

Architectures de réseaux mobiles

Chapitre 1 Introduction & Historique

Stéphane Ubéda

INSA Lyon

Département Télécommunication

Services & Usages

Importances des réseaux mobiles

- Technologie relativement « ancienne »
 - Système d'aide à la navigation
- Technologie en pleine mutation
 - Introduction des systèmes de 3ème génération
 - Définition des systèmes de 4ème génération
- Enjeu économique
 - Potentiel énorme, croissance exponentielle
- Enjeu social
 - Momadisme, télétravail, zone non rentable

En savoir plus...

- Réseaux radiomobiles
 - Sami Tabbane, *HERMES*
- Wireless communications
 - Theodores Rappaport, *Prentice Hall*
- GSM Switching, Services and Protocoles
 - Eberspächer & Vögel, *John Wiley & Sons*
- Réseaux GSM-DCS
 - Lagrabde, Godlewski & Tabbane, *HERMES*
- Mobile Radio Networks, Networking & Protocols
 - B. H. Walke

Organisation du cours



- Présentation des principes fondamentaux
 - Conception et déploiement
 - Gestion des ressources
 - Gestion de la mobilité
- Présentation des architectures classiques
 - Réseaux fixes et mobiles
- Illustration à l'aide de GSM
 - De loin le plus complet...

Architectures de réseaux mobiles

PARTIE I : historique



La mobilité

- Révolution des années 1980
 - Technologie
 - Sociologie
- Particularité la plus importante
 - Visibilité pour le grand public
- La demande précède l'offre
 - Objet plus simple qu'un micro-ordinateur

Déréglementation

Les grandes phases



- Phase I : fondements théoriques
 - Cf cours signal
 - 1898, Marconi, première communication mobile entre une île et un bateau
- Phase II : développement des applications
- Phase III : systèmes pour le grand public
- Evolution actuelle

Phase II : applications

- 1902 : première station mobile de télécommunication
 - US Army, 1 kW, 2 chariots
- 1920 : communication radiomobile professionnelle
 - Taxis, pompiers, services maritimes
- 1950 : explosion des communications mobiles professionnelles
 - 1950 US 100.000 1960 US 10 Millions

Phase II (suite)



- Premier réseau mobile public cellulaire
 - 1958 en Allemagne
 - A-Netz
- Systèmes Trunk
 - PMR (Professional Mobile Radio)
 - ou encore 3RP (Réseaux Radio à Ressources Partagées)
 - Explosion dans les années 70...

Phase II (suite)



- Nécessité d'une organisation internationale
 - 1906 : première World Administration Radio Conférence (qui deviendra WRC/CMR)
 - 1912 : réglementation de la bande de fréquence en dessous de 3 MHz

Réseaux Radio-électriques à Ressources Partagées

- Réseaux privés de radiotéléphonie
 - Fermés avec parfois une autorisation de connexion aux réseaux public
- Partage dynamique de fréquences
 - attribution à tour de rôle
 - communications courtes et half-duplex
 - Bande 150-400 MHz
- France télécom : Praxiphone et Héliophone

Phase III : les systèmes grand public

- Systèmes cellulaires
 - 1970, développement des systèmes analogiques
- Systèmes sans cordon
 - Débute dans les années 80, dépasse le téléphone fixe
- Messagerie unilatérale
 - Débute dans les années 1990, en cours de disparition

Exemple de réseaux cellulaires analogiques

	C 450	MNT 450	NMT 900	TACS	E-TACS	AMPS
Pays	Allemagne	Scandinavi	Scandinavi	UK	UK	USA
Organisme de standardisation	DBP Telekom	-	-	CRAG	CRAG	FCC
Année d'introduction	1985	1981	1986	1984	-	1983
UpLink (MHz)	450.3-454.74	453-457.5	890-915	935-915	872-905	824-849
DownLink (MHz)	461.3-465.74	463-467.5	935-960	935-960	917-950	869-894
Channel spacing (KHz)	20	25	25	25	25	30
Duplex range (MHz)	11	10	45	45	45	45
Méthode d'accès	FDMA	FDMA	FDMA	FDMA	FDMA	FDMA
Modulation	FSK	FFSK	FFSK	PSK	PSK	PSK
Mobile Assited Handover	oui	non	non	non	non	non
Fréquences	222	180	1000	1000	1320	833
Débits données	2.4	-	-	-	-	2.4

Exemples de réseaux cellulaires numériques

	GSM	DCS 1800	D-AMPS	CDMA	PDC
Pays	Europe	Europe	USA	USA, Korea	Japon
Organisme de standardisation	ETSI	ETSI	TIA 54	TIA 95	MPT
Année d'introduction	1992	1993	1991	1995	-
UpLink (MHz)	890-915	1710-1785	824-849	824-849	810-826
DownLink (MHz)	935-960	1805-1855	869-849	869-894	940-956
Channel spacing (kHz)	200	200	10	1230	25
Duplex Range (MHz)	45	95	45	45	130
Méthode d'accès	FTDMA	FTDMA	FTDMA	CDMA	FTDMA
Modulation	GMSK	GMSK	PI/4 PQJPSK	QPSK/DQPSK	PI/4 PQJPSK
C/I min (dB)	9	9	12		13
Codec voix	RPE-LPC-LTP	RPE-LPC-LTP	VSELP	ADPCM	VSELP
Débit voix	13	13	7.25	8.55	6.7
Fréquences	124	374	832	10	1600
Time slots/freq	8	8	3	-	3
Débits données	9.6	9.6	8	?	9.6-14.4
Vitesse max mobile	250	250	100	100	100

Les systèmes cellulaires

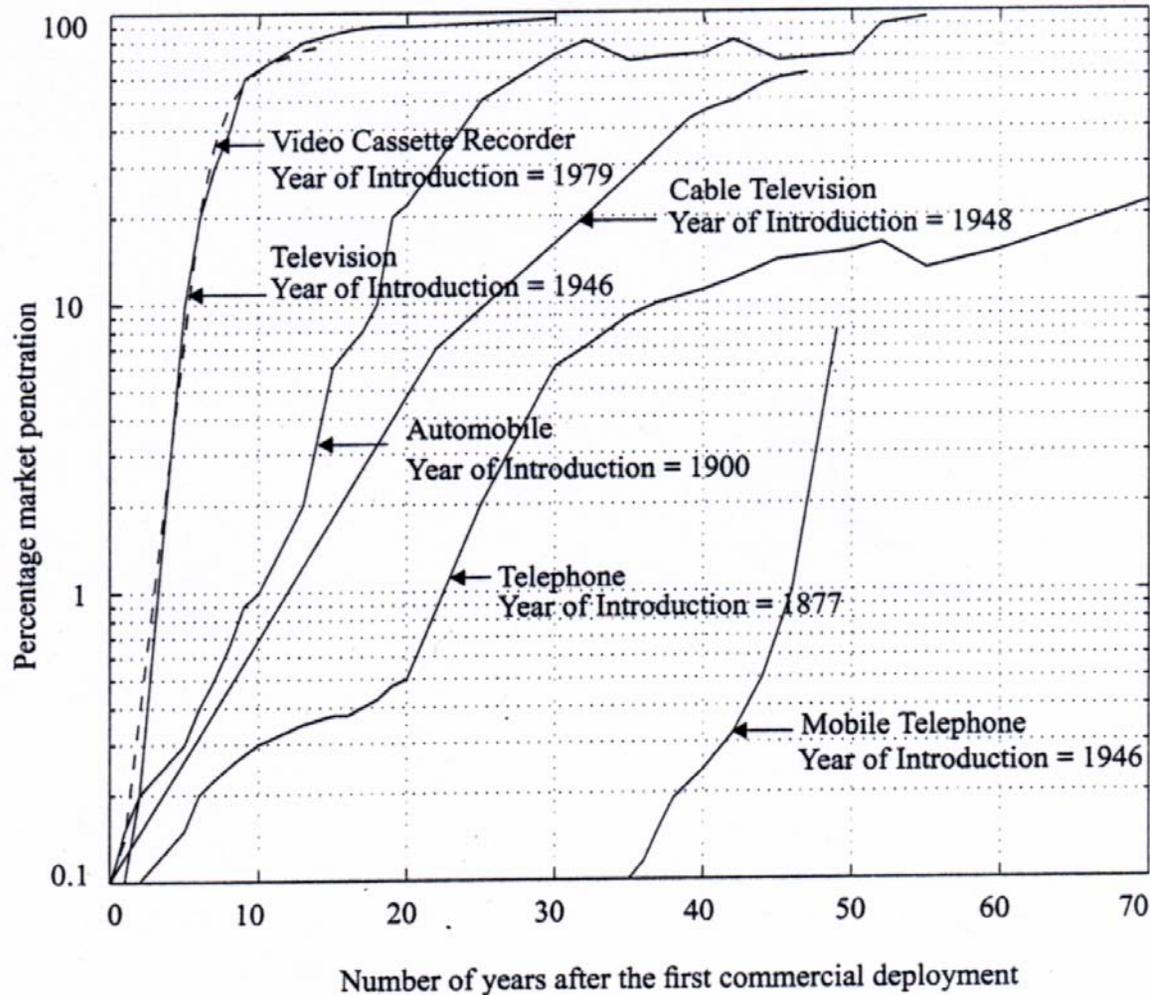
- AMPS : Advanced Mobile Phone Service
 - USA
 - HCMTS : High Capacity Mobile Telephone System
 - Japon
 - NMT : Nordic Mobile Telephone system
 - Pays scandinaves
 - Radiocom 2000
 - France
 - TACS : Total Access Communications Systems
 - Angleterre
 - C450
 - Allemagne
- Etc...**

ANALOGIQUE

Les systèmes cellulaires

- GSM, DCS, IS95, IS98... UMTS
 - Grand public
- TETRA/TETRAPOL
 - Professionnel
 - CT2, DECT, PHS
 - Sans cordon
- MOBITEX
 - WAN
 - IEEE 802.11, HIPERLAN
 - LAN

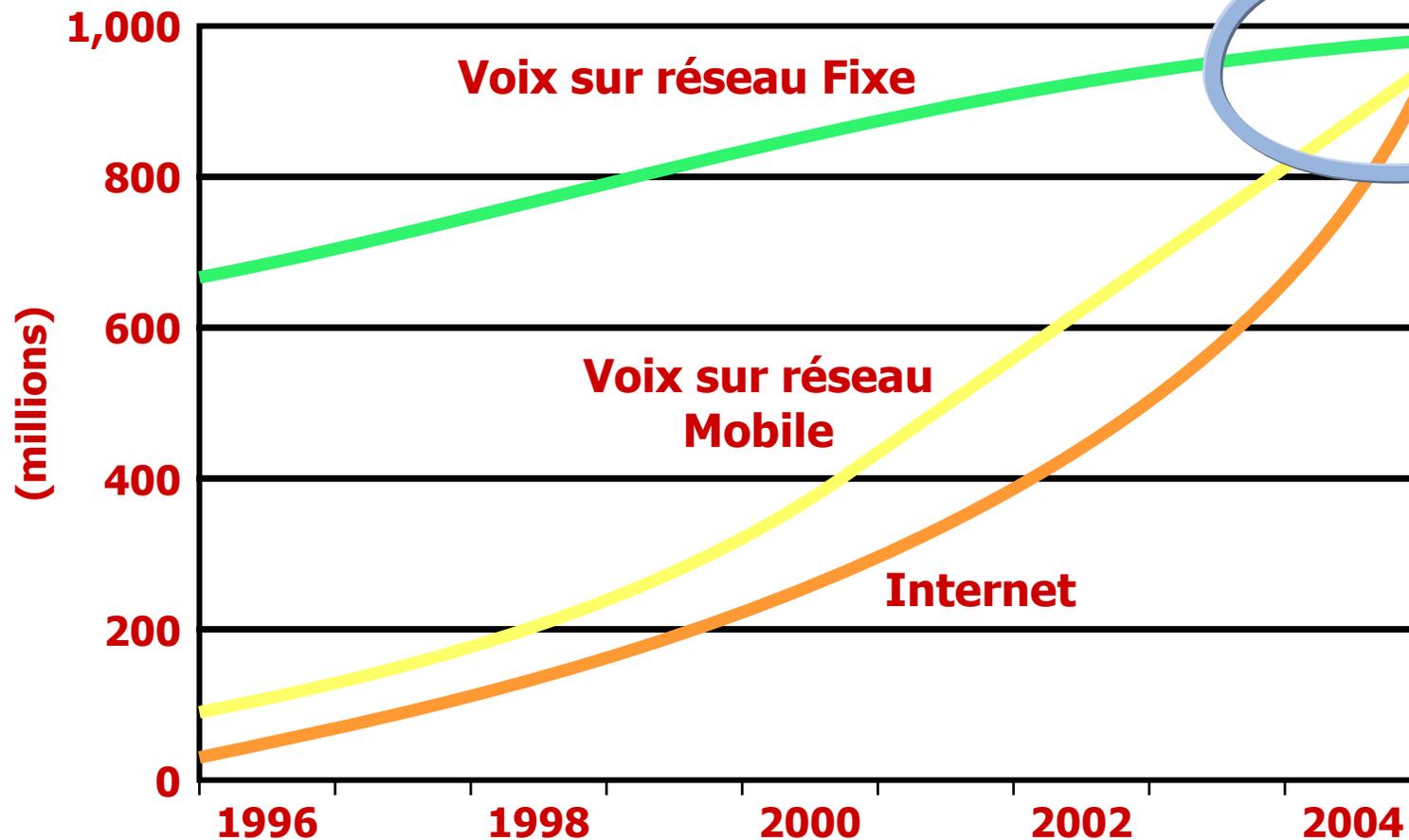
Evolution des marchés



Marché mondial

Source :

ERICSSON 



Evolution des équipements

- Avant 1930, tubes à cavités
 - Seul le récepteur est mobile
- 1930, émetteur-récepteur VHF sur véhicule
- 1950, circuits intégrés
 - communication portable (militaire)
- 1957, transistor
 - Réduction du poids, de la consommation
 - Equipements portables civils

Equipements modernes



- 1970, VLSI partout (processeur)
- Réduction du volume
 - Ex GSM : 350 cc en 92, 100 cc en 1997
- Allongement de l'autonomie
- Réduction du prix
 - Nombre de composants 1000 en 1992 à 500 en 1997
 - Prix des composants chutent

International Telecommunication Union

- Divisée en 3 régions
 - Europe/Afrique/Moyen orient
 - Amériques/Groendland
 - Asie/Océanie
- Divisée en 3 secteurs
 - ITU-R : radiocommunications
 - ITU-T : normalisation
 - ITU-D : développement des télécommunications

ITU-R

- Traite les questions
 - techniques, opérationnelles, réglementaires
 - Exception : interconnexion avec les réseaux publics
- Supervise
 - International Frequency Registration Board
- Organise
 - World Radiocommunications Conference

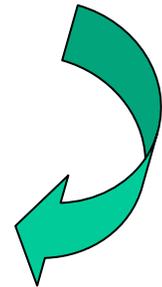
Organismes européens



- ETSI
 - European Telecommunication Standard Institute
 - Publication des normes
 - Organisée en comités techniques
- CEPT
 - Conférence Européenne des Postes et Télécommunications
 - Partie radio : ERC, European Radio Committee

Le futur (très proche)

- Convergence des systèmes radiomobiles
 - UMTS
 - Universal Mobile Telecommunications System
 - FPLMTS
 - Futur Public Land Mobile Telecommunications System
 - IMT2000
 - International Mobile Telecommunications



Objectifs des réseaux mobiles



- Offrir une large couverture
 - Génération 0 : une ville
 - Génération 1 : un pays
 - Génération 2 : un continent
 - Génération 3 : le monde
- Offrir un service à de nombreux usagers
- Intégrer de plus en plus de services

Radio Messagerie

- Messages de taille fixe (240 octets)
- Station vers mobile uniquement
- Terminaux de type agenda électronique
- HP & Motorola
 - Mise à jour de fichiers
- Alphapage, TDF Operator,...
- Projet de norme Ermes de l'ETSI
 - fichiers et messages de 9Ko

Pointel ou Bi Bop

- Transmission de la voix (numérique)
 - Eventuellement des données
- Communication full-duplex
 - Mais, connexion manuel au réseau
 - Obligation de se rapprocher d'une borne
 - Mouvement limité à la zone de service de la borne
- Faible consommation d'énergie
 - Intégration sur ordinateur (Mac Powerbop)

Les réseaux 3RD

- Mis en œuvre aux US, Scandinavie, Angleterre
- Analogie avec Transpac
 - Même type de marché
 - Commutation de paquet
- Mobitex d'Ericsson - Data Tac de Motorola
- France, basé sur Mobitex, 2 réseaux
 - France Télécom Mobiles Data et TDR (cofira)

Les réseaux Mobitex

- Développé par Ericsson
 - Utilisé en Suède depuis 1986
- Standard international de fait
 - Transmission 8000 bits/s
 - Taille des paquets 512 octets
- Réseaux hiérarchiques (type GSM)
 - Station de base, commutateurs régionaux et commutateur principal

Réseaux Mobitex (suite)

- Accès aux commutateurs par les réseaux fixes : X25, TCP/IP, SNA, IBM AS400, DECNET, RNIS etc...
- Communication 400-430 MHz
- La couche transport
 - Standard (acquiescement, paquets, diffusion)
 - ou au soin de l'utilisateur du réseau
- Plusieurs protocoles (MASC, AT, X28...)

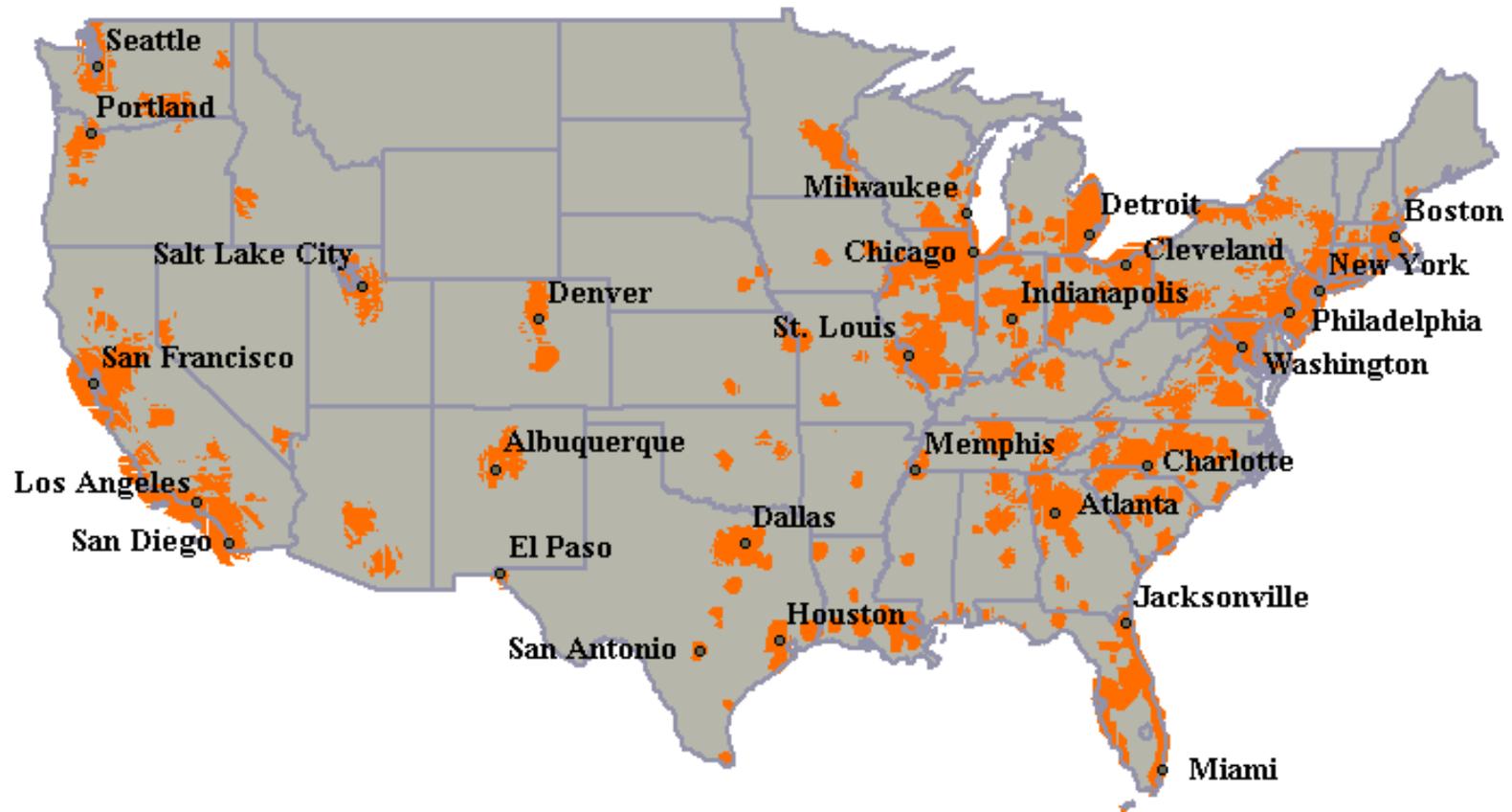
Réseaux Mobitex (Suite)

- Une communauté encore active !
 - <http://www.mobitex.org>
- Dans le monde (2001)
 - 30 réseaux, dans 23 pays
 - Public : USA, Canada, Belgique, Suède etc...
- En France
 - Un seul réseau privé : RATP

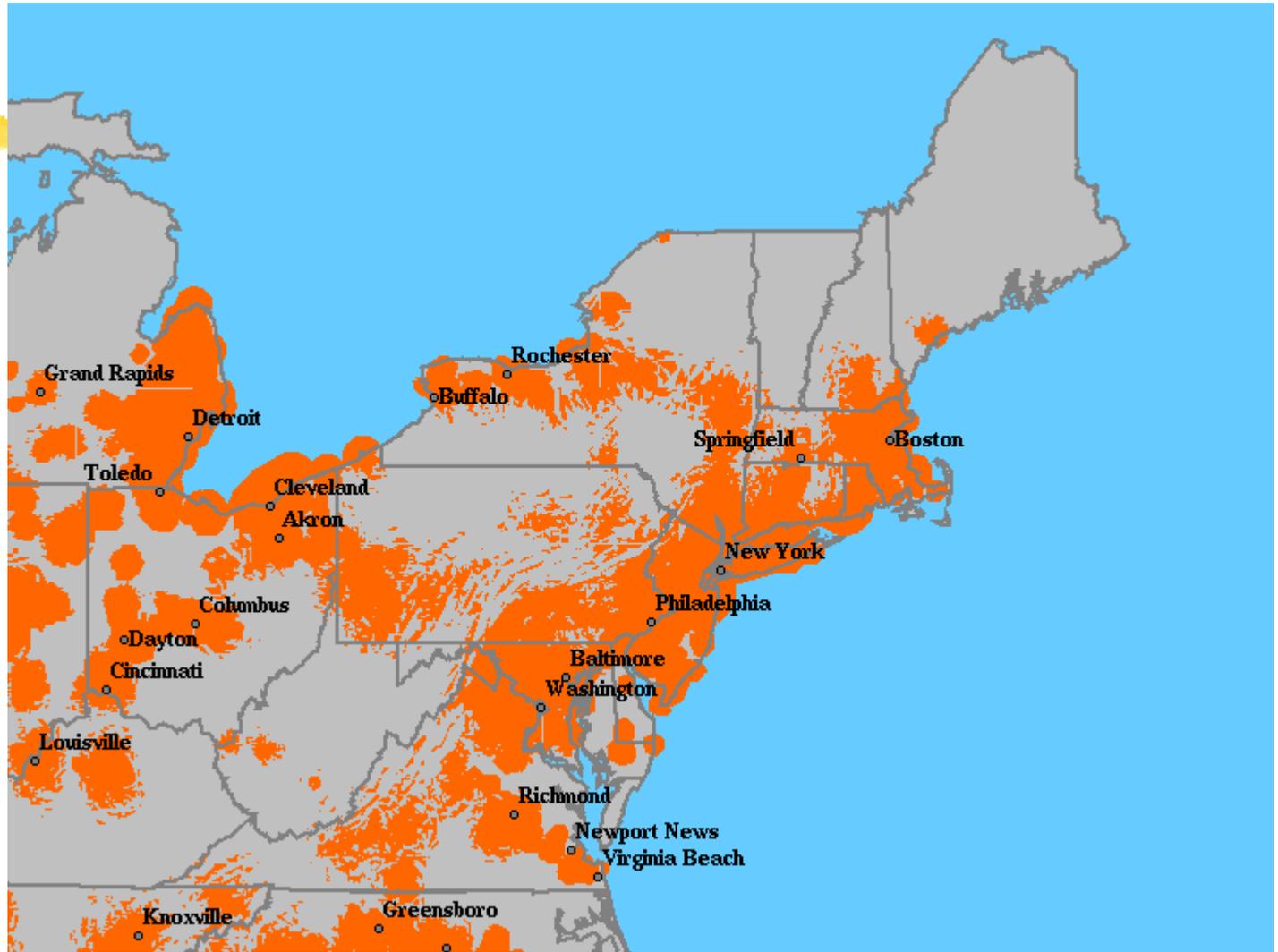
Mobitex : exemple

- Opérateur américain : Cingular Interactive
- Services grands public :
 - Email + messagerie dédiée
 - Connexion Palm VII
 - Diffusion d'informations : bourses, stock alerts
- Services entreprises :
 - Email + messagerie dédiée + sécurité
 - Applications B2C et B2B
 - Diffusion d'informations : bourses, stock alerts

Cingular interactive



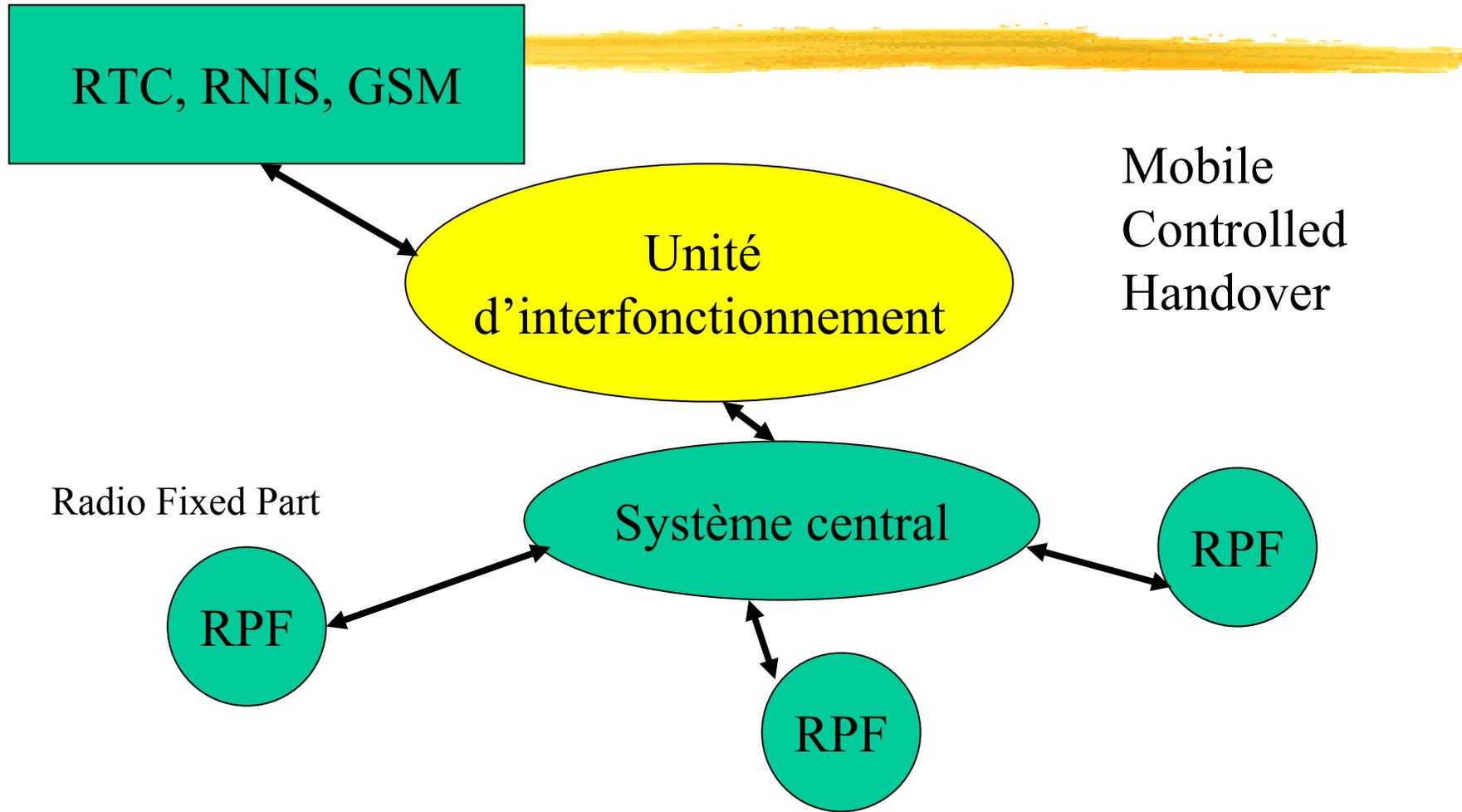
Cingular Interactive



La norme DECT

Fréquence	1,8-1,9 GHz
Nbre de fréquences	10
Canaux/porteuse	12 Duplex
Assignation canal	Dynamique
Technologie	Numérique
Portée	50-500 m
Séparation porteuse	1,728 MHz
Transmission	TDMA
Puissance porteuse	250 mW
Puissance canal	10 mW
Débit maximal	1,5 Mbits/s
Longueur de trame	10 ms

Réseau DECT



Réseaux à bas débits

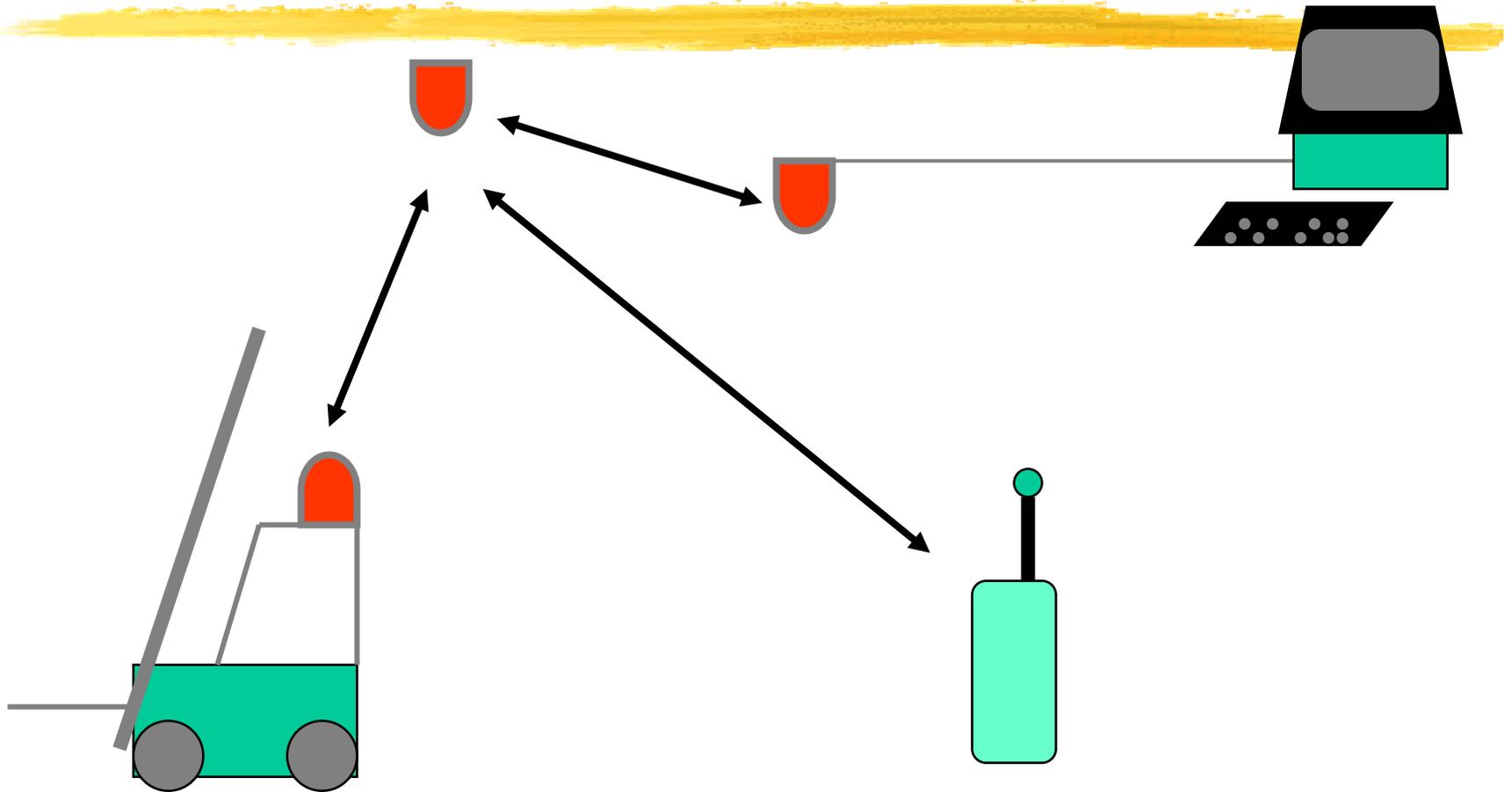


- Systèmes embarqués sur chariots de manutention
- Limité à des échanges de fichiers
- Nécessitent le plus souvent un ordinateur assurant la gestion du réseau
- Radio ou infrarouge
- Plusieurs normes

Bas débit à infrarouge

- Réseau câblé ou libre
- Vitesse de transmission :
 - 9600 à 115000 bits/s
- Un protocole spécial : le 3 échos
 - Sur réception d'un télégramme (16 bits)
 - Echo 1 : réémission vers l'expéditeur
 - Echo 2 : réémission de l'expéditeur vers le récepteur
 - Echo 3 : réémission vers l'expéditeur

Réseau infrarouge

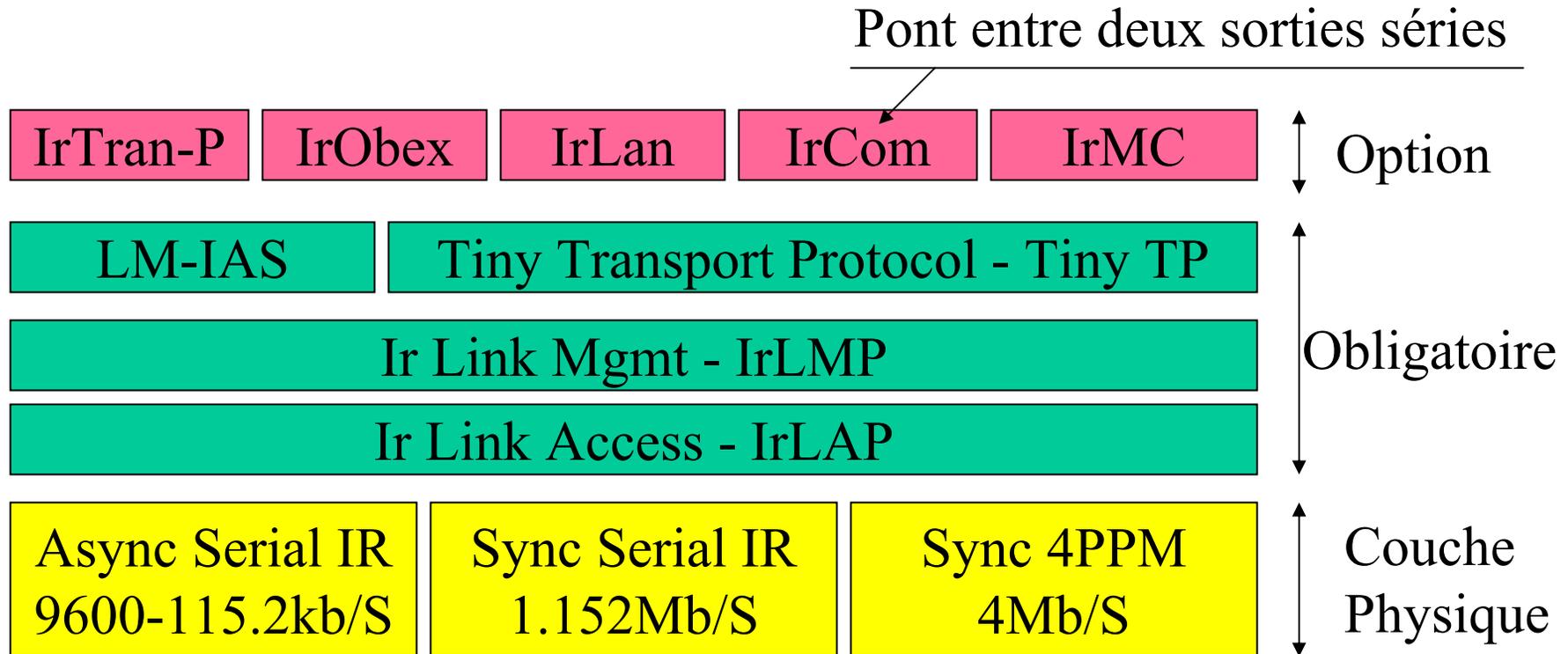


Standard IrDA



- Objectifs
 - Très courte portée : 1 mètre
 - Hauts débits : jusqu'à 4 Mbit/s
 - Fiable coût
 - Diffusion large dans tous les périphériques
- Création de
 - Infrared Data Association (IrDA)

IrDA pile protocolaire



Rôle des couches IrDA

- IrLAP : établissement de la connexion
- IrLMP : multiplexage des liaisons
- IAS : accès aux services, pages jaunes
- Tiny TP : segmentation, contrôle de flux
- IrCOMM : port série et parallèle émulés
- IrOBEX : proche de HTTP
- IrTran-P : échange d'images/vidéo
- IrMC : échange avec un téléphone mobile
- IrLan : connexion à un LAN

Caractéristiques couche physique

- Transmission de 9,6kb/s à 4Mb/s
- CRC-16 ou CRC-32 (pour le 4Mb/s)
- Chargé de la négociation sur la vitesse
- Paquet HDLC + 2 flags au début



Frame abort : après 7 échecs !!!

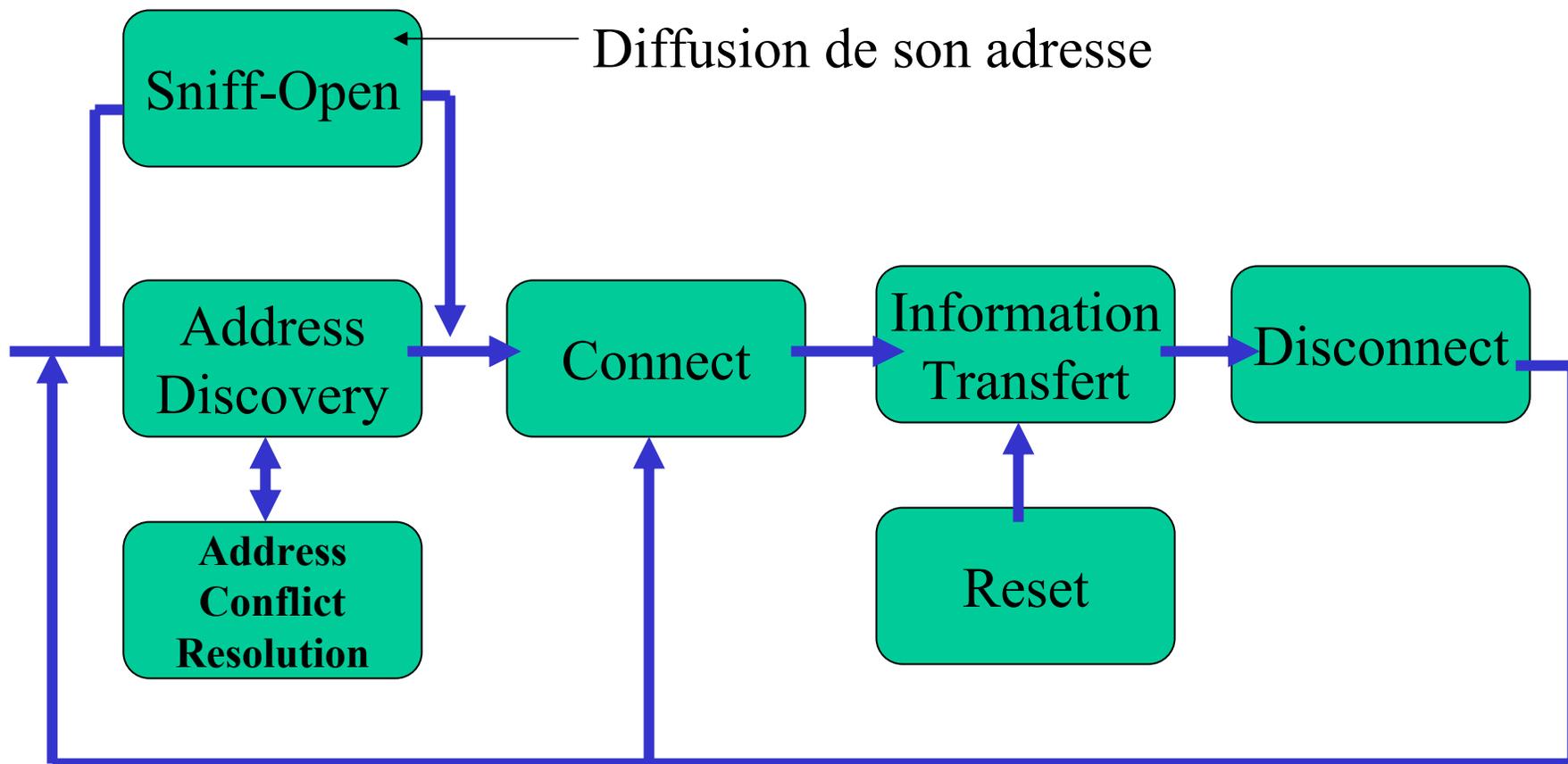
Particularités

- Half-duplex : les Full-duplex sont simulés
- Cône de transmission : $2 \times 15^\circ$
- Point-à-point uniquement
- Source cachée : on est à portée, mais pas encore dans l'axe et lenteur des protocoles
- Pas de détection de collision... les protocoles de haut niveaux se débrouillent...

IrDA : maître-esclave

- Deux périphériques doivent prendre chacun un rôle (couches basses uniquement) :
 - Primary station : initie la communication par une « command frame » et contrôle le flux entre les deux équipements
 - Secondary station : ne répond que lorsqu'on l'interroge
- Personne ne transmet plus de 500ms

Négociation « services discovery »



Les réseaux VSAT

- Very Small Aperture Terminal
- Trois éléments
 - Station principale ou hub
 - Concentrateur d'information
 - Alimenté par un réseau haut-débit
 - Satellite
 - Géostationnaire, liaison intersatellite
 - Micro-stations
 - Antennes parabolique 1.2 à 3.7 mètres

Avantages de VSAT



- Tarification insensible
 - à la distance,
 - aux nombres de communication simultanées
- Diffusion simultanée à plusieurs centaines de micro-stations
- Souplesse d'utilisation
 - installation en deux heures

Un réel succès

- Dans le domaine du transport
- Dans le domaine de la sécurité
 - Ajout de la fonction GPS
 - Global Positionnement System
- Entre 10 et 20 offres de services VSAT
- Performances liés aux nombres de satellites
- Projet Iridium, Motorola (orbite basse 750km)
 - 77 satellites : téléphones, messagerie, localisations

Réseaux publics



- Radio téléphonie cellulaire
 - Analogique ou numérique (GSM/DCS)
- Pointel ou Bi Bop
 - Norme mondiale CT2 ou ETS 300-131
- Réseaux 3RD
 - Réseaux Radio-électrique Réservés aux Données
- Réseaux 3RP
 - Réseaux Radio-électrique à Ressources Partagées

Usage des VSAT



- Le faible débit de communication limite l'usage à deux cas de figures
 - Pays ayant une infrastructure au sol très pauvre
 - Connexion terrestre impossible pour cause d'éloignement ou de réglementation internationale
- Principaux clients : les multinationales

Antenne VSAT

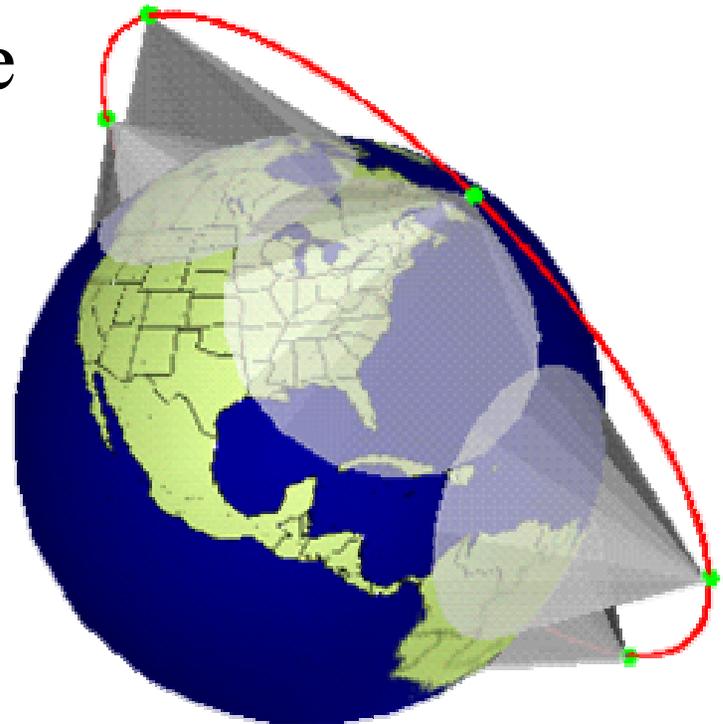


Info sur le
VSAT forum

<http://www.gvf.org>

Satellite à orbite basse

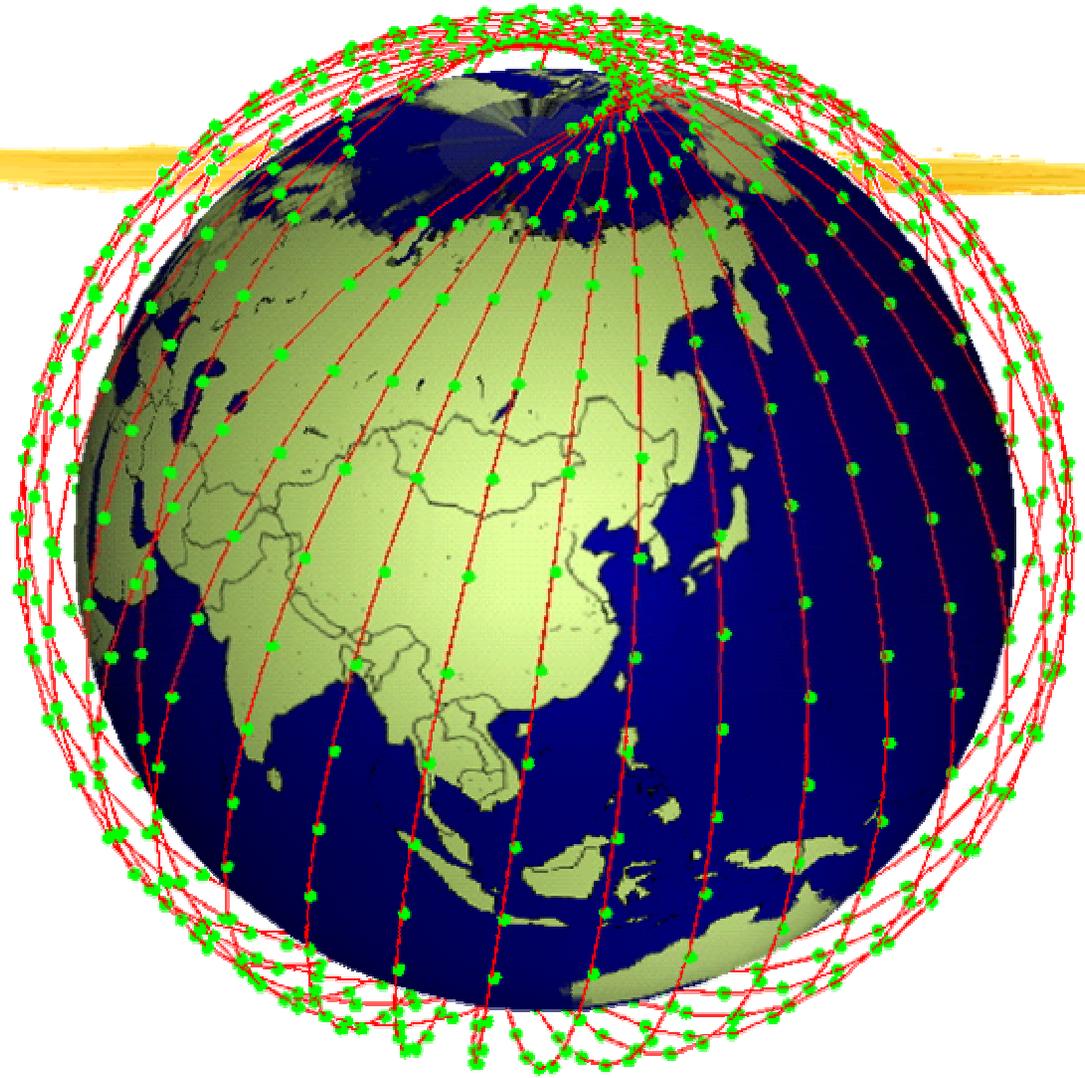
- LEO = Low Earth Orbit
- Objectif : constellation de satellites
- Une seule : Iridium
- En cours : Télédésic, globalstar



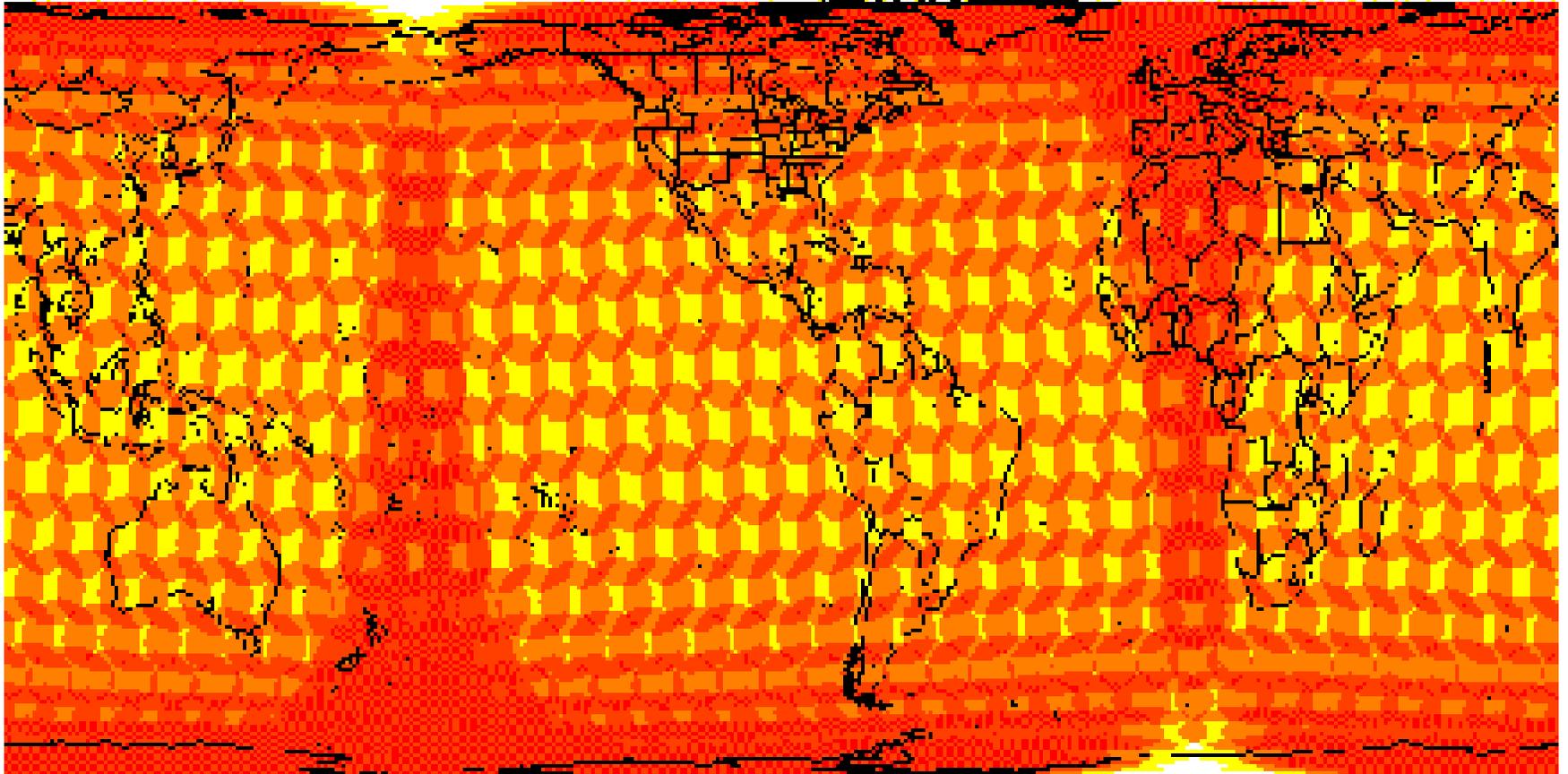
Télédesic

- Projet de Bill Gates
 - Emissions dans la gamme 20-30 GHz
- 840 satellites
 - 21 orbites, 700 km
- Pas de vente directe aux usagers finaux
 - Mobile en véhicule
 - Mode DAB

Télédesic



Télédesic

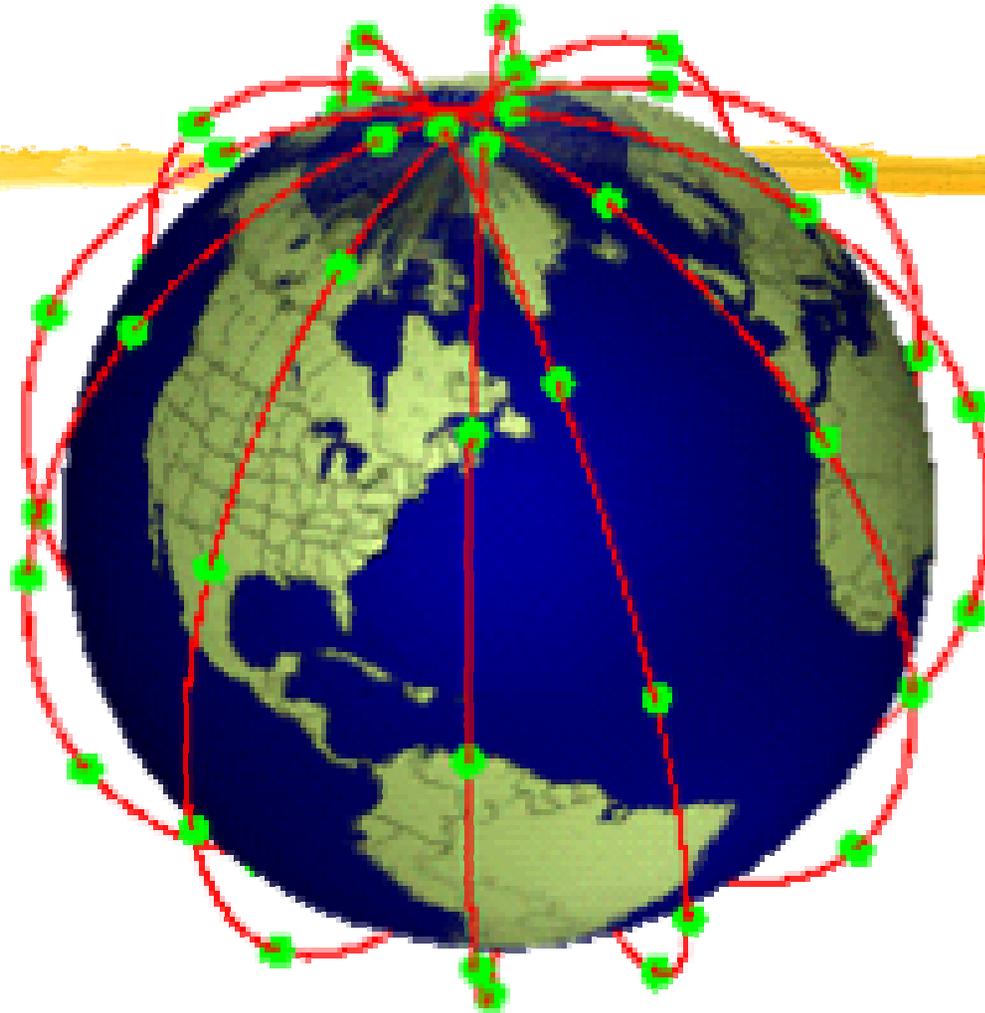


Iridium

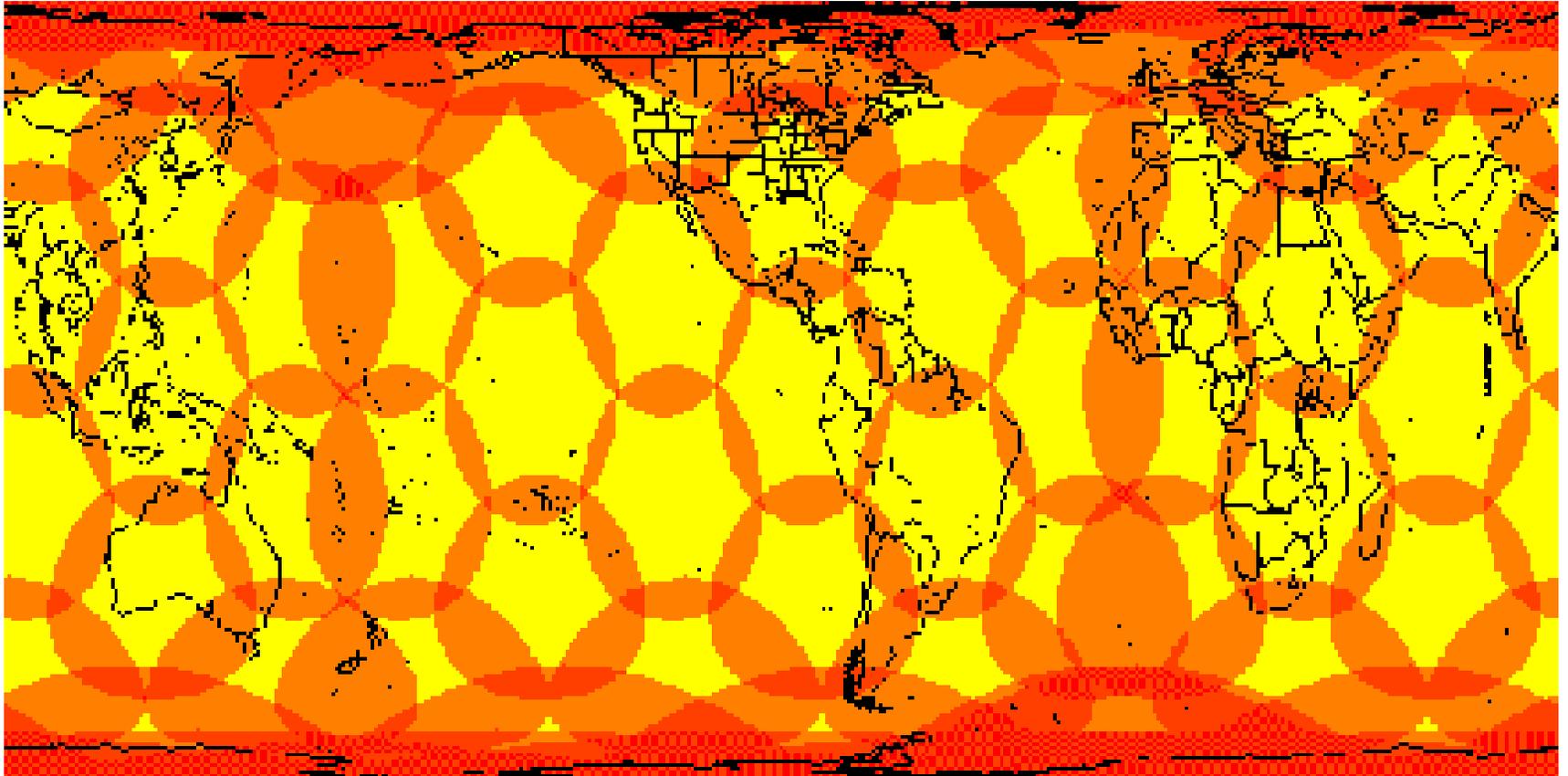
- Consortium piloté par Motorola
- 66 satellites sur 6 orbites polaires
- Objectif : 1^{er} opérateur grand public

Echec

Iridium



Iridium

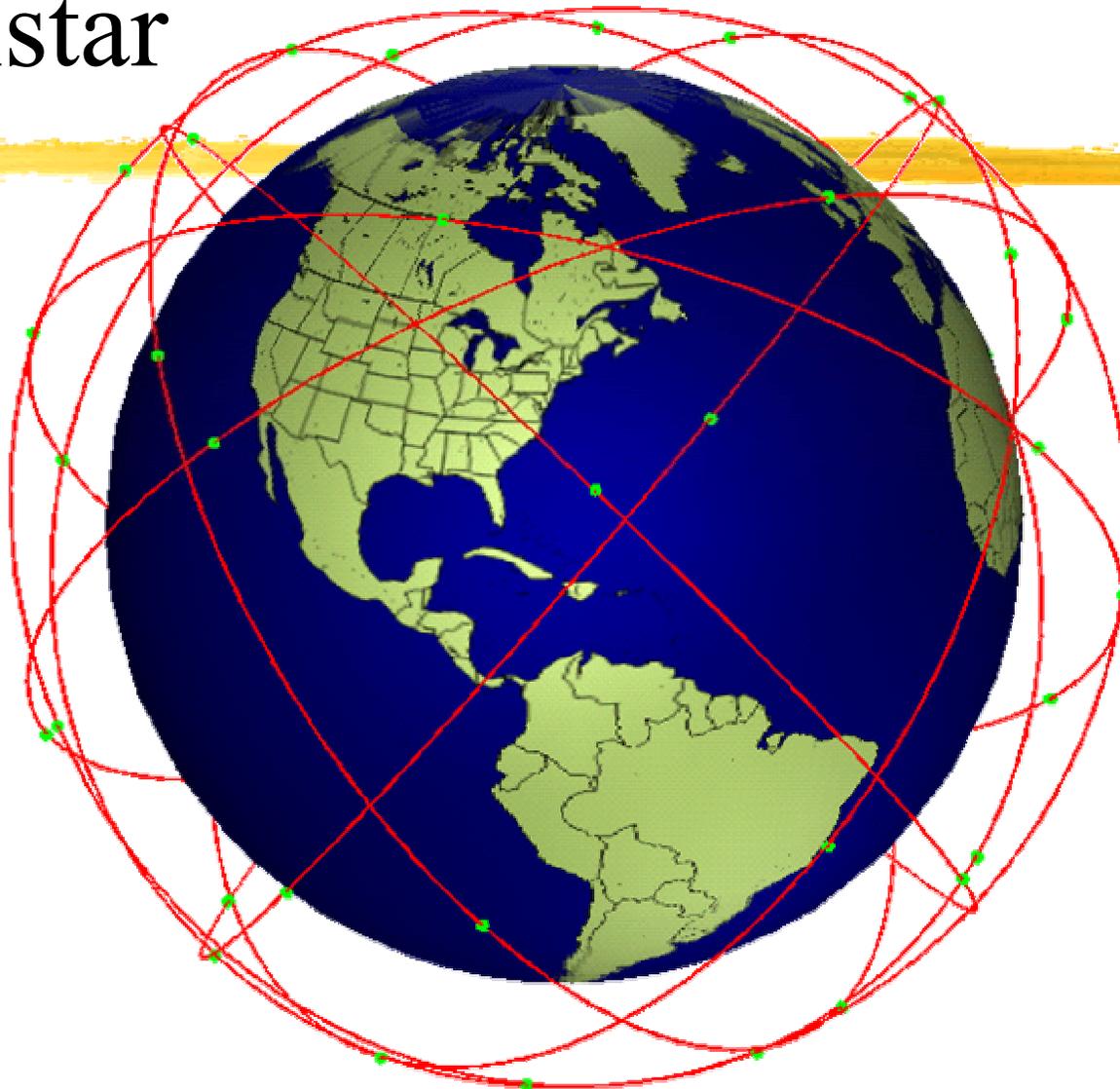


Globalstar

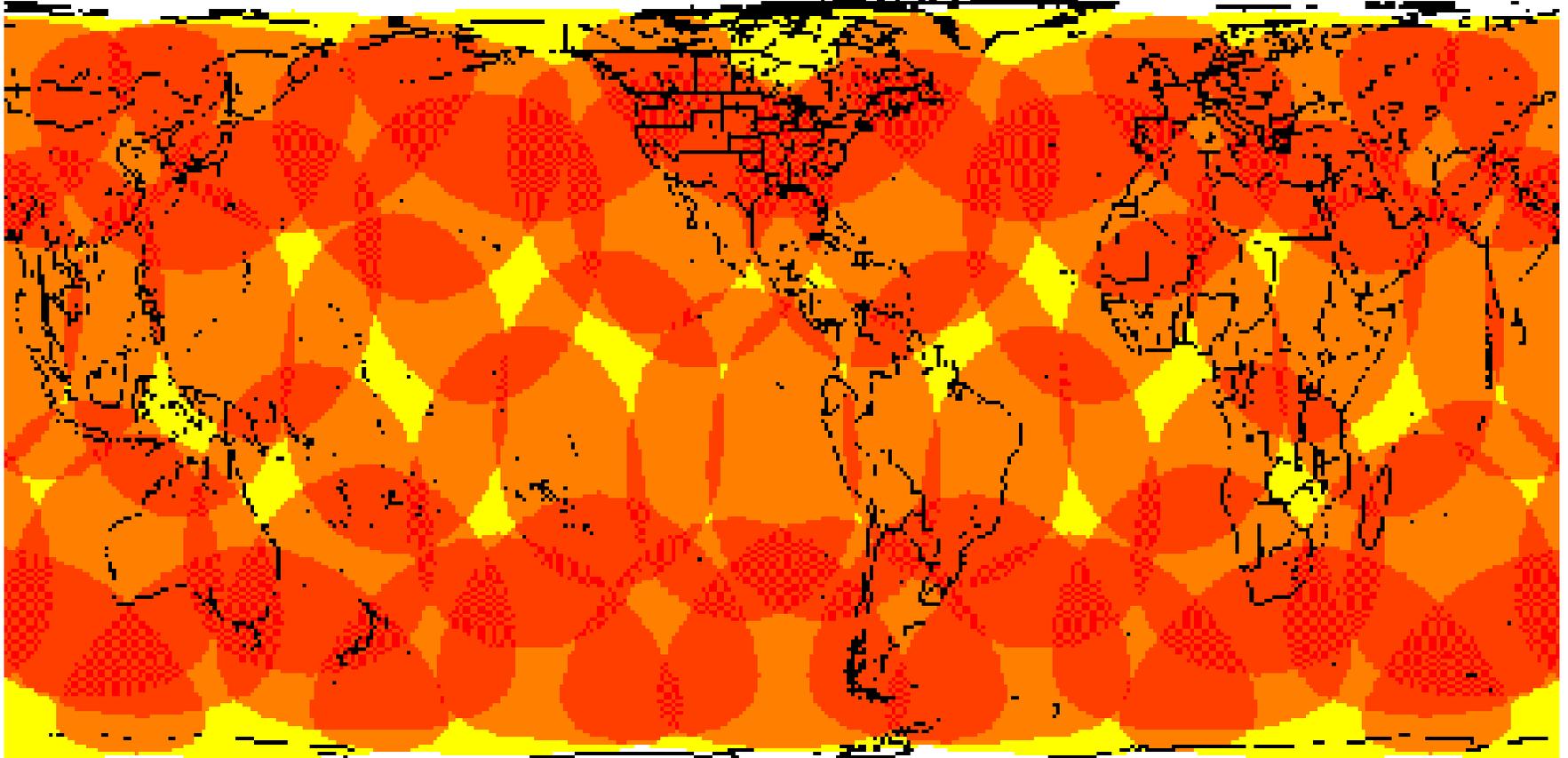
- Loral & Qualcomm
 - Mais aussi Alcatel...
- 48 satellites en orbites inclinées
 - Deux satellites à tout instant
 - (handover)

Wait & See

Globalstar



Globalstar



Beaucoup de projets...



- Ellipsat
- Orbcomm
- Odyssey
- Aries

Les systèmes 3G

- Augmenter la couverture sans augmenter l'infrastructure terrestre
- Ajout d'une interface de communication satellitaire
- Les problèmes :
 - Impact du segment de communication spatiale
 - Interconnexion de réseau complexe
 - Handover complexe

UMTS : le mobile



UMTS : les services



Téléphonie mobile et satellite

