

# Les réseaux sans-fil : IEEE 802.11

# Les réseaux sans-fil : IEEE 802.11

Historique

# Historique

- ▶ 1er norme publiée en 1997
  - ▶ Débit jusque 2 Mb/s
- ▶ En 1998, norme 802.11b, commercialement appelée WiFi (*Wireless Fidelity*)
  - ▶ Débit jusque 11 Mb/s
- ▶ Apparition de la norme 802.11g en 2003
  - ▶ Débit jusque 54 Mb/s
  - ▶ De nos jours, la plus usitée

# Les différentes normes (1)

- ▶ 802.11a (ou WiFi 5)
  - ▶ Bande de fréquences utilisées : 5 Ghz
  - ▶ Débit max. théorique : 54 Mb/s
  - ▶ Porté max. théorique : 100 m
- ▶ 802.11b (ou WiFi)
  - ▶ Bande de fréquences utilisées : 2,4 Ghz
  - ▶ Débit max. théorique : 11 Mb/s (débits supportés : 1, 2, 5.5 et 11 Mb/s)
  - ▶ Portée max. théorique : 300 m
- ▶ 802.11c : Bridge Operations Procedures
- ▶ 802.11d : Global Harmonization
  - ▶ Adresse les problèmes légaux

## Les différentes normes (2)

- ▶ 802.11e : MAC Enhancements for QoS
- ▶ 802.11f : Inter Access Point Protocol
  - ▶ Améliore la qualité de service (QoS) pour les utilisateurs itinérants
- ▶ 802.11g : Physical Layer Update
  - ▶ Débit max. de 54 Mb/s sur du 802.11b
  - ▶ Débits supportés : 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9 et 6 Mb/s
- ▶ 802.11h : Spectrum Managed 802.11a
  - ▶ Dédié aux problèmes légaux européens liés à l'utilisation de la bande des 5 Ghz
- ▶ 802.11i : MAC Enhancements for Enhanced Security
  - ▶ Amélioration de la sécurité des protocoles utilisés en 802.11b
- ▶ 802.11n : Débit annoncé supérieur à 100 Mb/s (voir 600 Mb/s ? )
  - ▶ Actuellement version Draft 2

# Avantages du WiFi

- ▶ Norme internationale maintenue par l'IEEE et indépendante d'un constructeur en particulier
- ▶ Fonctionnement similaire à Ethernet
  - ▶ Évite le développement de nouvelles couches réseaux spécifiques
- ▶ Rayon d'action important (jusque 300m, en champ libre)
- ▶ Débit acceptable
- ▶ Mise en oeuvre facile
  - ▶ Pas de travaux, pas de nouveau câblage
  - ▶ Pas de déclaration préalable dans la plupart des pays
  - ▶ Pas de licence radio à acheter
  - ▶ Coût d'une installation faible : environ 30 € pour une carte wifi et 100 € pour une borne.

## Quelques inconvénients

- ▶ Les plus gros constructeurs proposent des normes propriétaire
  - ▶ 802.11b+ (Dlink) ou Turbo (3Com/US Robotics) : Extension à 22Mb/s dans la bande des 2,4Ghz
  - ▶ 802.11g Turbo à 100Mbps (annoncé en Mai 2003)
  - ▶ 802.11 Pre-n ou 802.11 Draft-n, ...
    - ▶ Seront-ils compatibles avec la version finale du 802.11n ?
  - ▶ Intégration de nouvelles extensions, incompatibles avec les normes actuelles

# Les réseaux sans-fil : IEEE 802.11

## Leur fonctionnement



# Principes radioélectriques

- ▶ Basé sur une technologie militaire
  - ▶ Objectif : limiter la détection des stations en émission
  - ▶ L'émission s'effectue sous le niveau de bruit et nécessite la connaissance de l'algorithme de modulation pour être détecté
- ▶ Utilisation d'un spectre étalée
  - ▶ Plage de fréquences relativement large pour les émetteurs
  - ▶ Moins sensible aux interférences qu'en spectre étroit
- ▶ Malheureusement, toutes les cartes du marché connaissent l'algorithme de modulation et peuvent détecter les émetteurs
- ▶ Dans la 1<sup>ère</sup> norme (802.11b), 2 types de modulations utilisés
  - ▶ DSSS (*Direct-Sequence Spread Spectrum*)
  - ▶ FHSS (*Frequency-Hopping Spread Spectrum*)
- ▶ Dans les suivantes, seule DSSS est utilisée

# Frequency-Hopping Spread Spectrum (FHSS)

- ▶ Utilisation d'une modulation à saut de fréquence, sur spectre étalé
  - ▶ Divise le signal radio en « petit » segments
  - ▶ Saute d'une fréquence à une autre, plusieurs fois par seconde pour l'émission des segments
  - ▶ L'émetteur et le récepteur définissent l'ordre dans lequel ils vont utiliser les fréquences
- ▶ Faibles interférences entre les différents couples émetteur-récepteurs car faible probabilité d'émission sur le même sous-canal à un même instant
- ▶ Dans la bande des 2.4Ghz sans licence, 75 sous-canaux de 1 Mhz chacun
- ▶ Mais transmission relativement lente

## Direct-Sequence Spread Spectrum (DSSS)

- ▶ Utilisation de la méthode baptisée séquence de Barker à 11 chips
  - ▶ Étale le signal sur un même canal de 22 Mhz sans changement de fréquence
  - ▶ Découpe le flot de données en une série de combinaisons redondantes de bits, appelés chips, puis les transmet
- ▶ Comme les interférences utilisent en principe une bande plus étroite qu'un signal DSSS, le récepteur peut les identifier avant de reconstruire le signal émis
- ▶ Utilisation de messages de négociation pour s'assurer que le récepteur peut comprendre les paquets émis
- ▶ Si la qualité du signal se dégrade : *décalage dynamique de débit*

# Les fréquences utilisées

- ▶ En 802.11b, 14 canaux sont disponibles dans la bande des 2.4Ghz, différence de 5 Mhz entre chaque canal
  - ▶ Canal 1 : 2,412 Ghz
  - ▶ Canal 2 : 2,417 Ghz
  - ▶ Canal 3 : 2,422 Ghz
  - ▶ Canal 4 : 2,427 Ghz
  - ▶ Canal 5 : 2,432 Ghz
  - ▶ ...
  - ▶ Canal 13 : 2,472 Ghz
  - ▶ Canal 14 : 2,484 Ghz (!! pas à 5 Mhz du canal 13)

# Les limites légales

- ▶ Jusqu'en 2003
  - ▶ USA : Canal 1 à 11, puissance max. 1000 mW
  - ▶ Europe (hors France) : Canal 1 à 13, puissance max 100mW
  - ▶ Japon : Canal 1 à 14, puissance max 10mW
  - ▶ France : Canal 10 à 13, puissance max 100mW
- ▶ Depuis fin 2003, en France Canal 1 à 13
- ▶ Historiquement, certains portables Wifi en importation US ne pouvaient pas fonctionner en France
  - ▶ Canaux 12 et 13 non utilisable !

# Les interférences

- ▶ Chaque fréquence pour un canal est la fréquence médiane d'un canal de 22 Mhz
- ▶ Donc seuls 3 canaux sont utilisables simultanément, par des réseaux proches, afin d'avoir les performances optimales
- ▶ Si deux réseaux utilisent des canaux avec des fréquences qui se superposent
  - ▶ L'un va détecter que les signaux de l'autre sont des interférences, et réciproquement

# Les réseaux sans-fil : IEEE 802.11

En pratique

## Les BSS

- ▶ Les stations qui communiquent sur les réseaux 802.11 sont regroupés dans des Basic Service Set
- ▶ Existence de 2 types de Basic Service Set (BSS)
  - ▶ Independent BSS (IBSS) ou mode ad-hoc : chaque station communique avec d'autres stations
  - ▶ Infrastructure BSS (abrégé en BSS) ou mode infrastructure : chaque station communique avec un point d'accès
- ▶ Les stations doivent être dans le même Basic Service Set pour pouvoir communiquer ensemble
- ▶ Processus de communication
  - ▶ Les stations doivent s'associer au IBSS ou au BSS
  - ▶ Objectif : éviter que quiconque, proche d'une station, puisse directement communiquer avec elle



# Les SSID

- ▶ Un BSS est identifié par une valeur de 48 bit, appelé BSS Identifier
  - ▶ En mode infrastructure : le BSS est souvent l'adresse MAC du point d'accès
  - ▶ En mode ad-hoc : nombre aléatoire généré par la première station
- ▶ En wifi, il est possible de se déplacer d'un BSS à un autre, sans perdre la connexion : le roaming
  - ▶ Attention : le wifi n'est pas fait pour assurer une communication lors de déplacement comme les réseaux cellulaires
- ▶ Le regroupement de plusieurs BSS se fait dans un Extended Service Set (ESS)
- ▶ Chaque BSS dans un ESS sont identifiés par le même Service Set Identifier (SSID)
- ▶ Le SSID est unique sur un réseau, sensible à la casse, de longueur comprise entre 2 et 32 caractères

# Usage des SSID

- ▶ Les SSID servent à contrôler les accès aux points d'accès
- ▶ Les stations et les points d'accès doivent avoir le même SSID pour pouvoir communiquer
- ▶ Comment connaître le SSID d'un point d'accès ?

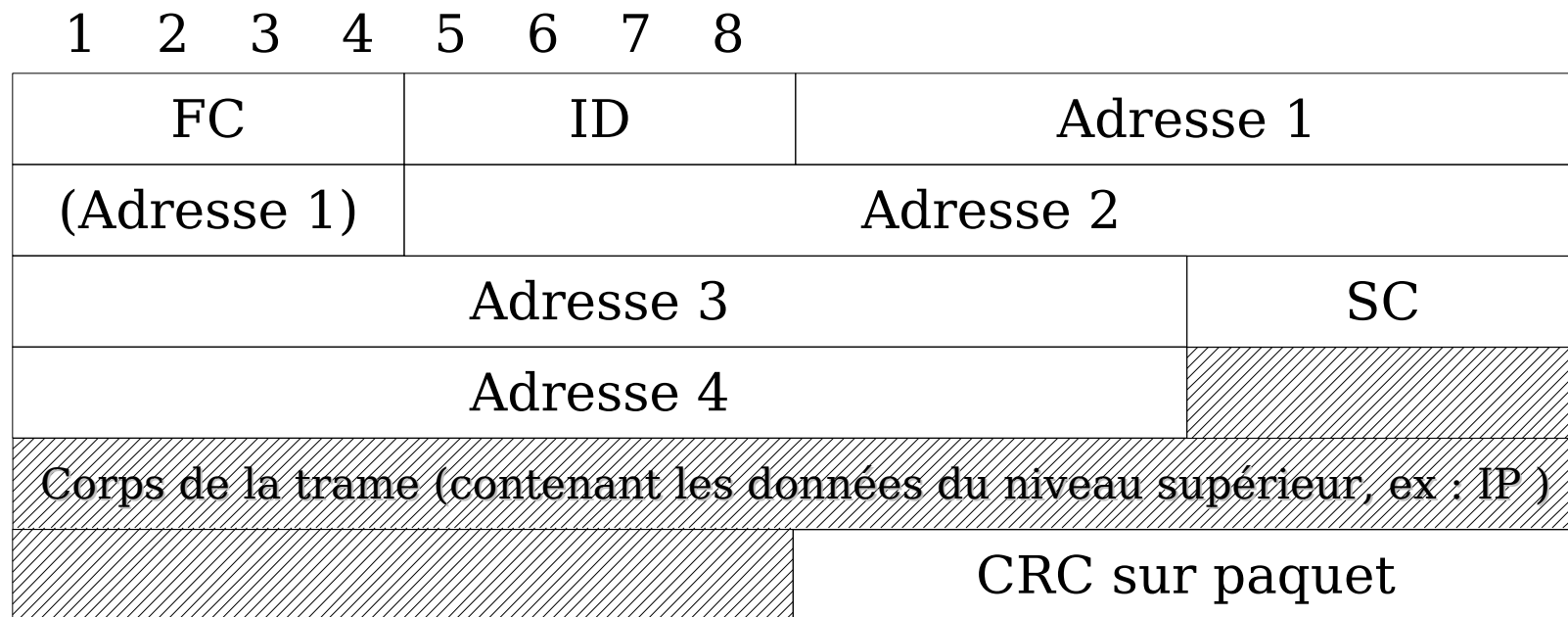
# Beacon frames

- ▶ Les trames de type beacon sont expédiées régulièrement sur le réseau (en infrastructure) ou entre station (en ad-hoc)
- ▶ Ils transportent de nombreuses informations
  - ▶ Synchronisation temporelle entre la station et le point d'accès afin d'être sûr que toutes les fonctions sensibles aux temps soient correctement exécutées (saut de fréquences en FHSS, pa exemple). Attention : indépendant de l'horloge du système d'exploitation
  - ▶ Paramètres spécifiques aux bons fonctionnements du FHSS ou du DSSS
  - ▶ Le SSID du réseau est inclus dans les beacon trames. Attention : la désactivation du broadcast du SSID ne stoppe pas l'émission des beacon trames.
  - ▶ Traffic Indication Map : permet de gérer les paquets en file d'attente à destination de station en veille
  - ▶ Débit supporté par le point d'accès

# Les réseaux sans-fil : IEEE 802.11

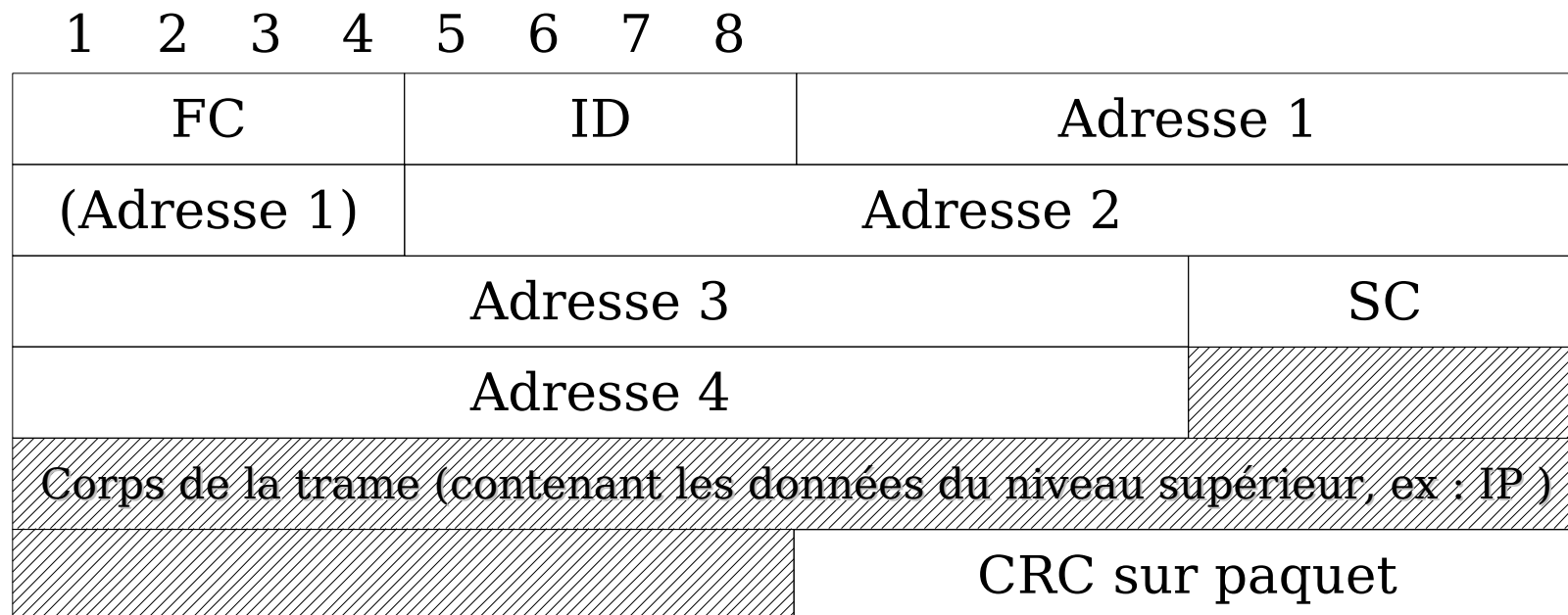
Format des trames

## Format des trames 802.11 (1)



- FC (*Frame Control*) sur 2 octets : version du protocole et type de trame
  - Gestion, données ou contrôle
- ID (*Duration/ID*) : utilisées pour l'envoi de certains messages et le calcul du *Network Allocation Vector*

## Format des trames 802.11 (2)



- ➔ Adresses : en fonction du FC, Chacune peut correspondre à l'un des cinq types : adresse source, destination, de l'émetteur, du récepteur, du point d'accès
- ➔ SC (*Sequence Control*) : indique un numéro de fragment et un numéro de séquence, permettant de réordonner des fragments et de repérer les paquets dupliqués

# La Frame Control (1)

1	2	3	4	5	6	7	8
Prococole		Type			Sous-Type		
To DS	From DS	Frag ?	Retry	Pw Mgt	Data ?	Wep	Ordre

- ▶ Protocole : version du standard 802.11
- ▶ Type : gestion, contrôle ou données
  - ▶ gestion : demande d'association, annonce de point d'accès
  - ▶ contrôle : accès au média (ex : demandes d'autorisation d'émission)
  - ▶ données : concerne les communications normales
- ▶ Sous-type : dépend du type

# La Frame Control (1)

1	2	3	4	5	6	7	8
Prococole		Type			Sous-Type		
To DS	From DS	Frag ?	Retry	Pw Mgt	Data ?	Wep	Ordre

- ▶ To DS (*To Distribution System*) : positionné à 1 si le message est à destination du système de distribution, 0 sinon
- ▶ From DS : positionné à 1 si la trame provient du système de distribution
- ▶ Frag ? : positionné à 1 s'il reste des fragments appartenant à la même trame après le fragment courant



## Le Frame Control (2)

1	2	3	4	5	6	7	8
Protocole		Type		Sous-Type			
To DS	From DS	Frag ?	Retry	Pw Mgt	Data ?	Wep	Ordre

- ▶ Retry : positionné à 1 s'il s'agit d'une réémission du fragment courant
- ▶ Pw Mgt : indique le mode de gestion de l'énergie que la station utilisera après avoir transmis le fragment courant
- ▶ Data ? : indique que la station a encore un certain nombre de trames dans son tampon
- ▶ WEP : indique ou non l'utilisation de l'algorithme de chiffrement WEP
- ▶ Ordre : indique si la trame est émise en utilisant une classe spéciale

# Les réseaux sans-fil : IEEE 802.11

## Authentication

# Les méthodes classiques

- ▶ Authentification ouverte
  - ▶ Aucune authentification n'est requise. L'association est suffisante pour communiquer avec le réseau
- ▶ Authentification par clé partagée
  - ▶ Utilisation de clés cryptographiques, basées sur le protocole WEP (*Wired Equivalent Privacy*)
  - ▶ Le client et le point d'accès partage une même information : la clé
  - ▶ Authentification fonctionne sur la technique du challenge, envoyé par le point d'accès

# Les réseaux sans-fil : IEEE 802.11

La sécurité

# Sécurisé les données

- ▶ Problème des ondes radio
  - ▶ Tout le monde peut les capter
- ▶ Utilisation d'un protocole cryptographique
  - ▶ Le WEP (*Wired Equivalent Privacy*)
- ▶ Limiter les accès aux réseaux sans-fils
  - ▶ Authentification lors de l'association

# Le WEP : codage des données

- ▶ Séquence de clair (notée  $M$ ) concaténée avec une valeur de checksum sans clé  $ICV(M)$  de 32 bits (CRC-32 : *Cyclical Redundancy Check*) (  $M || ICV(M)$  )
- ▶ Utilisation de l'algorithme de chiffrement RC4 (algorithme symétrique) pour générer une suite pseudo-aléatoire (initialisé avec une clé (appelée graine))
  - ▶ Clé 64 ou 128 bits en export USA
  - ▶ sinon, jusque 2048 bits
- ▶ Pour fabriquer cette clé, le WEP utilise
  - ▶ un vecteur d'initialisation (notée  $IV$ ) de 24 bits généré pour chaque nouvelle séquence WEP
    - ▶ soit nombre aléatoire, soit issu de la simple incrémentation d'un compteur !!
  - ▶ et une clé secrète (notée  $K$ ) de 40 ou 104 bits partagée par tous les équipements du réseau mobile
- ▶ La graine de RC4 est alors ( $IV || K$ )
- ▶ Les données cryptées  $C$  : (  $M || ICV(M)$  ) XOR RC4(  $IV || K$  )
- ▶ Envoie sur le réseau :  $IV || C$

## Décrypter le WEP ?

- ▶ Données M cryptées :  $C = ( M \parallel ICV(M) ) \text{ XOR } RC4( IV \parallel K )$
- ▶ Pour décrypter
  - ▶ Extraire le vecteur d'initialisation  $IV \parallel K$
  - ▶ Générer la même suite pseudo-aléatoire  $RC4(IV \parallel K)$
  - ▶ Faire le XOR entre C et  $RC4(IV \parallel K)$

# Le WEP est-il sûr ?

## 1. Fiabilité de la clé

- Clé de 40 bits (soit 5 caractères)
  - nombre de combinaison peu important
- Clé de 104 bits
  - La force brute n'est plus envisageable !
- Mais ...

2. Le vecteur d'initialisation est envoyé en clair sur le réseau

3. Et entre 2 paquets codant 2 messages identiques

- ▶ Seul le vecteur d'initialisation change

4. Or quand une collision survient, il faut ré-emettre le même message

5. Attendre les collisions permet d'avoir des informations sur la clé secrète



# Temporal Key Integrity Protocol

- ▶ TKIP est la première tentative de réponse aux problèmes du WEP
- ▶ Chaque station utilise la même clé, comme pour le WEP, à laquelle elle concatène leur adresse MAC
- ▶ Utilisation d'un IV de 6 octets au lieu de 4 dans le WEP
- ▶ Changement périodique de la clé, calculée à partir de la précédente