



Réseaux Sans Fil et Mobiles SRIV

Réseaux locaux sans fil Wi-Fi avancé

Isabelle Guérin Lassous

Isabelle.Guerin-Lassous@univ-lyon1.fr

<http://perso.ens-lyon.fr/isabelle.guerin-lassous>

Introduction

- 5h CM et 4h TD
 - Notions avancées en Wi-Fi
 - Panorama de M1 complété par
 - Aspects QoS
 - Nouvelles caractéristiques avec 802.11n/ac/ax
 - Adaptation de débit
 - Dimensionnement d'un réseau
 - Autres amendements et groupes de travail en cours
- Sur ma partie
 - Examen : 8 points
 - CC : 2 petits contrôles (33% de la note CC globale)
 - les 10/03 et 30/03

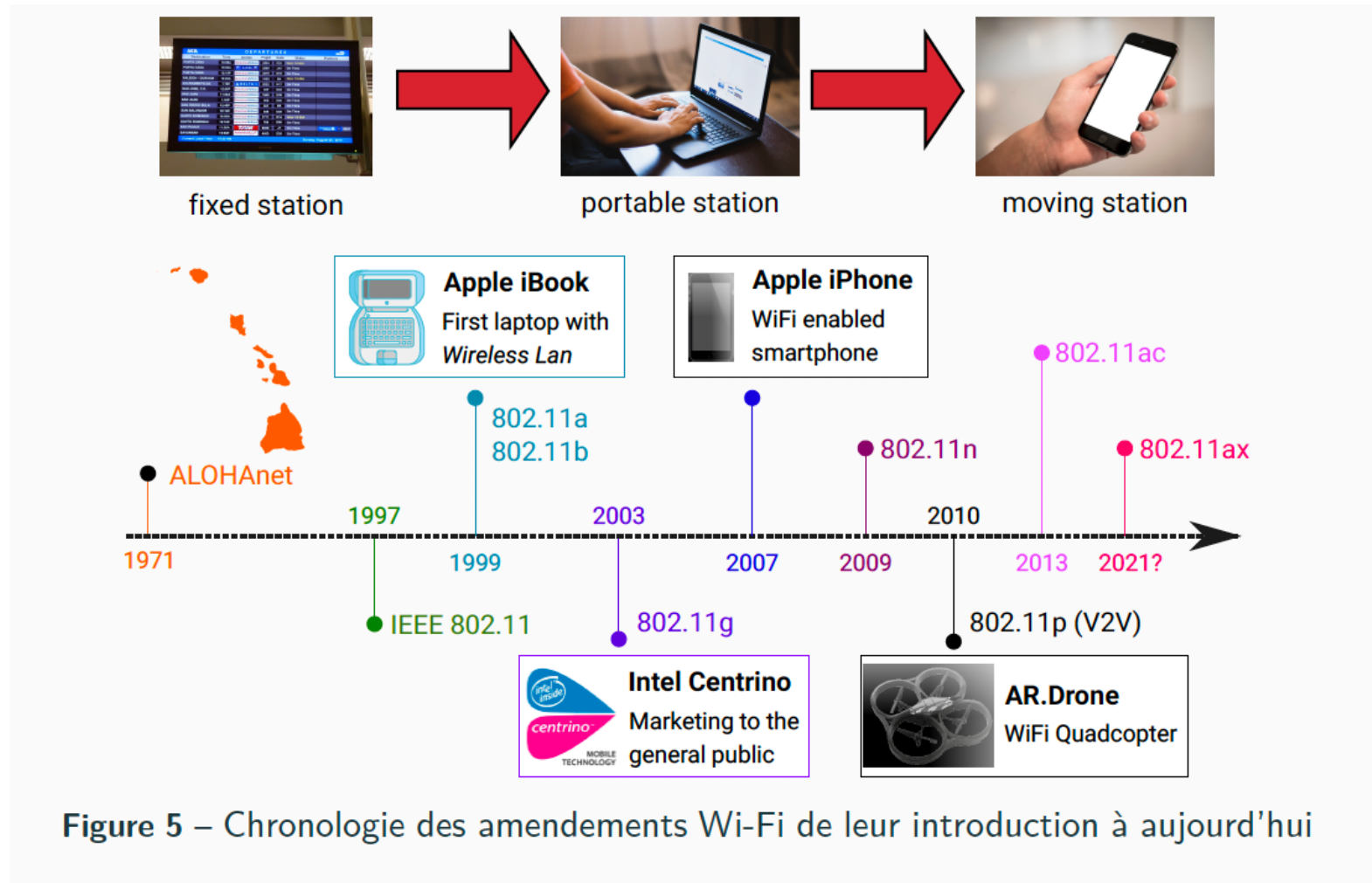
Quelques chiffres annoncés par CISCO

- Wi-Fi hotspots will grow four-fold from 2018 to 2023. Globally, there will be nearly **628 million public Wi-Fi hotspots by 2023**, up from 169 million hotspots in 2018
- 2022 Total IP Traffic (fixed & mobile): 29 percent Wired, **51 percent Wi-Fi**, 20 percent Mobile.

By 2023, 27.4% of WLAN Endpoints will be equipped with 802.11ax (Wi-Fi 6)
By 2023, 66.8% of WLAN Endpoints will be equipped with 802.11ac (Wi-Fi 5)

=> Le Wi-Fi reste une technologie de communication phare pour
les réseaux d'accès locaux

Historique du Wi-Fi



IEEE 802.11 & Wi-Fi

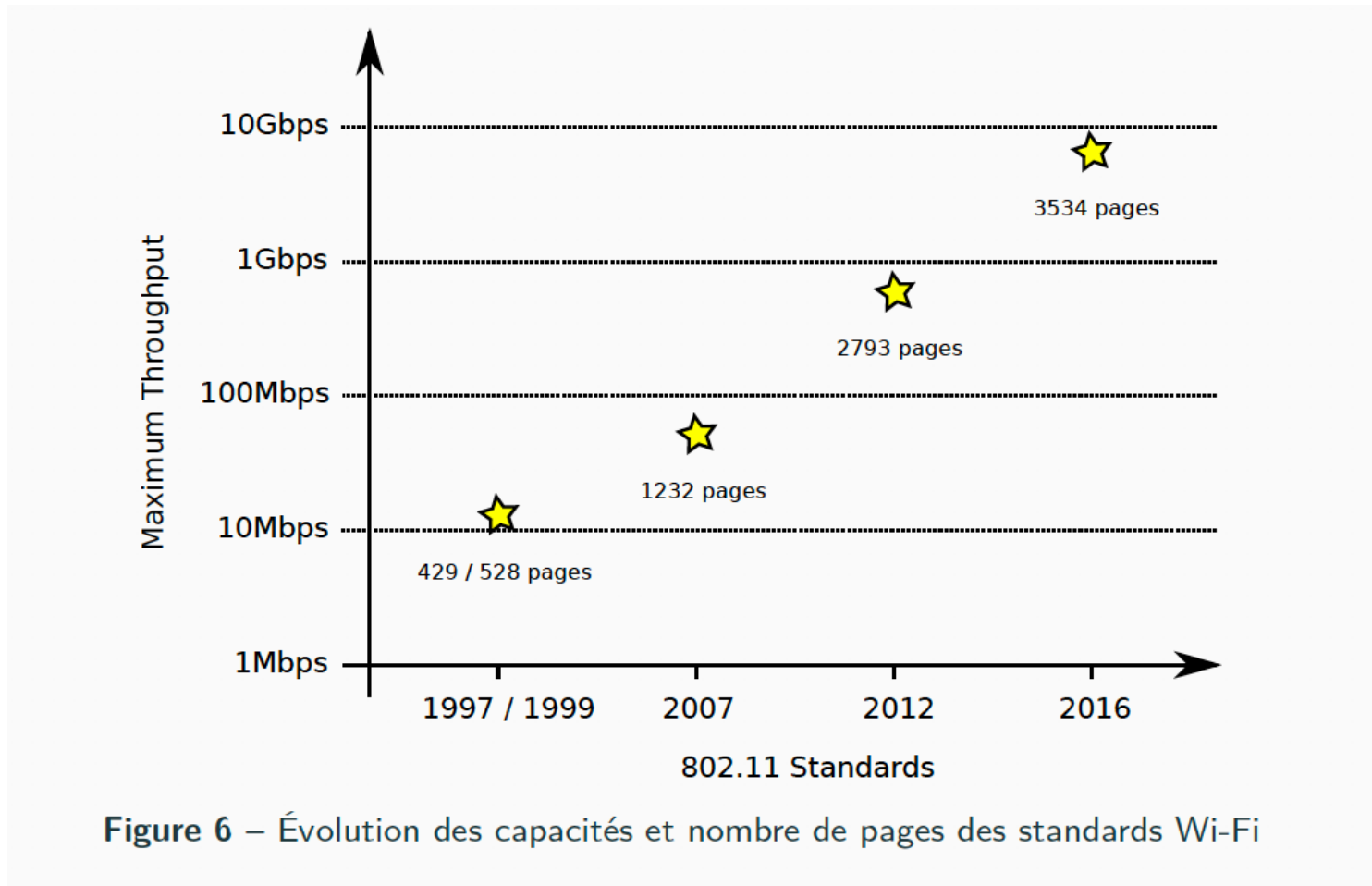
802.11n = Wi-Fi 4

802.11ac = Wi-Fi 5

802.11ax = Wi-Fi 6

Thèse R. Grünblatt

Des capacités de plus en plus élevées



Compatibilité descendante

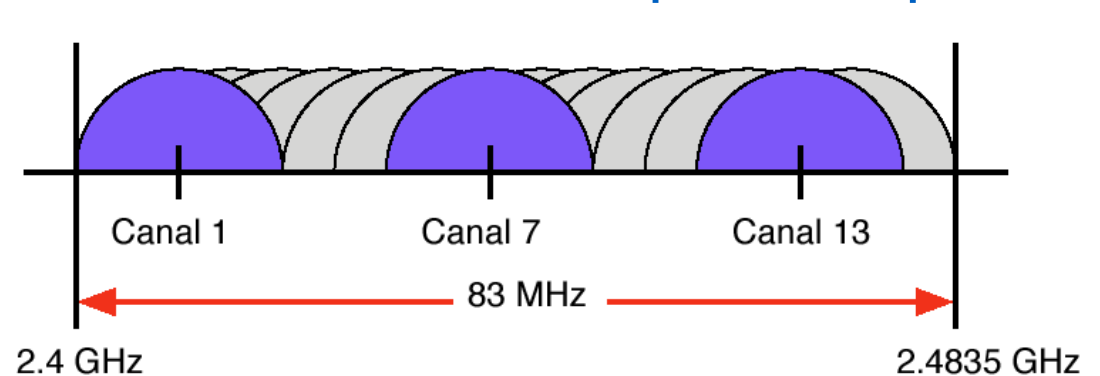
- Wi-Fi repose sur une **compatibilité descendante**
 - Interopérabilité avec des versions plus anciennes du Wi-Fi ('**legacy version**')
 - Complexifie le fonctionnement
 - Construction incrémentale du standard
 - => Nécessite de comprendre ce qui s'est fait dans le passé
- Différent dans le monde des réseaux mobiles

802.11b

ou les socles de base du Wi-Fi

Bande des 2,4 GHz

- **Bande ISM**
 - Industrie, Science et Médecine
 - Non soumise à des réglementations internationales
 - Peut être utilisée librement sous quelques conditions
- 14 canaux de 22 MHz
 - **Tous les canaux ne sont pas indépendants**



- **Communication** entre 2 machines Wi-Fi
 - **sur un même canal** de 22 MHz

Plusieurs couches physiques

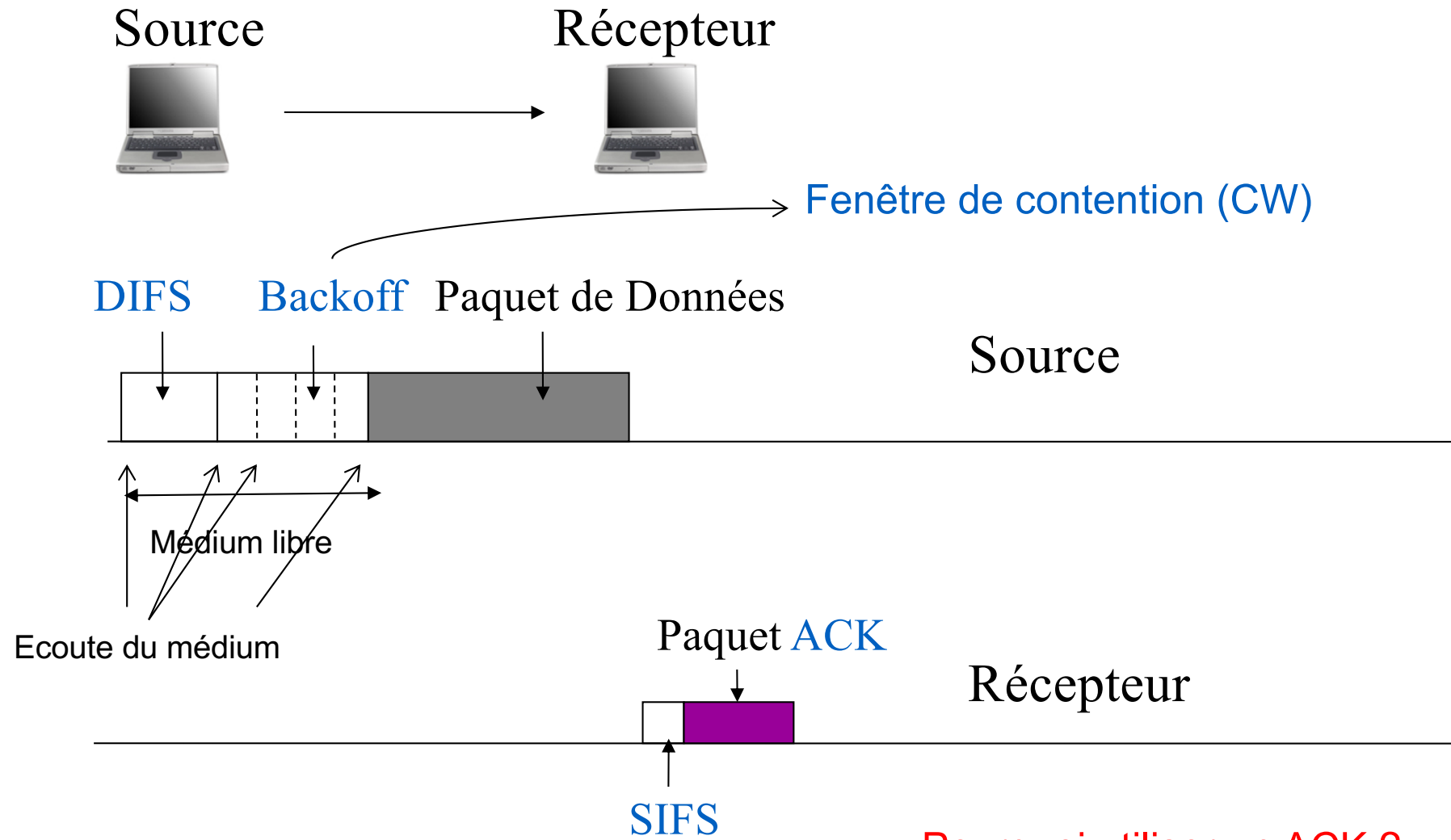
- 1 couche physique infrarouge (pas déployée)
- 2 couches physiques radio
 - Frequency Hopping Spread Spectrum – FHSS (pas déployée)
 - **Direct Sequence Spread Spectrum - DSSS**
 - Éventuellement couplée à une modulation CCK (complementary code keying)
 - **Plusieurs débits d'émission** : 1 ; 2 ; 5,5 et 11 Mb/s

Accès au médium radio

- Deux fonctions
- Distributed Coordination Function – DCF
 - Basé sur l'approche CSMA / CA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance)
- Point Coordination Function - PCF
- DCF dans la plupart des cartes et points d'accès

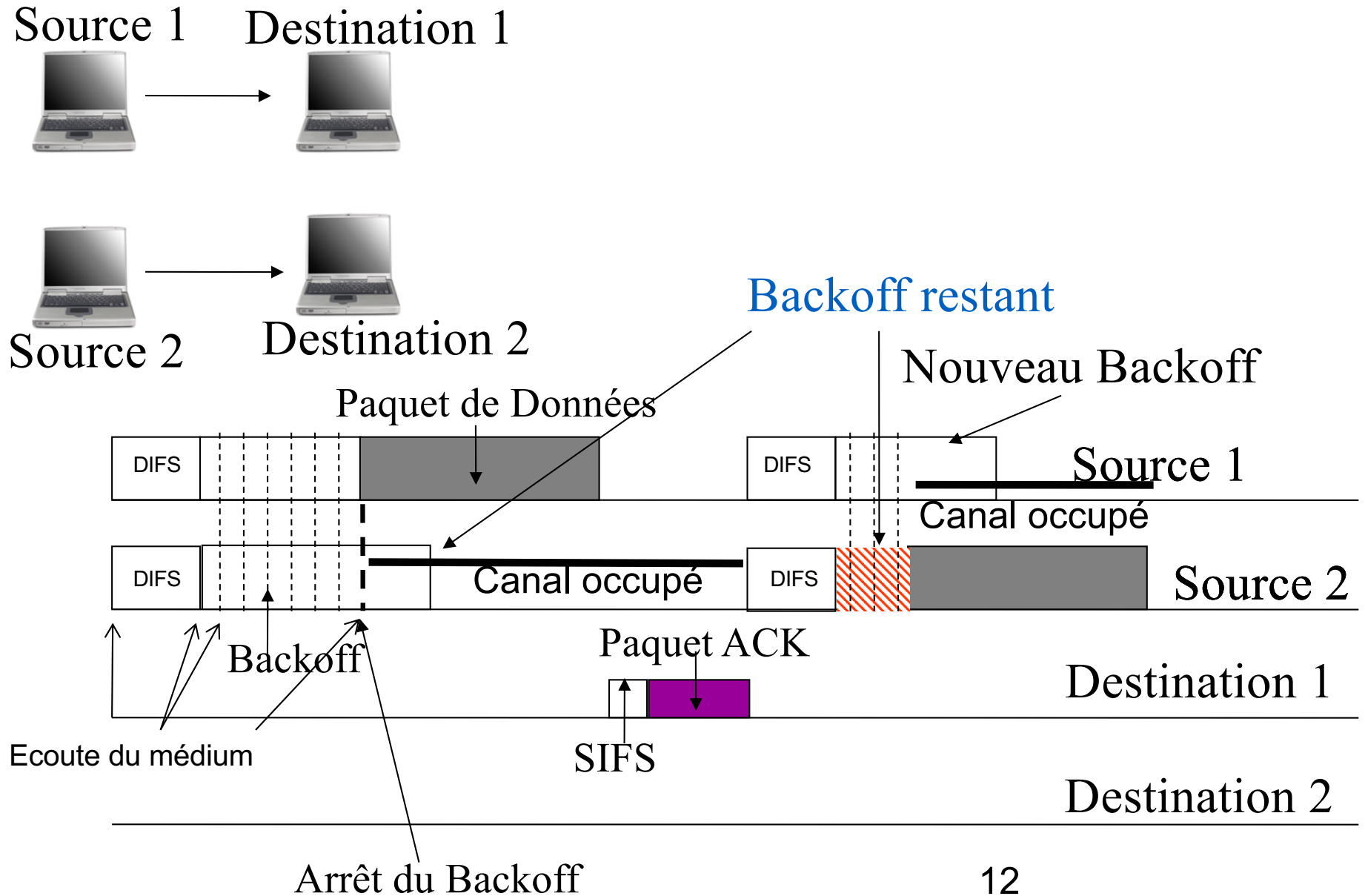
Accès au médium

DCF – mode point-à-point



Pourquoi utiliser un ACK ?

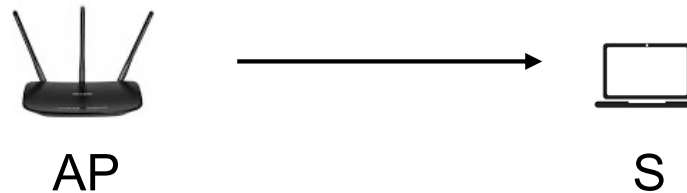
DCF - Contention



DCF – Collision ou Erreur

- Si 2 stations émettent un signal en même temps
 - Il peut y avoir collision au niveau du récepteur
 - Pas d'ACK envoyé/reçu
 - **Retransmission** du paquet
- Processus d'accès au médium relancé avec une augmentation de la fenêtre de contention
 - Algorithme **BEB (Binary Exponential Backoff)**
 - $CW = 2 * CW(\text{précédente})$
 - **Fenêtre de contention initiale (minimale)** CWmin
 - **Fenêtre de contention maximale** CWmax
- Paquet rejeté si émission ne réussit pas au bout de plusieurs fois
- Utilisation de CWmin pour le paquet suivant

Pause TD

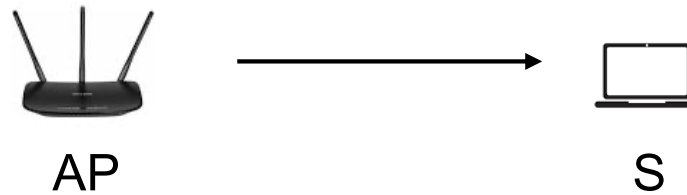


Le réseau considéré dans cet exercice est un réseau avec un point d'accès et une station recevant les trames envoyées par le point d'accès. Le standard utilisé par le point d'accès pour communiquer est 802.11b.

Une trame de données Wi-Fi est un paquet constitué d'un en-tête physique, d'un en-tête MAC et de données utiles (ici ce sont toutes les données provenant de la couche 3 -Réseau-). Nous ne considérerons que des communications en mode point-à-point. Dans ce cas, toutes les trames sont acquittées. Une trame d'acquiescement Wi-Fi est un paquet constitué d'un en-tête physique et de données de contrôle de niveau 2 (couche Liaison de données). Les valeurs des paramètres utilisées dans cet exercice sont données dans le tableau ci-après.

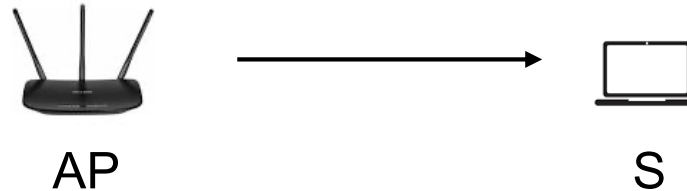
Nous supposons que le point d'accès a toujours des paquets à transmettre à la station et que tous les paquets sont reçus avec succès.

Pause TD



| Paramètre | Valeur |
|------------------------|------------|
| DIFS | 50 micros |
| SIFS | 10 micros |
| Slot | 20 micros |
| CW initial | [0 ; 31] |
| Temps en-tête physique | 192 micros |
| Taille en-tête MAC | 34 octets |
| Taille ACL | 14 octets |

Pause TD



Q1. Dans toutes les questions qui suivent, le temps de propagation sera négligé. Justifiez ce choix si on suppose que la portée de communication dans les réseaux considérés est de l'ordre de 200 mètres et que les ondes radio se déplacent à la vitesse de la lumière

Q2. Quel est le temps d'attente aléatoire moyen avant chaque transmission de paquet par le point d'accès ? (on considère que le backoff est tiré aléatoirement et uniformément dans la fenêtre de contention initiale).

Q3. Supposons que les paquets transmis comprennent 1000 octets de données utiles provenant de la couche 3 et que le point d'accès transmet les paquets avec une capacité d'émission de 11 Mb/s. Quel est le débit de réception, au niveau de la couche 3, de la station ? Nous considérons ici que le temps d'attente aléatoire utilisé pour chaque trame correspond au temps d'attente aléatoire moyen calculé précédemment et que les acquittements sont envoyés avec la même capacité d'émission que les données.

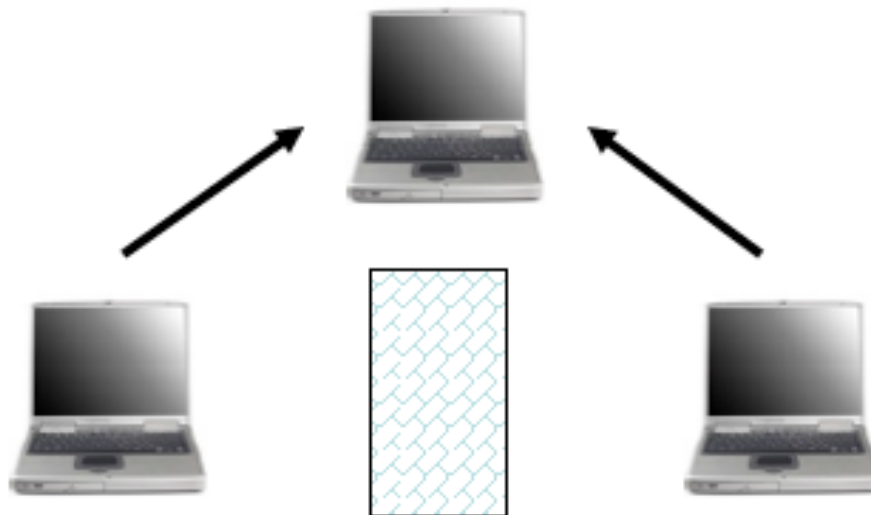
Q4. Même question si, maintenant, la capacité d'émission du point d'accès est de 1 Mb/s.

DCF – mode diffusion locale

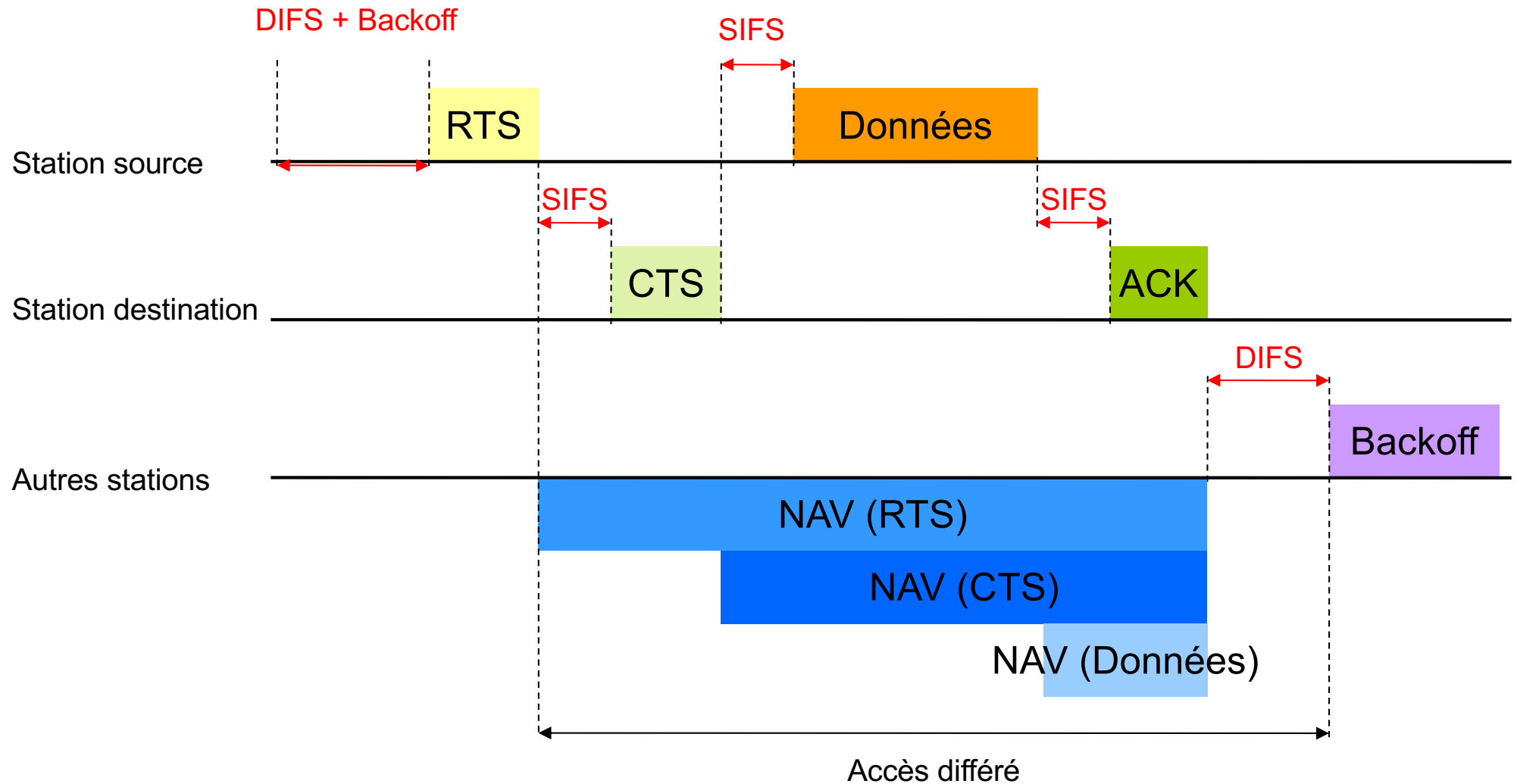
- **Communication multipoint / broadcast**
 - Source envoie un paquet
 - Destiné à toutes les stations à portée de communication
- **Même principe que pour le point-à-point**
 - Mais pas d'ACK envoyé

Gestion des stations cachées

- Echange de **trames de contrôle** avant transmission
 - **RTS** (Request to Send)
 - **CTS** (Clear to Send)
 - RTS/CTS envoyés en mode diffusion locale
 - Utilisation d'un **NAV** (Network Allocation Vector)
 - Mode optionnel



Gestion des stations cachées



Mécanisme CCA

- **CCA : Clear Channel Assessment**
 - Mécanisme qui détermine si le médium est libre
- **Détection virtuelle en premier**
 - **NAV** : Network Allocation Vector
 - NAV mis à jour via
 - Champ Durée donné dans les RTS et CTS
 - Champ Length donné dans l'en-tête physique des trames
- Puis **détection physique**
 - Mode 1 : signal reçu a une puissance supérieure à un seuil
 - Mode 2 : signal reçu est un signal 802.11b même si sa puissance est plus petite que le seuil précédent
 - Mode 3 : utilisation des deux approches

802.11a
ou l'arrivée de la bande des 5 GHz

Bande des 5 GHz

- 2 sous-bandes dans la bande ISM
 - 5,150 à 5,350 GHz et de 5,470 à 5,850 GHz
- 22 canaux (en Europe) de 20 MHz
 - Tous les canaux sont indépendants (séparés de 20 MHz)
- Communication entre 2 machines Wi-Fi
 - sur un même canal de 20 MHz

Couches physiques

- Technique de transmission OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
 - Utilisation de plusieurs porteuses
 - Sous-canaux à faible débit
 - Agrégation de ces sous-canaux pour obtenir un canal à très haut débit
 - Modulation BPSK/QPSK ou 16-QAM/64-QAM sur chaque sous-porteuse
 - Plusieurs débits d'émission possibles
 - 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 et 54 Mb/s
- Transmission sur un canal de 20 MHz
 - Divisé en 52 sous-canaux
 - 48 pour les données
 - 4 pour les correction d'erreur
- Correction d'erreurs puissante

Accès au médium radio

- Même processus que 802.11b
 - Mode DCF
- Mais des valeurs de paramètres différents
 - DIFS, SIFS, slot, CW initiale
- Mécanisme CCA
 - Peu spécifié
 - Souvent le mode 1 de 802.11b
 - Mais il peut y avoir une version OFDM du mode 2

802.11g

ou une 1^{ère} amélioration des débits
d'émission et le début du casse-tête de
l'interopérabilité

Comment ?

- Transposition de la technique OFDM proposée pour la bande des 5 GHz à la bande des 2,4 GHz
- Même bande de fréquences que 802.11b, mais des canaux de 20 MHz
- Et donc des canaux qui se recoupent

Couches physiques

- Modes obligatoires
 - ERP-DSSS/CCK – intrinsèquement compatible avec 802.11b
 - ERP-OFDM
 - Certains débits physiques obligatoires (1-11 et 6, 12 et 24 Mb/s)
- Modes optionnels
 - DSSS-OFDM
 - Préambule et en-tête physiques DSSS + données OFDM
 - ERP-PBCC
 - 22 et 33 Mb/s – pas vraiment implanté dans les cartes

Le problème de l'interopérabilité

- À l'époque de l'arrivée de 802.11g
 - produits 802.11b et 802.11g possibles dans la bande des 2,4 GHz
- Si une machine 802.11g utilise ERP-DSSS, pas de problème
- Sinon, quelle interopérabilité possible ?
 - DSSS-OFDM
 - ERP-OFDM avec un mécanisme de protection
 - RTS/CTS
 - Toutes les stations doivent détecter les RTS et CTS
 - RTS et CTS envoyés avec une modulation DSSS
 - CTS-to-self
 - La source s'envoie un paquet CTS avec une modulation DSSS
- AP indique à toutes ses stations si un mécanisme d'interopérabilité doit être utilisé
 - Via ses beacons

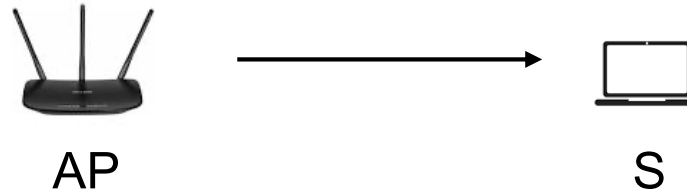
802.11g : réception d'un paquet

1. Est-ce que le préambule est en OFDM ?
 - Si oui tout décoder en OFDM
2. Si non, démodulation du préambule en DSSS
 - Récupérer le champ SIGNAL (de l'en-tête physique) pour récupérer la modulation à utiliser pour la suite du paquet

Accès au médium radio

- Même que processus que 802.11b
 - Mode DCF
- Mais des valeurs de paramètres différents selon la couche physique utilisée
 - DIFS, SIFS, slot, CW initiale
 - Valeurs de 802.11b quand le début de la trame est en DSSS
 - Valeurs de 802.11a quand le début de la trame est en OFDM
- Mécanisme CCA
 - Un signal 802.11g doit être détecté avec une puissance supérieure à -76 dBm

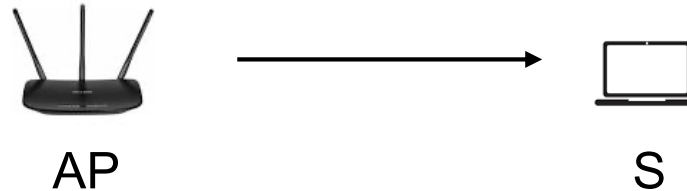
Pause TD



Reprenons l'exemple précédent. Nous considérons que le réseau utilise le standard IEEE 802.11g et que la couche physique est idéale (i.e. que tous les paquets arrivent sans erreur). Les paramètres de 802.11g sont donnés dans le tableau ci-dessous.

| Paramètre | Valeur OFDM (a) | Valeur DSSS (b) |
|------------------------------|-----------------|-----------------|
| DIFS | 28 micros | 50 micros |
| SIFS | 10 micros | 10 micros |
| Slot | 9 micros | 20 micros |
| CW initiale | [0 ; 15] | [0 ; 31] |
| Temps en-tête physique | 20 micros | 192 micros |
| Temps ACK (sans en-tête phy) | 10 micros | 304 micros |
| Taille en-tête MAC | 34 octets | 34 octets |

Pause TD



Nous considérons que le backoff utilisé pour chaque trame correspond au backoff moyen et qu'il n'y a pas de RTS/CTS.

Q1. Quel est le débit utile obtenu si l'AP émet dans le mode ERP-OFDM avec une capacité d'émission de 54 Mb/s ?

Q2. Quel est le débit utile obtenu si l'AP émet dans le mode DSSS-OFDM avec une capacité d'émission 54 Mb/s ? Réfléchissez avant aux paramètres MAC qui seront utilisés.

Q3. Quel est le débit utile obtenu si l'AP émet dans le mode ERP-OFDM avec une capacité d'émission de 54 Mb/s avec le mécanisme de protection CTS-to-self ?
On supposera que la trame de contrôle CTS est une trame de 20 octets envoyée à 1 Mb/s.