

# 802.11e

## ou l'arrivé de la QoS

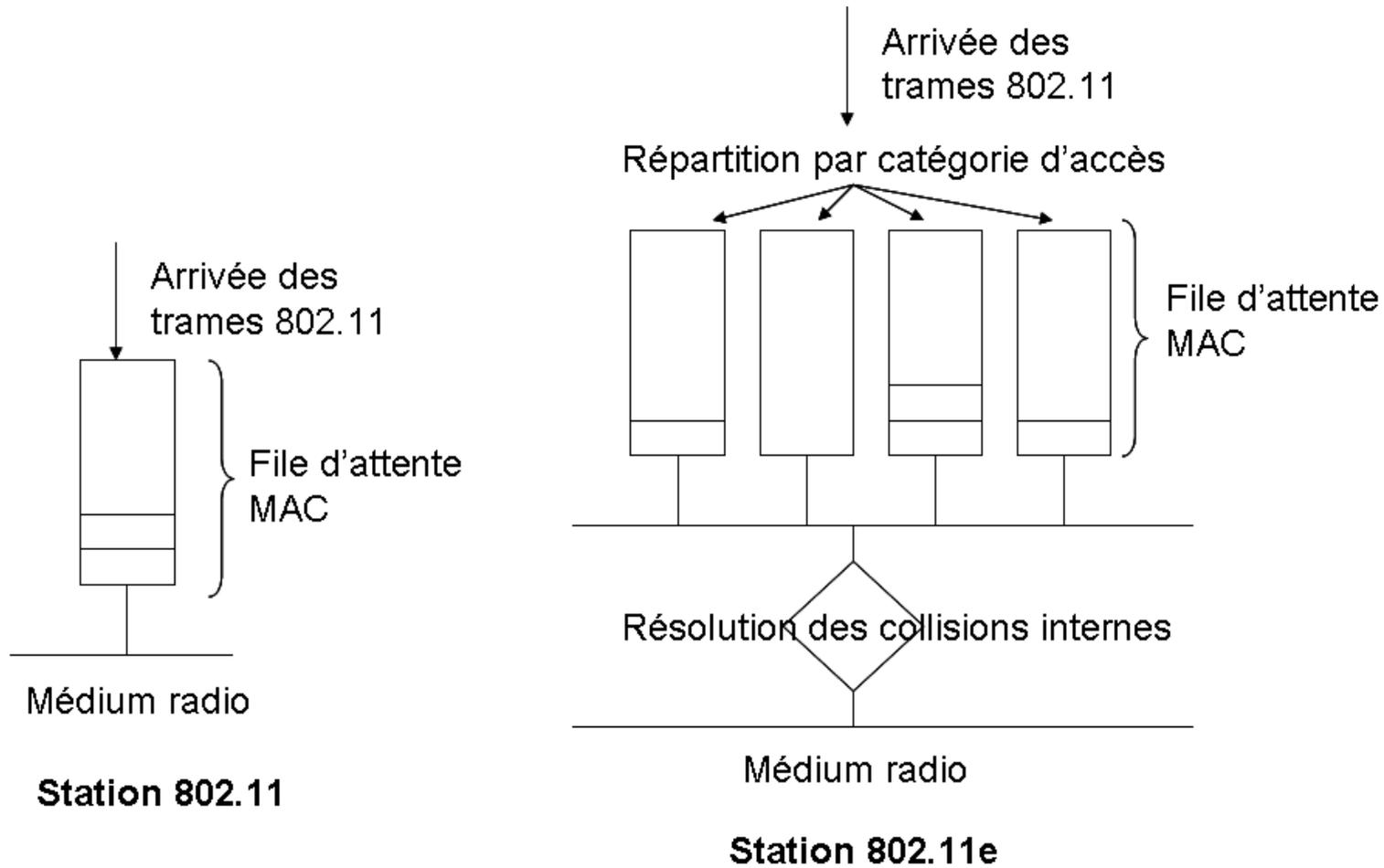
# Introduction de la qualité de service

- En 2005
  - De plus en plus d'applications audio / vidéo et de ToIP
  - Couche MAC Wi-Fi introduit des surcoûts et n'est pas très favorable aux petits paquets
- Introduction d'une **différenciation de service**
  - Au niveau de la couche MAC avec 1 nouvelle fonction de coordination
- Hybrid Coordination Function – HCF
  - HCF Control Channel Access : approche à la PCF
  - **Enhanced Distributed Coordination Access – EDCA**
    - Approche à la DCF

# EDCA

- Compatible avec DCF
- **Classes / catégories de trafic**
  - Différentes probabilités d'accès au médium selon les classes
  - 4 catégories de trafic (TC) / station
  - DIFS → **AIFS(TC)** (Arbitration InterFrame Space)
  - CWmin → **CWmin(TC)**
  - optionnel pour max

# Station 802.11e



# Opportunité de transmission

- On gagne un temps de transmission
  - Transmission Opportunity - TXOP
  - Et non plus un accès au médium comme dans 802.11a/b/g
  - Possibilité de transmettre plusieurs paquets consécutifs
    - Séparés par les SIFS et les ACKs
    - Les paquets consécutifs doivent avoir le même destinataire
- Si TXOP = 0
  - Un seul paquet peut être envoyé

# Collisions internes

- Collisions au sein d'un seul nœud
- Quand 2 paquets appartenant à 2 classes de trafic différentes voient leur backoff arriver à 0 en même temps
- Comment les résoudre ?
  - Le paquet prioritaire est transmis
  - Le paquet de priorité moindre redémarre un processus d'accès au médium du début, avec un nouveau backoff

# Suggestions de paramètres pour 802.11e

Catégorie d'accès	AIFS ( $\mu$ s)	$CW_{\min}$	$CW_{\max}$	TXOP ( $\mu$ s)
Background	73	[0 ; 15]	[0 ; 1023]	0
Best Effort	37	[0 ; 15]	[0 ; 1023]	0
Vidéo	28	[0 ; 7]	[0 ; 15]	3008
Voix	28	[0 ; 3]	[0 ; 7]	1504

# Déterminer la classe de trafic des paquets

IETF Diffserv Service Class	PHB	Reference RFC	IEEE 802.11 User Priority	Access Category
Network Control (reserved for future use)	CS7	RFC2474	7	AC_VO (Voice)
			0	AC_BE (Best Effort)
OR				
Network Control	CS6	RFC2474	7	AC_VO (Voice)
			0	AC_BE (Best Effort)
OR				
Telephony	EF	RFC3246	6	AC_VO (Voice)
VOICE-ADMIT	VA	RFC5865	6	AC_VO (Voice)
Signaling	CS5	RFC2474	5	AC_VI (Video)
Multimedia Conferencing	AF41 AF42 AF43	RFC2597	4	AC_VI (Video)
Real-Time Interactive	CS4	RFC2474	4	AC_VI (Video)
Multimedia Streaming	AF31 AF32 AF33	RFC2597	4	AC_VI (Video)
Broadcast Video	CS3	RFC2474	4	AC_VI (Video)
Low-Latency Data	AF21 AF22 AF23	RFC2597	3	AC_BE (Best Effort)
OAM	CS2	RFC2474	0	AC_BE (Best Effort)
High-Throughput Data	AF11 AF12 AF13	RFC2597	0	AC_BE (Best Effort)
Standard	DF	RFC2474	0	AC_BE (Best Effort)
Low-Priority Data	CS1	RFC3662	1	AC_BK (Background)

- Exemple de correspondance classification DiffServ – Classe de trafic Wi-Fi
- Correspondance qui peut être appliquée
  - Au niveau de l'AP (trafic downstream)
  - Au niveau des clients (trafic upstream)

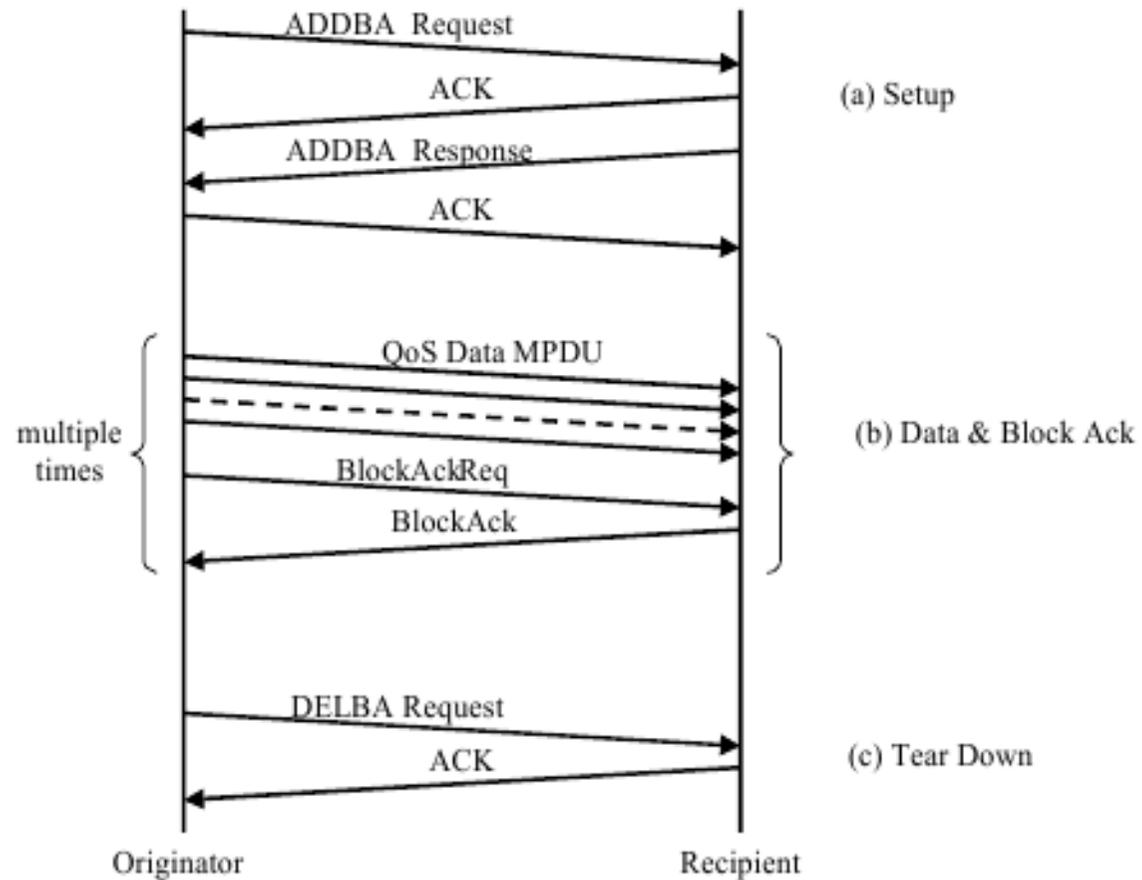
# Aucun acquittement

- Communication point-à-point sans ACK
  - On suppose que la fiabilité sera traitée par d'autres couches

# Bloc d'acquittements

- TXOP dans 802.11<sup>e</sup>
  - Envoi de trames consécutives
  - Comment sont-elles acquittées ?
    - Chaque trame est acquittée une par une
    - Utilisation d'un seul ACK
      - Bloc d'acquittements
- Une station indique si elle peut gérer les blocs d'ACKs
  - Dans la trame d'association par ex.

# Bloc d'acquittements

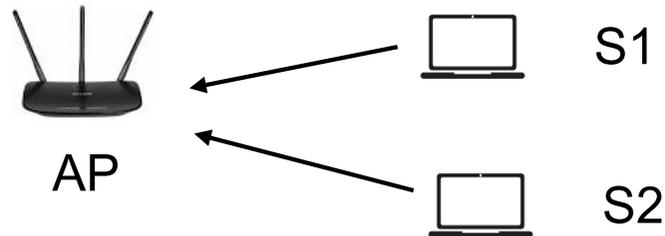


IEEE 802.11-2007

# Bloc d'acquittements

- Bloc immédiat
  - Le récepteur répond tout de suite à la source
    - Cf schéma précédent
- Bloc retardé
  - ACK classique
  - Puis bloc d'ACKs lors d'une opportunité de transmission suivante
- Retransmission des paquets perdus
  - Dans un nouveau bloc de trames
  - Trame par trame (individuellement)

# Pause TD



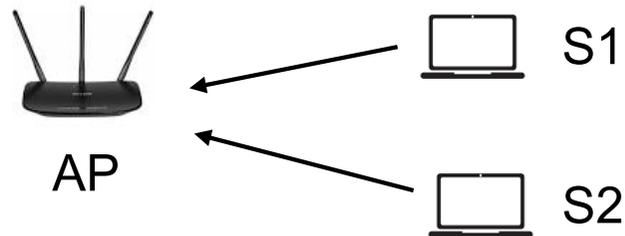
Considérons deux stations S1 et S2 en compétition qui ont toujours des paquets à envoyer. On supposera qu'il n'y a pas de collision, que la couche physique est idéale et que l'unité de temps (le slot) correspond à  $20 \mu\text{s}$ . On utilisera les paramètres de 802.11e donnés dans le cours.

Q1. Si une des stations envoie un flux background tandis que l'autre envoie un flux voix, quels seront les paquets qui vont être envoyés sur le médium radio ? Expliquez pourquoi.

Q2. Si une des stations envoie un flux Best Effort tandis que l'autre envoie un flux voix, pour quelles valeurs de Backoff choisies par le flux voix, le flux BE ne peut jamais émettre de paquets sur le médium radio ?

Q3. Toujours dans ce même scénario, si les deux flux tirent un Backoff moyen pour chaque paquet à envoyer, est-ce que le flux Best Effort peut envoyer son paquet sans voir son Backoff interrompu ?

# Pause TD



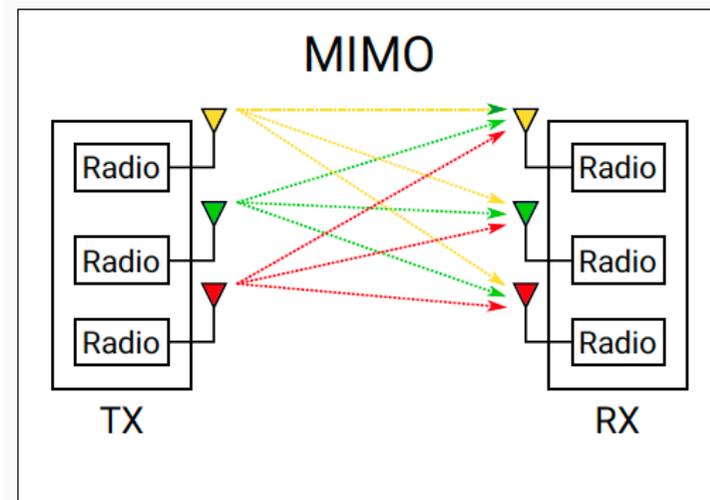
Q4. Si maintenant, pour chaque paquet à envoyer le flux Best Effort tire un Backoff de 1 tandis que le flux voix tire un Backoff de 2, que peut-on dire sur l'accès au médium pour ces deux flux ?

Q5. Considérons maintenant que les deux flux sont envoyés par l'AP vers S1 et S2. Que se passe-t-il si on utilise les mêmes paramètres que la question précédente ?

802.11n  
ou l'arrivée du très haut débit

# Une couche physique de plus en plus complexe

- Fonctionne dans les bandes des 2,4 GHz et 5 GHz
- **MIMO – Multiple Input Multiple Output**
  - Utilisation de plusieurs antennes dans un carte Wi-Fi
  - 1 flux envoyé / reçu sur chaque antenne
    - **Spatial streams**
  - Jusqu'à 4 flux possibles en parallèle
  - Tirer parti de la **diversité potentielle** des chemins de propagation



Thèse R. Grünblatt

# Une couche physique de plus en plus complexe

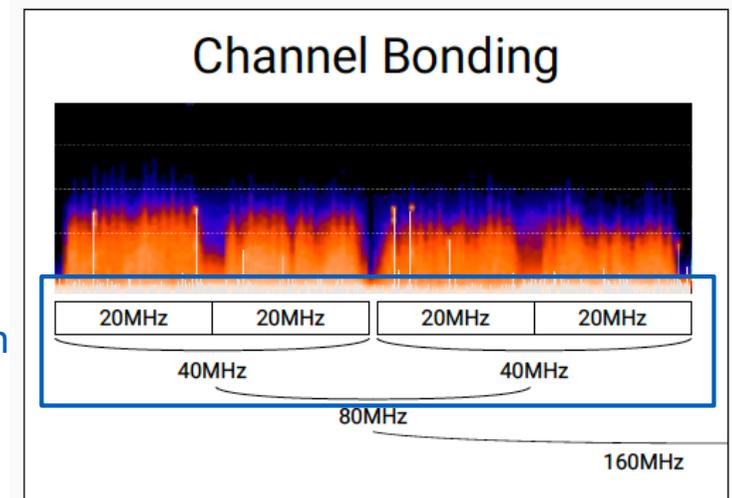
- **Beamforming** envisagé
  - Possible avec un réseau d'antennes
  - Concentration de l'énergie dans une direction particulière
    - Pour obtenir un meilleur SNR
  - Il faut trouver les meilleures associations possibles entre les antennes de l'émetteur et du récepteur
  - Mécanisme complexe
  - Peu implémenté dans les produits 802.11n du marché

# Une couche physique de plus en plus complexe

- **OFDM** est maintenu
  - 802.11n : 56 sous-porteuses – 52 pour les données données
  - 802.11g : 52 sous-porteuses – 48 pour les données données
- **Plusieurs largeurs de canaux**
  - 20 MHz
  - 40 MHz
    - agrégation de deux canaux adjacents de 20 MHz)
    - 114 sous-porteuses – 108 données
    - **canal primaire** (beacon envoyé sur ce canal)
    - **canal secondaire**
    - permet de doubler la capacité

Thèse R. Grünblatt

802.11n



# Une couche physique de plus en plus complexe

- Un nouveau code correcteur d'erreurs
  - par rapport aux versions précédentes : 5/6
- Intervalle de garde
  - Entre les transmissions de données au sein d'une trame
    - relié au délai de propagation du chemin le plus long
  - En OFDM
  - Intervalle long : 800 ns ( $a/g/n$ )
  - Intervalle court : 400 ns ( $n$ )

# Une couche physique de plus en plus complexe

- Tous les paramètres précédents sont combinés dans un seul paramètre appelé
  - MCS - Modulation and Coding Scheme
    - Nombre de flux spatiaux
    - Modulation
    - Code correcteur d'erreurs
    - Intervalle de garde
    - Largeur de bande

### Modulation and coding schemes

MCS index	Spatial streams	Modulation type	Coding rate	Data rate (in Mbit/s) <sup>[a]</sup>			
				20 MHz channel		40 MHz channel	
				800 ns GI	400 ns GI	800 ns GI	400 ns GI
0	1	BPSK	1/2	6.5	7.2	13.5	15
1	1	QPSK	1/2	13	14.4	27	30
2	1	QPSK	3/4	19.5	21.7	40.5	45
3	1	16-QAM	1/2	26	28.9	54	60
4	1	16-QAM	3/4	39	43.3	81	90
5	1	64-QAM	2/3	52	57.8	108	120
6	1	64-QAM	3/4	58.5	65	121.5	135
7	1	64-QAM	5/6	65	72.2	135	150
8	2	BPSK	1/2	13	14.4	27	30
9	2	QPSK	1/2	26	28.9	54	60
10	2	QPSK	3/4	39	43.3	81	90
11	2	16-QAM	1/2	52	57.8	108	120
12	2	16-QAM	3/4	78	86.7	162	180
13	2	64-QAM	2/3	104	115.6	216	240
14	2	64-QAM	3/4	117	130	243	270
15	2	64-QAM	5/6	130	144.4	270	300

MCS 7 (1 SS + 64-QAM + 5/6) + 40 MHz + Long GI => débit d'émission = 135 Mb/s

## MCS (suite)

<b>16</b>	3	BPSK	1/2	19.5	21.7	40.5	45
<b>17</b>	3	QPSK	1/2	39	43.3	81	90
<b>18</b>	3	QPSK	3/4	58.5	65	121.5	135
<b>19</b>	3	16-QAM	1/2	78	86.7	162	180
<b>20</b>	3	16-QAM	3/4	117	130	243	270
<b>21</b>	3	64-QAM	2/3	156	173.3	324	360
<b>22</b>	3	64-QAM	3/4	175.5	195	364.5	405
<b>23</b>	3	64-QAM	5/6	195	216.7	405	450
<b>24</b>	4	BPSK	1/2	26	28.8	54	60
<b>25</b>	4	QPSK	1/2	52	57.6	108	120
<b>26</b>	4	QPSK	3/4	78	86.8	162	180
<b>27</b>	4	16-QAM	1/2	104	115.6	216	240
<b>28</b>	4	16-QAM	3/4	156	173.2	324	360
<b>29</b>	4	64-QAM	2/3	208	231.2	432	480
<b>30</b>	4	64-QAM	3/4	234	260	486	540
<b>31</b>	4	64-QAM	5/6	260	288.8	540	600

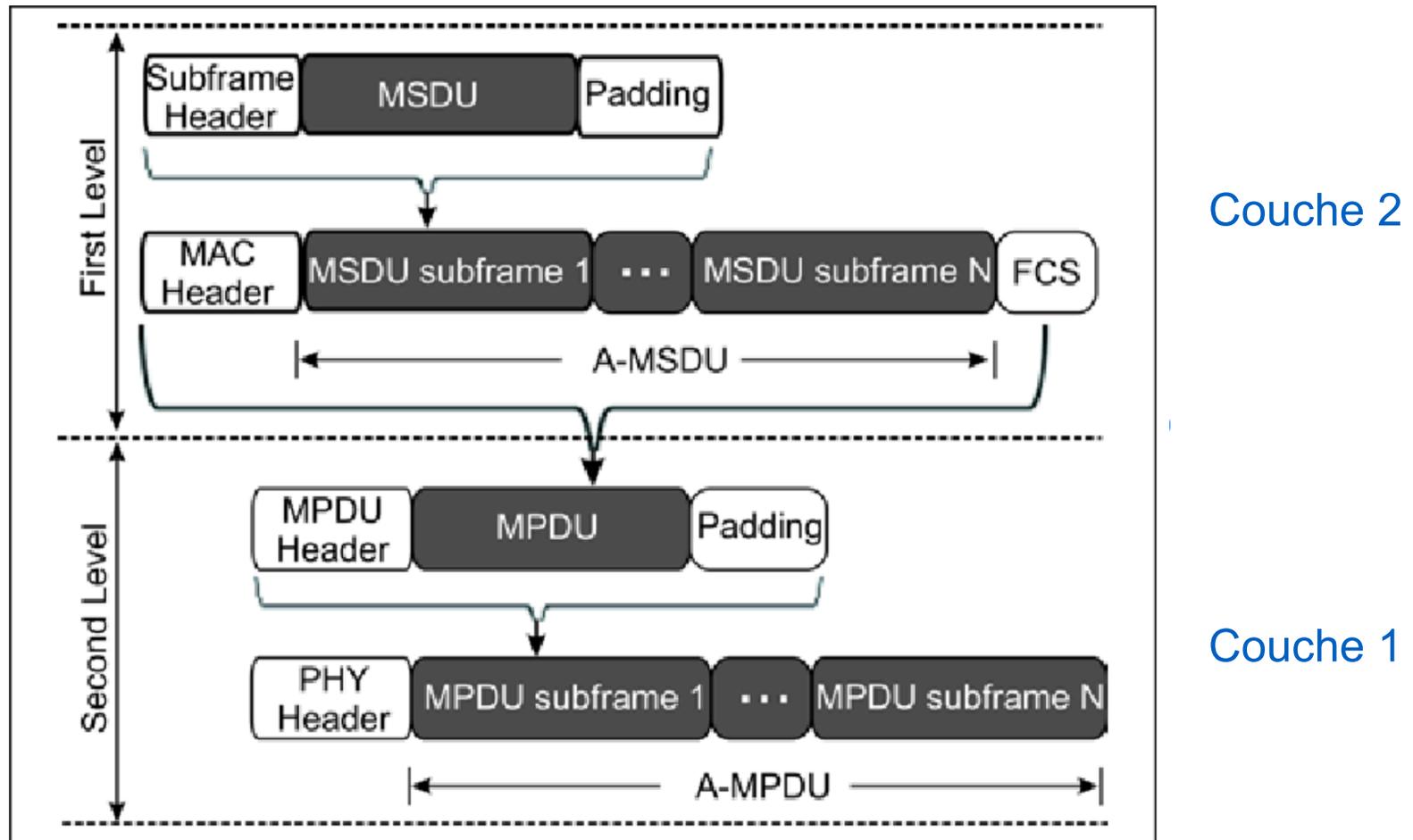
# Modes de fonctionnement

- **Mode non-HT**
  - Mode « classique » de 802.11a/g
  - Legacy mode
  - Certaines trames de contrôles de petite taille sont envoyées dans ce mode
    - ACK
- **Mode HT mixed**
  - En-tête physique compatible avec celle de 802.11 a/g
    - En-tête compréhensible par les interfaces 802.11 a/g
  - Reste des données envoyées en mode 802.11n

# Couche 2

- Trames
  - Taille des données peut être jusqu'à 4 fois plus grande que les paquets « legacy »
  - Champ contrôle de QoS
    - Gestion des blocs d'ACKs, entre autres
  - Champ HT control
    - Optionnel
    - Pour : la calibration du beamforming, du choix du meilleur MCS
- Trames de gestion
  - Champ indiquant leurs capacités pour le mode HT

# Agrégation à 2 niveaux



# Agrégation au niveau physique

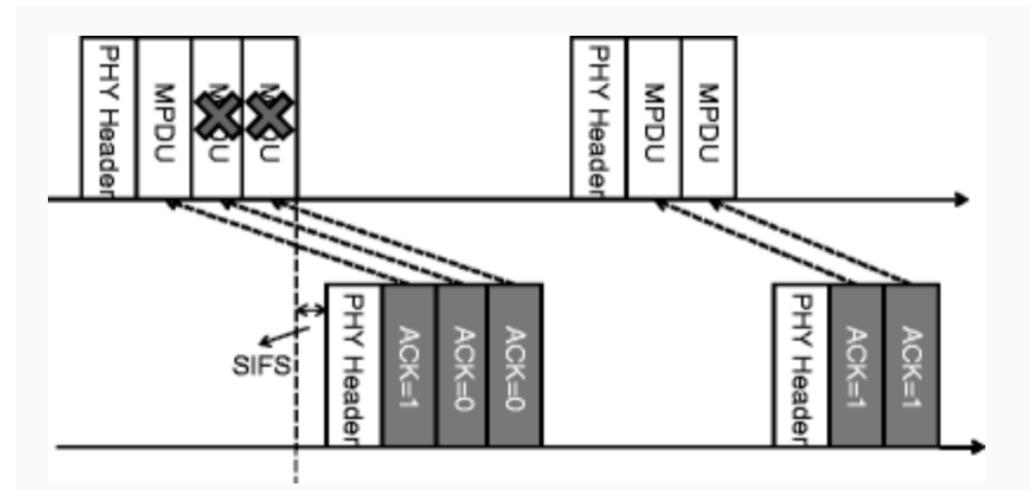
- Chaque trame est délimitée par un en-tête et du padding
- Intégrité des données peut être vérifiée trame par trame
  - Chiffrement appliqué trame par trame
- Trames agrégées ont la même adresse MAC de réception (sur le lien sans fil)
  - Pourquoi ?
- Taille max importante : 65 535 octets
- Semble plutôt bien implantée dans les produits
  - Traité au niveau hardware

## Agrégation au niveau liaison de données

- Demande plus de travail que l'agrégation au niveau physique
  - **Tramage plus compliqué** pour résulter en une seule trame
  - **Traité au niveau software**
- Taille max : 7 955 octets
- Si trame en **erreur**
  - **Retransmission de toute la trame agrégée**
- Optionnel

# Bloc d'acquittements

- **Obligatoire** avec 802.11n
- Naturel avec l'agrégation de trames
- Échange de trames de gestion avant
- **Compression possible**



Wang and Wei – MNA 2012

# RIFS

- **RIFS** remplace le SIFS quand cela est possible
  - i.e. quand il n'y a que des stations 802.11n
- Valeurs pour RIFS
  - 2  $\mu$ s dans les 2 bandes de fréquences
  - Rappel
    - SIFS = 10  $\mu$ s (2,4 GHz) et 16  $\mu$ s (5 GHz)

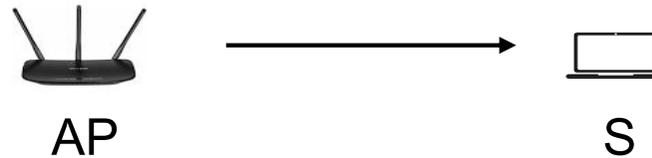
# Accès au médium

- **Même principe** que pour les autres modes de 802.11 **avec la possibilité de faire de la QoS** au niveau de l'accès au médium
- Clear Channel Assessment dépend de la largeur du canal
  - 20 MHz
    - **Mode signal** : médium occupé si signal 802.11 reçu avec une puissance  $> -82$  dBm
    - **Mode énergie** : médium occupé si signal reçu avec une puissance  $> -62$  dBm
  - 40 MHz – le plus courant
    - Mode signal sur le canal primaire
    - Mode énergie sur le canal secondaire
    - Écoutes « habituelles » sur le canal primaire alors que le médium doit être **libre sur au moins un PIFS sur le canal secondaire**
      - $RIFS < SIFS < PIFS < DIFS$
    - **NAV** mis à jour seulement **avec les paquets reçus sur le canal primaire**

# Interopérabilité

- Mécanisme CTS-to self
- Mode HT Mixed

# Pause TD



Reprenons l'exemple du début. Nous considérons que le réseau utilise IEEE 802.11n et que la couche physique est idéale (i.e. que tous les paquets arrivent sans erreur). Les paramètres qui seront utilisés sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Q. Quel est le débit utile si le paramétrage MCS 12 + 40 MHz + SGI est utilisé pour les données ?

Paramètre	Valeur
DIFS	28 micros
RIFS	2 micros
Slot	9 micros
CW initiale	[0 ; 15]
Temps en-tête physique	20 micros
Agrégation physique	4 trames de 2304 octets de données utiles
Taille en-tête MAC	40 octets
Taille Block ACK request	24 octets
Taille Block ACK	24 octets

# 802.11ac

ou comment aller encore plus vite dans la  
bande des 5 GHz

# Principales différences entre 802.11n et 802.11ac

*Table 1-1. Differences between 802.11n and 802.11ac*

802.11n	802.11ac
Supports 20 and 40 MHz channels	Adds 80 and 160 MHz channels
Supports 2.4 GHz and 5 GHz frequency bands	Supports 5 GHz only
Supports BPSK, QPSK, 16-QAM, and 64-QAM	Adds 256-QAM
Supports many types of explicit beamforming	Supports only null data packet (NDP) explicit beamforming
Supports up to four spatial streams	Supports up to eight spatial streams (AP); client devices up to four spatial streams
Supports single-user transmission only	Adds multi-user transmission
Includes significant MAC enhancements (A-MSDU, A-MPDU)	Supports similar MAC enhancements, with extensions to accommodate high data rates

Gast 2013