnétiques
- Attaques IP
  - DHCP, ...

# Bibliographie

## ■ Organisations

- International Telecommunication Union (ITU : ex CCITT)  
<http://www.itu.ch>

## ■ Livres

- Pujolle, “ Les Réseaux ”, Ed Eyrolle, 3ème édition, 2000, ISBN 2-212-09119-2
  - chapitres 19 & 20.
- « Les réseaux cellulaires », Ed Hermes.

## ■ Revue

- IEEE Personal Communications & IEEE Communications  
<http://www.comsoc.org>