



المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage


École Nationale d'Ingénieurs de Carthage






F. Rouissi, Réseaux locaux, 2^{ème} année Génie Info, Septembre 2020

1



المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Structuration du cours



1. Généralités sur les réseaux locaux
2. Réseaux Ethernet et CSMA/CA
3. Concepts de base et configuration des commutateurs
4. Les réseaux locaux virtuels et routage entre VLANs
5. Le protocole STP (Spanning Tree Protocol)
6. Agrégation de liaison & technologie Etherchannel
7. Concepts et configuration de base des réseaux locaux sans fil

F. Rouissi, Réseaux locaux, 2^{ème} année Génie Info, Septembre 2020

2



المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

École Nationale d'Ingénieurs de Carthage




Chapitre 2 – Partie 2

Réseaux sans fils et CSMA/CA


F. Rouissi, Réseaux locaux, 2^{ème} année Génie Info, Septembre 2020

3



المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Réseaux sans fil & CSMA/CA



- Présentation générale
- Composants d'un réseau WLAN
- Méthode d'accès CSMA/CA
- Trame 802.11

F. Rouissi, Réseaux locaux, 2^{ème} année Génie Info, Septembre 2020

4

ENICARTHAGE

المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Chapitre 2 – Partie 2

CISCO

Présentation générale

F. Rouissi, Réseaux locaux, 2^{ème} année Génie Info, Septembre 2020

5

ENICARTHAGE

المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Pourquoi utiliser un WLAN ?

CISCO

Assurer la connectivité en permanence

Assurer la mobilité

Avoir une infrastructure réseau à coût faible

↓

Réseaux locaux sans fil (WLANs)

↗ Extension du réseau local Ethernet

↗ Utilisation des normes spécifiques pour la mobilité

WLAN

PC3

WR S3

Agrégation

S3

F0/7

F0/1

Agrégation

S2

F0/11

F0/13

WLAN

WR S2

PC5

Agrégation

S1

F0/4

F0/2

PC1

172.17.10.21

PC2

172.17.20.22

PC4

172.17.30.23

Agrégation

R1

F0/1

F0/0

Senseur WEB/TFTP

172.17.50.254

F0/4

F0/3

F0/2

F0/1

F0/4

F0/3

F0/1

F0/4

F0/3

F0/2

F0/1

F0/4

F0/3

F0/2

F0/1

F0/4

F0/3

F0/2

F0/1

F. Rouissi, Réseaux locaux, 2^{ème} année Génie Info, Septembre 2020

6

3

ENICARTHAGE

المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج

Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Technologie sans fil

CISCO

	PAN	LAN	MAN	WAN
Normes	Bluetooth 802.15.3	802.11	802.11 802.16 802.20	GSM, CDMA, Satellite
Vitesse	< 1 Mbits/s	De 11 à 54 Mbits/s	10-100+ Mbits/s	10 Kbits/s-2 Mbits/s
Portée	Courte	Moyenne	Moyenne-Longue	Longue
Applications	Peer to peer Périphérique à périphérique	Réseaux d'entreprise	Accès à la boucle locale	Périphériques de données mobiles

F. Rouissi, Réseaux locaux, 2^{ème} année Génie Info, Septembre 2020

7

ENICARTHAGE

المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج

Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Comparaison WLAN – LAN filaire

CISCO

Caractéristique	Réseau local sans fil 802.11	Réseaux locaux Ethernet 802.3
Couche physique	Radiofréquence (RF)	Câble
Accès aux supports	Évitement de collision	Détection de collisions
Disponibilité	Quiconque équipé d'une carte réseau radio dans la portée d'émission d'un point d'accès	Connexion par câble requise
Signaux parasites	Oui	Sans conséquence
Réglementation	Autres réglementations édictées par les autorités locales	Norme IEEE

F. Rouissi, Réseaux locaux, 2^{ème} année Génie Info, Septembre 2020

8

ENICARTHAGE

المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج

Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Fréquences Radio (1)

CISCO

Électricité et téléphonie	Ondes radio	Infrarouge	Lumière visible	Ultraviolet	Rayons X	Rayons gamma	Rayons cosmiques
---------------------------	-------------	------------	-----------------	-------------	----------	--------------	------------------

3 kHz30 kHz300 kHz3 MHz30 MHz300 MHz3 GHz30 GHz300 GHz

Fréquences radioFréquences micro-ondes

Très basse fréquence (VLF)	Basse fréquence (LF)	Moyenne fréquence (MF)	Haute fréquence (HF)	Très haute fréquence (VHF)	Ultra haute fréquence (UHF)	Supra haute fréquence (SHF)	Extrêmement haute fréquence (EHF)
----------------------------	----------------------	------------------------	----------------------	----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------------

Communication sans fil sur VLF (très basse fréquence)

Navigation radio
Communication sous-marine
Moniteurs sans fil de fréquence cardiaque

■ Les WLAN, Bluetooth, cellulaires et satellite passent toutes par les plages de micro-ondes UHF, SHF et EHF.

F. Rouissi, Réseaux locaux, 2^{ème} année Génie Info, Septembre 2020

9

ENICARTHAGE

المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج

Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Fréquences Radio (2)

CISCO

■ Les périphériques des LAN sans fil sont équipés d'émetteurs et de récepteurs réglés sur les fréquences spécifiques de la plage des micro-ondes

■ Les bandes de fréquences suivantes sont affectées aux LAN sans fil 802.11 :

■ 2,4 GHz (UHF) - 802.11b/g/n/ad

■ 5 GHz (SHF) - 802.11a/n/ac/ad

■ 60 GHz (EHF) - 802.11ad

F. Rouissi, Réseaux locaux, 2^{ème} année Génie Info, Septembre 2020

10

5

ENICARTHAGE

المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج

Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Normes des réseaux WLANs (1)

CISCO

	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n
Bande	5,7 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz	A confirmer Bandes 2,4 et 5 GHz (probablement)
Canaux	Jusqu'à 23	3	3	
Modulation	OFDM	DSSS	DSSS	OFDM
Débits de données	Jusqu'à 54 Mbits/s	Jusqu'à 11 Mbits/s	Jusqu'à 11 Mbits/s	Jusqu'à 54 Mbits/s
Portée	~35 mètres	~35 mètres	~35 mètres	~70 mètres
Date de publication	Octobre 1999	Octobre 1999	Juin 2003	Ratification attendue en 2008
Avantages	Rapidité, moins sujette aux interférences	Faible coût, bonne portée	Rapidité, bonne portée, peu sensible aux obstacles	Excellents débits de données, portée accrue
Inconvénients	Coût plus élevé, portée inférieure	Lent, sujette aux interférences	Sujette aux interférences des appareils utilisant la bande 2,4 GHz	

Débit de données

200+ Mbits/s

54 Mbits/s

5,5 - 11 Mbits/s

1 - 2 Mbits/s

Projet 802.11n

802.11a/g

802.11b

802.11

30 mètres

60 mètres

Portée

Des normes assurent l'interopérabilité entre les périphériques produits par différents fabricants => les trois organismes participant à cette normalisation: ITU-R, IEEE & Wi-Fi Alliance

F. Rouissi, Réseaux locaux, 2^{ème} année Génie Info, Septembre 2020

11

ENICARTHAGE

المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج

Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Normes des réseaux WLANs (2)

CISCO

• Nouvelles normes : 802.11ac & 802.11ad

Norme IEEE	Débit maximal	Fréquence	Rétrocompatibilité
802.11	2Mbit/s	2,4GHz	—
802.11a	54Mbit/s	5GHz	—
802.11b	11Mbit/s	2,4GHz	—
802.11g	54Mbit/s	2,4GHz	802.11b
802.11n	600Mbit/s	2,4GHz et 5GHz	802.11a/b/g
802.11ac	1,3Gbit/s (1300 Mbit/s)	5GHz	802.11a/n
802.11ad	7Gbit/s (7000Mbit/s)	2,4Ghz, 5Ghz et 60 Ghz	802.11a/b/g/n/ac

La Wi-Fi Alliance certifie la compatibilité des produits et de la technologie Wi-Fi :

■ Compatibilité IEEE 802.11a/b/g/n/ac/ad

■ Utilisation sécurisée IEEE 802.11i

■ Partage des données multimédias entre les périphériques

■ Simplification de la mise en place d'une connexion sécurisée avec les réseaux de points d'accès sans fil Wi-Fi

F. Rouissi, Réseaux locaux, 2^{ème} année Génie Info, Septembre 2020

12

6

ENICARTHAGE

المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Chapitre 2 – Partie 2

CISCO

Composants d'un réseau

WLAN

F. Rouissi, Réseaux locaux, 2^{ème} année Génie Info, Septembre 2020

13

ENICARTHAGE

المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Composants d'une infrastructure sans fil (1)

CISCO

Périphérique LAN sans fil = routeur ou point d'accès sans fil qui permet l'accès du client au réseau

Clients = équipés par des cartes réseaux sans fil qui permet de communiquer avec le routeur ou le point d'accès sans fil par le biais de signaux RF

F. Rouissi, Réseaux locaux, 2^{ème} année Génie Info, Septembre 2020

14

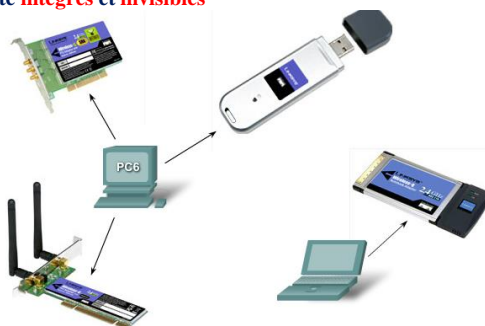
Composants d'une infrastructure sans fil (2)



Cartes réseaux sans fil

- sont le plus souvent associées à des **périphériques mobiles**, tels que des ordinateurs portables

- code un flux de données sur un **signal RF** selon la technique de **modulation définie**.
- Etaient d'abord des cartes que l'on logeait dans un emplacement **PCMCIA** (années 1990), deviennent ensuite **intégrés et invisibles**



F. Rouissi, Réseaux locaux, 2^{ème} année Génie Info, Septembre 2020

15

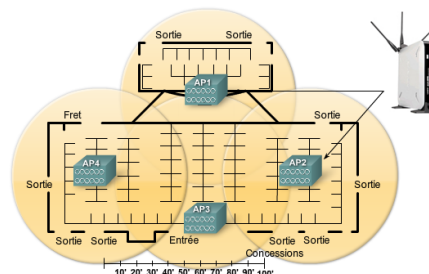
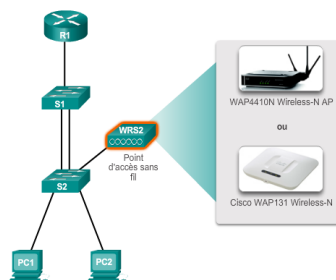
Composants d'une infrastructure sans fil (3)



Points d'accès sans fil


- Permet de **relier** des **clients sans fil** (ou stations) à un **réseau local filaire**, et de les faire **communiquer entre eux**.

- Convertit** les paquets de données TCP/IP, du format d'encapsulation de **trames radio 802.11 a/b/g/n/ac** au format de trame Ethernet 802.3, et vice versa.
- périphérique de couche 2** connecté au commutateur, et annonçant le SSID
- Utilise le protocole **CSMA/CA**




F. Rouissi, Réseaux locaux, 2^{ème} année Génie Info, Septembre 2020

16



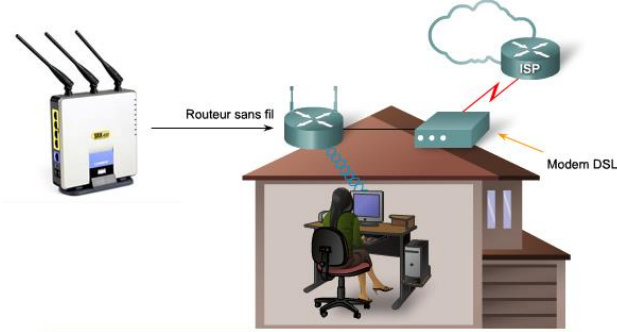
المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Composants d'une infrastructure sans fil (4)



Routeurs sans fil


- jouent le rôle de **point d'accès**, de **commutateur Ethernet** et de **routeur**.
- Exemple : **Linksys WRT300N**



Dans les petites entreprises et chez les particuliers, les routeurs sans fil jouent le rôle de point d'accès, de commutateur Ethernet et de routeur.


F. Rouissi, Réseaux locaux, 2^{ème} année Génie Info, Septembre 2020

17



المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Chapitre 2 – Partie 2




Topologie d'un réseau

WLAN


F. Rouissi, Réseaux locaux, 2^{ème} année Génie Info, Septembre 2020

18



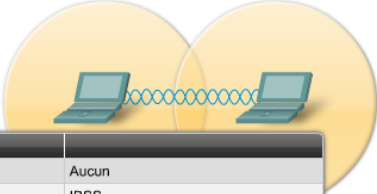
المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Topologies 802.11 (1)



Réseau Ad hoc


- Désigné sous le nom de topologie **IBSS (Independent Basic Service Set)**
- Les postes clients sont configurés pour **fonctionner sans points d'accès** : ils se configurent entre eux les **paramètres sans fil**.
- La zone de couverture est appelée **Basic Service Area (BSA)**.



Points d'accès	Aucun
Schéma de topologie	IBSS
Connexion	Peer to peer
Mode	Ad hoc
Couverture	Zone de service de base (BSA)


F. Rouissi, Réseaux locaux, 2^{ème} année Génie Info, Septembre 2020

19



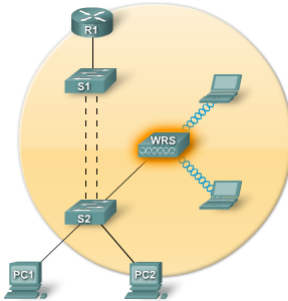
المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Topologies 802.11 (2)



Mode infrastructure : Ensemble de services de base

- Désigné sous le nom de **BSS (Basic Service Set)**
- Un **seul point d'accès en mode infrastructure** qui gère les **paramètres sans fil** ⇒ ajoute des **services** et **améliore la portée** des clients.
- La topologie consiste simplement en un **ensemble de services de base**.
- La zone de couverture est aussi appelée **BSA**.



Points d'accès	Un
Schéma de topologie	BSS
Connexion	Client vers PA
Mode	Infrastructure
Couverture	Zone de service de base (BSA)

F. Rouissi, Réseaux locaux, 2^{ème} année Génie Info, Septembre 2020

20

ENICARTHAGE

المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج

Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Topologies 802.11 (3)

CISCO

Mode infrastructure : Eventail de services de base

- permet à plusieurs points d'accès d'apparaître en tant qu'un BSS unique ⇒ l'utilisateur peut passer d'un point d'accès à un autre (« itinérance » ou « roaming ») .
- Dans un ESS, un BSS se distingue d'un autre par son identificateur (BSSID), qui correspond à l'adresse MAC du point d'accès desservant le BSS.

- Désigné sous le nom de ESS (Extended Service Set)
- Lorsqu'un BSS n'assure pas une couverture en radiofréquences suffisante, un ou plusieurs ensembles de ce type peuvent être joints par le biais d'un système de distribution commun ESS

Points d'accès	Plusieurs
Schéma de topologie	ESS
Connexion	Client vers PA
Mode	Infrastructure
Couverture	Zone de service étendue (ESA)

F. Rouissi, Réseaux locaux, 2^{ème} année Génie Info, Septembre 2020

21

ENICARTHAGE

المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج

Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Topologies 802.11 (4)

CISCO

Récapitulatif des topologies de réseau LAN sans fil

Périphériques sans fil	Mode Topologie	Base de la topologie	Zone de couverture
Aucun point d'accès	Ad hoc	Ensemble de services de base indépendants (IBSS)	Zone de service de base (BSA)
Un point d'accès	Infrastructure	Ensemble de services de base (BSS)	Zone de service de base (BSA)
Plusieurs points d'accès	Infrastructure	Ensemble de services étendus (ESS)	Zone de service étendue (ESA)

F. Rouissi, Réseaux locaux, 2^{ème} année Génie Info, Septembre 2020

22

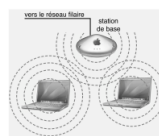
Méthode d'accès au support : CSMA/CA

- Wi-Fi fonctionne en **half duplex** avec support partagé
 - les clients peuvent transmettre et recevoir des données sur le même canal radio
 - **n'est pas en mode écoute** lorsqu'il est en transmission, et ne peut donc pas détecter une éventuelle collision
- ↳ CSMA/CD non adapté
- ↳ Utilisation de **CSMA/CA** ⇒ mécanisme complémentaire d'évitement des collisions, appelé **fonction de coordination distribuée (DCF, Distributed Coordination Function)** ⇒ rend la probabilité de collision aussi faible que possible

- Deux modes de fonctionnement de la sous-couche MAC : **DCF & PCF**

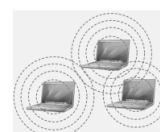
Mode PCF (Point Coordination Function)

- méthode sans contention
- gestion des transmissions centrée sur le point d'accès
- mode infrastructure



Mode DCF (Distributed Coordination Function)

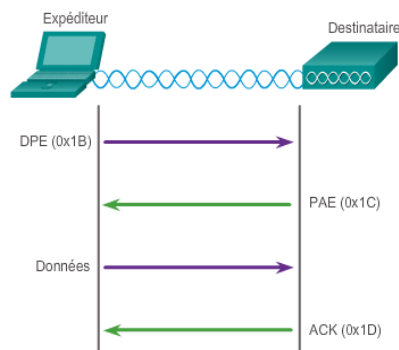
- méthode avec contention
- distribuée : similaire à Ethernet (mais utilise CSMA/CA)
- équité d'accès au support
- modes infrastructure et ad-hoc



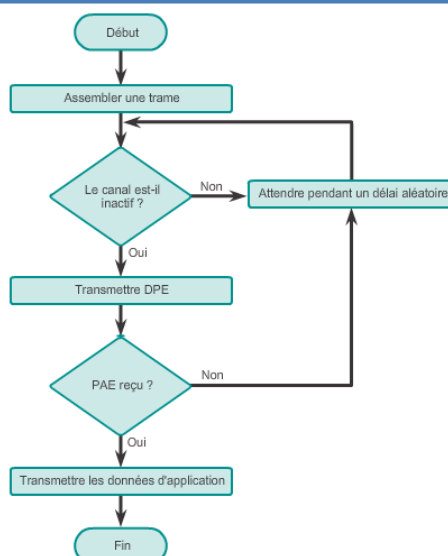
Présentation du CSMA/CA (2)



- Une station qui veut émettre :
 - Ecoute le support (CSMA) :
 - Si occupé, elle diffère son émission
 - Si libre, elle émet un paquet **RTS (Request To Send)** (ou **DPE : Demande Pour Emettre**), pour réserver une tranche du canal
 - Si support libre, la station destinataire répond par un paquet **CTS (Clear To Send)** (ou **PAE : Prêt A Emettre**), comportant les mêmes informations que RTS
 - La station émettrice peut alors transmettre ses données
 - Plus utilisation d'un mécanisme d'accusé de réception
- **RTS** = contient @ source, @ destination, temps d'émission des données, et délai d'acquiescement



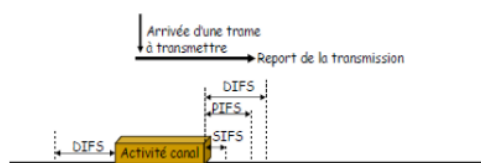
Présentation du CSMA/CA (3)



Types d'inter-frames



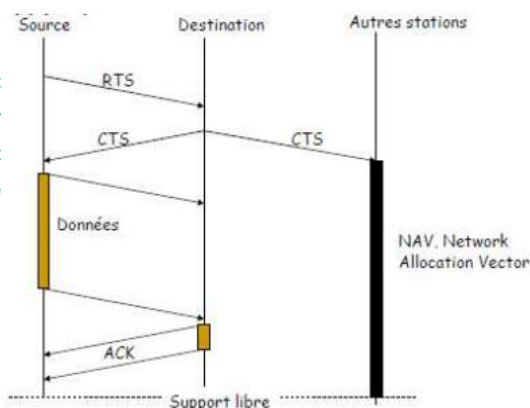
- Détection de collision de façon indirect : en cas d'absence d'ACK
- utilisation de technique d'inter-frame variable pour faire varier la priorité d'accès au canal :
 - ↳ Plus l'inter-frame est **courte** pour une station, **plus son accès est prioritaire**
- 3 interframes de tailles différentes:
 1. **SIFS (Short Inter-Frame Spacing)** = inter-frame courte pour s'assurer que l'ACK est transmis avant tout autre paquet en attente
 2. **DIFS (Distributed Inter-Frame Spacing)** = inter-frame d'accès distribué pour l'envoi d'un paquet courant en mode DCF (Distributed Coordination Function)
 3. **PIFS (Point Coordination Inter-Frame Spacing)** = inter-frame pour l'accès contrôlé, plus courte que DIFS ⇒ mode PCF prioritaire sur DCF

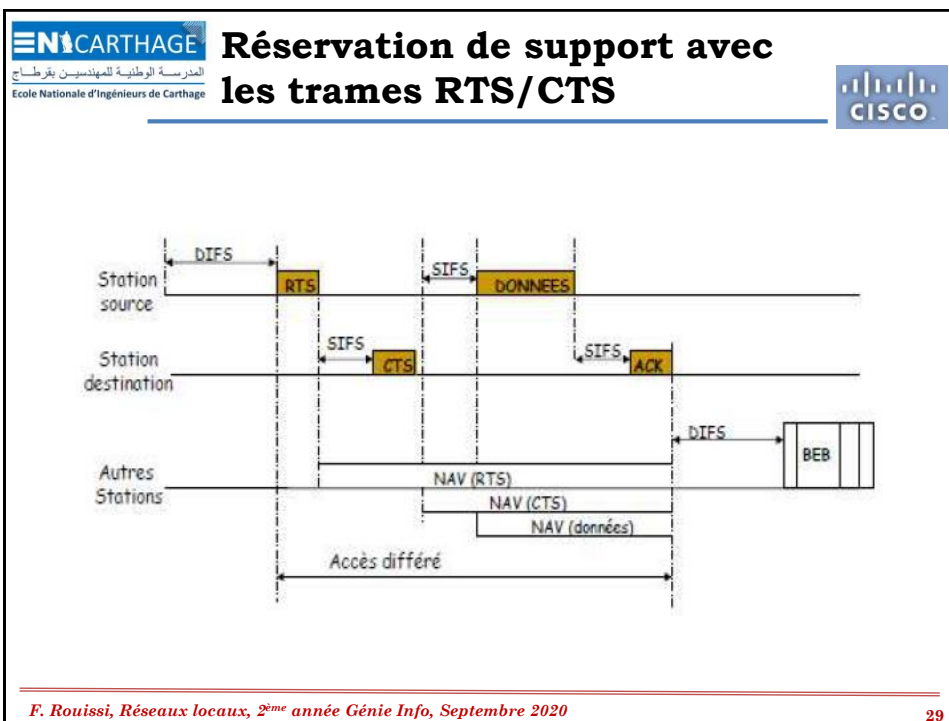


Vecteur NAV



- **NAV (Network Allocation Vector)** = vecteur d'allocation de canal, utilisé pour améliorer le contrôle d'accès au canal
- Chaque station met à jour son NAV avec l'instant **de fin du cycle complet de transmission**
- Règle:
 - Une station **ne peut transmettre une trame**, y compris une trame CTS, avant la fin complète du cycle de transmission





ENICARTHAGE المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Algorithme de Backoff (BEB)

CISCO

- Probabilité de collision (entre CTS et RTS)
 - Plus le message est court, plus elle sera faible
 - Moins coûteuse que des collisions de longues trames de données
- L'algorithme BEB exécuté dans les cas suivants:
 - La station écoute le support avant la première transmission d'un paquet et le support est occupé
 - Après chaque retransmission
 - Après une transmission réussie
 - Après une détection de collision (absence d'ACK)
- Le seul cas où BEB n'est pas utilisé est quand la station décide de transmettre un nouveau paquet et que le support a été libre pour un temps supérieur au DIFS


F. Rouissi, Réseaux locaux, 2^{ème} année Génie Info, Septembre 2020

30

ENICARTHAGE

المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Chapitre 2 – Partie 2



Structure de trame 802.11


F. Rouissi, Réseaux locaux, 2^{ème} année Génie Info, Septembre 2020

31

ENICARTHAGE

المدرسة الوطنية للمهندسين بقرطاج
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Carthage

Types de trames 802.11 (1)



Trois types de trames :

Trames de données (encapsulant des paquets IP)

Trames de contrôle (RTS, CTS, ACK)

Trames de gestion (phase d'association et d'authentification à un point d'accès)

Trame de données et de gestion

Préambule	Entête PLCP	Données MAC				CRC
-----------	-------------	-------------	--	--	--	-----

Contrôle de trame	Durée/ ID	Adresse 1	Adresse 2	Adresse 3	Contrôle de séquence	Adresse 4	Données
2 octets	2 octets	6 octets	6 octets	6 octets	2 octets	6 octets	0-2312 octets

Entête MAC

Version protocole
Type de trame
Direction
Fragmentation
Retransmission
Bit ToDS: AP relaie trame vers DS

Valeur utilisée dans calcul du NAV

Ordre des différents fragments

F. Rouissi, Réseaux locaux, 2^{ème} année Génie Info, Septembre 2020

32

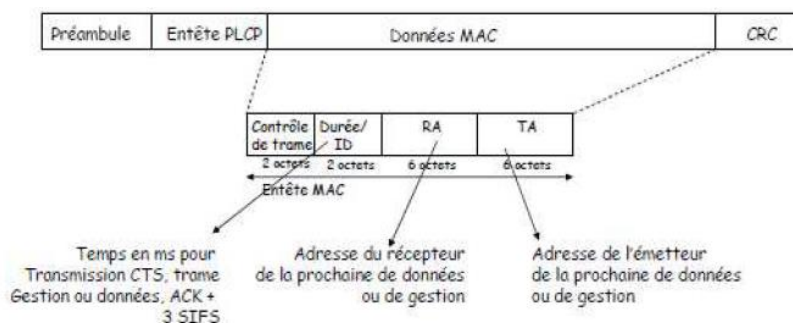
16

Types de trames 802.11 (2)



- **Frame Control (Contrôle de trame)** : identifie le type de trame sans fil
- **Duration (Durée)** : indiquer le délai nécessaire avant réception de la transmission de trame suivante.
- **Adresse 1** : adresse MAC du point d'accès ou du périphérique sans fil de réception
- **Adresse 2** : adresse MAC du point d'accès ou du périphérique sans fil d'émission
- **Adresse 3** : adresse MAC de la destination, par exemple l'interface du routeur (passerelle par défaut) auquel le point d'accès est associé.
- **Contrôle de séquence** : contient les sous-champs qui indiquent le numéro d'ordre de chaque trame et le numéro de chaque trame envoyée dans le cas d'une trame fragmentée
- **Adresse 4** : champ généralement absent car utilisé uniquement en mode ad hoc.
- **Données utiles**: contient les données à transmettre.
- **CRC**: (Frame Check Sequence, séquence de contrôle de trame) champ utilisé pour le contrôle des erreurs de couche 2

Trame de contrôle RTS



- Les trames ACK et CTS : **pareil sans champ TA** (trames de réponses)