

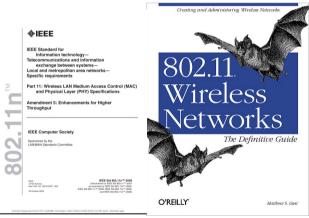
#### **Transmission Sans Fil**

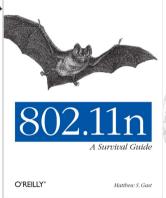
Wireless LAN

Marcos Rubinstein

### Bibliographie









#### Thèmes abordés

Bases des réseaux 802.11

- Normes et consortiums
- Architecture topologique et composants
- Architecture des protocole
- PHY
- MAC (DCF, PCF, HCF, RSNA)

### Histoire brève de Wi-Fi

- Comité IEEE 802.11 formé en 1990
- Norme publiée en 1997 (dispositifs étaient déjà vendus avant)
- Deux variantes ont été ratifiées les deux années suivantes.
- La sécurité était faible « volontairement »
- Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA) en 1999
- Nouvelle marque technologique : Wifi
- La popularité de Wi-Fi augmente avec l'accès Internet haut débit
- WECA change son nom à Wi-Fi Alliance en 2000
- La Wi-Fi Alliance a des centaines de membres

### Wi-Fi Alliance Sponsors

























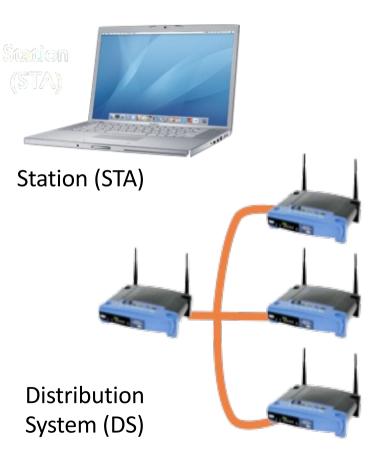
#### Les normes

	Norme	Débit nominal en Mbps	Commentaire	Bande de fréquences
Amendements	IEEE 802.11	1, 2	Première norme	2.4 GHz
	IEEE 802.11a	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	Plus faible portée que les autres mais plus de canaux indépendants	5 GHz
	IEEE 802.11b	1, 2, 5.5, 11	Compatible avec 802.11g et 802.11 (DSSS)	2.4 GHz
	IEEE 802.11g	1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48, 54	Très populaire aujourd'hui	2.4 GHz
	IEEE 802.11n	Jusqu'à 600 (MCS)	Ratifié en 2009	2.4 GHz/5 GHz

IEEE 802. I lac ratifié en 2013.

802. I lad (courtes distances, fréquence d'operation: 60 GHz).

### Composants des réseaux 802.11





Distribution System (DS)

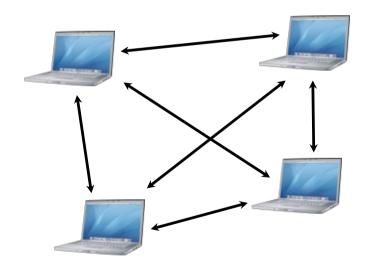


Portail (traduction entre 802.11 et 802.x

# Les réseaux 802.11X fonctionnent dans un de deux modes d'opération

Ad hoc

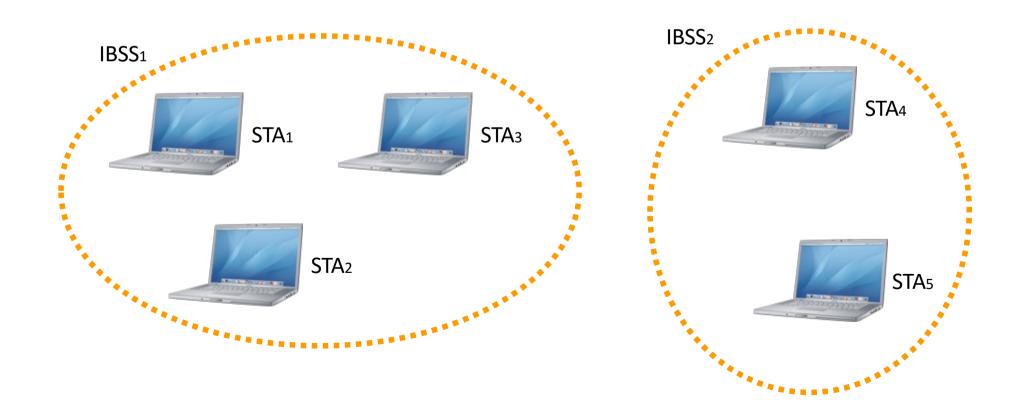
Infrastructure



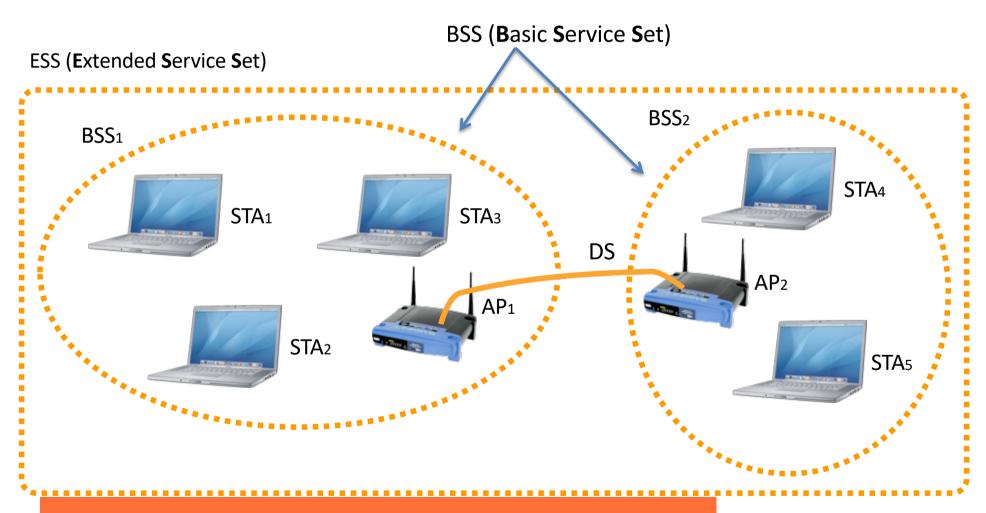


### Mode ad hoc

IBSS (Independent Basic Service Set)

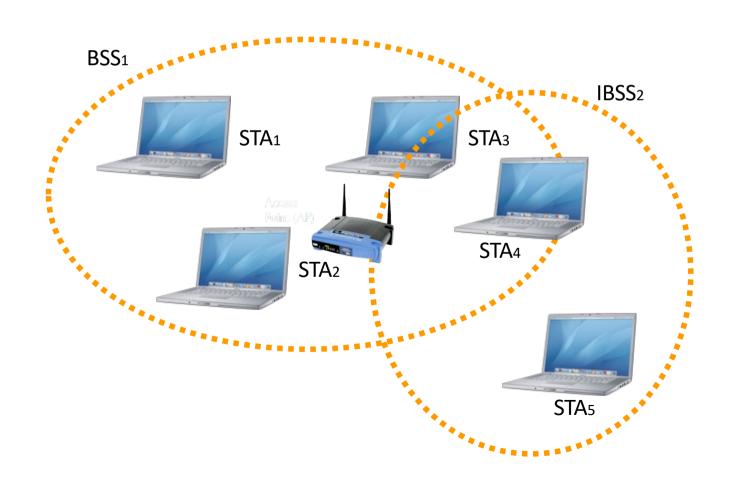


#### Mode Infrastructure



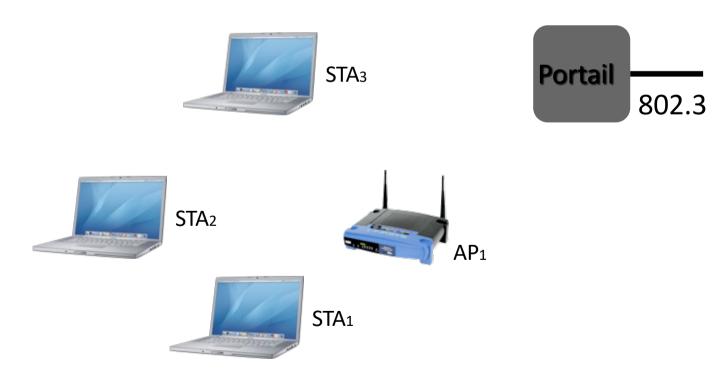
Toutes les trames passent par un AP en mode Infrastructure

### Les réseaux peuvent être co - localisés



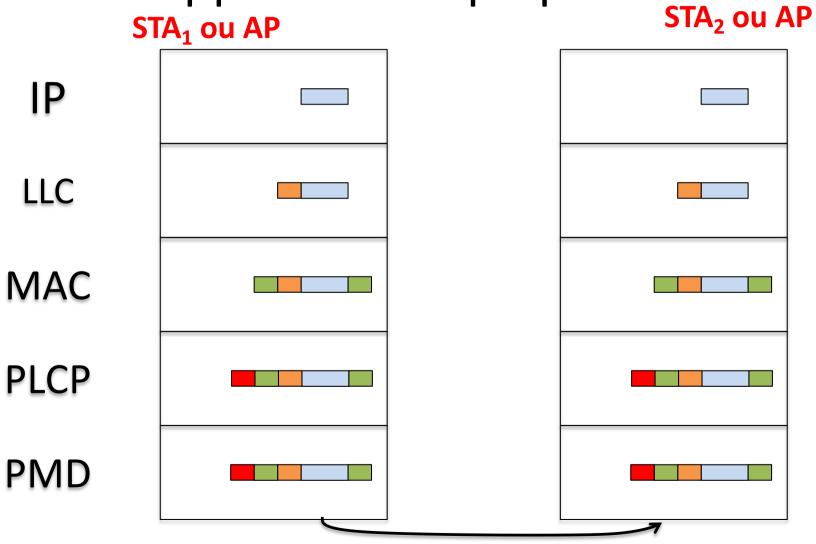
### Le portail

Utilisé pour connecter un réseau 802.11 à un autre type de réseau (p. ex. 802.3).



Le portail est déjà intégré dans tous les Access Points

### Rappel Tx d'un paquet IP



### Architecture du protocole

Liaison Physique

Medium Access
Control (MAC)

Physical Layer
Convergence
Protocole (PLCP)

Physical Medium
Dependent (PMD)

Accès au milieu,
QoS,
sécurité

Prépare et transmet les bits à l'antenne

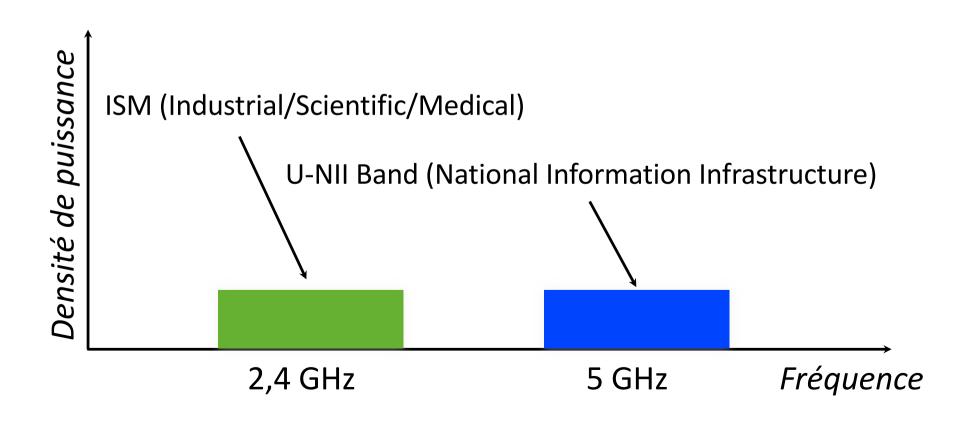
OSI

**IEEE 802.11** 

### La couche physique

- Fréquences d'opération et canaux
- Link budget
- Modulation
- Structure des trames
- Pratique
  - Séparation des fréquences
  - Compatibilité

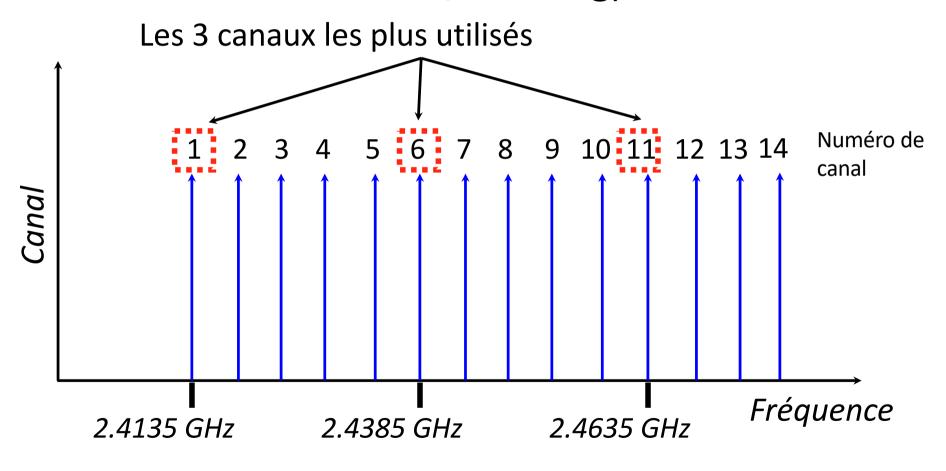
### Les bandes de fréquence sélectionnées



#### Sélection d'un canal

- Chacune de ces bandes est divisée en canaux.
- Lorsque l'on établie un réseau, un ou plusieurs de ces canaux sont utilisés.

### Canaux dans la bande ISM 2,4 GHz (802.11, 802.11b, 802.11g)

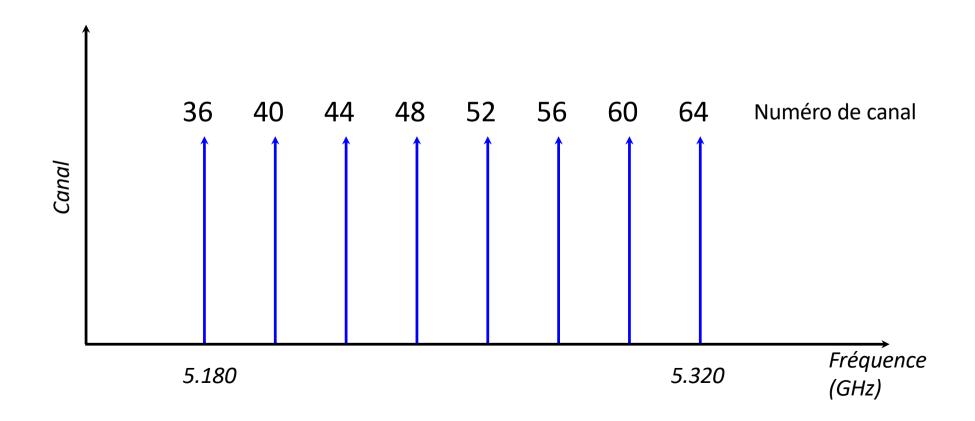


Il y a un chevauchement entre plusieurs canaux adjacents dans cette bande

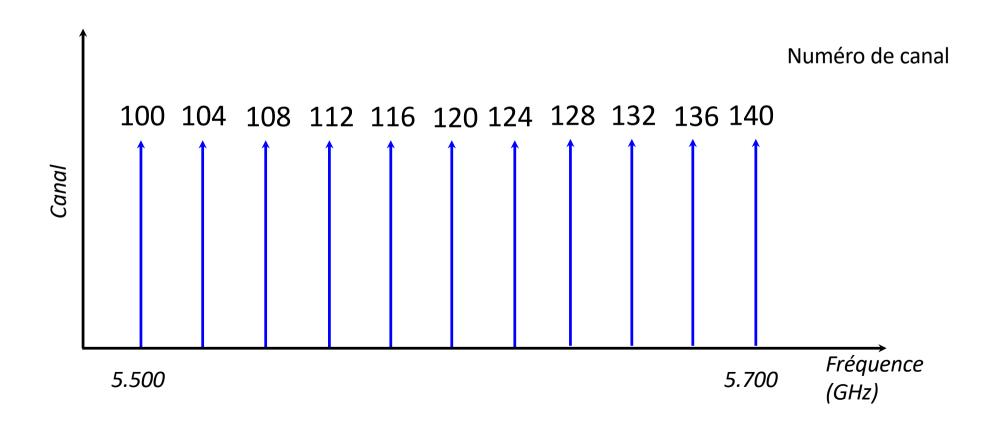
### Les canaux permis par les autorités de régulation dans la bande 2,4 GHz Band

- Aux USA et au Canada: 1 à 11
- En Europe (sauf en Espagne): 1 à 13
- En Espagne et au Japon: 1 à 14

### Canaux permis en Suisse pour la bande U-NII (802.11a)



## Canaux permis en Suisse pour la bande U-NII (802.11a)



### Limite de puissance en Europe pour 802.11b et 802.11g

ETSI EN 300 328-1
 20 dBm (-10 dBW) EIRP

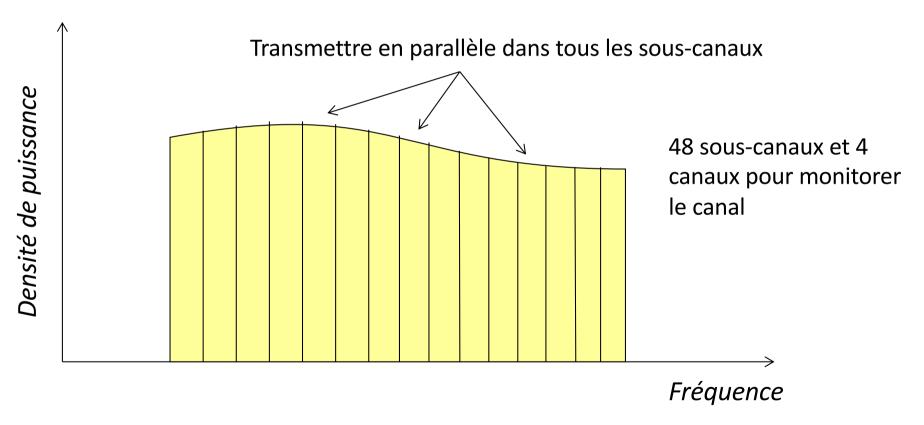
#### Limites dans la bande de 5 GHz

Pays	Puissance EIRP max sans CPT (mW)	Puissance EIRP max avec CPT (mW)	
Autriche	200	200	
Belgique	60	120	
Danemark	50	50	
France	200	200	
Allemagne	50	50	
Ireland	60	120	
Pays Bas	200	200	
Suède	200	200	
Suisse	200 (8 canaux. Seulement à l'intérieur 5.15 GHz - 5.35 GHz)	1000 (11 canaux 5.47 GHz – 5.725 GHz)	
Grande Bretagne	60	120	

### Portée

	À l'intérieur	À l'extérieur
802.11b/g	30 m	200 m
802.11a	15 m	100 m
802.11n	45 m	400 m

### Modulation utilisée : Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)

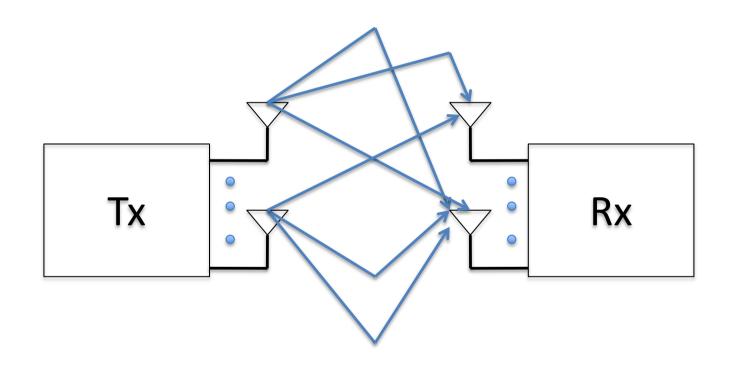


### Débits nominaux pour 802.11a/g\*

Modulation	Coding Rate	Bits/sous-canal	Bits/Symbole	Débit nominal
BPSK	1/2	1	48	6 Mbit/s
BPSK	3/4	1	48	9 Mbits/s
QPSK	1/2	2	96	12 Mbit/s
QPSK	3/4	2	96	18 Mbit/s
16-QAM	1/2	4	192	24 Mbit/s
16-QAM	3/4	4	192	36 Mbit/s
64-QAM	2/3	6	288	48 Mbit/s
64-QAM	3/4	6	288	54 Mbit/s

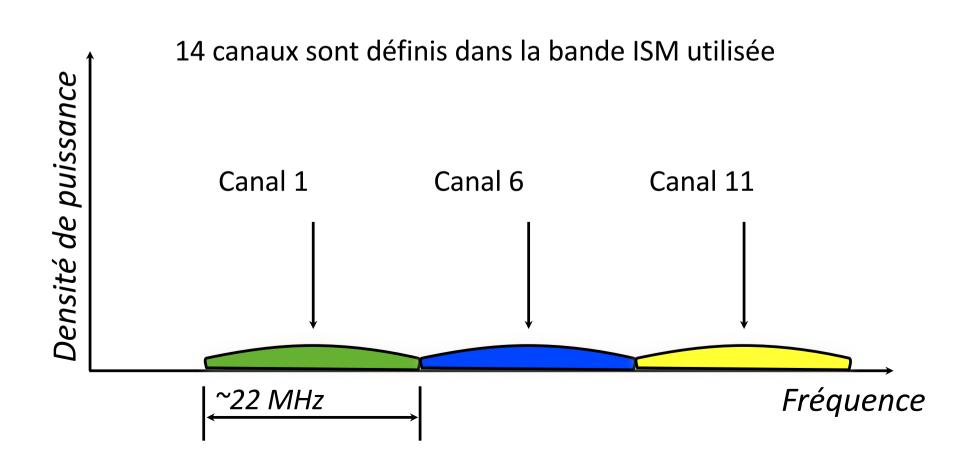
<sup>\*</sup>Appelés aussi MCS (Modulation Coding Schemes)

# Multiplexage spatiale MIMO (Multiple Input Multiple Output)

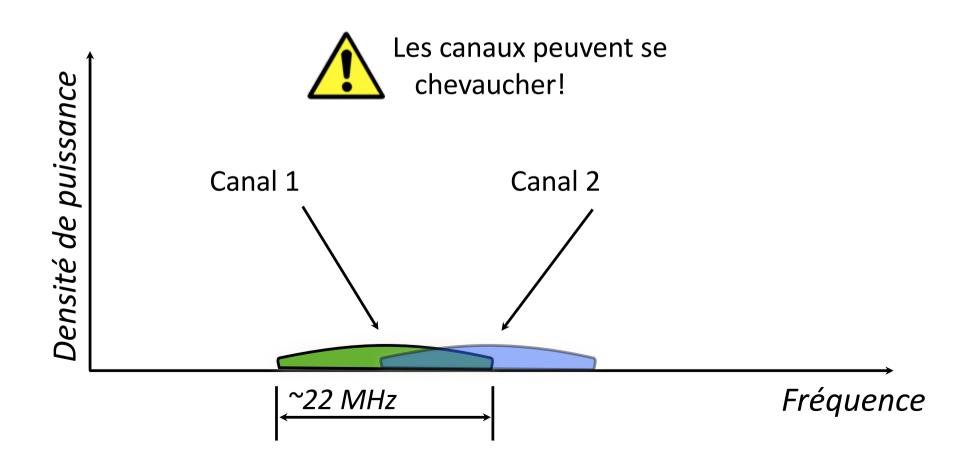


### Sélection des canaux

## Canaux 802.11, 80211b et 802.11g

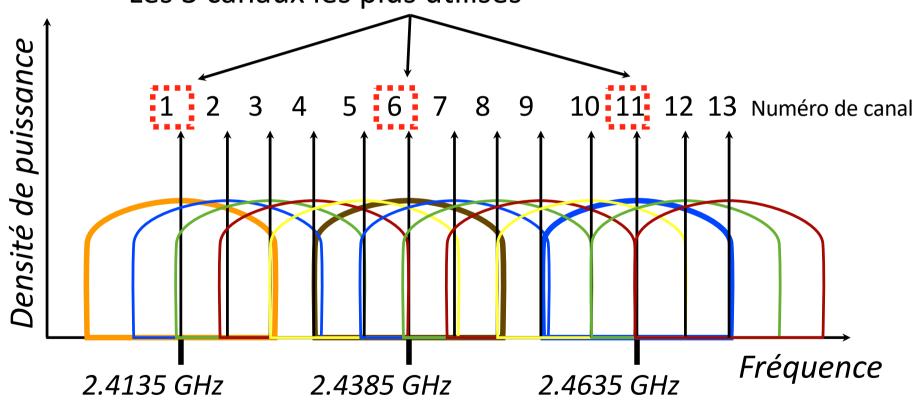


## Canaux 802.11, 80211b et 802.11g



### 13 canaux utilisés en Europe (80211, 802.11b,802.11g)

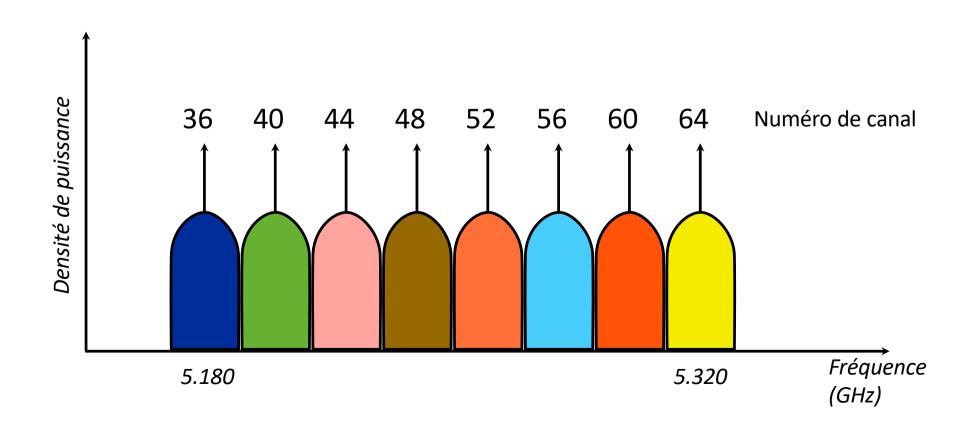
Les 3 canaux les plus utilisés



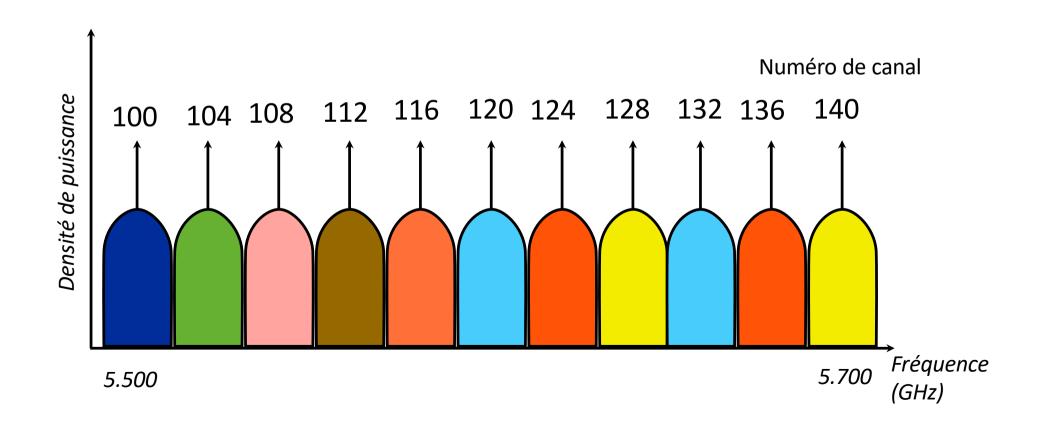


Réseaux proches: 5 canaux de différence pour éviter les interférences!

# 8 premiers canaux indépendants en Suisse pour 802.11a...



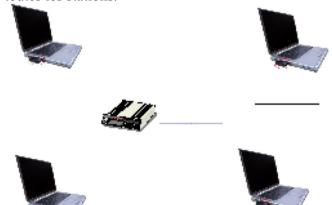
## encore 11 canaux indépendants en Suisse pour 802.11a...



#### Exercice 4a

- 1. On vous demande de mettre 4 Laptops en réseau pour former un Basic Service Set (BSS). Vous pouvez choisir 4 cartes et un AP parmi le matériel suivant :
- -Un AP 802.11a
- -Un AP 802.11g
- -Un AP 802.11b
- -Les quatre Laptops, dont AUCUN n'est muni d'une carte WiFi intégrée
- -Trois cartes PCMCIA 802.11a
- -Trois cartes PCMCIA 802.11b
- -Trois cartes PCMCIA 802.11g

Notez les cartes et le l'AP que vous utiliseriez pour assurer une communication entre toutes les stations avec un débit global optimum mais pas forcément identique pour toutes les stations.



#### Exercice 4b

- Au Japon, les canaux 1 à 14 sont utilisés dans la bande ISM de 2.4 GHz.
- Vous détectez dans une salle appartenant à une entreprise au Japon cinq réseaux 802.11g qui utilisent les canaux
  - Le réseau A utilise le canal 3
  - Le réseau B utilise le canal 5
  - Le réseau C utilise le canal 8
  - Le réseau D utilise le canal 10
  - Le réseau E utilise le canal 13
- Vous avec accès à la configuration et vous pouvez changer le canal utilisé par chacun des réseaux.
- Quel et le nombre minimum de chagements de canal nécessaires pour éviter les interférences ? Notez que le même canal peut être utilisé pour deux réseaux. Donnez ces changements.

# Couche MAC (Medium Access Control)

#### Architecture du protocole

Liaison Physique

**Logical Link Control** (LLC) Accès au milieu, Medium Access QoS, Control (MAC) sécurité Physical Layer **C**onvergence Prépare et Protocole (PLCP) transmet les bits à Physical Medium l'antenne Dependent (PMD)

OSI

**IEEE 802.11** 

#### Quelques tâches de la couche MAC

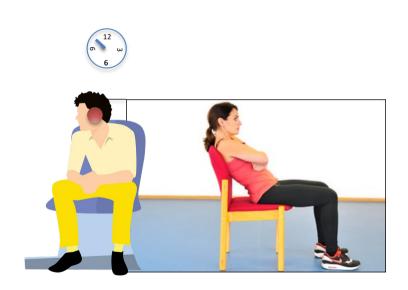
- Arbitrage de l'accès au milieu de transmission pargaté
- Fragmentation
- Récupération de trames erronées

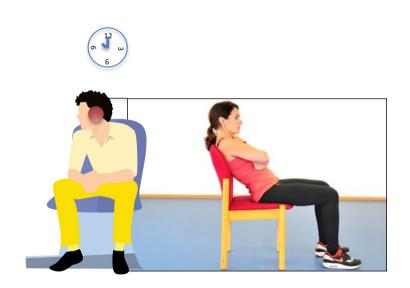
## Méthodes d'accès (arbitrage)

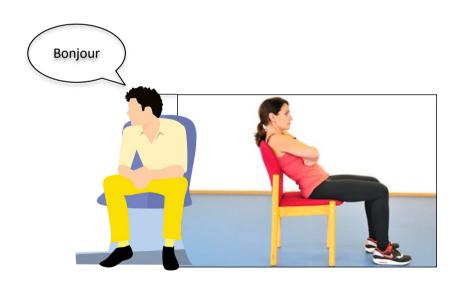
- Distributed Coordination Function (DCF)
  - CSMA/CA
  - RTS/CTS
- Point Coordination Function (PCF)
  - Polling
- Hybrid Coordination Function (HCF)
  - EDCA (Enhanced Distributed Channel Access)
  - HCCA (HCF Controlled Channel Access)

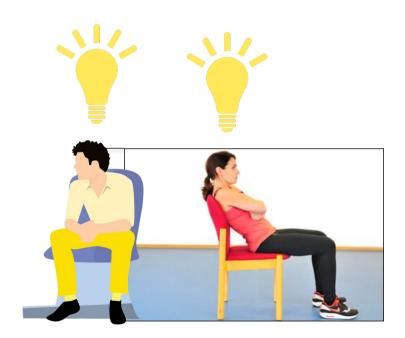




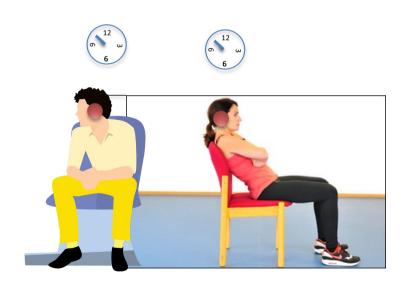


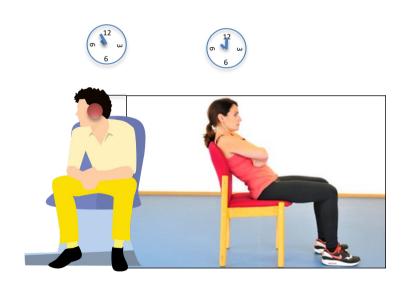


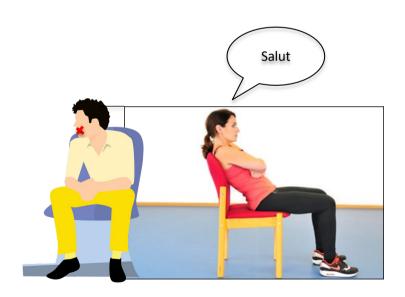




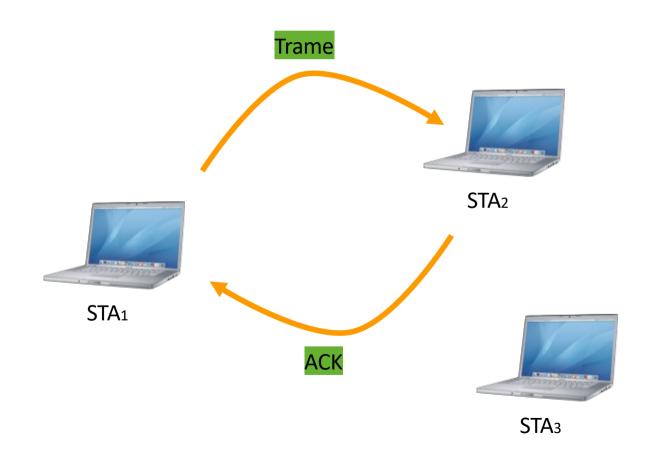




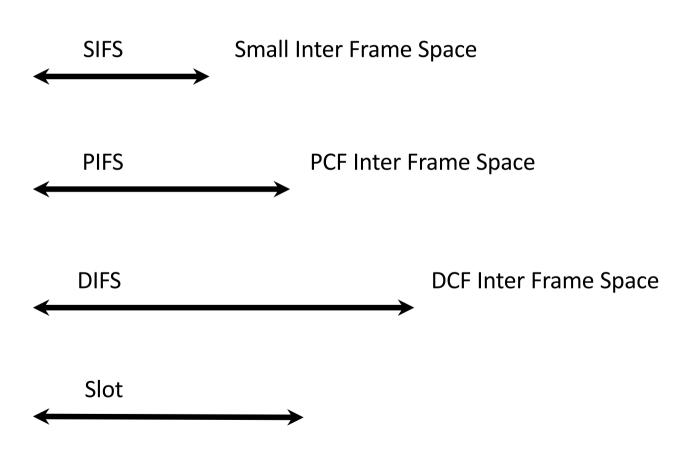




## CSMA/CA unicast (ad hoc)

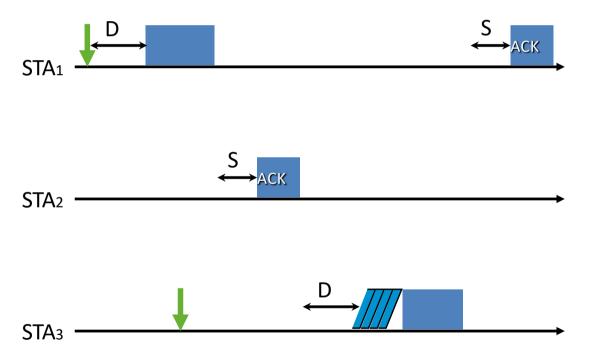


#### Intervalles Inter-trame



# CSMA/CA for Unicast Frames

- Ecouter le canal pendant DIFS.
   S'il n'y a pas d'activité,
   transmettre
- S'il y en a, attendre la fin de la transmission et écouter la porteuse pendant DIFS plus un nombre aléatoire de Slots.
   Transmettre si le canal est libre
- S'il n'est pas libre, recommencer la procédure mais en utilisant cette fois-ci le temps restant
- Pour les transmissions unicast, la station réceptrice attend SIFS et transmet un acquittement



#### Exemples CSMA/CA

Type de diagramme montré au tableau...

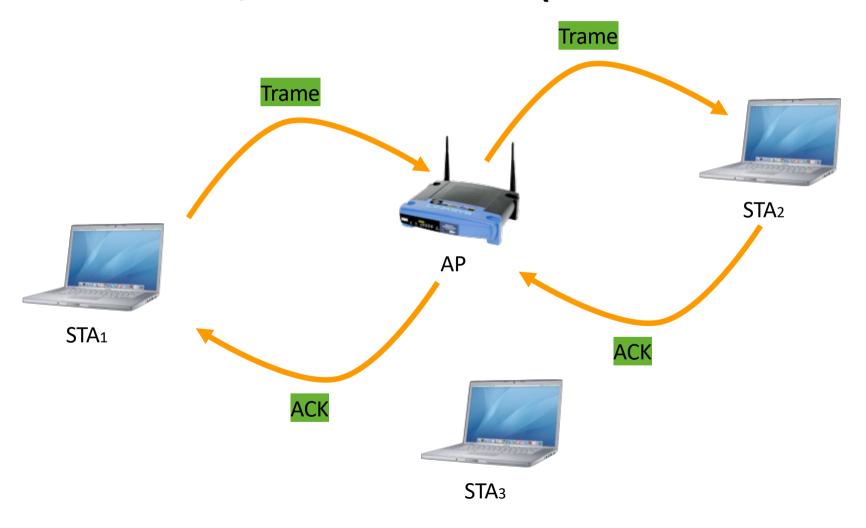
#### Exercice 4a

 Dessinez la séquence de trames pour une transmission d'une station STA1 à une autre stations STA2 dans un réseaux 802.11g qui fonctionne en mode ad-hoc si la méthode d'accès CSMA/CA est utilisée

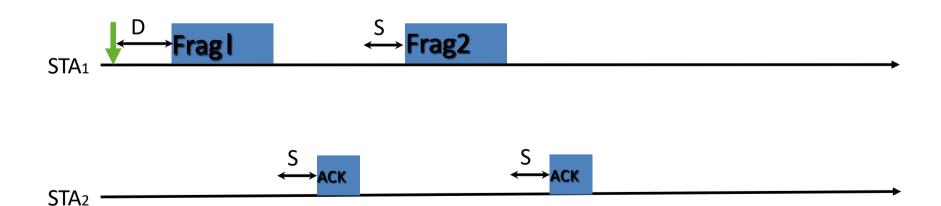
#### Exercice 4b

 Dessinez la séquence de trames pour une transmission d'une station STA1 à une autre stations STA2 dans un réseaux 802.11g basé sur infrastructure si la méthode d'accès CSMA/CA est utilisée

## CSMA/CA unicast (Infrastructure)

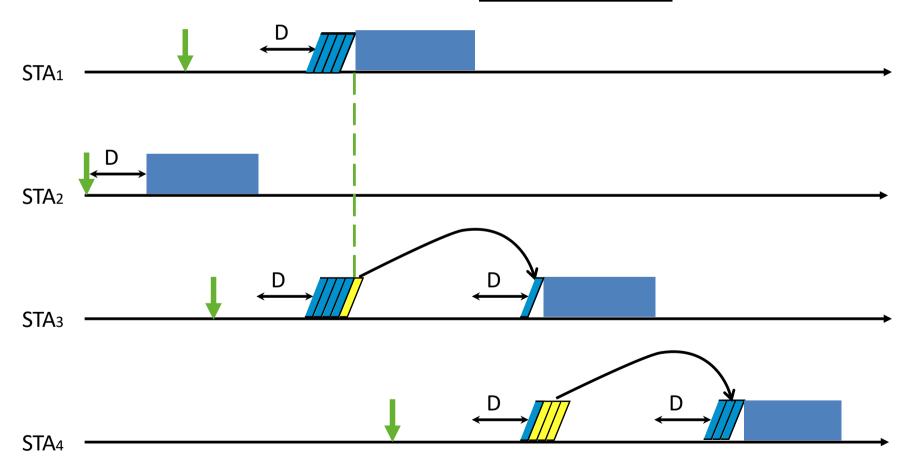


# Fragmentation CSMA/CA Trames unicast



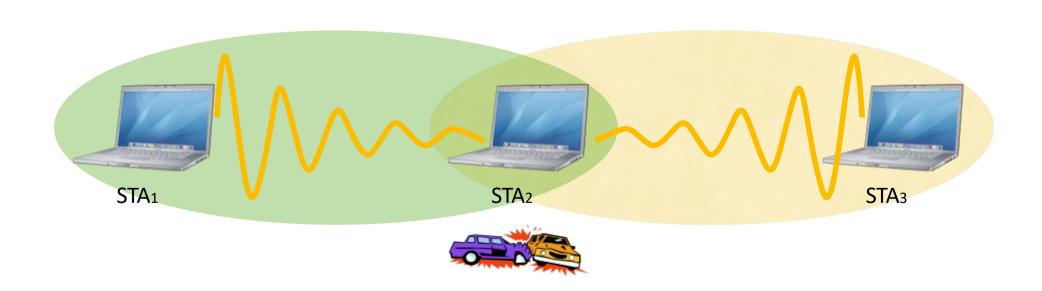
# CSMA/CA for Trames broadcast

# CSMA/CA pour Trames b<u>roadcast</u>

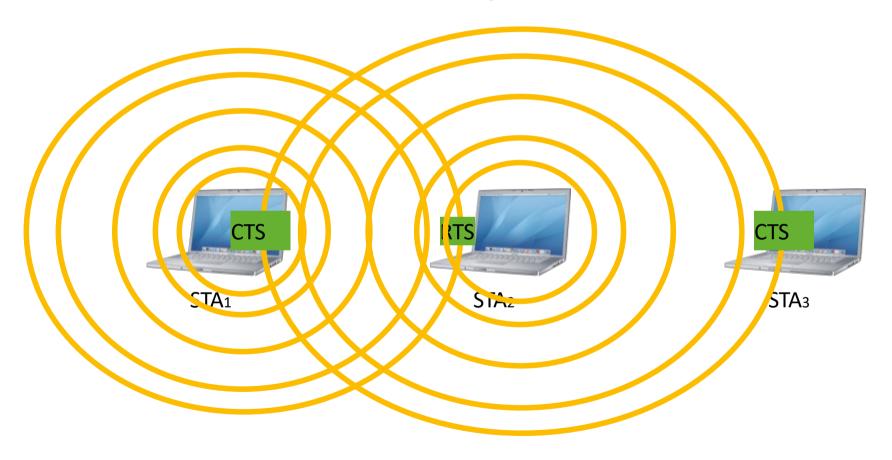


• Dessinez les trames pour la transmission d'une trame broadcast envoyée par une station dans un réseau 802.11b basé sur infrastructure

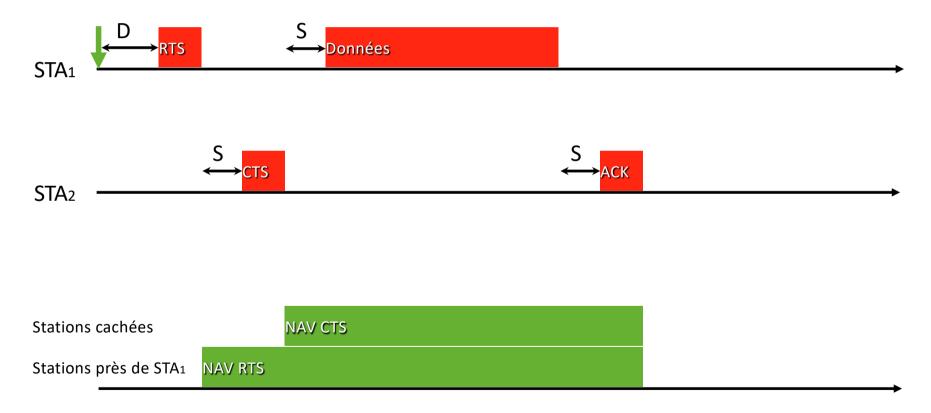
# Le problème des stations cachées - RTS/CTS



# RTS/CTS



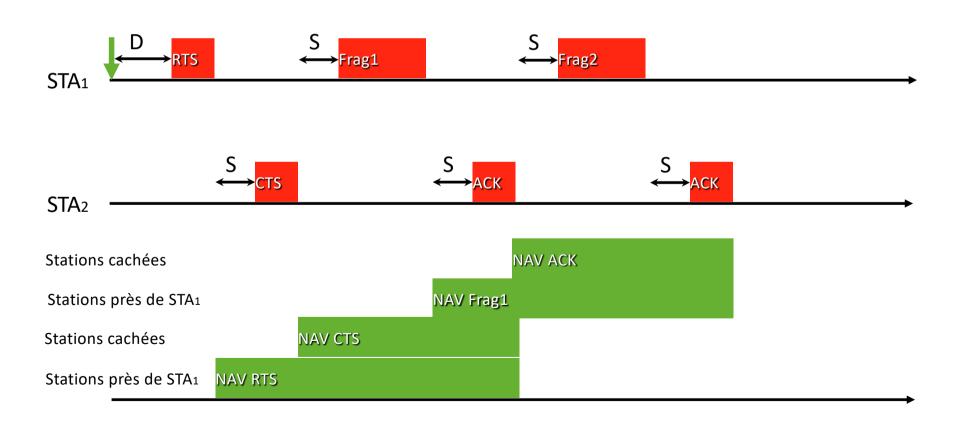
## RTS/CTS



**NAV**: Network Allocation Vector

Le NAV est une représentation de l'intervalle de temps réservé dans une trame

## Fragmentation RTS/CTS



 Dessinez la séquence de trames pour une transmission unicast d'une station STA1 à une autre stations STA2 dans un réseau 802.11 basé sur infrastructure si la méthode d'accès RTS/CTS est utilisée par la STA1 et par l'AP

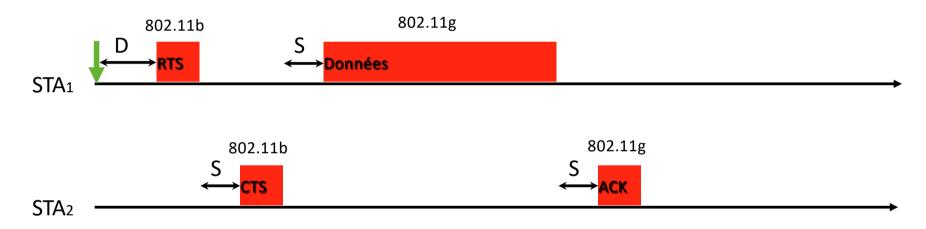
 Dessinez la séquence de trames pour une transmission unicast d'une station STA1 à une autre station STA2 dans un réseau 802.11 basé sur infrastructure si la méthode d'accès RTS/CTS est utilisée par la STA1 et la méthode CSMA/CA est utilisée par le AP

 Dessinez la séquence de trames pour une transmission <u>broadcast</u> d'une station STA1 à une autre stations STA2 dans un réseau 802.11 basé sur infrastructure si toutes les stations et l'AP sont réglés pour utiliser la méthode d'accès RTS/CTS

#### Coexistence b et g

- Les stations 802.11b ne comprennent pas la modulation utilisée dans 802.11g
- Si des stations 802.11b se trouvent dans la zone de portée d'un réseau 802.11g, des problèmes peuvent se produire
- L'amendement 802.11g introduit le mode protection

#### Mélanger b et g: Mode protection avec full RTS/CTS



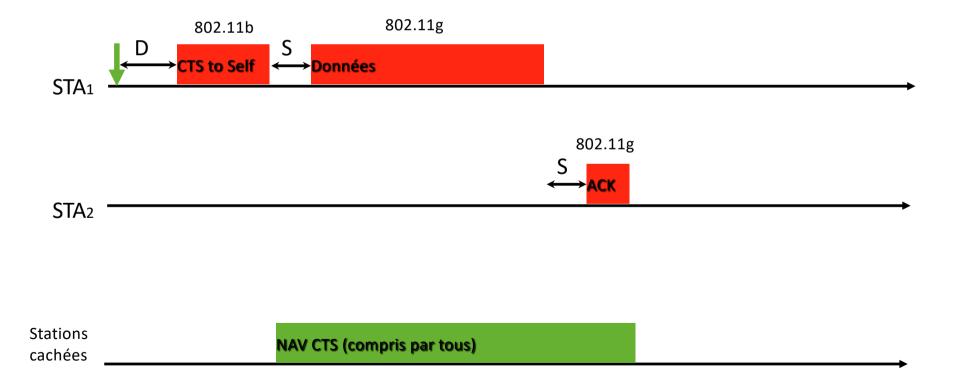
Stations cachées

NAV CTS (compris par 802.11b et 802.11g)

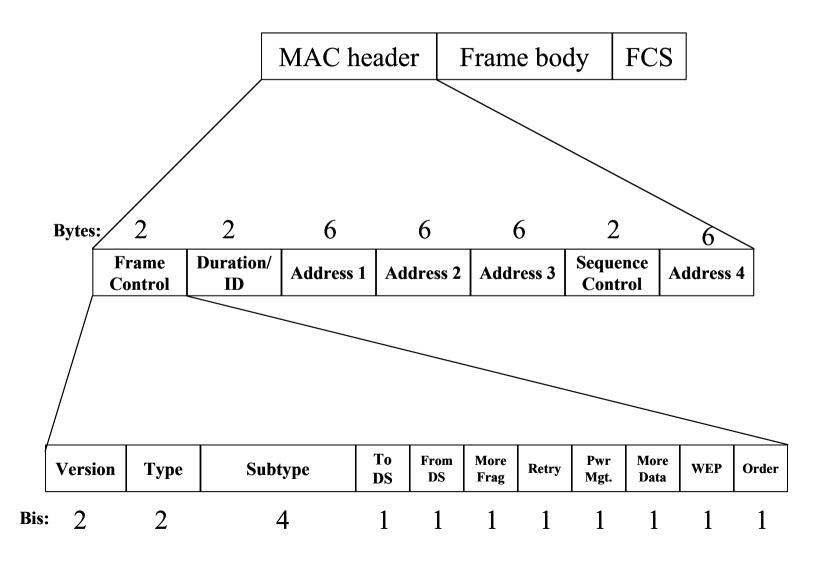
Stations près de STA1

NAV RTS (compris par 802.11b et 802.11g)

#### Mélanger b et g: Mode protection avec CTS-to-Self



#### Structure générale de trames MAC



#### Quelques bits et champs importants

- Power Management
- More fragments (like IP)
- Retry
- ToDS
- FromDS
- Four Addresses

# Adresses et bits DS pour les trames de données

Ad hoc

Infrastr.

Infrastr.

Infrastr.

ToDS	FromDS	Adresse 1	Adresse 2	Adresse 3	Adresse 4
0	0	DA	SA	BSSID	-
0	1	DA	BSSID	SA	-
1	0	BSSID	SA	DA	-
1	1	RA	TA	DA	SA

# Les formats des trames se trouvenet dans la norme

	Frame Control	Duration/ ID	DA	SA	BSSID	Sequence Control	Frame body	FCS	
Bytes:	2	2	6	6	6	2	0-2312	4	
	ToDS=(	) From DS	S=0						

# Types de trame

- Trames de management
- Trames de données
- Trames de contrôle



### Transmission de données

- Deux types de trames sont utilisées lors de la transmission de données:
  - Trames de données
  - Trames de contrôle (ACK, RTS, CTS)

# Trames de management

- Etablissement de réseaux
- Sécurité
- Itinérance

## Etablissement d'un réseau sans fil

- 1. Scanning (trouver les réseaux)
- 2. Authentification (prouver son identité)
- 3. Association (négocier conditions avec l'AP)





Les trames de management sont utilisées pour ces trois tâches

# Trames de management

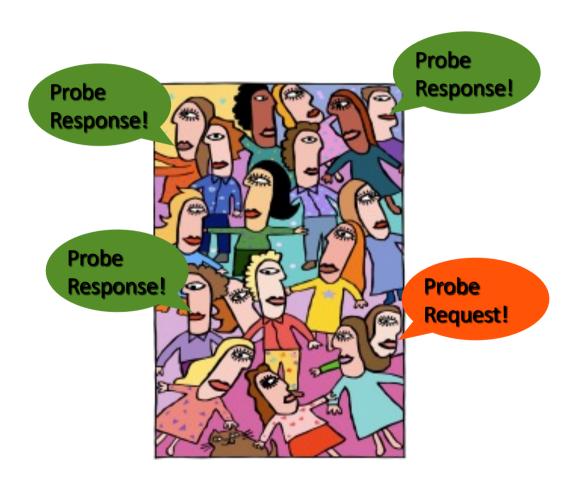
- Beacon (balise)
- Probe (requête et réponse)
- Authentification
- Association requête et réponse
- Re-association (requête et réponse)
- Disassociation
- De-authentification

# Première phase

• Chercher les réseaux



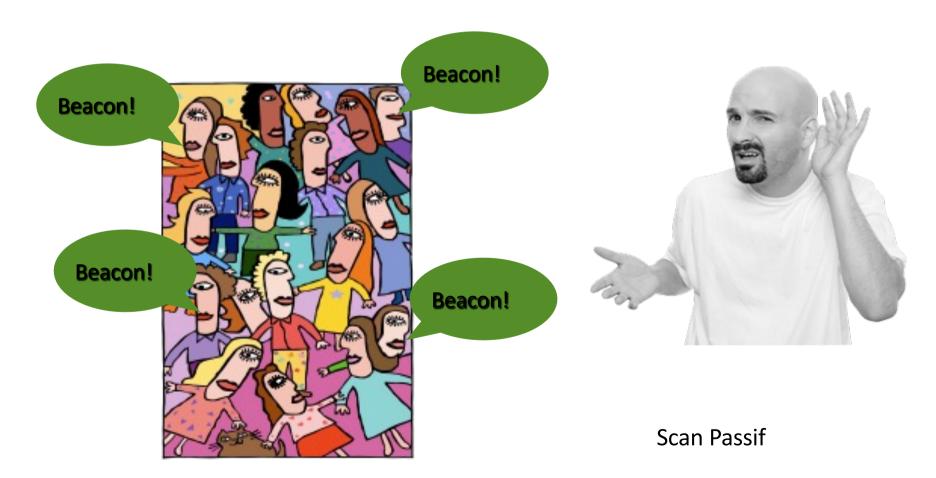
# Comment une station trouve-t-elle un réseau



Scanning est la première chose à faire

**Scan Actif** 

# Comment une station trouve-t-elle un réseau



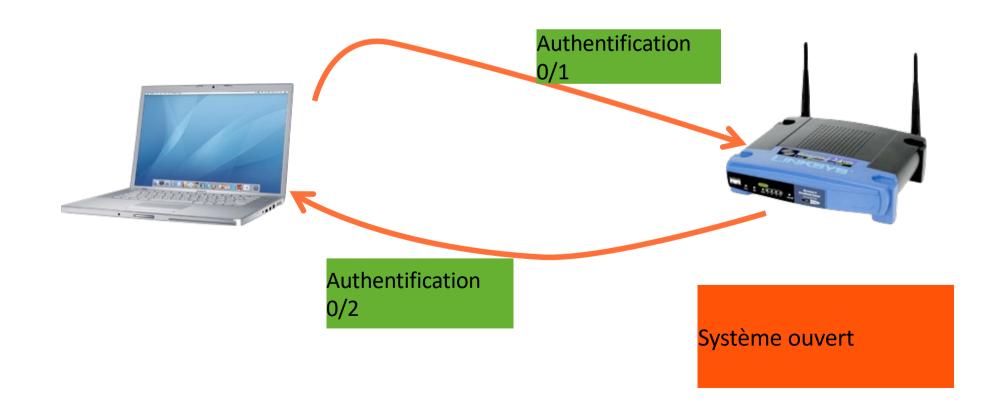
# Deuxième phase

• Prouver son identité



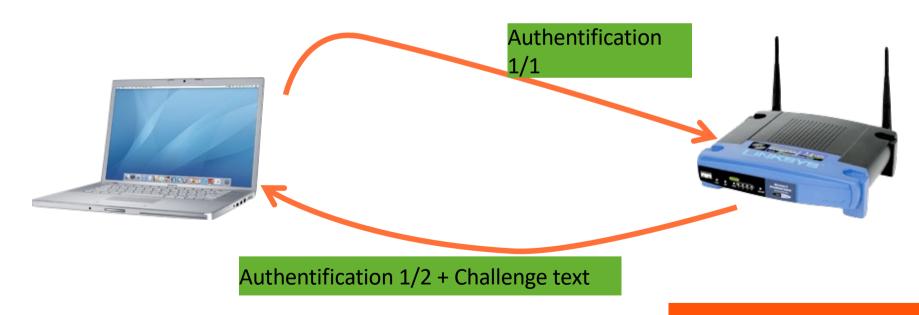
## Système ouvert

Une fois qu'une liste de réseau a été dressée, on procède à l'authentification



## Amélioration de l'authentification

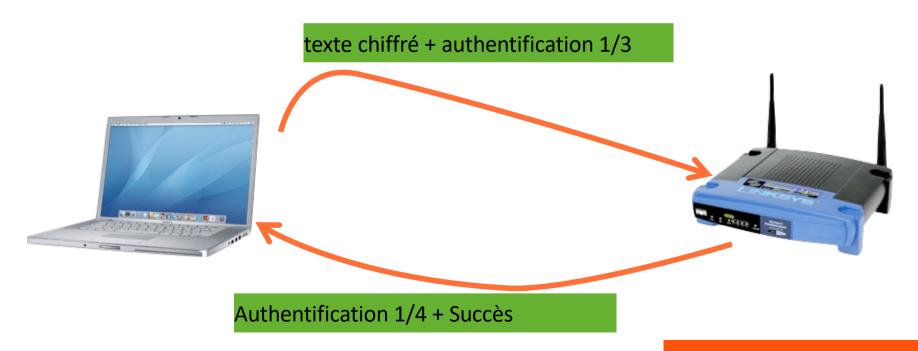
Un algorithme un peu plus sérieux pour l'authentification



Clé partagée

## Pas encore là...

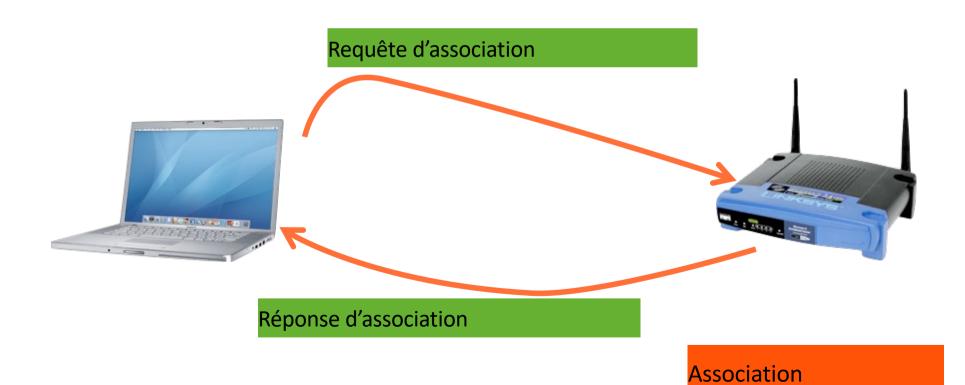
Deux trames sont encore nécessaires pour finir le processus d'authentification



Clé partagée

## Association

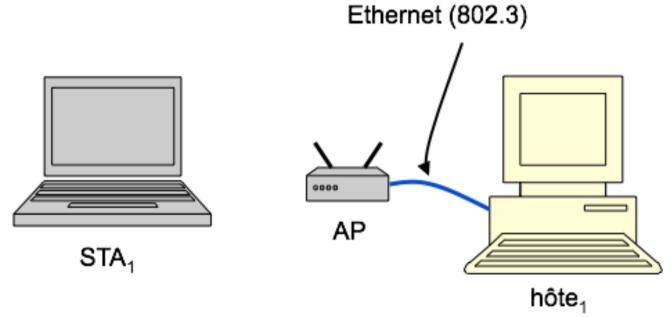
La STA est maintenant authentifiée mais elle n'est pas encore associée



### Détails des transmissions

- Les prochains slides contiennent des exercices
- Certains requièrent des connaissances que vous n'avez pas encore. On les laissera pour après.

 Un transfert prend environ 3 minutes dans un réseau 802.11g ad hoc à 54 Mbps. Combien de temps ce transfert prendrait-il approximativement dans un réseau 802.11g basé sur infrastructure à 54 Mbps?



 Dessinez la séquence de trames pour une transmission d'une trame du hôte1 vers la STA1 (requiert des connaissances 802.3

 Ecrivez une équation pour le temps nécessaire à une transmission entre deux stations dans un réseau 802.11 fonctionnant en mode ad hoc. Laissez votre équation en termes de DIFS, SIFS, t<sub>ACK</sub> et t<sub>TRAME</sub>. Supposez que les temps aléatoires sont zéro.

 Calculez le débit efficace maximum en bits reçus de la couche LLC par seconde pour une transmission unicast dans un IBSS 802.11b si le MAC\_SDU a une taille de 1000 octets, il n'y a pas de fragmentation, le préambule long est utilisé et le temps aléatoire est égal à 1 slot. La vitesse de transmission est de 11 Mbps. Utilisez SIFS=10 µs, DIFS=30 µs et slot=20 µs.

Calculez le débit efficace en bits reçus de la couche LLC par seconde pour une transmission unicast dans un BSS 802.11b si le MAC\_SDU a une taille de 1000 octets, il n'y a pas de fragmentation, le préambule long est utilisé et le temps aléatoire est égal à 1 slot. La vitesse de transmission est de 11 Mbps. Utilisez SIFS=10 μs, DIFS=30 μs et slot=20 μs.

 Comparez les résultats des deux exercices précédents. Quelle est la relation entre les débits effectifs dans un BSS et un IBSS?

 Refaites l'exercice antérieur avec un seuil de fragmentation de 1000 octets