

## Quelques exemples de technologies sans fil

équipe Planète - INRIA Rhône-Alpes  
vincent.roca@inrialpes.fr  
28 janvier 2008

## Vue d'ensemble

- Deux aspects sont couverts :
  1. technologies IEEE-802.11\* (Wifi)
  2. diffusion à grande échelle de contenus dans les réseaux DVB-H et UMTS



## ● Partie 1:

### ● Les réseaux sans fils

### ● IEEE-802.11/WiFi

- Nombreux transparents inspirés/empruntés à Imad Aad. Merci...

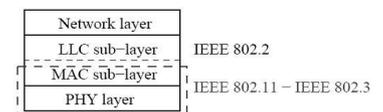


## Introduction au IEEE 802.11/Wifi

### ● IEEE 802.11 et Wifi

- IEEE 802.11 (ISO/IEC 8802-11) est un standard international décrivant les caractéristiques d'un réseau local sans fil (WLAN)
- WiFi (Wireless Fidelity) est le nom donné à la certification délivrée par la « Wifi Alliance », l'organisme chargé de maintenir l'interopérabilité entre les matériels répondant à la norme 802.11. Par abus de langage (et marketing), le nom de la norme et de la certification sont confondus...

- norme qui couvre les couches PHY / MAC



## Introduction au IEEE 802.11/Wifi... (suite)

### ● les évolutions de la technologie :

- 1997 802.11, 2 Mbps, autour de 2.4 GHz
- 1999 802.11b, 11 Mbps, autour de 2.4 GHz
- 1999 802.11a, 54 Mbps (25 Mbps utiles), autour de 5.2 GHz
- 2001 802.11g, 54 Mbps (25 Mbps utiles), autour de 2.4 GHz, compatibilité ascendante avec 802.11b

### ● et quelques extensions :

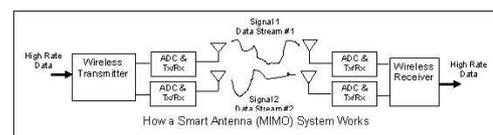
- 802.11e extension visant à apporter de la QoS
- 802.11i extension visant à améliorer la sécurité de 802.11a/b/g



## Introduction au IEEE 802.11/Wifi... (suite)

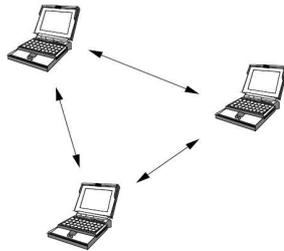
### ● et le futur ?

- en cours : 802.11n, jusqu'à 500 Mbps
- beaucoup voient dans les systèmes à antennes multiples (MIMO, ou Multiple Input-Multiple Output) la technologie clef pour accroître le débit utile...



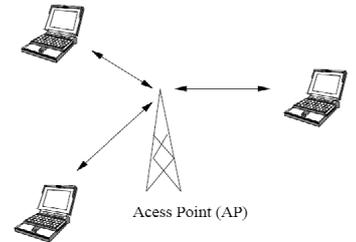
### Les 3 modes de fonctionnement de 802.11

- le mode ad-hoc (ou IBSS, Independent Basic Service Set)
  - pas d'infrastructure fixe
  - interconnexion directe entre les équipements



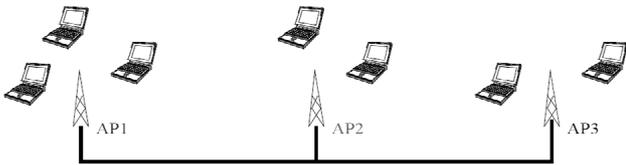
### Les 3 modes de fonctionnement... (suite)

- le mode infrastructure basic (BSS, Basic Service Set)
  - présence d'un point d'accès qui peut aussi permettre l'interconnexion à l'Internet
  - pas de communication directe entre les équipements



### Les 3 modes de fonctionnement... (suite)

- le mode infrastructure étendu (ESS, Extended Service Set)
  - présence de plusieurs points d'accès qui peuvent aussi permettre l'interconnexion à l'Internet
  - hand-off au niveau MAC entre les différents points d'accès
  - la mobilité est transparente aux couches supérieures !



### Connexion au réseau

- Connexion passive
  - la station écoute sur tous les canaux les trames balises (*beacon frame*) émises par la BS
  - on obtient la liste des réseaux, avec leur caractéristiques et le rapport S/N
- Authentification
  - la station s'authentifie auprès de la BS choisie
    - peut être implicite, toute station étant acceptée
    - peut être explicite (*Shared Key Auth. System*) ⇒ nécessite une clef secrète partagée
- Association
  - la station envoie une trame "*association request*"
  - la BS vérifie le SSID spécifié et accepte si OK avec une trame "*association response*"



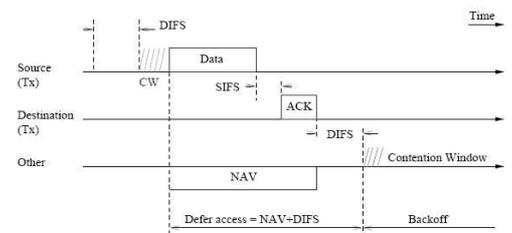
### La couche MAC

- Deux modes principaux
  - DCF (Distributed Coordinated Function)
    - en mode Ad-Hoc ou Infrastructure
    - version de base pour les *petits* paquets
    - version permettant le CSMA/CA (Collision Avoidance) pour les autres paquets
  - PCF (Polling Coordination Function)
    - seulement en mode Infrastructure (puisque'il faut un arbitre)
    - permet de garantir à chaque station un accès minimum au médium (absence de famine)



### La couche MAC... (suite)

- Mode DCF, pour les petits paquets
  - introduit des temps d'attente minimums (DIFS/SIFS)
  - des temps d'attente aléatoires, bornés par une valeur qui dépend de l'historique (CW)
    - la borne maximum augmente s'il y a collision...

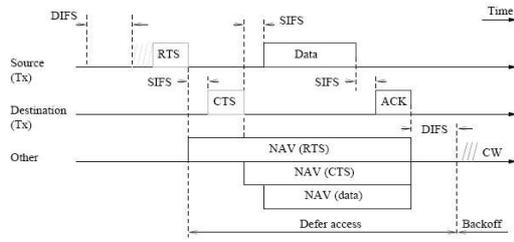


### La couche MAC... (suite)

- Mode DCF avec Collision Avoidance

○ Les RTS (Request To Send)/CTS (Clear To Send) suivent la même approche

○ Les paquets (de taille conséquente) ne peuvent être transmis qu'après réception du CTS



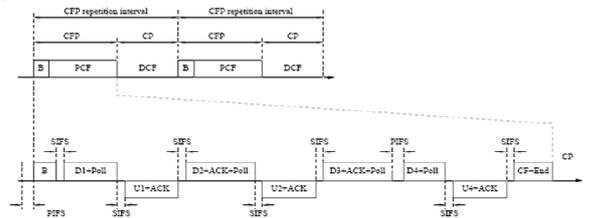
### La couche MAC... (suite)

- Mode PCF pour garantir un accès minimum au médium (sans famine)

○ Deux phases :

○ Polling, où le point d'accès interroge chaque station

○ DCF, où le système évolue librement sans intervention du point d'accès

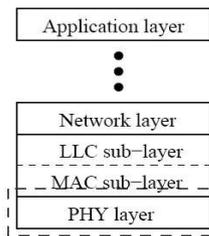


### La couche physique de IEEE 802.11 (1997)

- 3 possibilités prévues par 802.11 - norme 1997

○ DSSS / FHSS / Infrarouge

○ Mais essentiellement DSSS (étalement de spectre) en pratique



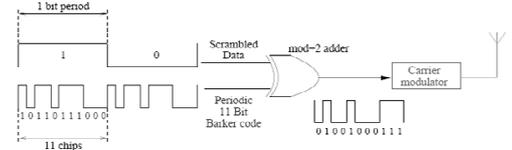
3 PHY types:

- DSSS (most products)
- FHSS (less products)
- IR (unknown products)



### La couche physique de 1997... (suite)

- Principe équivalent à celui présenté précédemment...



- ... mais avec des différences pratiques

○ Un seul code de 11 bits (c'est petit !) partagé par tous les équipements

○ n'apporte aucune sécurité

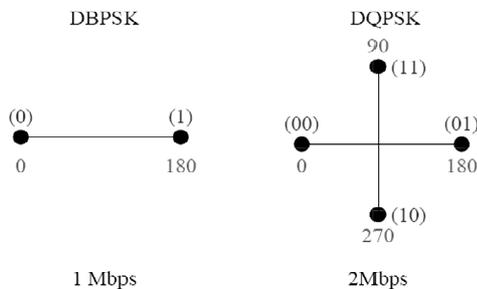
○ n'apporte aucun multiplexage d'accès

○ permet seulement la *suppression des interférences*



### La couche physique de 1997... (suite)

- Deux types de modulations, suivant le débit souhaité et la robustesse



1 Mbps

2Mbps



### La couche physique du IEEE 802.11g

- Repose sur OFDM

○ Un canal de 20 MHz est découpé en 52 sous-canaux

○ 48 sous-canaux pour les données, 4 pour des codes correcteurs

○ la modulation sur chaque sous canal est indépendante et bas débit

○ Les 54 Mbps sont obtenus en agrégeant ces sous-canaux



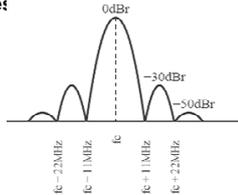
## La couche physique... (suite)

- les canaux possibles

- 83,5 MHz de largeur de bande (2,4 à 2,4835 GHz)
- 14 canaux de largeur 20 MHz recouvrants
- conduit à des recouvrements inévitables

- le spectre de puissance

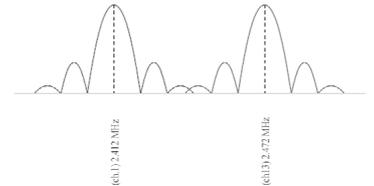
- de la largeur du canal en ignorant les lobes secondaires:



## La couche physique... (suite)

- les canaux possibles : stratégie

- En France, l'ART autorise les canaux de 1 à 13
- En pratique, pour déployer un Wifi dans un site disposant déjà de réseaux Wifi :
  - essayer d'éloigner les canaux le plus possible pour permettre un S/N élevé
  - sinon il y aura recouvrement et interférences donc débit plus faible (tout en continuant de fonctionner)



## La couche physique... (suite)

- Puissance de transmission

	GSM	802.11 (1997)
typique	100 – 600 mW	2.5 mW
maximum		100 mW



## Wifi et sécurité

- Plusieus mécanismes plus ou moins fiables...

- SSID

- habituellement envoyé en clair dans les trames balises, on peut configurer la BS pour ne pas le faire
- empêche une station de se connecter...
  - ... tant qu'elle n'a pas pu sniffer la connexion d'une station autorisée car le SSID est transmis en clair à ce moment là

- Access Control List (ACL)

- on liste sur la BS les adresses MAC autorisées
- marche...
  - ... sauf si on sniffe des trames autorisées, et on change l'adresse MAC de sa carte (possible avec certaines cartes)



## Wifi et sécurité... (suite)

- WEP

- permet une authentification et chiffrement
- repose sur RC4 et une clef secrète partagée par BS et chaque station
- marche bien...
  - ... tant que l'on n'a pas affaire à des attaquants un tout petit peu décidés
  - RC4 a bien des failles
  - les détails d'utilisation montrent qu'il y a des lacunes
  - on casse le tout après récupération d'un certain volume



## Wifi et sécurité... (suite)

- 802.11i

- EAP (Extended Auth. Prot.) gère l'authentification
  - inclue un contrôleur et un serveur d'authentification
  - plusieurs déclinaisons : par ex. EAP-TLS
- TKIP (Temporal Key Integrity Protocol)
  - apporte chiffrement et intégrité
  - gère des clefs temporaires
  - indépendant du bloc de chiffrement : par ex. AES
- à utiliser impérativement !



## ● Partie 2:

# ● Diffusion à grande échelle de contenus dans les réseaux DVB-H



## Un aperçu des standards DVB

### ● Digital Video Broadcasting (DVB)

○ DVB-T (Terrestrial) (1997), ou TNT, Télévision Numérique Terrestre

○ DVB-S (Satellite), utilisé pour la TV par satellite (ex. Eutelsat)

○ DVB-S2 (Satellite), dérivé de DVB-S

○ DVB-H (Handheld), pour les équipements portables

○ DVB-IP, pour la TV par ADSL

○ un souci : l'intégration



## Un aperçu des standards DVB... (suite)

Table 1: Comparison between broadcast and mobile telecommunications systems.

	Telecoms - Cellular Systems			Broadcast systems	
	GSM	GPRS	UMTS	DAB/DMB	DVB-T/DVB-H
Spectrum bands	900 MHz & 1.8 GHz & 1.9 GHz	900 MHz & 1.8 GHz & 1.9 GHz	2 GHz & 2.5 GHz	VHF, L-Band (1.5 MHz channels)	VHF, UHF & above (5, 6, 7, 8 MHz channels)
Regulation	Telecom Licensed			Broadcast, Licensed	
Typical Throughput	14.4 kbit/s	30 kbit/s	30 - 300 kbit/s	1 Mbit/s	DVB-H: 10Mbit/s DVB-T: 5-25 Mbit/s
Transfer mode	Circuit	Packet	Circuit/ packet	Broadcast	
Primary applications	Voice	Data	Voice and Data	Audio, Still images, Push data, Traffic information	Audio and video (television), Push data
Mobility support	High			High	Medium to high
Coverage	Wide		Local to wide	Wide	
Deployment costs	Networks exist	Incremental	High	Basic networks exist in many countries	



## DVB-H versus DVB-T

### ● DVB-T cible des équipements fixes

○ en effet :

○ la consommation électrique n'est pas un souci

○ le canal est de qualité constante (aux perturbations météo près)

○ l'antenne peut être de qualité (et de dimension conséquente)

○ le relais est choisi de façon statique

○ peu adapté aux équipements mobiles...

### ● Le support d'équipements portables mobiles conduit à ajouter deux mécanismes en DVB-H

○ time-slicing

○ MPE-FEC



## DVB-H versus DVB-T... (suite)

### ● Time-slicing

○ transmissions durant un « burst » à un rythme élevé, puis période de silence

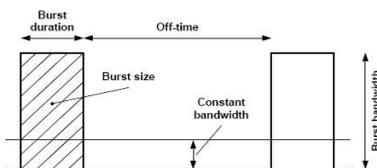
- équivalent à TDMA (time division multiple access)

○ un récepteur coupe le circuit de réception durant la période OFF

- économie de batterie

○ un récepteur peut sonder le réseau durant période OFF

- intéressant en cas de mobilité



## DVB-H versus DVB-T... (suite)

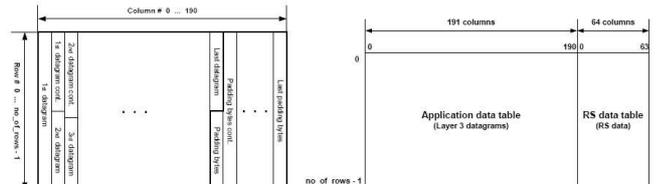
### ● MPE-FEC

○ ajout de la redondance (FEC) au flux au niveau MAC, afin de corriger des pertes sur le canal

○ vient en plus du FEC au niveau physique

○ MPE-FEC frame: 255 colonnes, jusqu'à 1024 lignes (soit jusqu'à ~2 Mbits)

○ protection assurée par un code Reed-Solomon (n=255, k=191), soit 25% de redondance



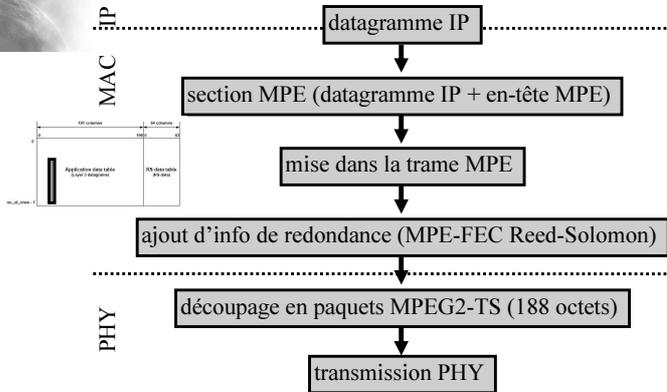
détail de la partie gauche (données)

organisation de la trame MPE-FEC



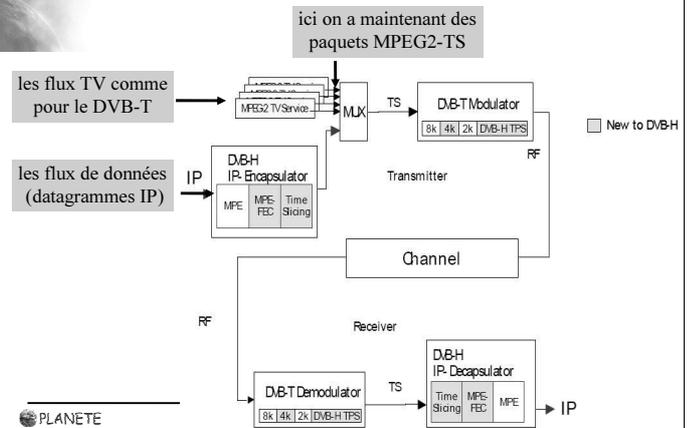
## Transport sur le réseau : vue globale

### ● Schéma de transmission



## Transport sur le réseau : vue globale... (suite)

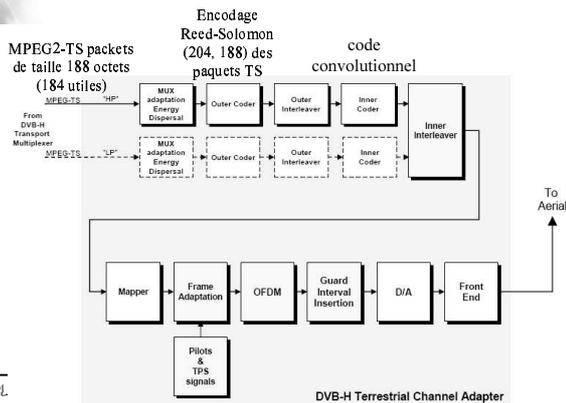
### ● Schéma de transmission...une autre vue



## Transport sur le réseau : les couches PHY

### ● Un gros plan sur les couches PHY...

Ocf. ETSI EN 300 744 V1.5.1 (2004-11)



## Utilisation pour la diffusion de contenus

### ● DVB-H et UMTS sont idéaux pour diffuser des contenus à très large échelle...



Nokia 7700 - Prototype DVB-H GPRS handset

○ quelques schémas empruntés à R. Walsh et al., tutorial MIPS2004... merci !



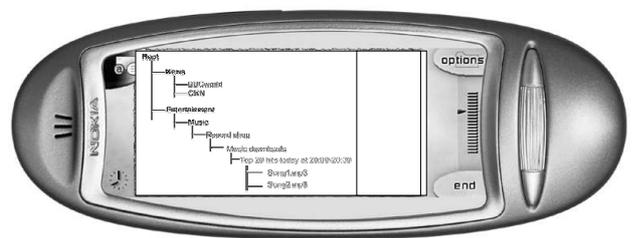
## Exemple

- diffusion de contenus très populaires, par exemple lors de JO
- retransmissions en direct des JO → canaux TV
- site Web des JO → tous les résultats, analyses, programme des épreuves
- flash d'information JO → résultats en temps réel
- documents multimédia → enregistrement vidéo des épreuves, interviews
- guides de programmes disponibles → permettent de choisir
- il y aura en permanence des dizaines de milliers de clients pour chaque contenu, sur une période assez courte



## Exemple... (suite)

### ○ exemple de guide de programmes disponibles



- il y aura en permanence des dizaines de milliers de clients pour chaque contenu, sur une période assez courte



## Exemple ... (suite)

- les spectateurs sont équipés de terminaux multimédia légers, avec connectivité sans fil "haut débit"
  - UMTS (téléphonie sans fil cellulaire)
    - communications bidirectionnelles, débit correct
  - DVB-H (digital video broadcasting – handheld)
    - ≈ TNT (ou DVB-T) adaptée à des équipements portables et mobiles
    - communication haut débit, multimédia, unidirectionnelle
    - offre plusieurs canaux vidéo, des guides de programmes, des services de diffusion de fichiers

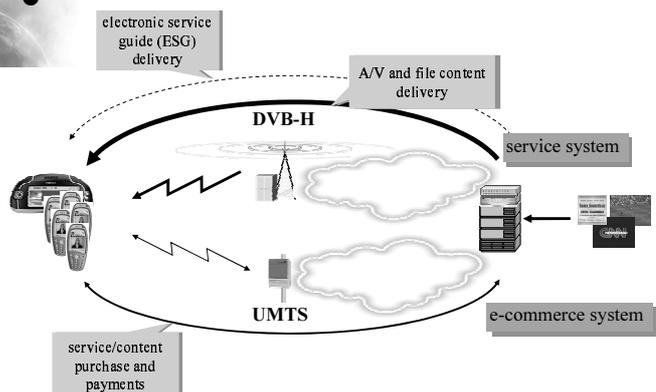


## Complémentarité UMTS / DVB-H

- UMTS
  - possède une voie de retour client → serveur
  - téléphonie, accès au Web, « multimédia »
- DVB-H
  - diffusion à grande échelle de contenus lourds
- certains mécanismes de fiabilisation du DVB-H et le « e-commerce » requièrent UMTS

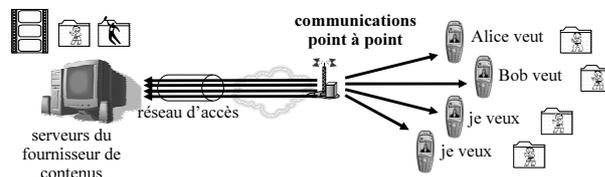


## Complémentarité UMTS / DVB-H... (suite)



## Introduction... (suite)

- comment transmettre ?
  - retransmissions en direct (streaming)
    - → les canaux TV du DVB-H sont fait pour !
  - et le reste (sites Web, flashes, enregistrements, guides de programmes) ???
    - l'UMTS permet à chacun de surfer sur le Web...
    - oui, mais à quel prix ?



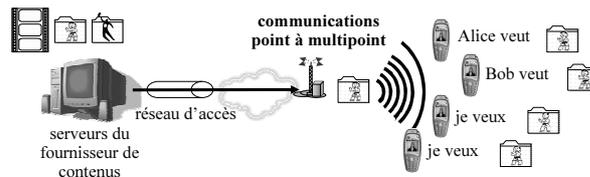
## Introduction... (suite)

- avec des communications point-à-point (ex. TCP), cela coïncide à plusieurs endroits
  - coté serveur
    - milliers/millions de clients à traiter individuellement, à qui retransmettre les données manquantes, etc.
  - coté réseau d'accès (liaison serveur-Internet)
    - débit<sub>par\_client</sub> = débit<sub>ligne</sub> / nb\_clients
    - avec des millions de clients, ce n'est pas beaucoup et cela coûte très cher !
  - coté réseau de distribution sans fil
    - transmissions hertziennes → médium partagé → transmettre un très grand nombre de fois le même contenu est (1) un gâchis, et (2) impensable avec de gros contenus/grand nombre de clients



## Services de diffusion de l'UMTS/DVB-H

- nouveaux services de diffusion de fichiers
  - UMTS : MBMS (Multimedia Broadcast Multicast Services)
  - DVB-H : IP Datacasting
- tous deux fonctionnent en mode point-à-multipoint (multicast, ou diffusion)
  - l'information traverse une seule fois un lien donné !



## Services de diffusion UMTS/DVB-H (suite)

- **bénéfices**

- coté serveur
  - passage à l'échelle massif si l'on utilise la bonne approche de transmission fiable (FLUTE et FEC)
- coté réseau d'accès
  - débit\_par\_client = débit\_ligne / nb\_contenus\_diffusés
  - avoir un millions de client ou un seul revient au même
- coté réseau de distribution sans fil
  - exploite pleinement les caractéristiques naturelles de diffusion du réseau hertzien
- les solutions reposent sur IP → **protocole fédérateur qui permet une intégration triviale Internet/WiFi/LAN/UMTS/DVB-H**



## Services de diffusion UMTS/DVB-H (suite)

- **diffusion vidéo en mode « streaming »**

- → les canaux TV du DVB-H sont fait pour
- typiquement RTP/UDP/IP
- tolère un certain niveau de pertes, présence de FEC

- **diffusion de fichiers (au sens large, Web inclus)**

- nouveau service
- repose sur de nouveaux protocoles/briques
  - FLUTE → application de transfert de fichiers
  - ALC → protocole transport multicast fiable
  - FEC → codes correcteurs d'erreurs

○ le tout au dessus de UDP/IP

○ l'objectif est une transmission **totale**ment fiable



## FLUTE/ALC

- **FLUTE décrit le contenu transmis**

○ les méta-données des fichiers de la session sont rassemblés dans la FDT (File Delivery Table)

○ exemple (XML/MIME) :

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<FDT-Instance xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-
instance"
  xmlns:fl="http://www.example.com/flute"
  xsi:schemaLocation="http://www.example.com/flute-
fdt.xsd"
  Expires="2890842807">
  <File Content-
Location="www.example.com/menu/tracklist.html"
  TOI="1"
  Content-Type="text/html"/>
  <File Content-
Location="www.example.com/tracks/track1.mp3"
  TOI="2"
  Content-Length="6100"
  Content-Type="audio/mp3"
  Content-Encoding="gzip"
  />
  />
    
```



## FLUTE/ALC... (suite)

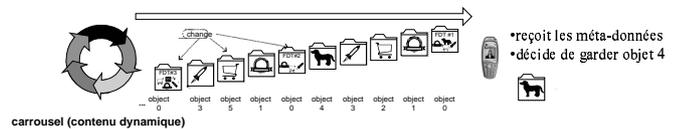
- **ALC effectue la transmission (transport)**

- **suit une approche de type « carousel »**

○ les contenus sont transmis en boucle, longtemps

○ → plusieurs cycles de transmission

○ chaque client « pioche » ce qui l'intéresse dans la session, grâce aux méta-données qui décrivent le contenu disponible



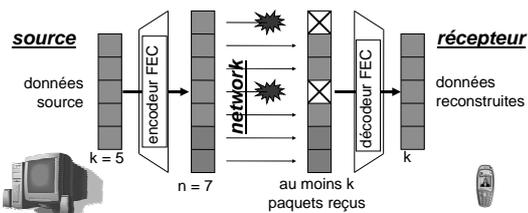
## FEC en un transparent

- **il y aura des pertes de paquets**

○ ex. un client est provisoirement déconnecté (tunnel, obstacle)

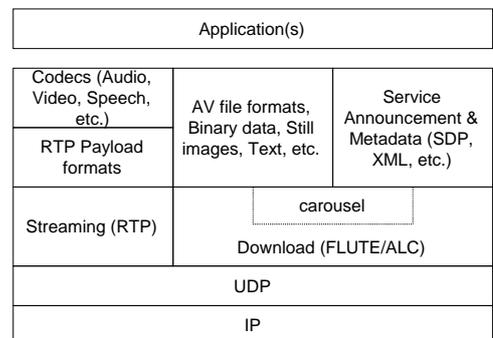
○ ex. le rapport signal/bruit est mauvais

- **la redondance apportée par le codage FEC permet de reconstruire les paquets perdus**



## La vue « complète » des piles de protocoles

- 



DVB-H: datagrammes IP sont encapsulés dans la partie données du flux MPEG-2 TS (Transport Stream) MBMS Bearer(s)



## **Pour finir...**

---

- les futurs réseaux UMTS/DVB-H ouvrent de nouvelles perspectives
  - services de diffusion à très large échelle
  - contenus lourds
  - accès permanent à toute information
- technologies relativement matures
  - FLUTE → RFC 3926 en novembre 04
  - ont beaucoup emprunté aux protocoles de l'Internet
- IP est la couche de convergence
  - approche unifiée Internet/WiFi/Lan/UMTS/DVB-H
  - apporte une énorme souplesse

