

# Cours 6

# Mobility

- Mobility is the quality of being capable of movement or moving readily from place to place.
- Understanding how mobility is implemented in 802.11 arms you with the knowledge you need to support or facilitate mobile applications.
- Mobility and roaming terms are used to describe the act of moving between access points (APs).

# Qu'est ce que le roaming en wifi?

- Le roaming, ou handover, ou encore appelé l'itinérance en wifi représente l'action qui consiste pour une station à changer de point d'accès (AP) sans perdre sa connectivité réseau.

# The Nature of Roaming in 802.11

1. A station could associate to a new AP before disassociating from the old AP.
2. The client radio would have to be capable of listening and communicating on more than one channel at a time, increasing the complexity of the radio.

# Operation of the Application

- TCP based : Connection-oriented applications.
  - are more tolerant to packet loss incurred during roams because TCP is a reliable and connection oriented protocol
- UDP is a low-overhead, connectionless protocol.
  - Applications such as Voice over IP (VoIP) and video use UDP packets.
  - The data-loss roaming might cause a noticeable impact to UDP-based applications.

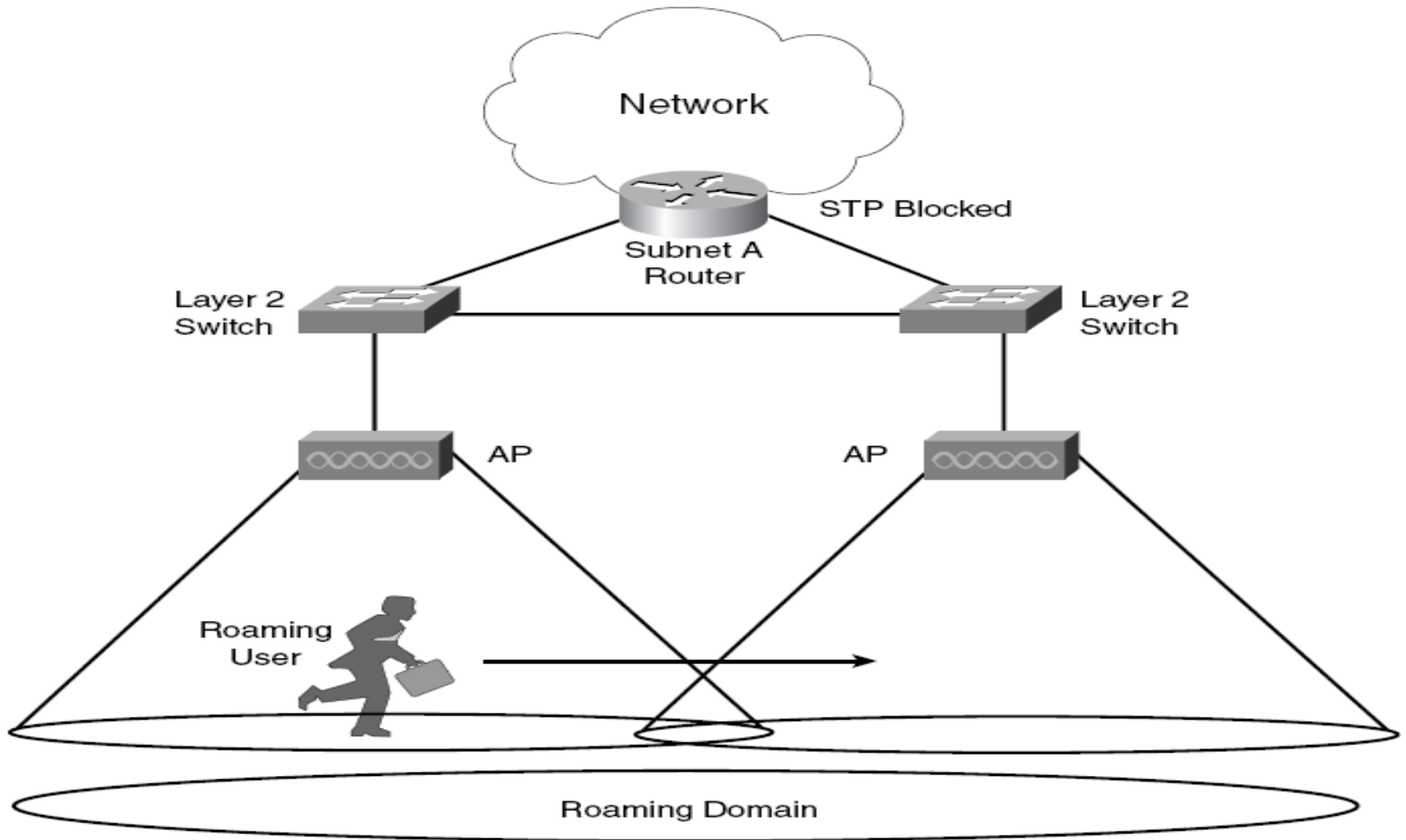
# Roaming Domain

- A *broadcast domain* is a network that connects devices that are capable of sending and receiving broadcast frames to and from one another.
- APs that are configured with the same service set identifier (SSID) are said to be in the same roaming domain.
- Layer 2 roaming is natively supported in 802.11 devices.

# Layer 2 roaming domain

- The roaming user can maintain application connectivity within the roaming domain and as long as its Layer 3 network address is maintained (does not change).

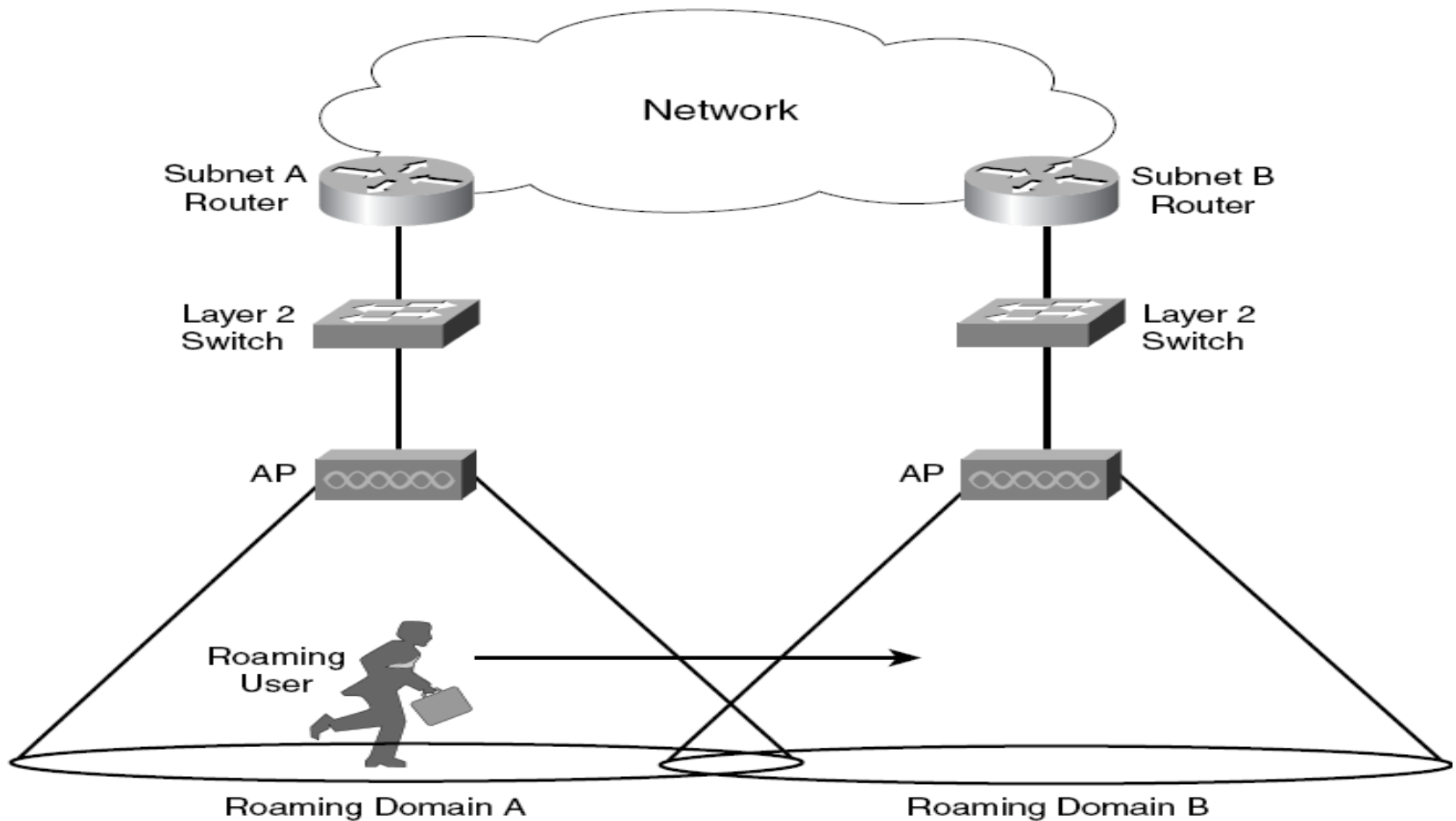
# *Roaming in a Layer 2 Roaming Domain*



# Layer 3 roaming domain

- The roaming user is roaming from an AP on Subnet A to an AP on Subnet B.
- Layer 3 address changes.
- ***Mobile IP***

# *Roaming Across Roaming Domains*



# Roaming Duration

- *Roaming duration* is the time it takes for roaming to complete. Roaming is essentially the association process, it depends on the duration of the following:
  - The probing process
  - authentication process
  - association process
- Some applications, such as VoIP, are extremely delay-sensitive and cannot tolerate large roaming durations.

# Layer 2 Roaming

- **The client must decide to roam—Roaming algorithms are vendor-specific (and proprietary) and rely on factors such as signal strength, frame acknowledgment, missed beacons, and so on.**
- **The client must decide where to roam—The client must figure out which AP to roam to. It can do so by scanning the medium for APs.**
- **The client initiates a roam—The client uses 802.11 reassociation frames to associate to a new AP.**
- **The client can resume existing application sessions.**

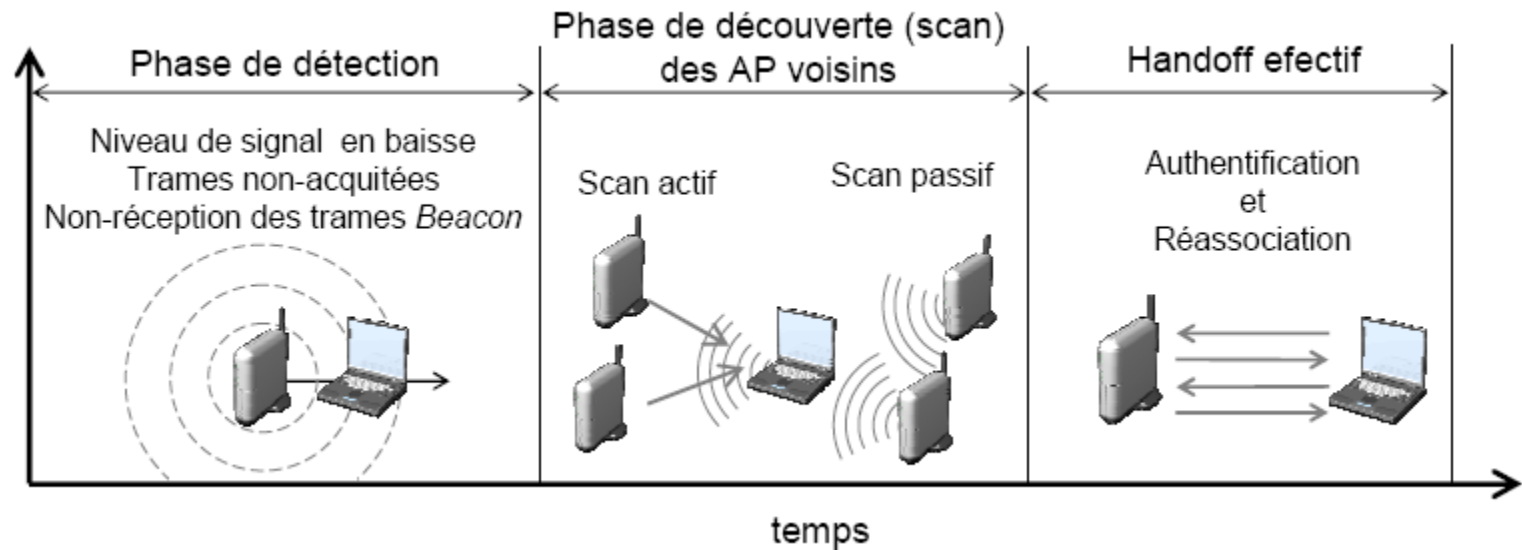
# Layer 2 Roaming Process

- The following list includes some of the tasks for Layer 2 roaming:

# Layer 2 Roaming Process

1. The previous AP must determine that the client has roamed away from it.
2. The previous AP should buffer data destined for the roaming client.
3. The new AP should indicate to the previous AP that the client has successfully roamed.
4. The previous AP should send the buffered data to the new AP.

# Les phases de handoff dans 802.11



# Les phases de handoff dans 802.11

- Le standard ne spécifie pas le moment où le client détecte la nécessité d'initier un scan, mais la plupart des implémentations présentes dans les équipements 802.11 le font au moment où la qualité du lien descend en dessous d'une certaine valeur.
- En initiant le scan, la station essaie de découvrir d'autres AP qui appartiennent au même réseau (c'est-à-dire qui ont le même ESSID ou simplement SSID) et dont la puissance du signal reçu est meilleure.

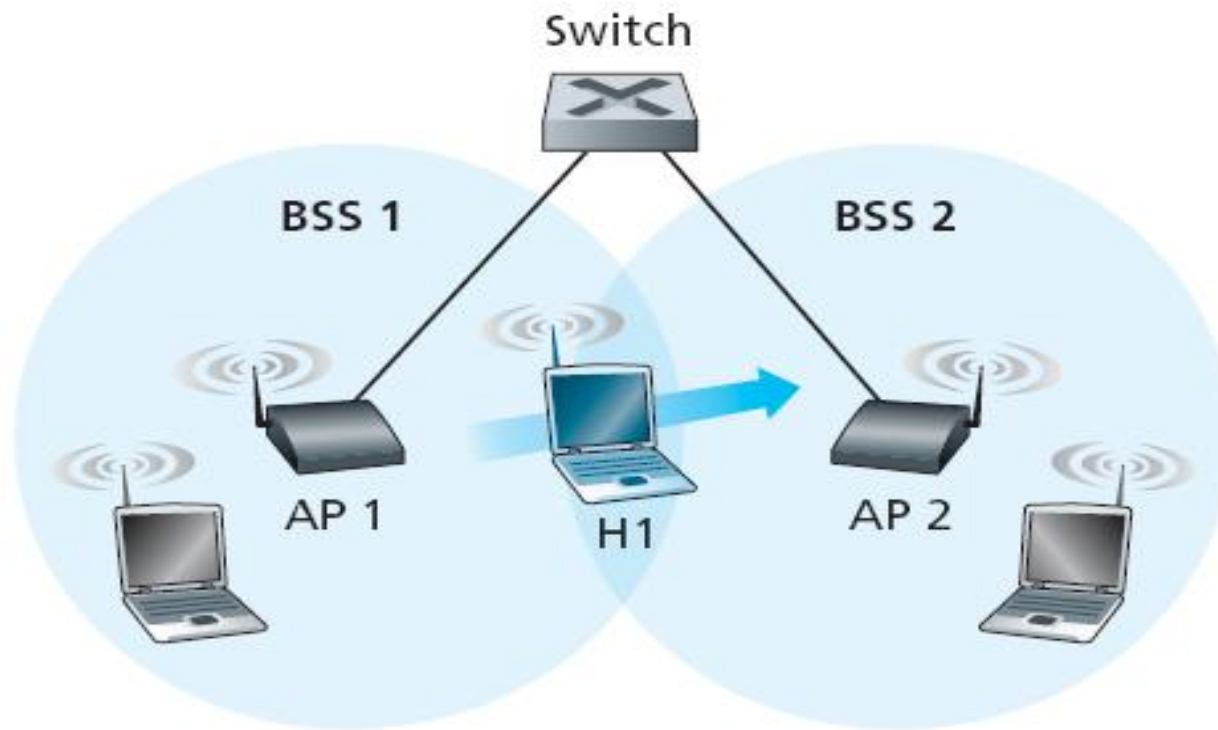
# Les phases de handoff dans 802.11

- Le processus de réassociation est similaire au celui de l'association initiale (cours 5).
- L'élément nouveau par rapport à l'association initiale est la spécification de l'ancien point d'accès de la station dans la trame *Reassociation Request*.

# Les phases de handoff dans 802.11

- Cet élément nouveau peut être utilisé pour un échange supplémentaire de messages entre les deux points d'accès (l'ancien et le nouveau), conformément aux spécifications du document de l'IETF - la recommandation *802.11f*.
- Le même document recommande au nouveau point d'accès d'envoyer une trame de mise à jour au niveau 2.

# Exemple 'scenario'

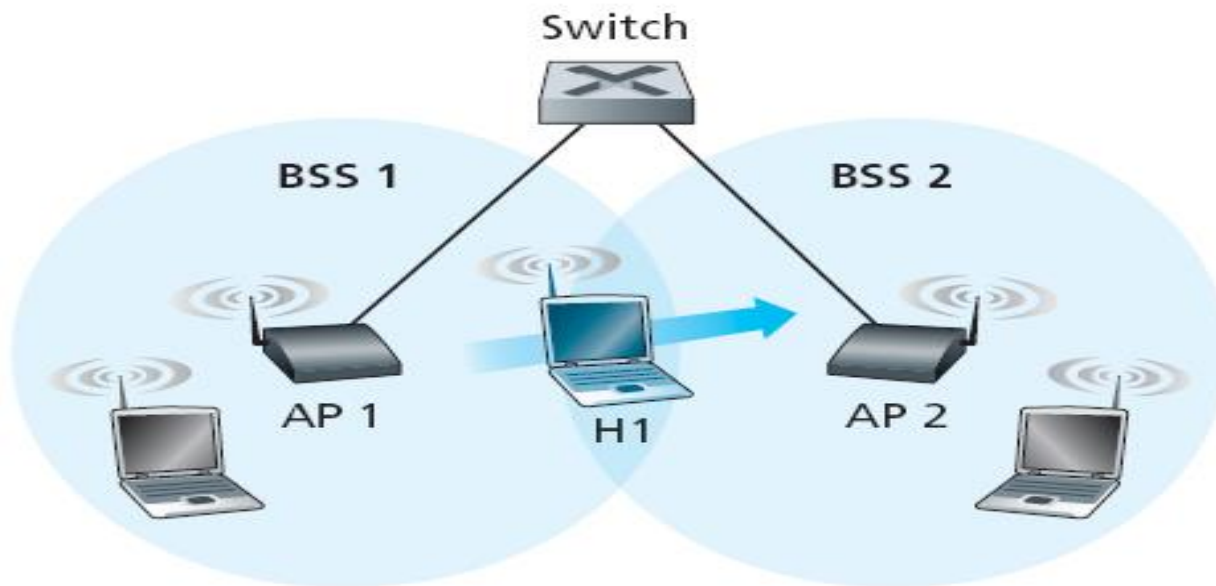


## ↔ **La réassociation**

- When H1 moves from BSS1 to BSS2, it may keep its IP address and all of its ongoing TCP connections.
- As H1 wanders away from AP1, H1 detects a weakening signal from AP1 and starts to scan for a stronger signal. H1 receives beacon frames from AP2. H1 then disassociates with AP1 and associates with AP2, while keeping its IP address and maintaining its ongoing TCP sessions.

# Problem

- How The switch does it know that the host has moved from one AP to another ?



- switches are “self-learning” and automatically build their forwarding tables.
- To appreciate the problem, recall that before the move, the switch has an entry in its forwarding table that pairs H1’s MAC address with the outgoing switch interface through which H1 can be reached. If H1 is initially in BSS1, then a datagram destined to H1 will be directed to H1 via AP1. Once H1 associates with BSS2, however, its frames should be directed to AP2.

# Solution

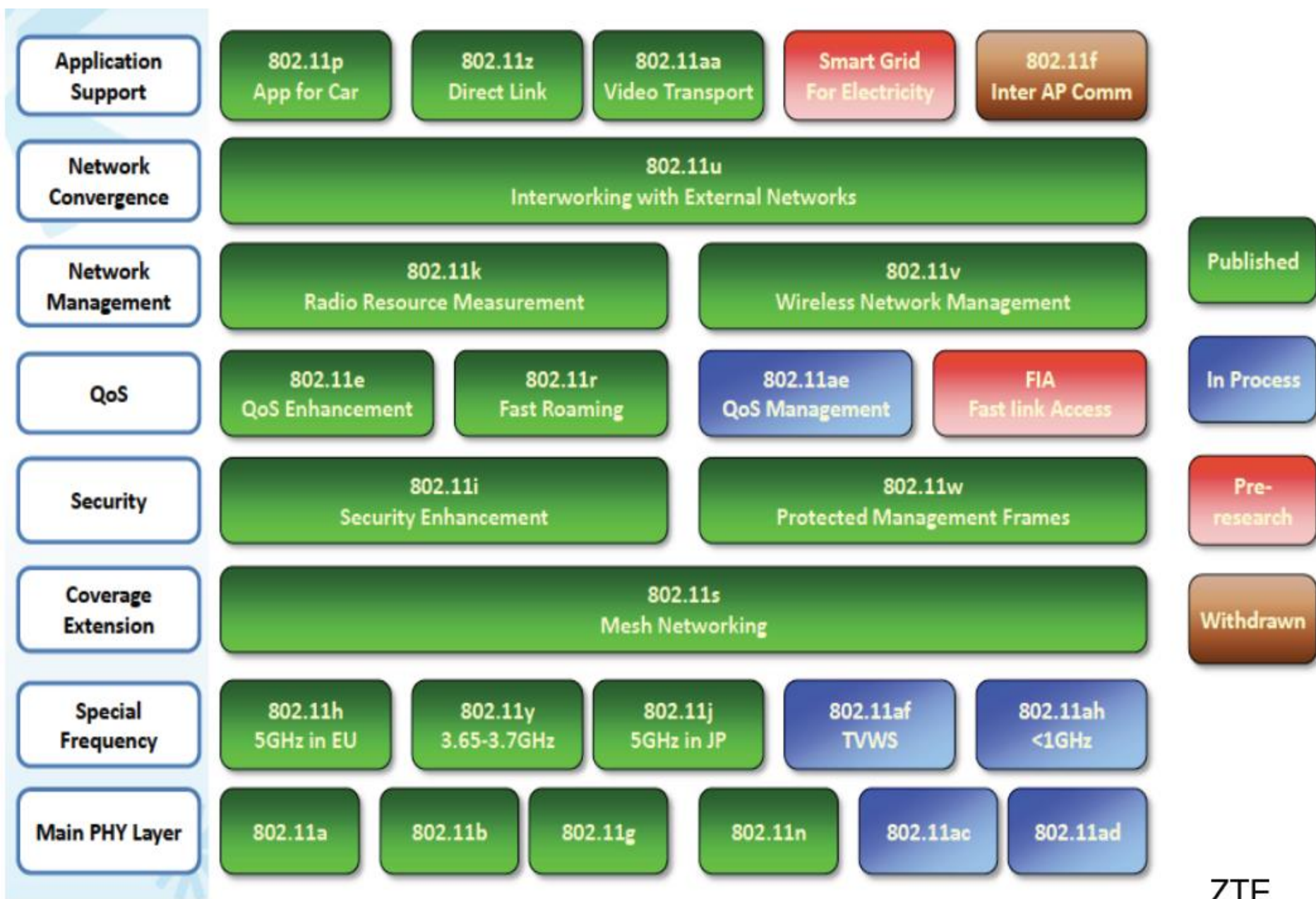
- One solution is for AP2 to send a broadcast Ethernet frame with H1's source address to the switch just after the new association. When the switch receives the frame, it updates its forwarding table, allowing H1 to be reached via AP2. The 802.11f standards group is developing an inter-AP protocol to handle these and related issues.

# La norme 802.11f

## IAPP (*Inter Access Point Protocol*)

- La norme 802.11f autorise le déplacement (roaming) entre points d'accès issues de constructeurs différents. Cette norme spécifie un protocole d'échange entre les APs, qui permet à une AP de prendre en charge les communications précédemment gérées par une autre, lorsque la station choisit de passer d'une cellule à une autre.

# Évolution du standard pour réseau sans fil IEEE 802.11



- Derrière ce terme – WiFi – se cache un **standard** important qui a révolutionné l'accès sans fil aux réseaux de données.
- **IEEE 802.11**, a été conçu par l'Institute of Electrical and Electronics Engineer et définit les couches physiques et accès au médium (Medium Access Control, MAC) pour les réseaux locaux sans fil.

# 802.11b, 802.11a, 802.11g, 802.11n

- La petite lettre se trouvant après 802.11 est importante car elle correspond à différents amendements du standard IEEE 802.11.
- Caractéristiques spécifiques.
- Le premier standard IEEE 802.11 a vu le jour en 1997. Il a ensuite été révisé en 1999, donnant lieu au standard IEEE 802.11-1999.

# WiFi avancé

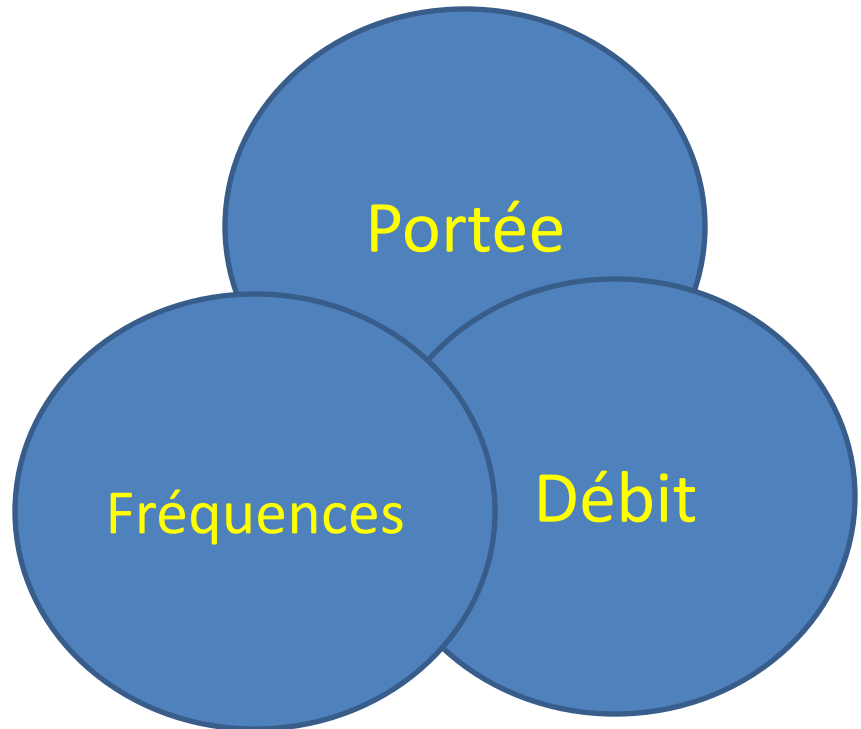
- IEEE Std 802.11™-2020
  - Dernier standard
  - 4397 pages.
  - IEEE Std 802.11™-2020 + five Amendment:
    1. 802.11ai
    2. 802.11ah
    3. 802.11aj
    4. 802.11ak
    5. 802.11aq

# Tableau des principaux amendements du standard IEEE 802.11

- Ces améliorations sont définies comme étant des amendements au standard initial, et leur rédaction est gérée et validée par l'IEEE.
- La principale application commerciale est la technologie *Wi-Fi* qui s'appuie sur ces *spécifications*.

# Les principaux amendements PHY

- Norme initial 1997.
- 802.11a 1999
- 802.11b 1999
- 802.11g 2003
- 802.11n 2009
- 802.11ac 2014
- 802.11ax 2018



# Les principaux amendements MAC

- 802.11d 2001
- 802.11h 2003
- 802.11i 2004
- 802.11j 2004
- 802.11e 2005
- 802.11r 2008
- 802.11w 2009



Services :  
1. QoS  
2. Sécurité  
3. ... etc

# IEEE 802.11-2012

- En 2007, puis en 2012 , la plupart des amendements à la norme 802.11 (a,b,d,e,g,h,i,j puis r, y, w et n) ont été directement intégrés dans la norme par le groupe IEEE 802.11 et sont disponibles sous la forme d'un document unique:
- <https://www.ieee802.org/11/>

# Paramètres de 802.11b

- DIFS
  - 50 micros
- SIFS
  - 10 micros
- CWmin\_max
  - [31-1023]
- Slot
  - 20 micros
- En-tête physique
  - 1 Mb/s (192 micros – en-tête long) ou 1-2 Mb/s (96 micros –entête court)

# Paramètres de 802.11a

- DIFS
  - 34 micros
- SIFS
  - 16 micros
- CWmin\_max
  - [15-1023]
- Slot
  - 9 micros
- En-tête physique
  - 20 micros

# Paramètres de 802.11g

- DIFS
  - 50 ou 28 micros
- SIFS
  - 10 micros
- CWmin\_max
  - [15/31-1023]
- Slot
  - 20 ou 9 micros

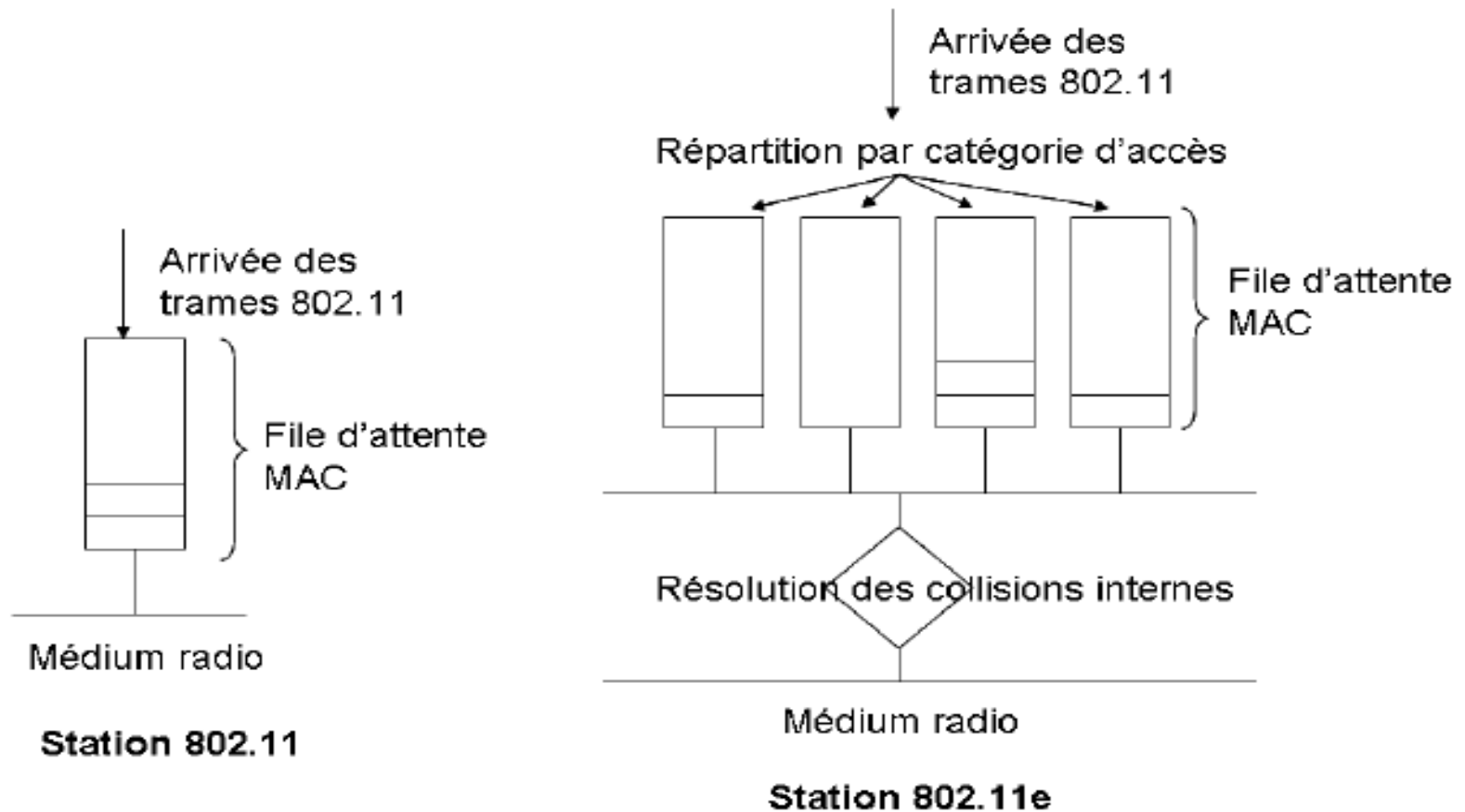
# 802.11e

- Introduction de la qualité de service
  - 2005
  - Différenciation de service introduite dans 802.11
    - Pour le transport de la ToIP et d'applications audio/vidéo
- (HCF) Hybrid Coordination Function :
  1. EDCA(Enhanced Distributed Coordination Access
  2. HCF Controlled Channel Access (HCCA). **Homework**

# EDCA

- Classes de trafic
  - Différentes probabilités d'accès au médium
- Compatible avec DCF
- Caractéristiques
  - 4 catégories de trafic (TC) / station
  - DIFS  $\rightarrow$  AIFS(TC) (Arbitration InterFrame Space)
  - **AIFS  $\geq$  DIFS**
- CWmin  $\rightarrow$  CWmin(TC)

# Station 802.11e



# Catégories de trafic

- le mode EDCA (Enhanced Distributed Channel Access) qui définit quatre catégories d'accès aux canaux ou priorités :
  - une priorité à la voix ;
  - une priorité à la vidéo ;
  - une priorité dite "Best Effort" pour les applications standard ;
  - une priorité dite "Background" lorsque le trafic est faible.

Table 8-104—ACI-to-AC coding

| ACI | AC    | Description |
|-----|-------|-------------|
| 00  | AC_BE | Best effort |
| 01  | AC_BK | Background  |
| 10  | AC_VI | Video       |
| 11  | AC_VO | Voice       |

**The larger the index I is, the higher the priority of the AC is.**

# Suggestions de paramètres pour 802.11e

| Catégorie d'accès | AIFS ( $\mu$ s) | CW <sub>min</sub> | CW <sub>max</sub> | TXOP ( $\mu$ s) |
|-------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| Background        | 150             | 15                | 1023              | 0               |
| Best Effort       | 70              | 15                | 1023              | 0               |
| Vidéo             | 50              | 7                 | 15                | 3008            |
| Voix              | 50              | 3                 | 7                 | 1504            |

# Mécanisme d'accès EDCA

- ✓ Inanc Inan, Feyza Keceli, and Ender Ayanoglu, Analysis of the 802.11e Enhanced Distributed Channel Access Function. IEEE Transactions on Communications . May 2007.  
<https://arxiv.org/pdf/0704.1833.pdf>
- ✓ La section II explique bien EDCA.

# Opportunité de transmission

- On gagne un temps de transmission
  - Et non plus un accès au médium
    - 802.11a/b/g
  - Possibilité de transmettre plusieurs paquets consécutifs
    - Séparées par SIFS

# Aucun acquittement

- Communication point-à-point sans ACK
  - Fiabilité traitée par d'autres couches
- Envisagé dans 802.11e

# Bloc d'acquittements 802.11e

- Au lieu de transmettre un individu ACK pour chaque MPDU , plusieurs MPDU peuvent être acquittées ensemble à l'aide d'une seule trame BA. Block Ack (BA)

# 802.11n

## ou l'arrivée du très haut débit

- Reprend les notions de TXOP et de blocs d'acquittements, plus
  - Un schéma d'agrégation à 2 niveaux
  - Bloc d'acquittement avec agrégation
- adding multiple-input multiple-output antennas (MIMO).

# MIMO

- Si l'émetteur n'utilise qu'une seule antenne pour émettre et le récepteur n'utilise qu'une seule antenne pour recevoir, on parle de *Single Input Single Output (SISO)*.
- S'il y a plusieurs antennes en émission et en réception, il s'agit de *Multiple Input Multiple Output (MIMO)*.

# MIMO

- Notons que le MIMO ne désigne pas une technique unique, mais plutôt toutes les techniques reposant sur des antennes multiples à la fois du côté de l'émetteur et du récepteur, *sur un unique canal radio*.

# MIMO brièvement

- MIMO n'utilise pas plusieurs canaux, mais plusieurs **antennes** qui exploitent les **trajets multiples du même canal**.
- Le récepteur reconstruit les signaux grâce à l'**orthogonalité spatiale** et au **traitement mathématique**.
- Résultat : **plus de débit sans consommer plus de spectre**.

# Exemple Wi-Fi :

- **802.11n** : jusqu'à 4×4 MIMO → 4 flux sur le même canal 20 MHz.
- **802.11ac** : jusqu'à 8×8 MIMO.
- **802.11ax (Wi-Fi 6)** : combine MIMO + OFDMA → plusieurs flux *et* sous-canaux.

# 802.11.ah

- Wi-Fi is used everywhere nowadays, is not suitable for the IoT, since this wireless technology is originally designed to offer **high throughput** to a **limited number of stations** located indoor at a short distance.
- IoT : total number of devices in such a network, called Internet of Things (IoT), will reach 50 billion by 2020.

# 802.11.ah

- Apparently, the best way to connect such a huge number of devices is by wireless.
- Networking engineers inquire whether state-of-the-art wireless technologies are able to provide connectivity for such a huge number of devices, most of which are battery supplied?
- Solutions like RFID, ZigBee, Bluetooth, or other WPAN technologies already support low power device communication, their capabilities are limited by the number of devices, throughput, transmission range, etc.

# 802.11.ah

- To meet IoT requirements, IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee (LMSC) has formed IEEE 802.11ah Task Group (TGah) to extend the applicability area of .11 networks by designing an energy efficient protocol allowing thousands of indoor and outdoor devices to work at the same area.
- Référence : A survey on IEEE 802.11ah: An enabling networking technology for smart cities.  
[http://www.mangoud.com/EENG474\\_files/khorov2015.pdf](http://www.mangoud.com/EENG474_files/khorov2015.pdf)

# La dernière version

- Wi-fi 6 802.11ax 2019
- Wi-fi 5 802.11ac 2014
- ...