
Wireless Communications (WCO)

Jean-Marie Gorce
Dept Télécommunications,
Services & Usages

Plan du cours

- **PARTIE I : Introduction (2h)**
 - Chap 1- Les systèmes radio terrestres (1h)
 - Chap 2- Outils mathématiques (1h)
- **PARTIE II : Liaison radio(5h)**
 - Chap 3- Système de référence (3h)
 - Chap 4- Synchronisation (1h)
 - Chap 5 - Etude des performances (1h)
- **PARTIE III : Canal radio(8h)**
 - Chap 6- Affaiblissement et shadowing (2h)
 - Chap 7- Canal à chemins multiples (2h)
 - Chap 8- Combattre les évanouissements plats(2h)
 - Chap 9- Combattre les évanouissements sélectifs (2h)
- **PARTIE IV : Ingénierie cellulaire (5h)**
 - Chap 10- Contexte multi-utilisateurs (2h)
 - Chap 11- Réseaux cellulaires (3h)

• Historique :

• <http://www.francetelecom.com/fr/groupe/initiatives/savoirplus/histoire/telecoms/>

1873-1895 : découverte, expérimentation des ondes EM

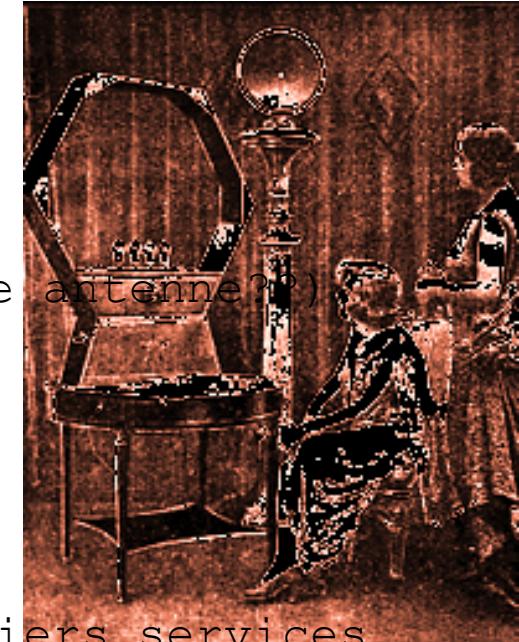
1873 : JC Maxwell en prédit l'existence.

1887 : H. Hertz les observe.

1890 : E. Branly réussit à les capter (1ère antenne?)

1895 : l'Italien G. Marconi réalise la 1ère transmission radio en morse.
(marconigrammes).

(1897 : démonstration aux investisseurs)



1912-1930 : inventions et mise en œuvre des premiers services grand public

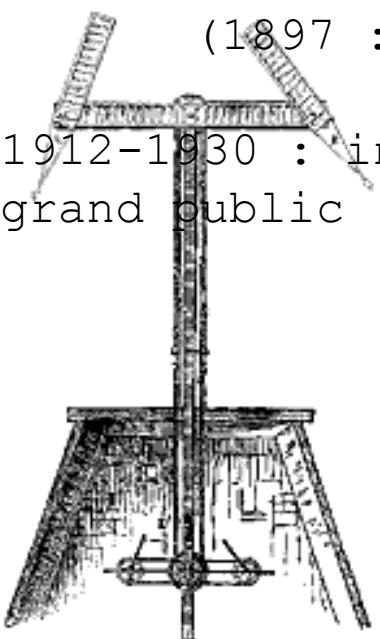
1912 : le SOS du Titanic est capté par le navire Carpathia et sauve 800 personnes

1920 : 1ère liaison radiotélégraphique France-Amérique ouverte au public.

1924 : Première utilisation de la radio mobile par la police américaine.

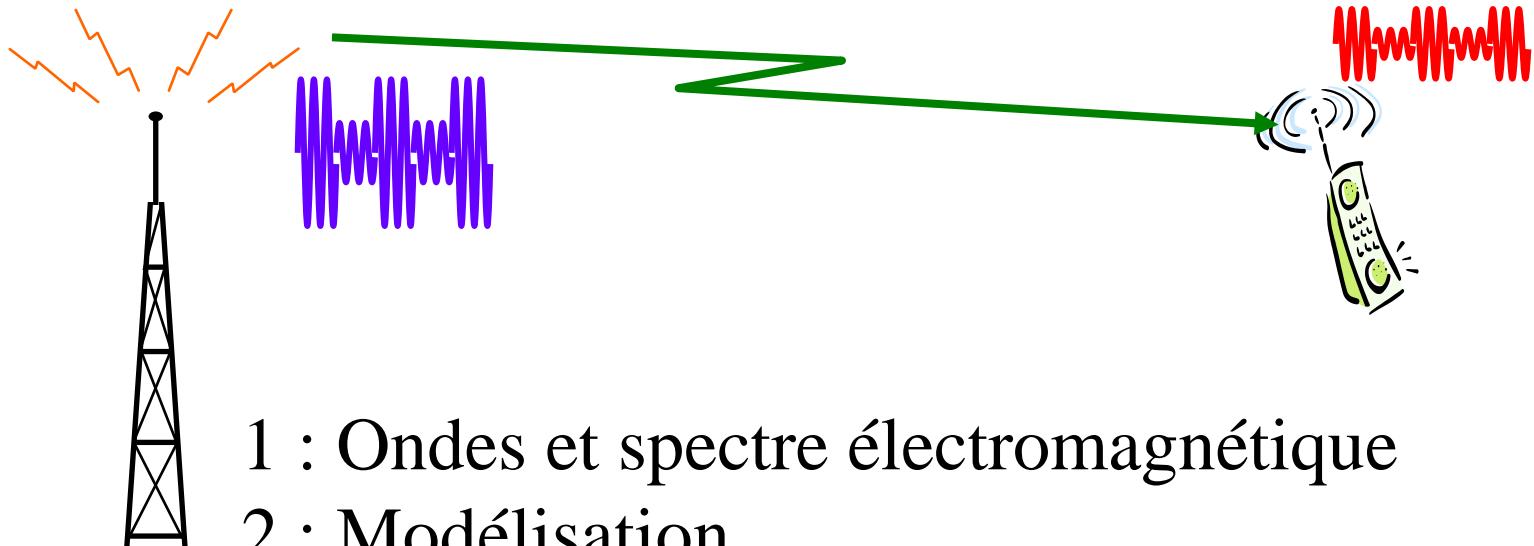
3

1927 : 1ère liaison radiophonique Londres-New-York.



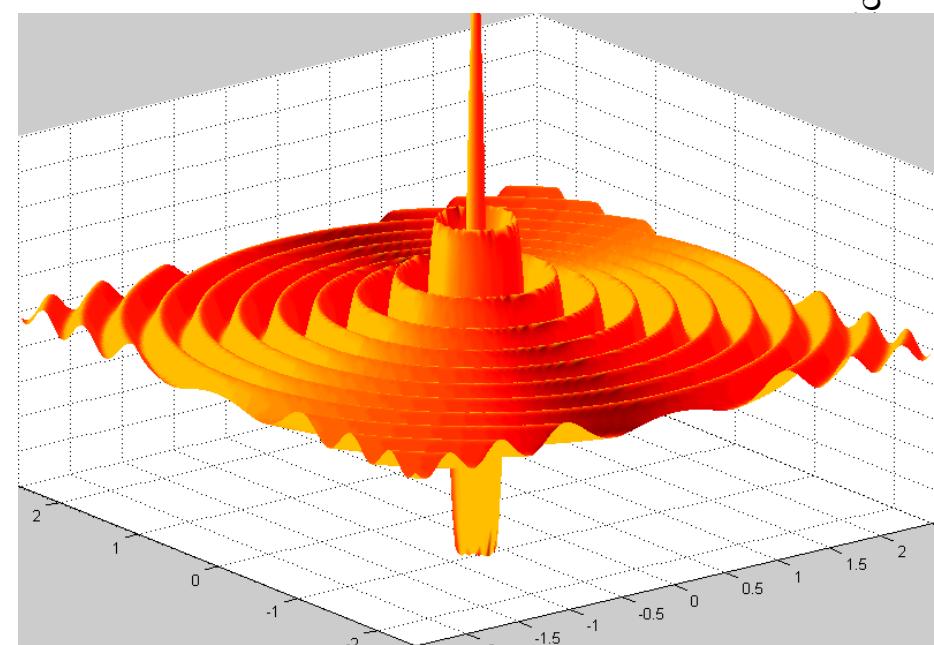
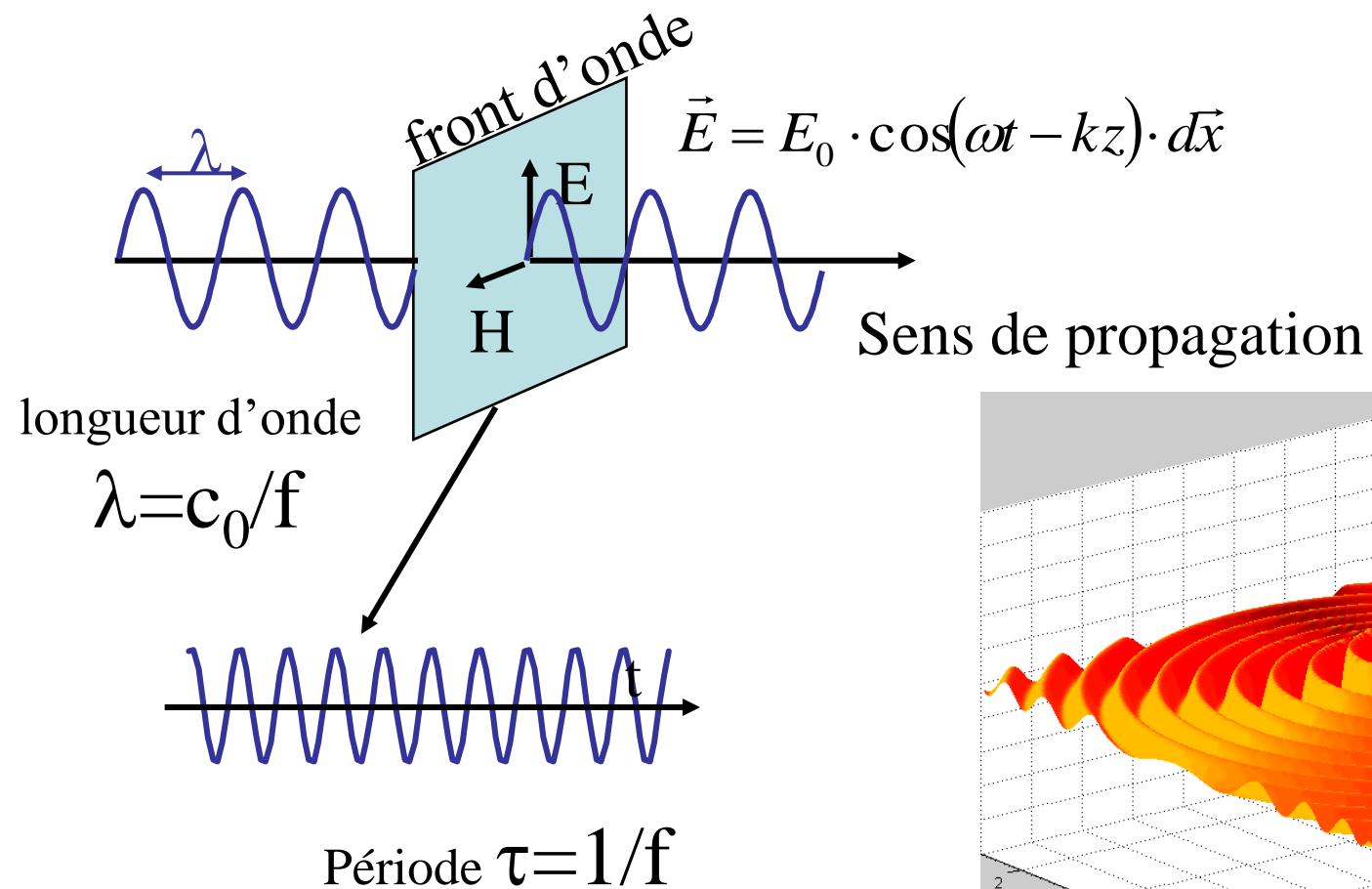
- Communications numériques
 - **Digital Communications**, 4^{ième} édition, John G. Proakis, Mc Graw Hill, (2000).
- Radiocommunications
 - **Wireless Communications**, Theodores Rappaport, Prentice Hall (2002).
 - **Wireless Communications**, Andrea Goldsmith, Cambridge Univ. Press (2005).
 - **Fundamentals of Wireless Communication**, Cambridge Univ. Press, David Tse, Pramod Viswanath, (2005).
 - **Antennas and propagation for Wireless Communication systems**, Simon Saunders, Wiley (1999).
- Réseaux radio-mobiles
 - **réseaux radiomobiles**, Sami Tabbane, HERMES
 - **réseaux GSM/DCS**, Lagrange, Godlewski & Tabbane, HERMES
- WLAN
 - **mobile communications**, Jochen Schiller, Addison-Wesley (2000)
 - **Wireless LANs**, Jim Geier, SAMS (2001).

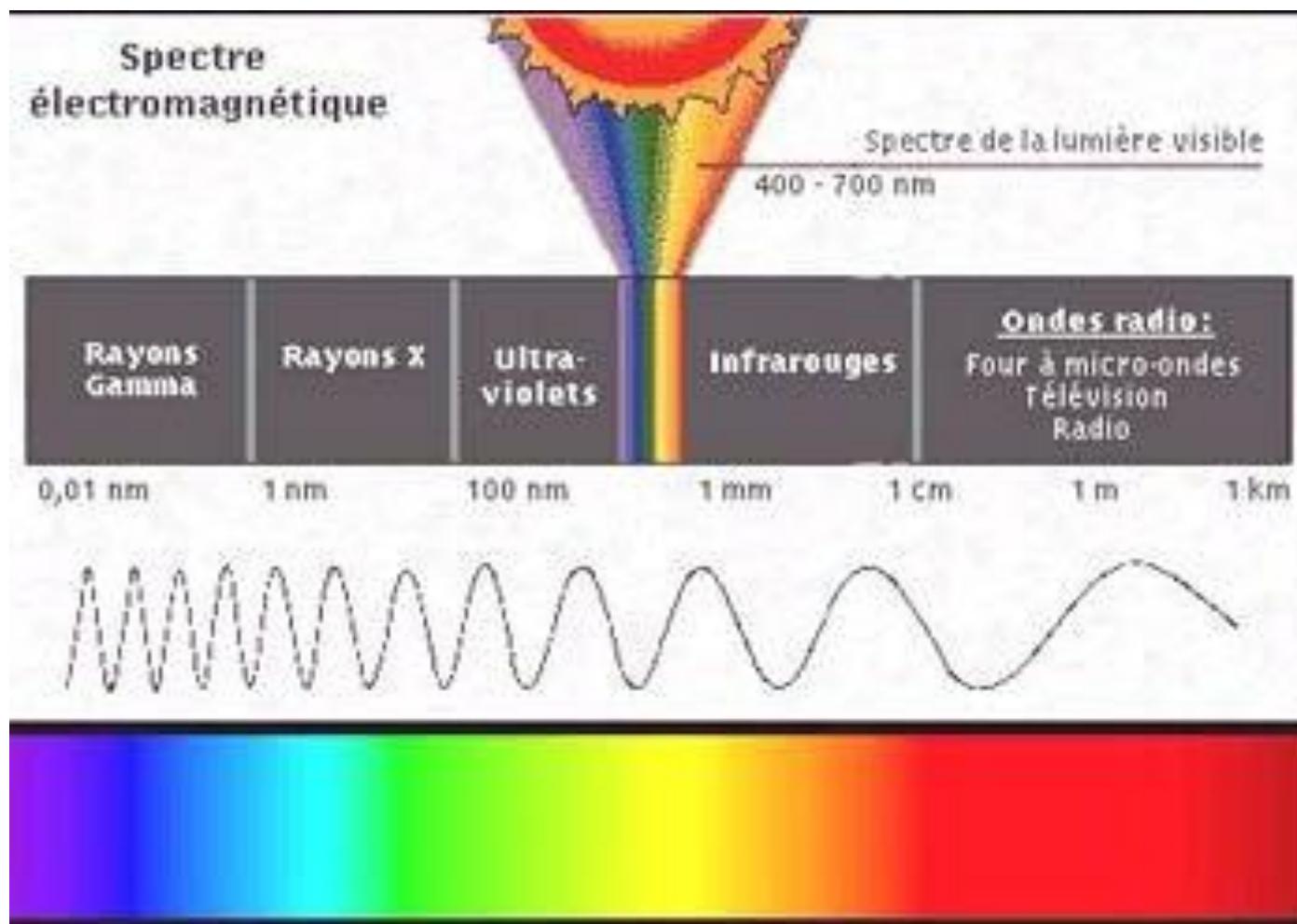
Chap.1 – Les systèmes radio terrestres



- 1 : Ondes et spectre électromagnétique
- 2 : Modélisation
- 3 : Partage de ressources
- 4 : Standards

1 – ondes et spectre

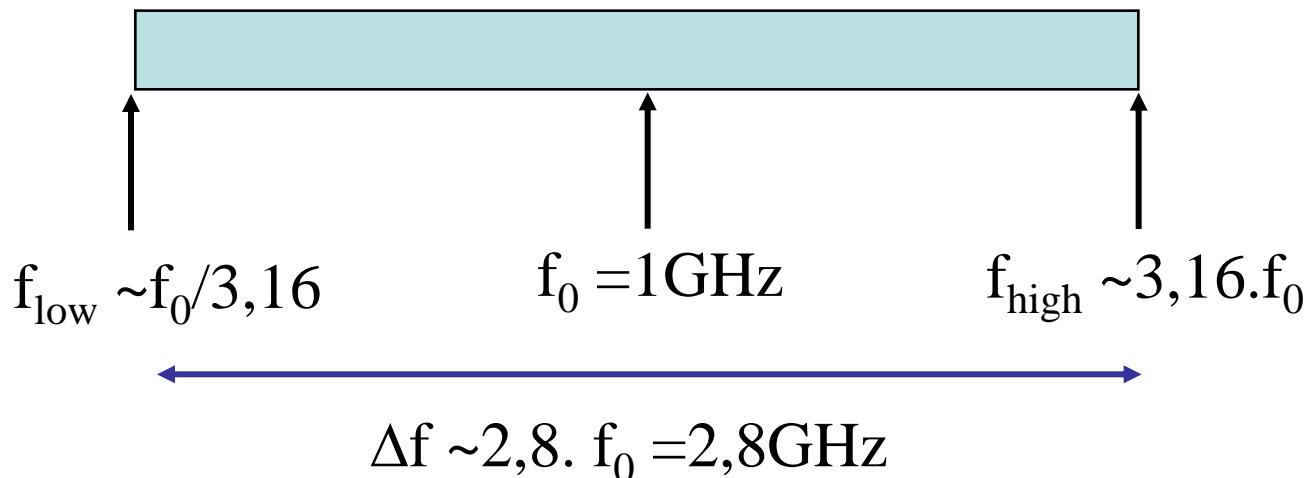




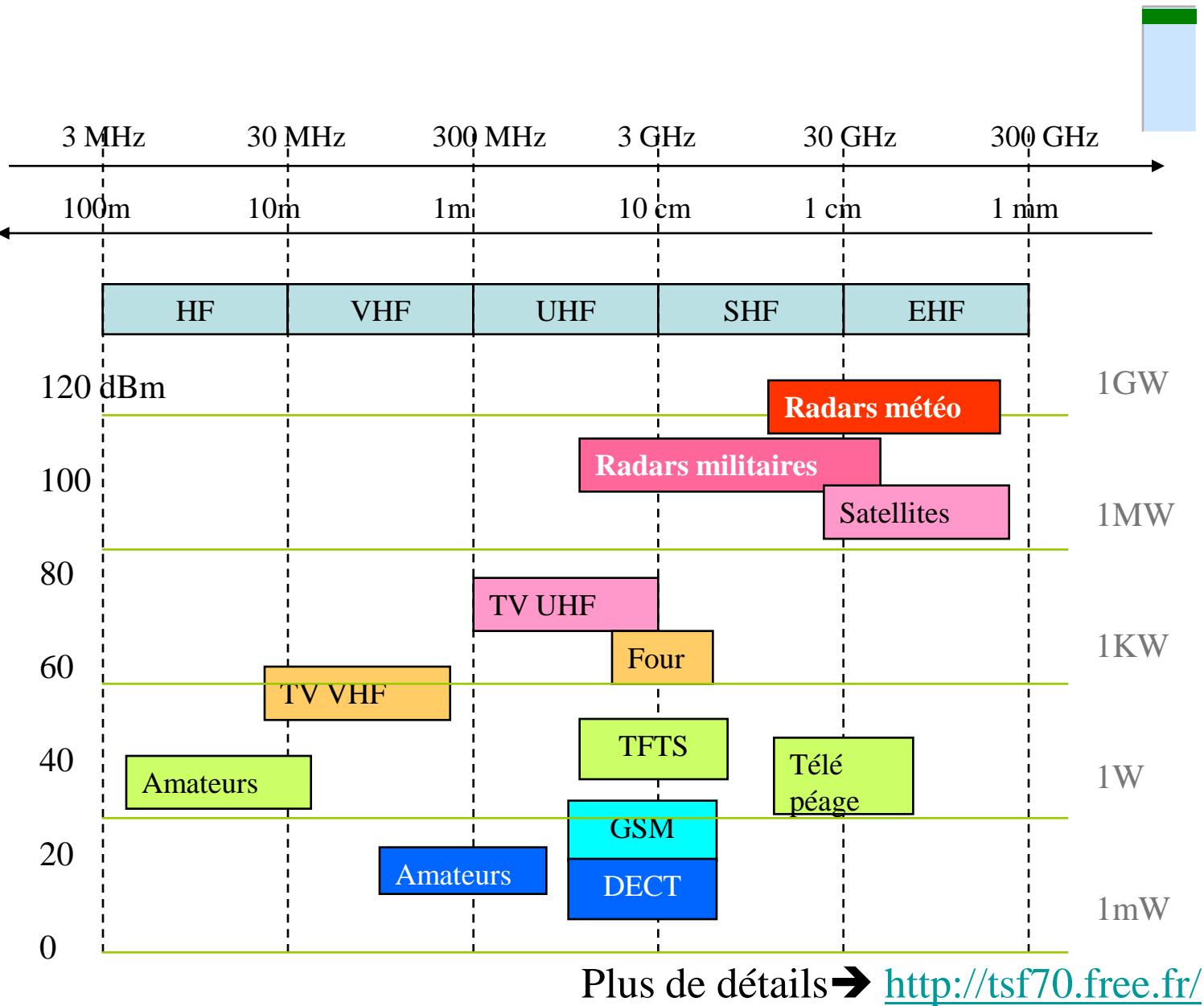
- Définition de bandes (ex: UHF)

- normalisation*

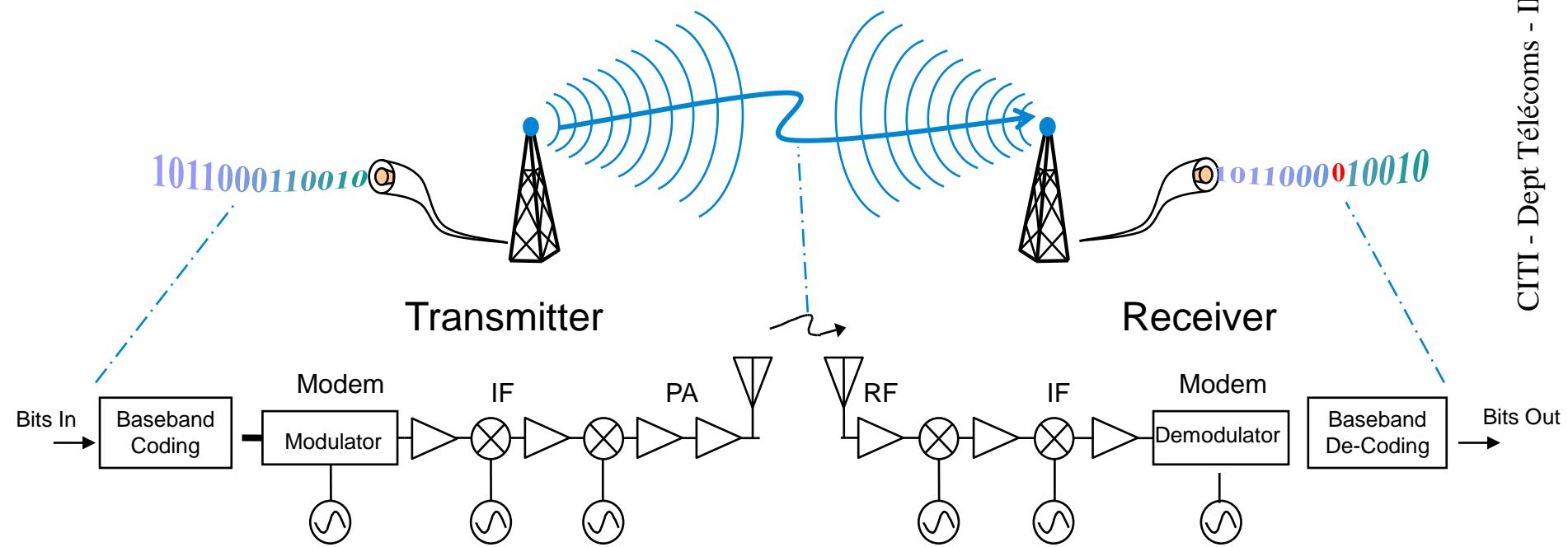
(régulier sur une échelle logarithmique*)

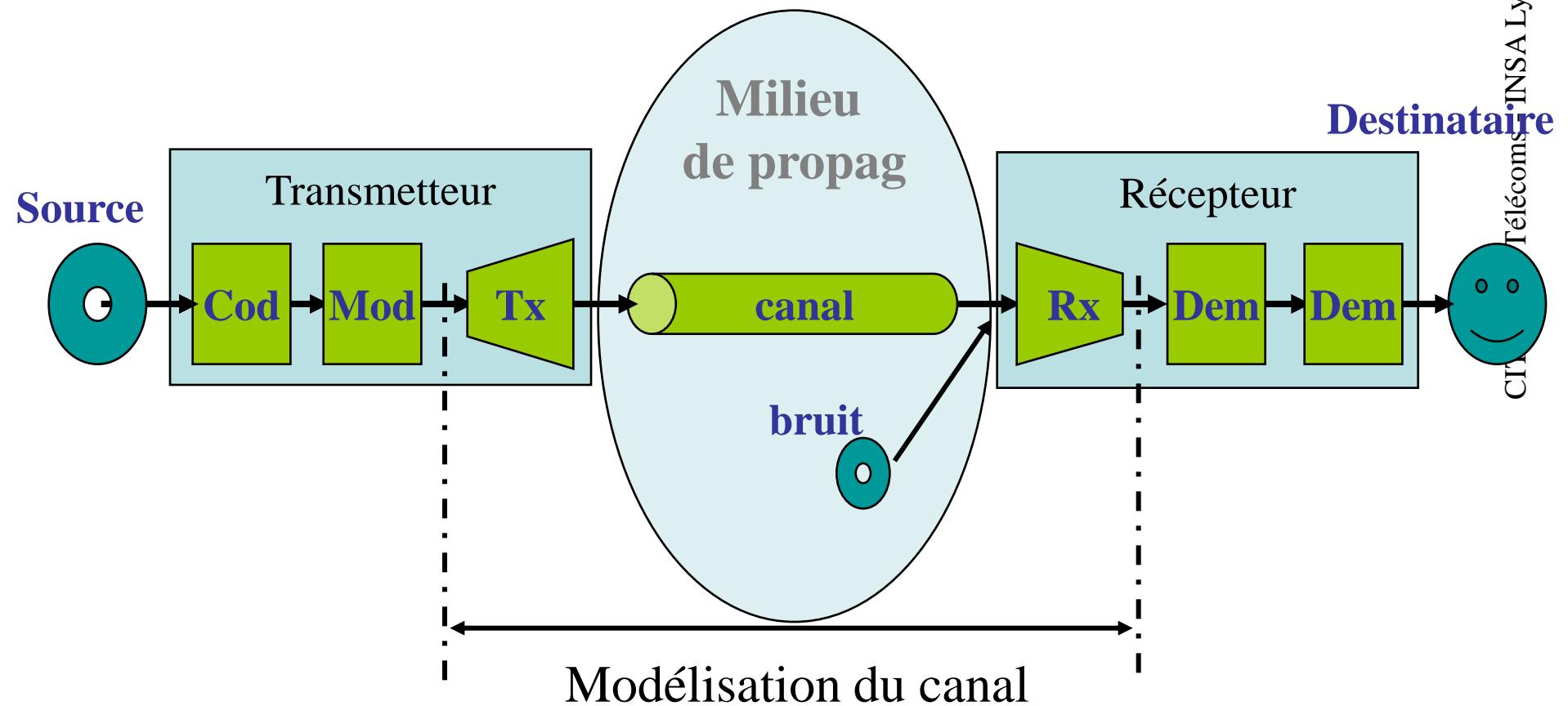


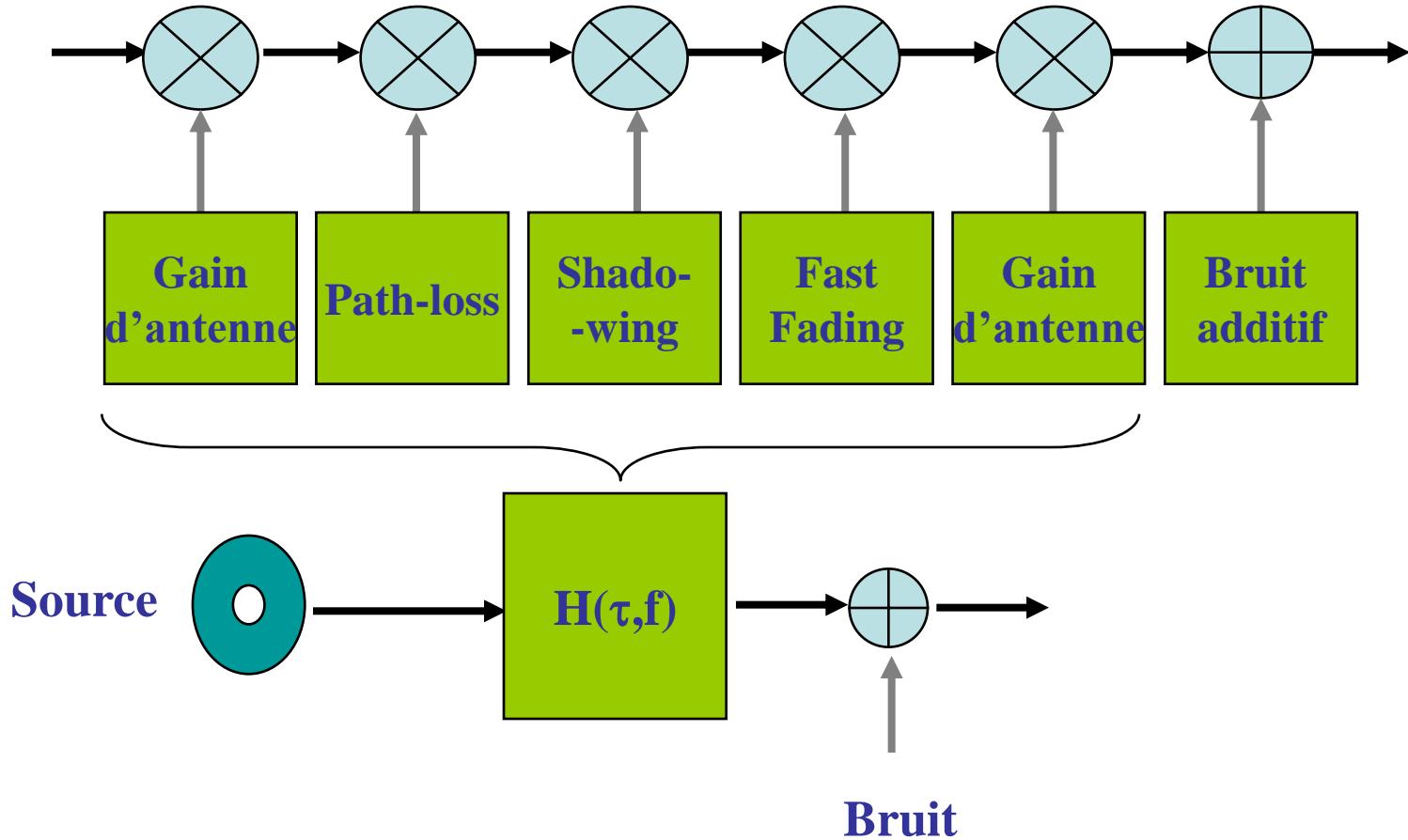
$$f_{\text{high}} = 10 \cdot f_{\text{low}}$$



- Modélisation de la chaîne de transmission





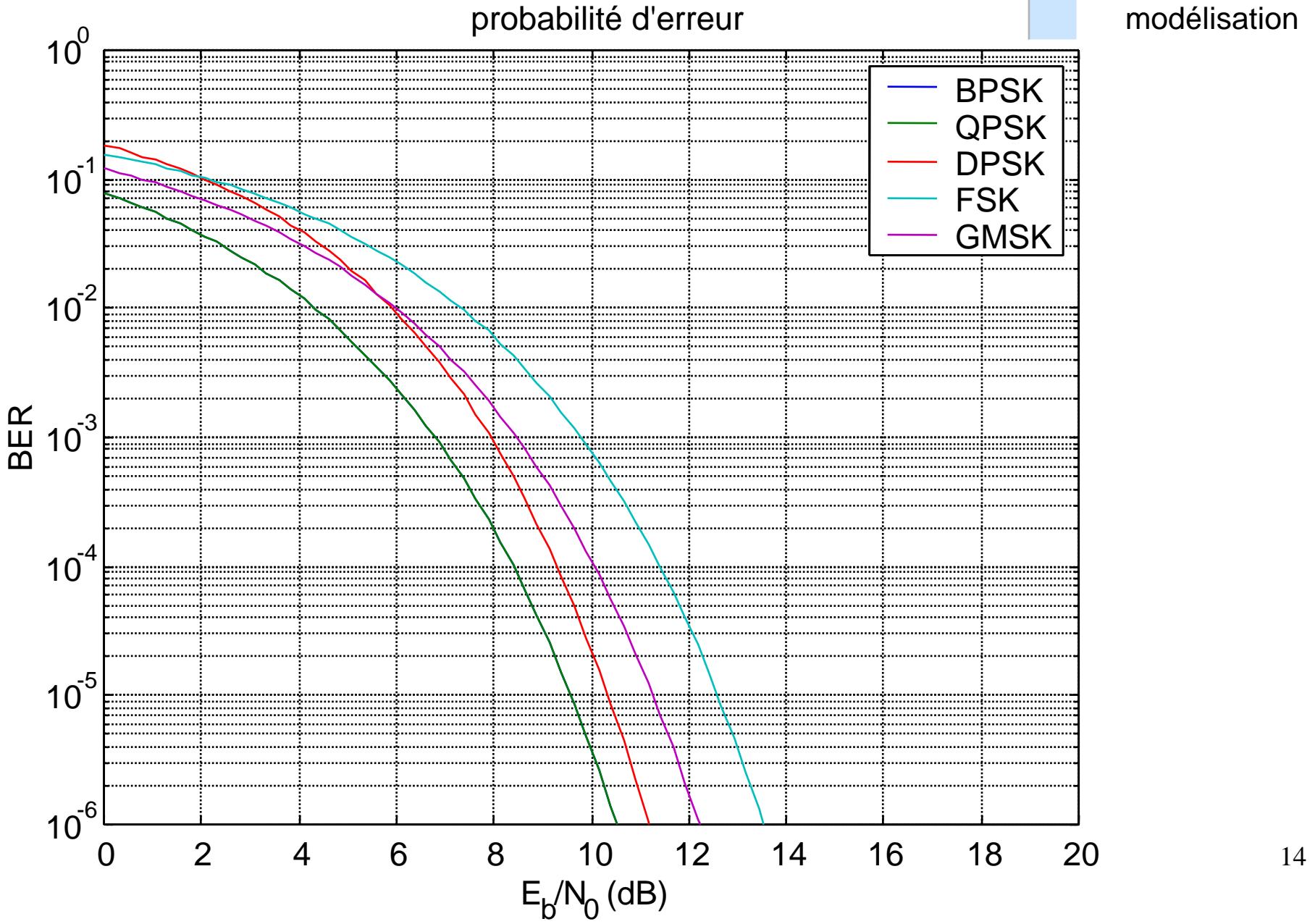
**Bruit**

$$y(\tau, t) = h(\tau, t) \otimes_t x(\tau, t) + b(\tau, t)$$

– Capacité

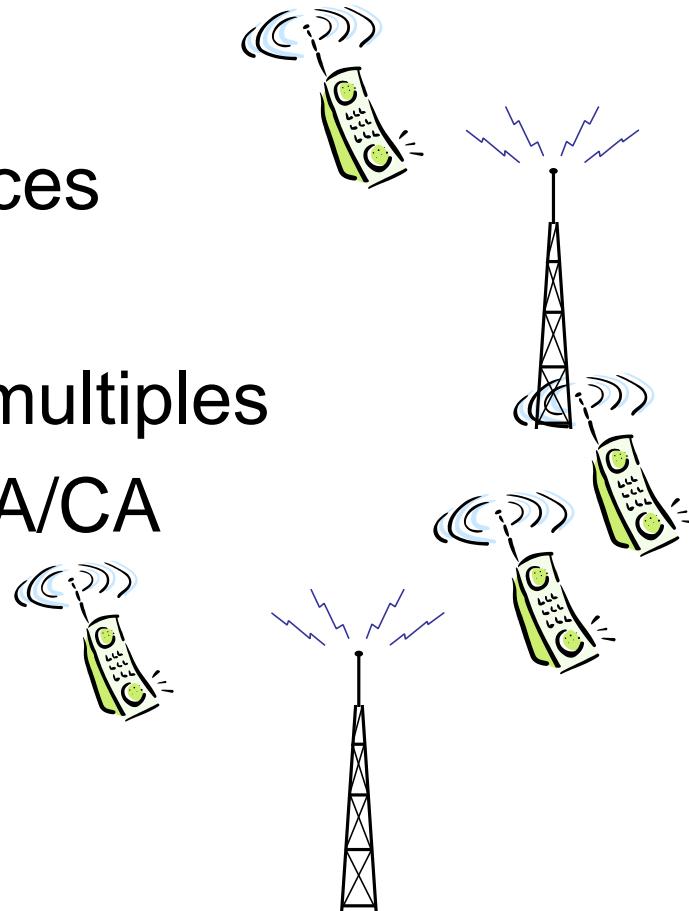
- la capacité d'un canal est le débit maximal admissible soit :
 - sans erreur (théorique)
 - pour un taux d'erreur donnée (pratique)
- la capacité est égale au produit du débit symbole maximal par le nombre de bits/symbole.

$$C = \max(R_s) \cdot \max(Nb)$$



« *resource sharing* »

- A) Attribution de ressources
- B) Duplexage
- C) Techniques d 'accès multiples
- D) Cas particulier : CSMA/CA



A) Attribution de ressources globales

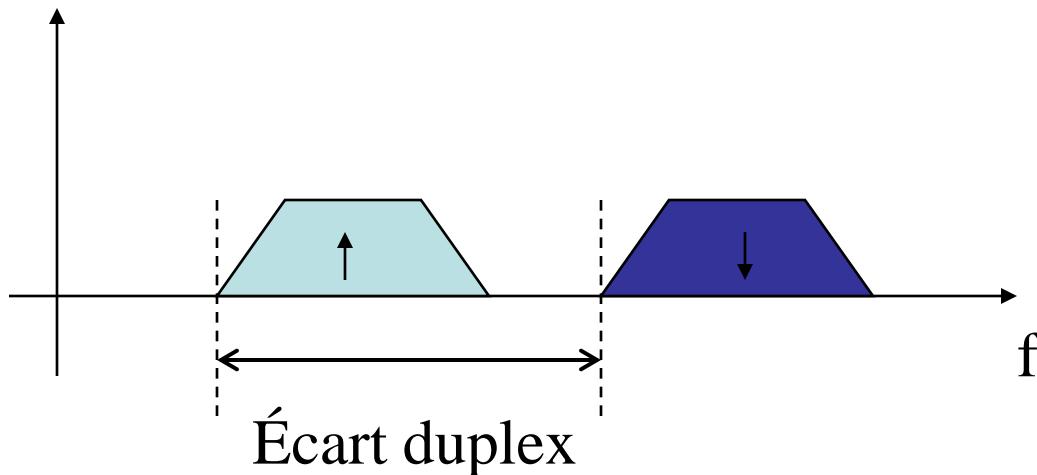
- La bande de fréquence est choisie en fonction :
 - de la portée voulue, de la capacité souhaitée...
- Partage entre sous-réseaux

Approche centralisée réserver des ressources spécifiques à différents opérateurs	Approche partagée Interférences non contrôlables, QoS non garantie
---	---

- exemples
 - GSM : 880-915/925-960 MHz
 - DCS1800 : 1710-1785/1805-1880 MHz
 - DECT : 1880-1900MHz
 - WiFi: ISM ~2,4GHz

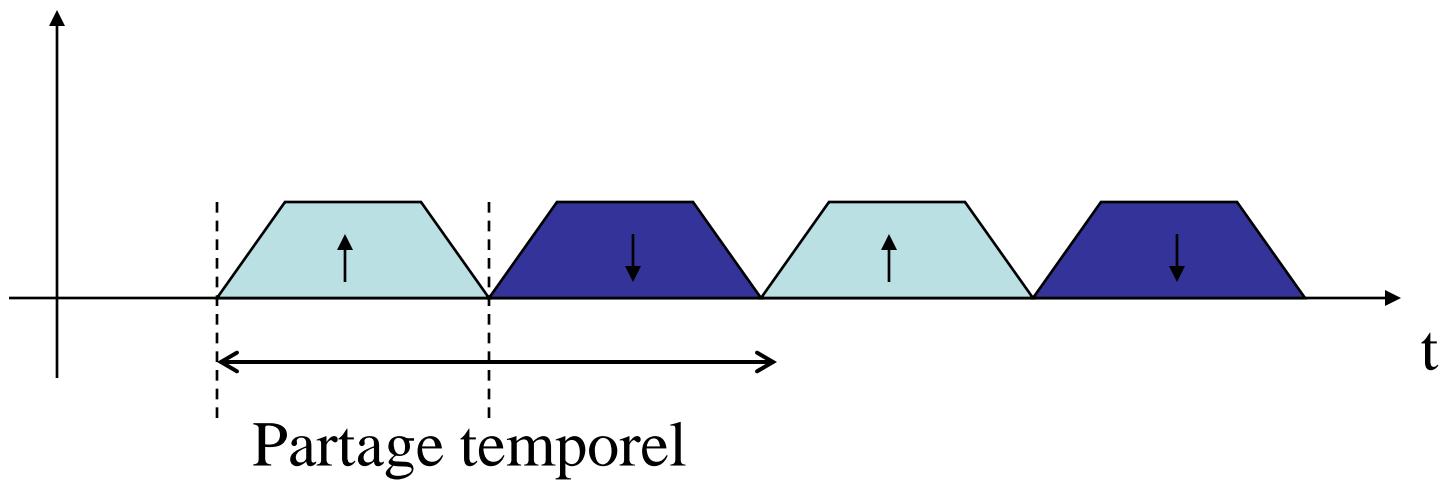
B) Duplexage (voix montantes/descendantes)

- duplexage en fréquence (FDD)
: frequency division duplexing)



Intérêt : permet d'éviter les interférences entre lien montant et lien descendant (signal en réception << signal en émission)

- Duplexage en temps (TDD : *time division duplexing*): voix montantes/descendantes

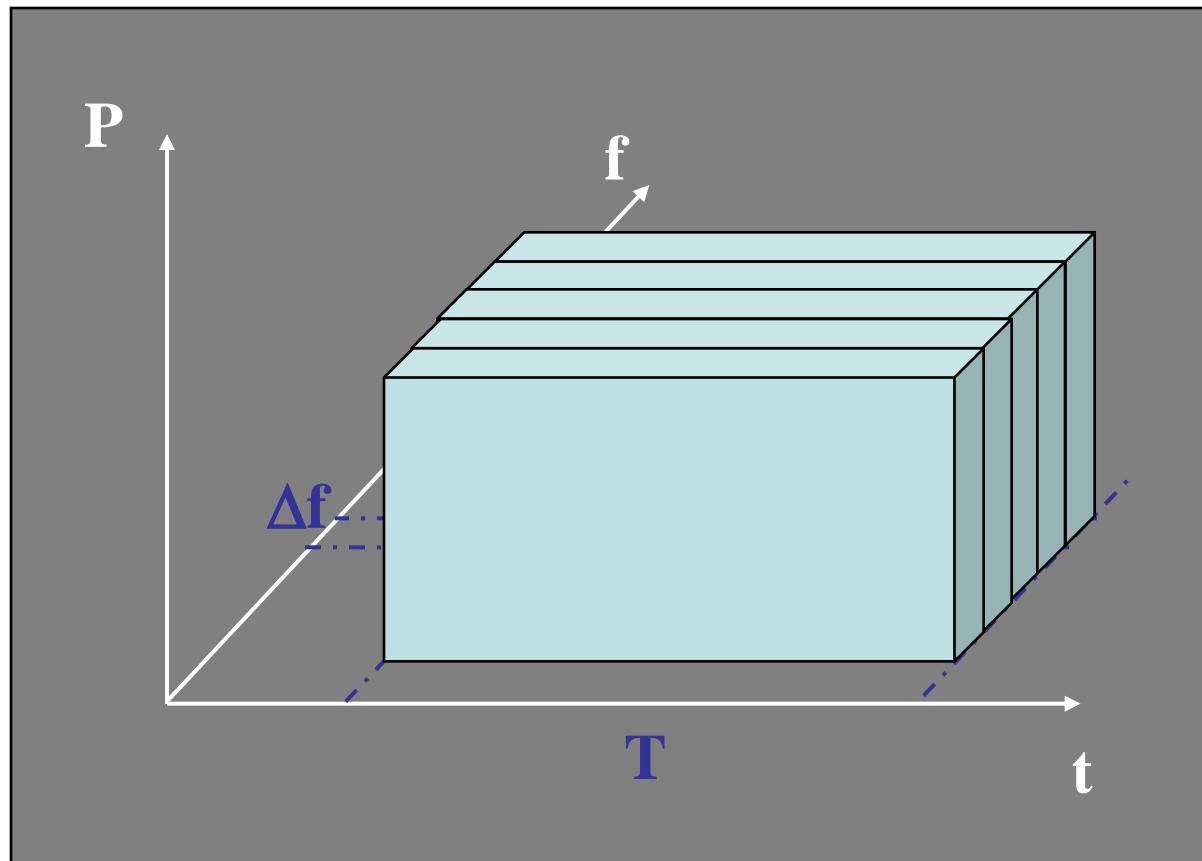


Intérêt : un seul canal fréquentiel à gérer
rem : attention aux interférences entre lien montant et lien descendant

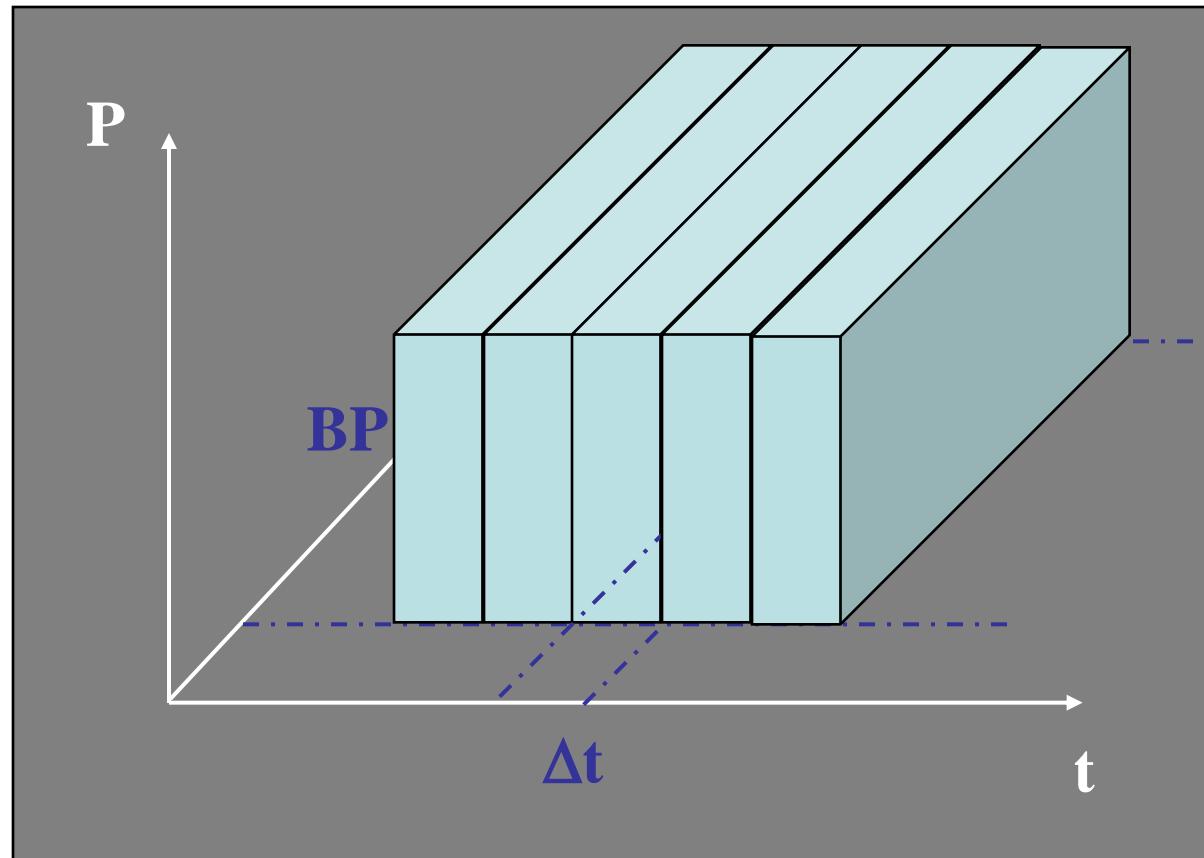
C) Méthodes d'accès multiples

- 1 bande globale : W ; $C = R_s \times N_b$; $N_b = f(SNR)$
 - théorique $C = 2 \times W$ (2 porteuses, 1 bit/porteuse)
 - pratique : $W = 1,6 R_s$; $C = 2/1,6 \times W = 1,25 \times W$.
 - » $BER \sim 10^{-4} \Rightarrow E_b/N_0 = 8 \text{ dB}$; $SNR = 9 \text{ dB}$.
- On veut partager ce débit global :
 - choix parmi : FDMA, TDMA, FTDMA (GSM) ou CDMA (IS-95, UMTS).
- Critères :
 - Maximiser l'utilisation des ressources (bits/s/hertz)
 - Gérer le niveau d'interférences

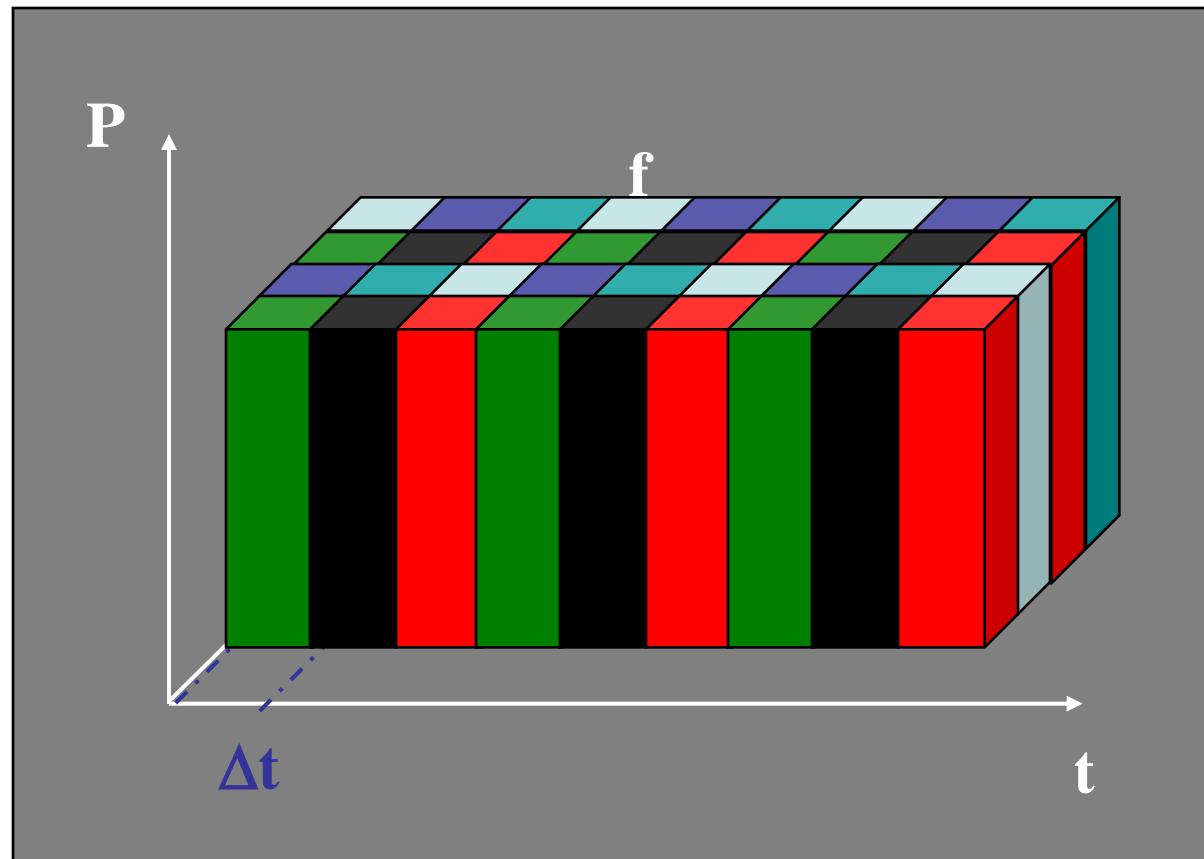
– FDMA (AMRF)



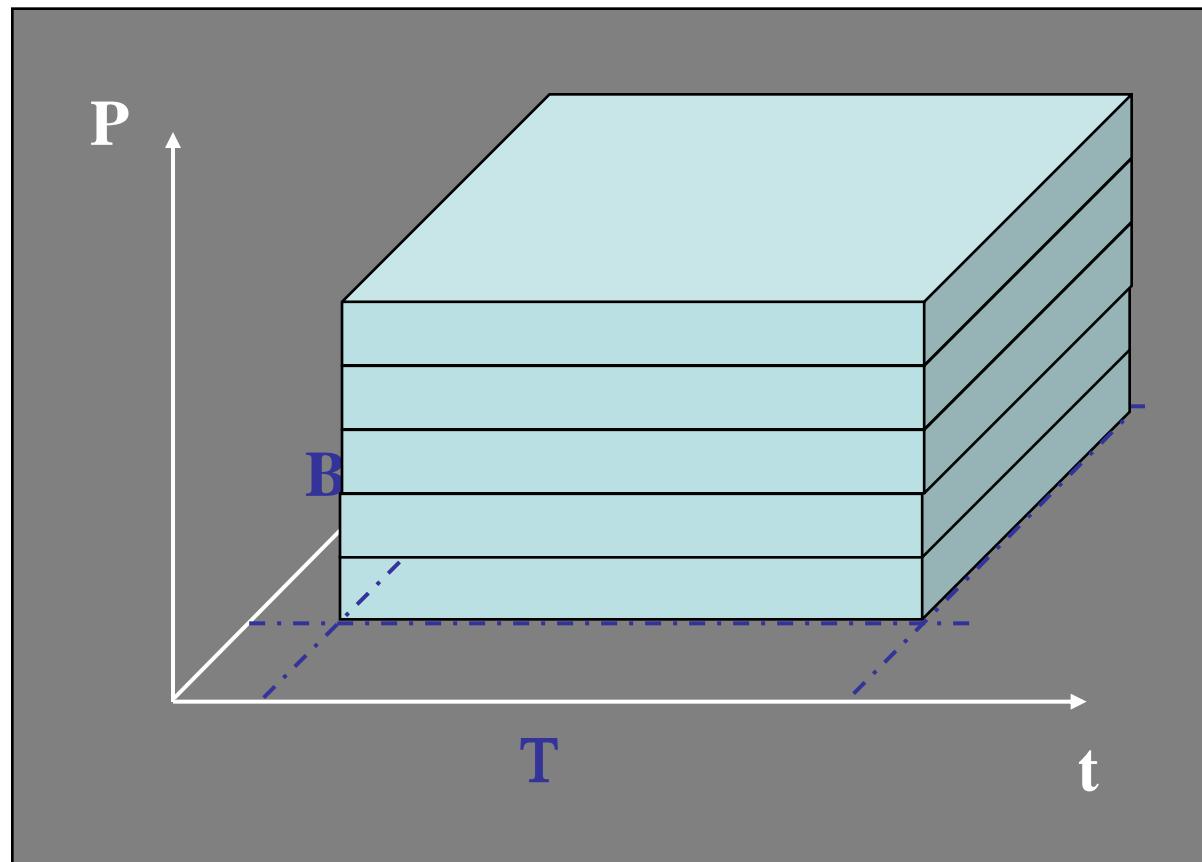
– TDMA (AMRT)



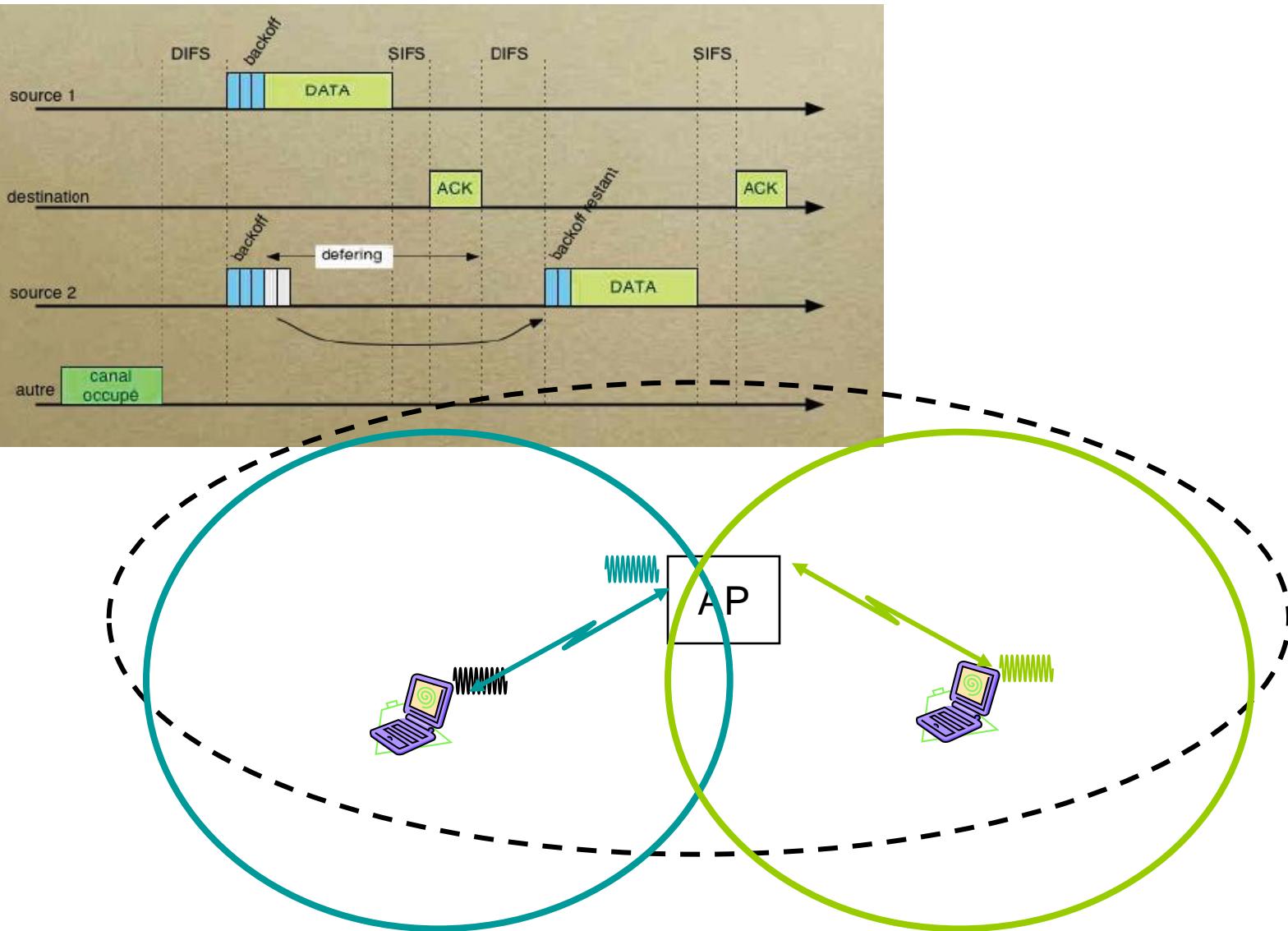
– F-TDMA



– CDMA (AMRC)

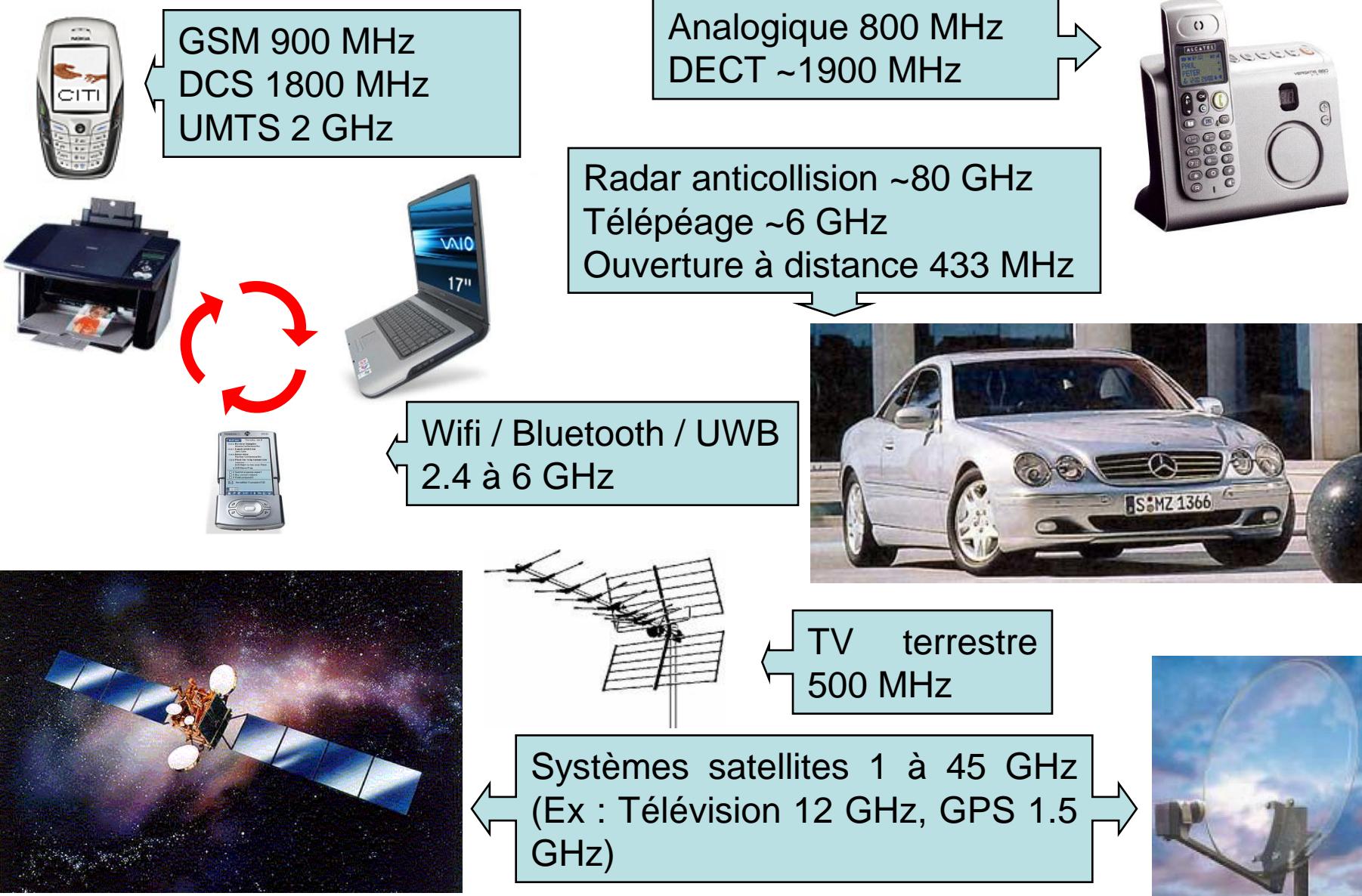


D) Cas particulier : CSMA/CA



4 – les systèmes

Chap 1





- La diffusion
- La liaison point à point
- L'accès fixe
- Les radio-mobiles
- Les réseaux cellulaires

- Diffusion d 'information sur 1 zone géographique.
- Caractéristiques
 - 1 liaison simplex (sens descendant)
 - 1 émetteur fixe omnidirectionnel
 - des récepteurs directionnels
- Applications
 - TV, radiophonie, signalisation...



Photo : Xavier LANSADE - 2-2003

- Faisceau hertzien : liaison inter-sites
- Caractéristiques :
 - 1 liaison simplex ou duplex
 - 2 E/R fortement directionnels et bien orientés
 - points relais (terrestres, satellites)
- Applications
 - ponts radios, liaisons satellites



<http://www.sfe-france.com>



<http://panneauxcols.free.fr/Relais/relais.htm>

- L'accès fixe

Relais Multi-points

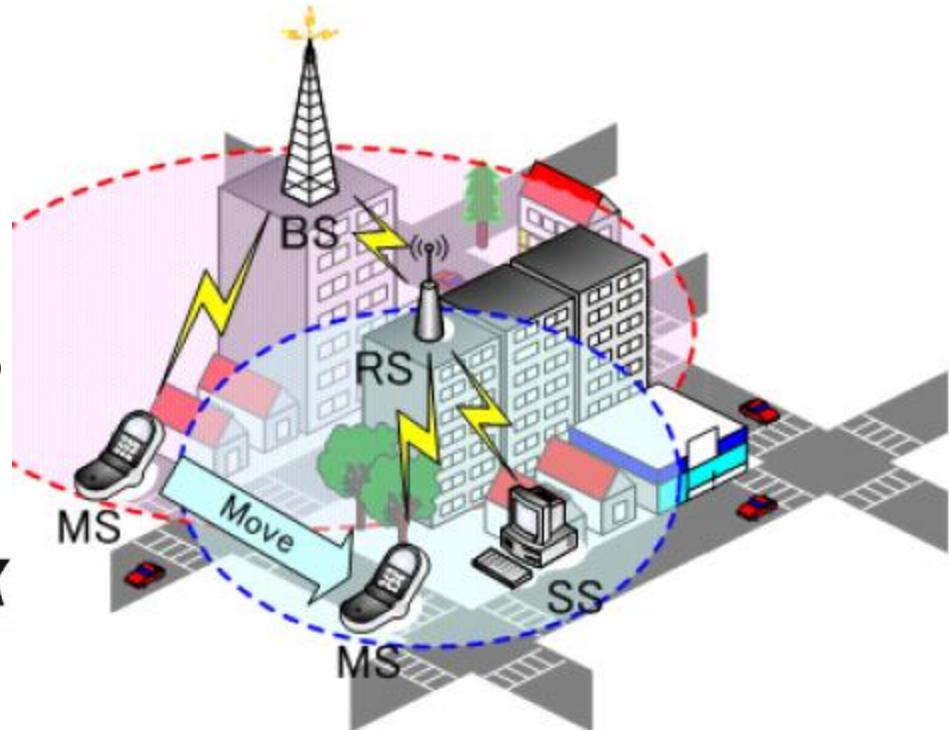
- Caractéristiques :

- 1 liaison duplex
 - 1E/R omnidirectionnel
 - 1 E/R fortement directif

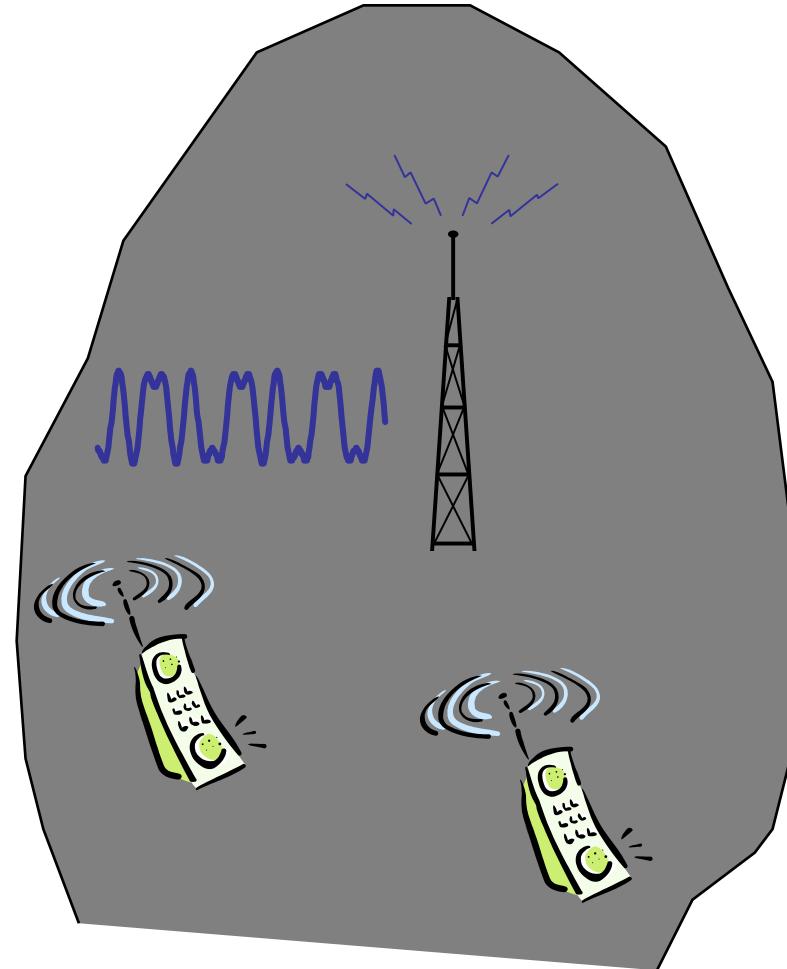
- Applications

- La Boucle Locale (Radio ou satellite)
 - Wimax

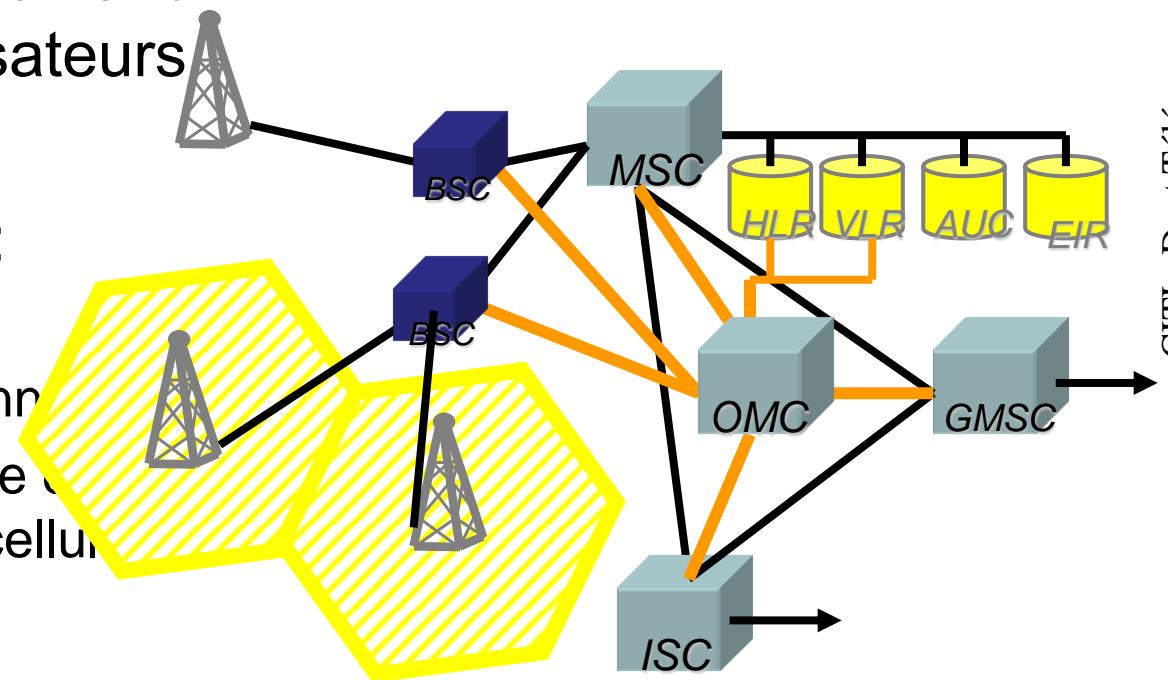
wimax



- Radio-mobiles:
transmission entre 1 point d'accès fixe et 1 utilisateur mobile
- Caractéristiques :
 - 1 liaison duplex
 - 2 E/R omnidirectionnel
- Applications
 - radio-taxis, médecins ...



- Cellulaire : extension de la zone géographique couverte et augmentation du nombre d'utilisateurs



- Caractéristiques :
 - liaisons duplex
 - E/R omnidirectionnel
 - 1 sous-réseau fixe à points d'accès (cellule)
- Applications
 - la téléphonie mobile, les réseaux radio

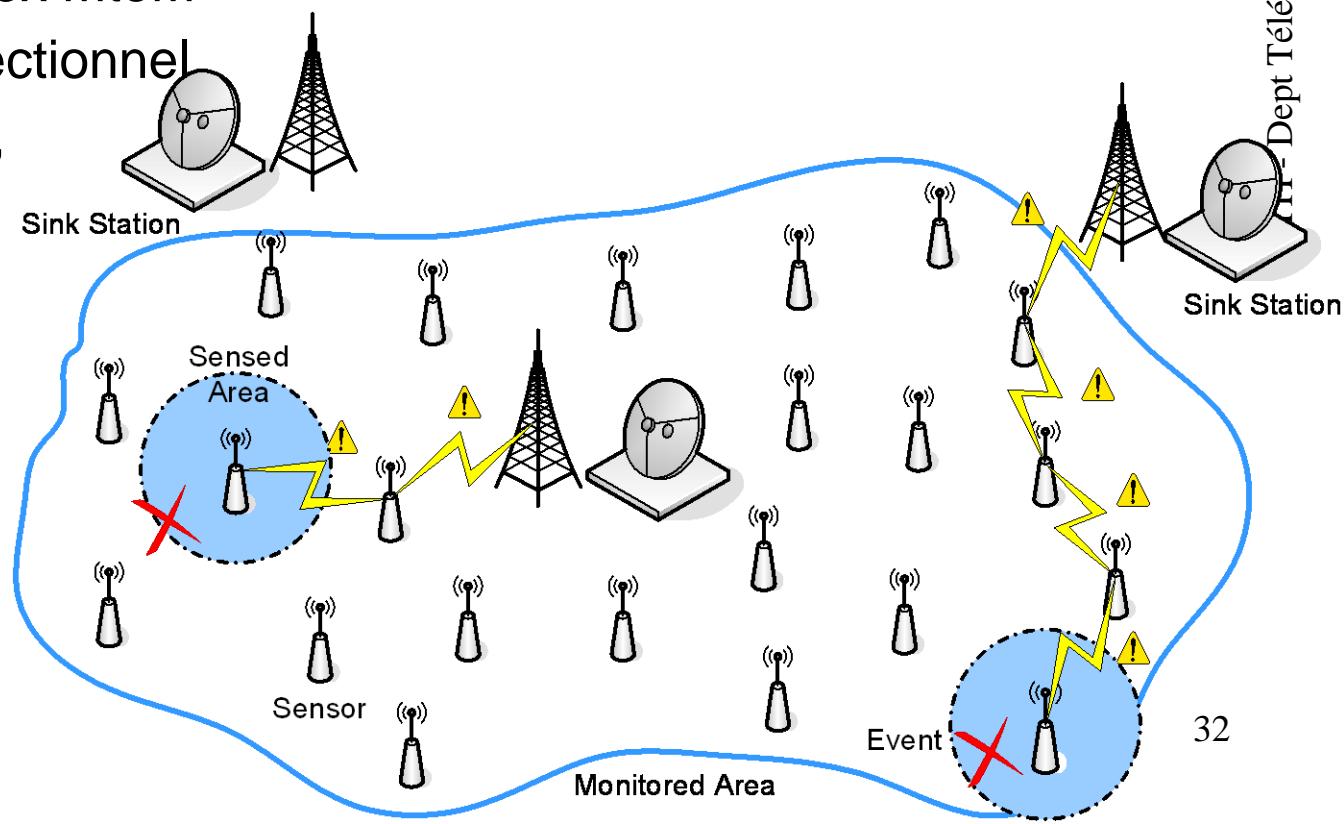
- Capteurs et *ad hoc*

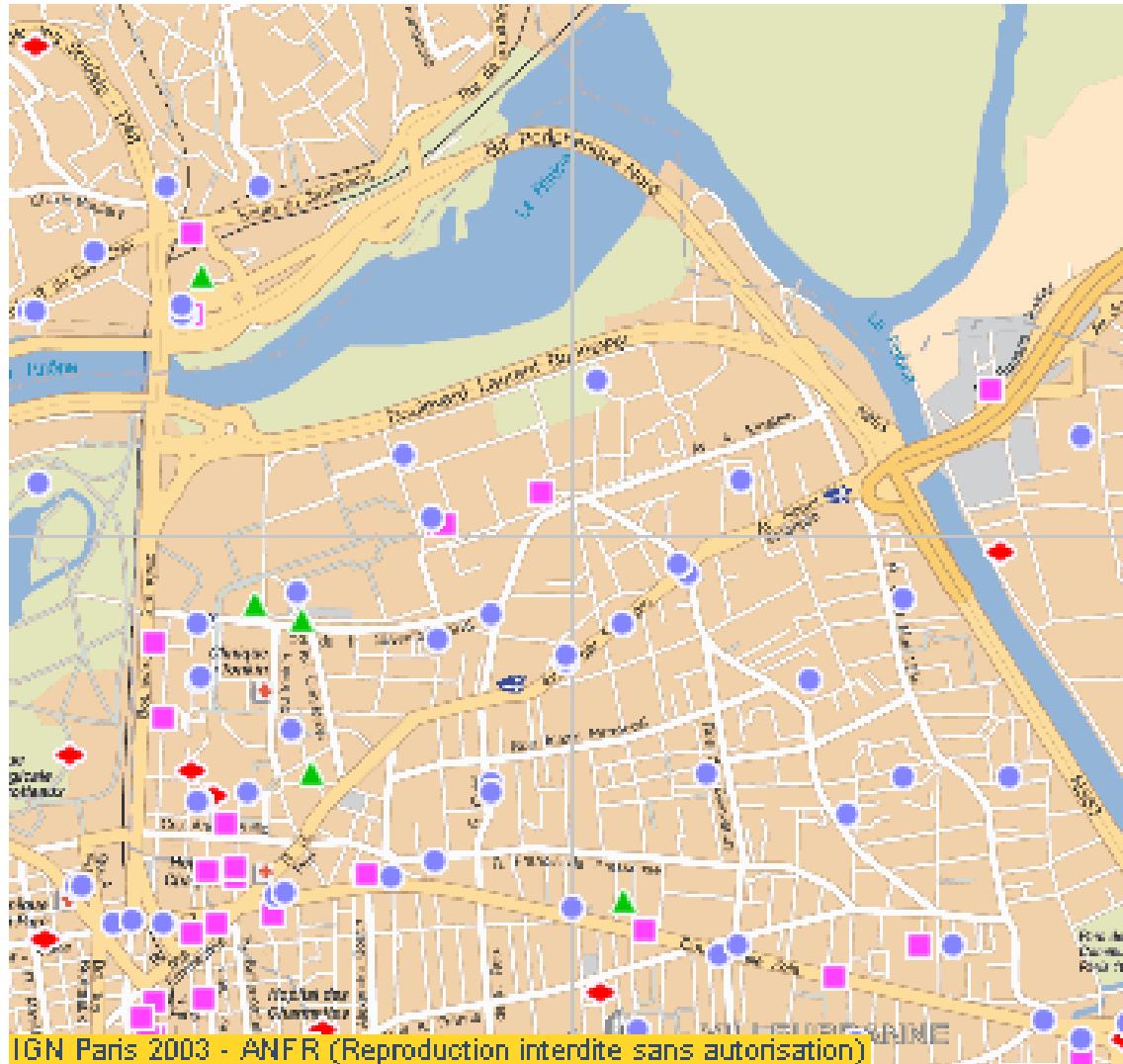
- Caractéristiques :

- liaisons duplex MtoM
- E/R omnidirectionnel
- Énergie rare,
- coût faible

- Applications

- Surveillance
- Détection
- domotique

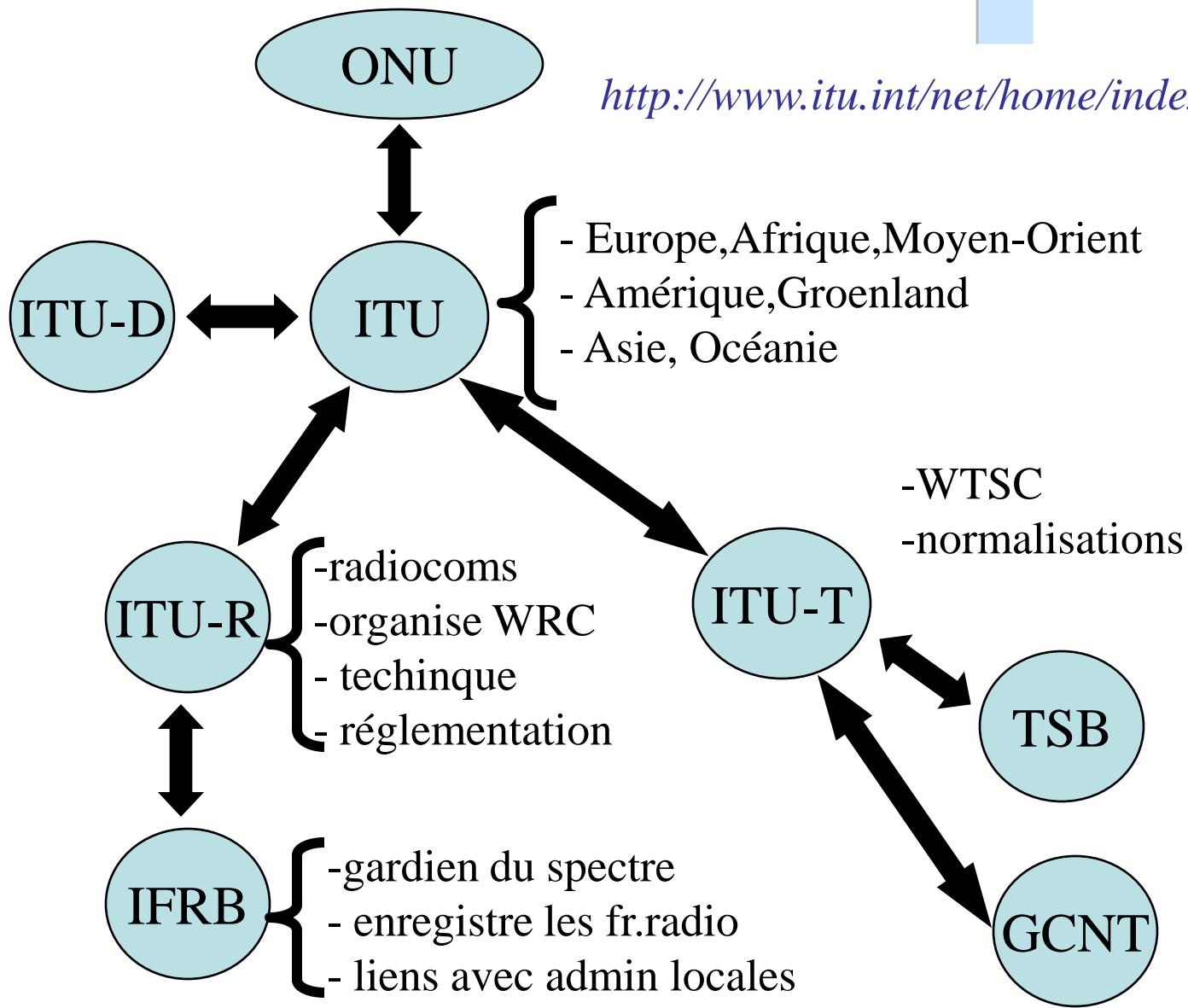




- Radiotéléphonie
- ▲ Radiodiffusion
- Autres stations
- ◆ Mesures de champs

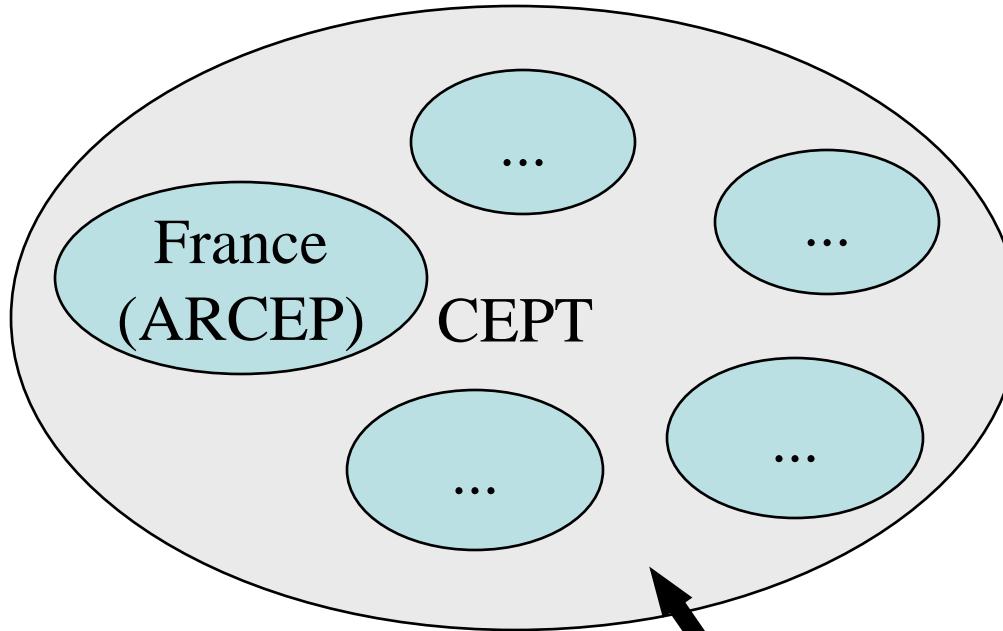
© ANFR :
<http://www.cartoradio.fr>

5 – La standardisation



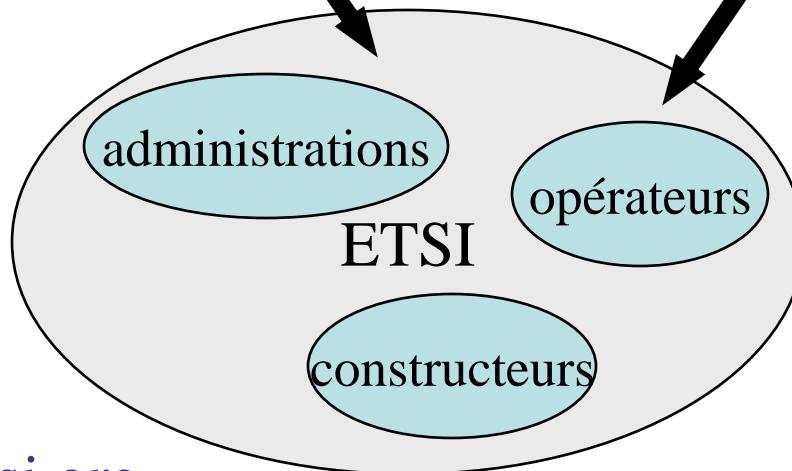
<http://www.itu.int/net/home/index-fr.aspx>

<http://www.cept.org/>



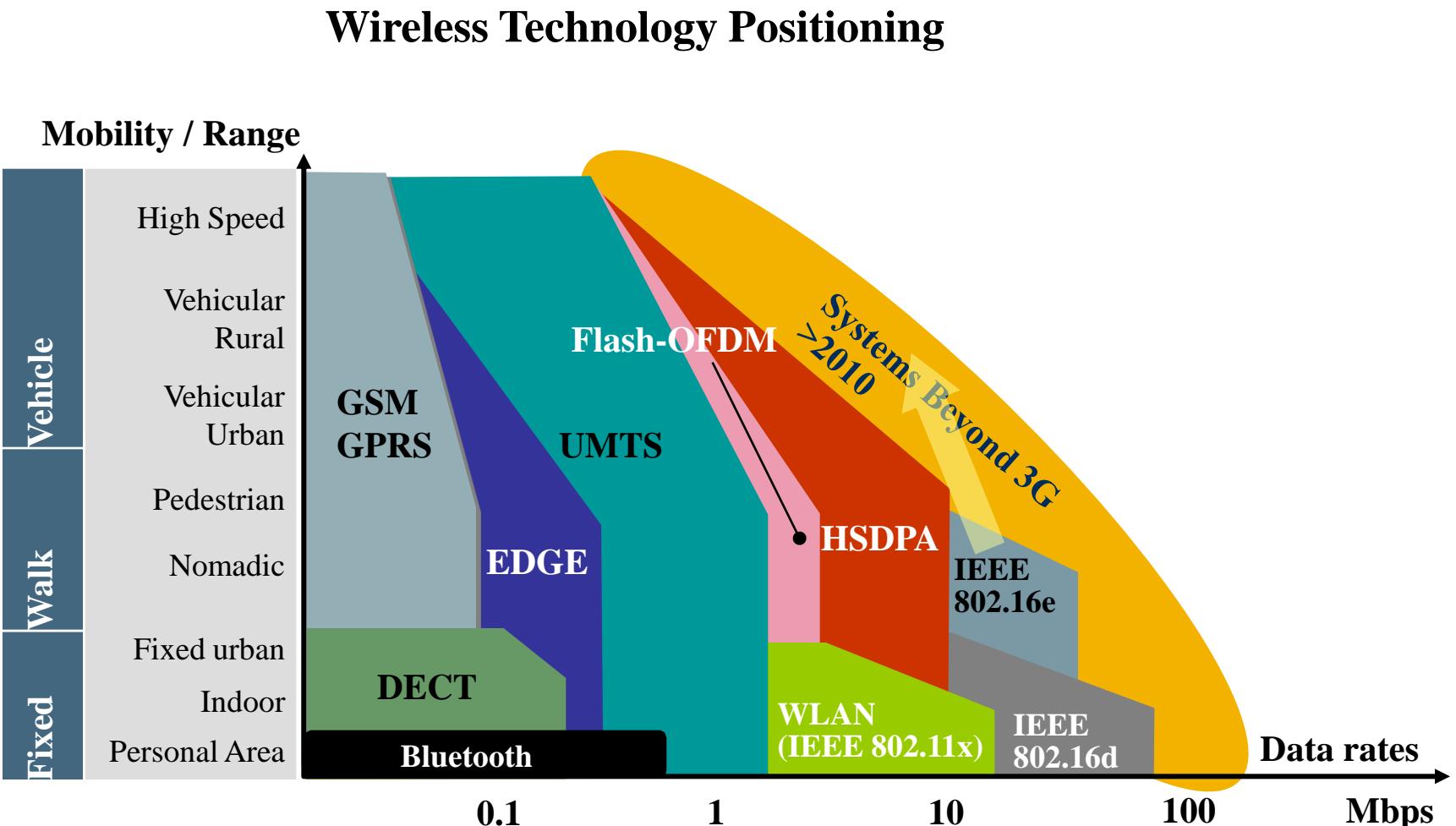
<http://www.arcep.fr/>

<http://www.anfr.fr>

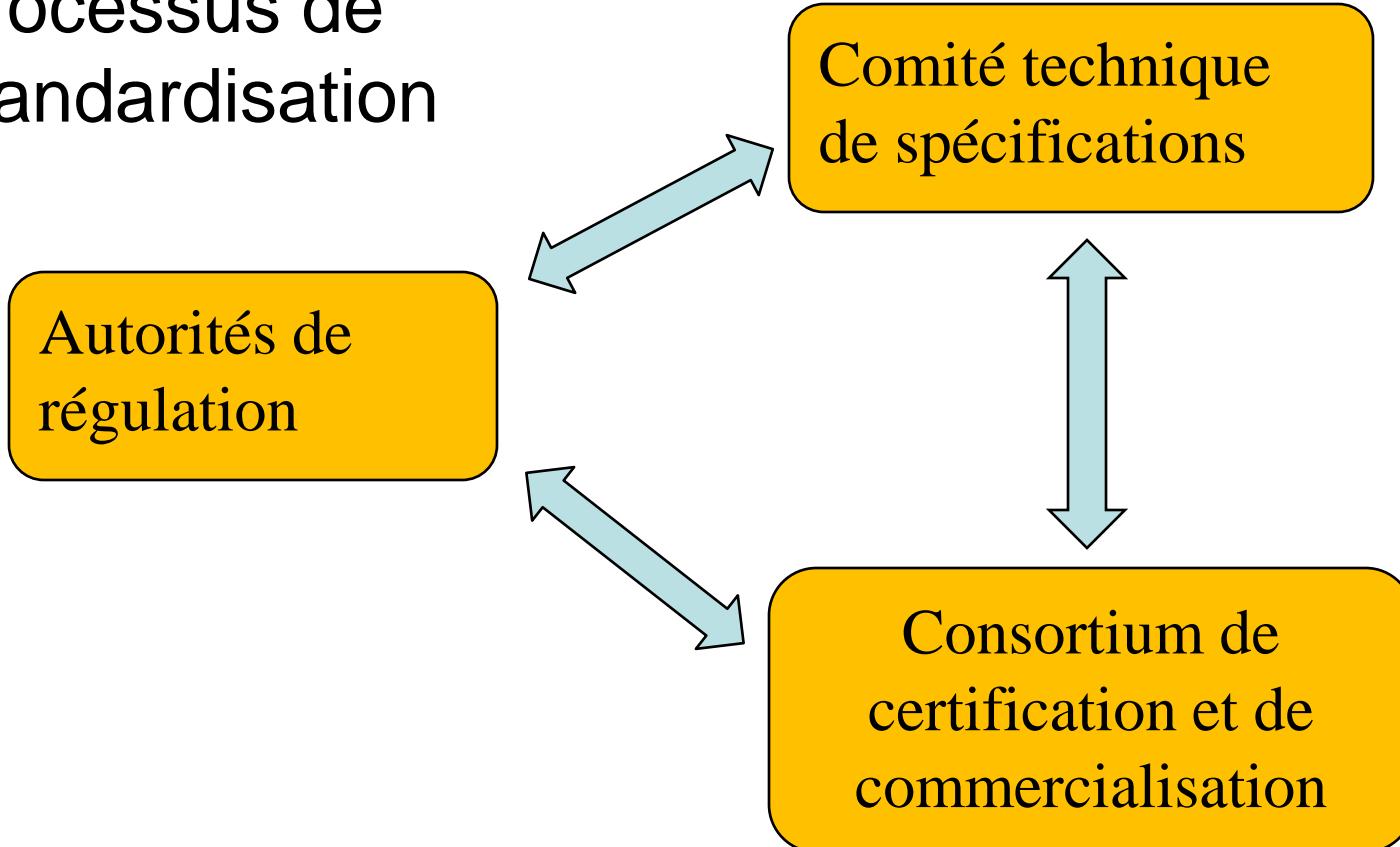


<http://www.etsi.org>

- Les principaux systèmes de radiocom. terrestres
 - Téléphonie sans cordon
 - CT-2, DECT (Europe), PHS (Japon)
 - Téléphonie cellulaire
 - **GSM, UMTS**, IS-95
 - Réseaux locaux sans fil
 - **WiFi**
 - Accès sans fil large bande
 - LMDS, MMDS, **WiMax**
 - Paging systems
 - Satellite networks
 - PANs : Bluetooth, ZigBee, UWB



- Processus de standardisation



- Les principaux organismes de standardisation
 - IEEE (<http://www.ieee.org>) :
 - les standards 802
<http://standards.ieee.org/getieee802/portfolio.html>
 - ETSI (<http://www.etsi.org>) :
 - hiperlan
 - 3GPP (consortium d'autorité de standardisation, dont ETSI)
 - GSM (depuis 1998), EDGE
 - UMTS

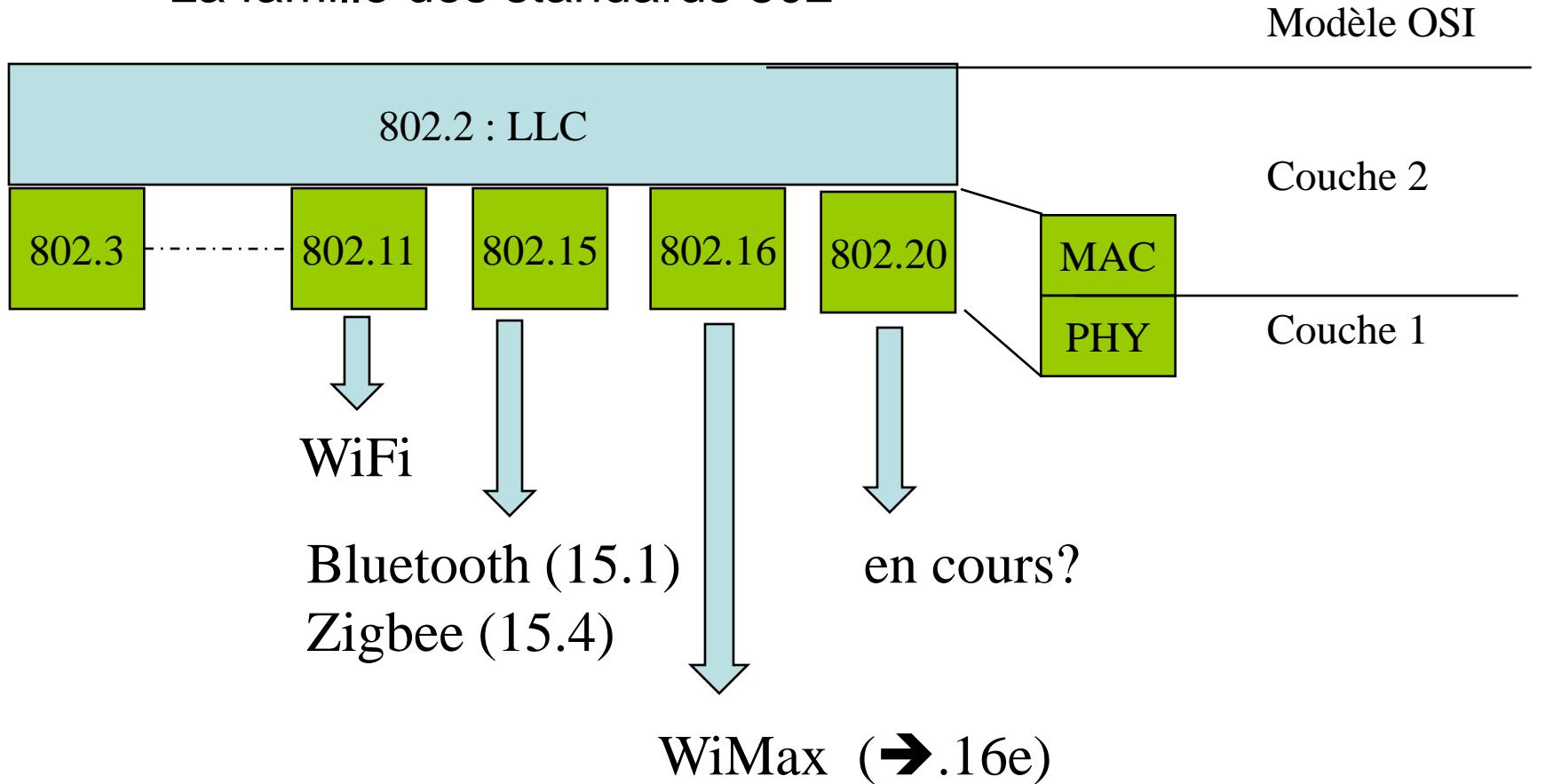
• Les standards 802

- IEEE : Institute for Electrical and Electronic Engineer (ieee.org)
 - Organisation professionnelle non commerciale, fondée en 1884
➔ maîtriser les technologies de l'électricité
 - Sponsorise, organise des conférences, des journaux et le développement de standards
 - Exemple 802.3 (ethernet).
 - Fonctionne par « working group » pour le développement de standards

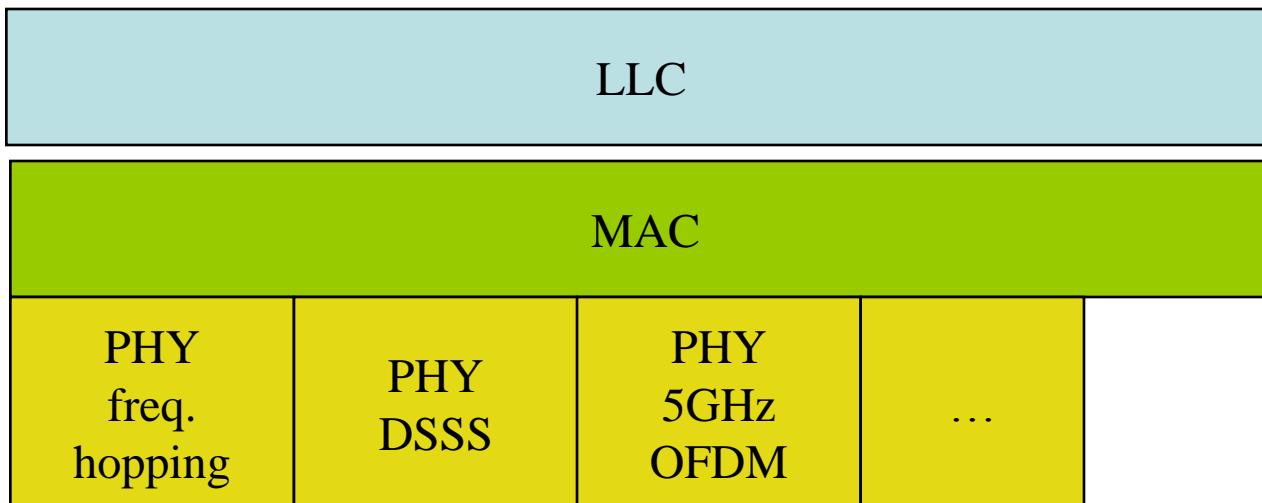
<http://grouper.ieee.org/groups/index.html>

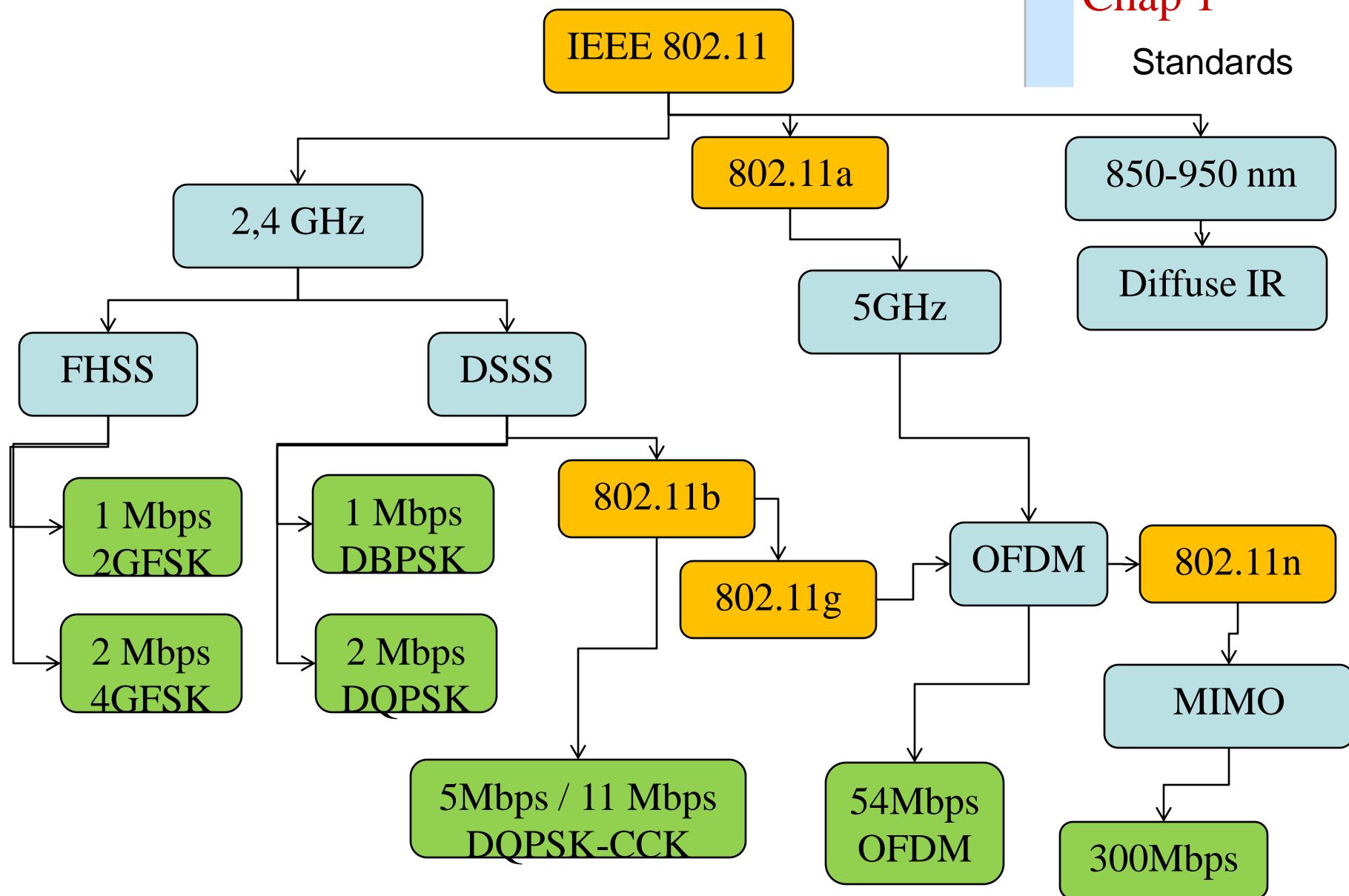
- Intérêt
 - Interopérabilité
 - Développement rapide de produits

– La famille des standards 802



- 802.11 vs WiFi
 - WiFi : alliance de constructeurs pour la réalisation d'équipement radio, exploitant la norme 802.11
<http://www.wifialliance.com/>
- Architecture logique





- **802.16 / WiMax**
 - 4 couches physiques définies
 - 802.16a : 2 avec porteuse unique (Single carrier)
 - Non utilisé
 - 802.16d : OFDM (OFDM-256)
 - Base des produits Wimax fixes
 - 802.16e : OFDMA + MIMO
 - Conçu pour gérer la mobilité

Description rapide du 802.16e

Scalable OFDMA

- > OFDMA = *Orthogonal Frequency Division Multiple Access*
- > In Scalable OFDMA, subcarrier spacing is independent of bandwidth
- > FFT size is scaled with bandwidth
- > Subchannel size is fixed and independent of bandwidth and other modes of operation
- > The number of subchannels scales with FFT size rather than with the capacity of subchannels

One design example

Parameters	Values				
Bandwidth (MHz)	1.25	2.5	5	10	20
Sampling Frequency (MHz)	1.43	2.86	5.71	11.4	22.8
FFT size	128	256	512	1024	2048
Subcarrier spacing	11.16 kHz				
Useful symbol time (Tb)	89.6 µs				
Guard Time*	11.2 µs (1/8 Tb)				
OFDMA symbol time	100.8 µs				



*Standard allows Guard Time from 1/32 to 1/4 of symbol time, 1/8 selected in WiMAX mobility profile



Channel Coding and Modulations

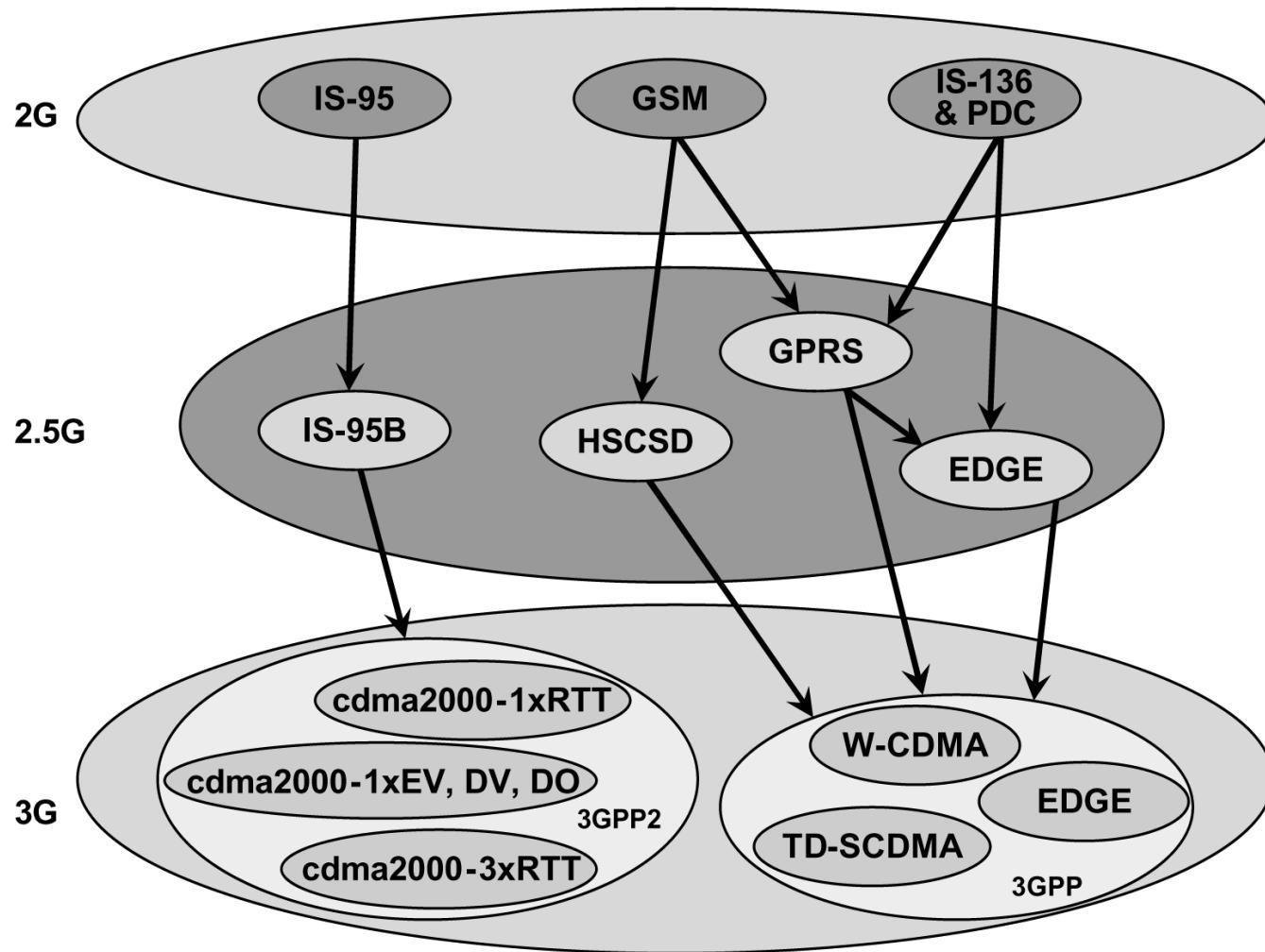
802.16e Standard

- > Convolutional code:
 - QPSK: rate 1/2, 3/4
 - 16-QAM: rate 1/2, 3/4
 - 64-QAM: rate 1/2, 2/3, 3/4
- > Block Turbo Code: (optional)
 - QPSK: rate 1/2, 3/4 or 2/3
 - 16-QAM: rate 3/5, 4/5
 - 64-QAM: rate 2/3 or 5/8, 5/6 or 4/5
- > Convolutional Turbo Codes (optional)
 - QPSK: rate 1/2, 2/3, 3/4
 - 16-QAM: rate 1/2, 3/4
 - 64-QAM: rate 2/3, 3/4, 5/6
- > LDPC: (optional)
 - Same coding rate and modulation

WiMAX Mobility Profile

- > Channel Coding
 - CC : (Mandatory)
 - Needed for FCH channel
 - CTC
 - CTC without H-ARQ
 - CTC with H-ARQ
 - Chase Combining
- > Modulation
 - Downlink :
 - QPSK, 16-QAM, 64-QAM
 - Uplink :
 - QPSK, 16-QAM

- Les standards 2G – 3G



– La couche radio du GSM

	GSM	DCS
Bandé de fréquence	890-915 MHz (up) 935-960 MHz (down)	1710-1785 MHz (up) 1805-1880 MHz (down)
Nombre d'intervalles de temps par trame TDMA	8	8
Nombre de porteuses	124	374
Fréquences porteuses	$f_d=935+0,2.n$, pour $1 \leq n \leq 124$	$f_d=1805,2+0,2.(n-512)$, pour $512 \leq n \leq 885$
Ecart Duplex	45 MHz	95MHz
Rapidité de modulation	271kbit/s	271kbit/s
Débit de la parole	13 kbit/s (5,6kbit/s)	13 kbit/s (5,6kbit/s)
Débit après codage d'erreur	22,8 kbit/s	22,8 kbit/s
Débit max de données	12 kbit/s	12 kbit/s
Accès multiple	Multiplexage fréquentiel et temporel, duplexage fréquentiel	Multiplexage fréquentiel et temporel, duplexage fréquentiel
Rayon des cellules	0,3 à 30 km	0,1 à 4 km
modulation	GMSK	GMSK