

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Institut Supérieur des Études Technologiques de Zaghuan
Département Technologies de l'Informatique



Module
**Réseaux Locaux d'Entreprises
& Architecture TCP/IP**
Chapitre 6
Réseaux Sans Fil Locaux (IEEE 802.11)

Elaboré par
Rim BRAHMI

Public cible
**2^{ème} année Licence Appliquée en Réseaux et Services
Informatiques**

Année universitaire 2019-2020

Table de matières

Chapitre 6 : Réseaux Sans Fil Locaux.....	3
Leçon 1 : Les Réseaux Sans Fil Locaux.....	4
Introduction	5
I. Les WLAN	5
I.1. Wi-Fi	5
I.2. HiperLAN	5
II. Les caractéristiques des WLAN	5
III. La Norme IEEE 802.11	6
IV. La trame 802.11	7
V. Méthode d'accès : Algorithme CSMA/CA	9
Conclusion.....	10
Leçon 2 : Les équipements et Architecture WLAN	11
Introduction	12
I. Les équipements Wi-Fi	12
I.1. Les cartes d'accès.....	12
I.2. Les points d'accès	12
II. Architecture des réseaux sans fil	13
V.1. Mode infrastructure	13
V.2. Le mode Adhoc	14
III. Technique DCF et PCF	14
VI.1. Point Coordination Function (PCF)	15
VI.2. Distributed Coordination Function DCF.....	15
Conclusion.....	16

Chapitre 6 : Réseaux Sans Fil Locaux

Vue d'ensemble

Ce chapitre présente les réseaux locaux sans Fil : les diverses technologies et leurs débits, les caractéristiques, les équipements nécessaires pour que les hôtes puissent échanger des données, les différentes architectures à respecter lors de la mise en place d'un WLAN ainsi que les techniques d'accès et d'échange.

Objectifs

- Acquérir les connaissances de base sur les réseaux WLAN
- Identifier les différents champs de la trame 802.11
- Connaître le principe de la méthode d'accès CSMA/CA
- Acquérir les connaissances de base sur les équipements nécessaires du WLAN
- Identifier les différentes architectures de WLAN possibles
- Connaître les caractéristiques de l'architecture ad hoc
- Connaître les caractéristiques de l'architecture infrastructure

Prérequis

U.E Fondement réseaux, U.E Architecture et système I

Durée de déroulement

- 2 h de Cours
- 1 séance (1h) de TD

Elements de contenu

- Les réseaux Sans Fil locaux
- Les équipements et architectures WLAN

Leçon 1 : Les Réseaux Sans Fil Locaux

Objectif général	<ul style="list-style-type: none">• Savoir les caractéristiques de la norme 802.11
Objectifs spécifiques	<ul style="list-style-type: none">• Acquérir les connaissances de base sur les réseaux WLAN• Identifier les différents champs de la trame 802.11• Connaître le principe de la méthode d'accès CSMA/CA
Volume horaire	<ul style="list-style-type: none">• Cours : 1,5h
Mots clés	<ul style="list-style-type: none">• WLAN, le protocole 802.11, CSMA/CA,

Introduction

Les réseaux locaux sans fil (RLR, réseaux locaux radioélectriques) permettent de transmettre des données à haut débit par ondes radio (ondes hertziennes) sur de courtes distances. Les ondes radio sont utilisées comme mode de transmission pour l'établissement de réseaux informatiques. Ce type de réseau, permettant de relier des ordinateurs là où il serait difficile ou trop coûteux de mettre un câble, est une alternative mais aussi et surtout un complément haut débit aux réseaux fixes existants. L'objectif est de couvrir les derniers mètres dans certaines zones géographiques. Nous détaillons le réseau local sans fil en tant qu'un système de communication comparable aux technologies de réseaux locaux traditionnelles Ethernet, token ring mais sans les contraintes du câblage.

I. Les WLAN

Les réseaux Locaux sans fil sont de plus en plus utilisés au sein des entreprises et des réseaux locaux particuliers. Ils permettent la couverture de bâtiments entiers. Il existe plusieurs technologies concurrentes :

I.1. Wi-Fi

Le Wifi (ou le standard IEEE 802.11), soutenu par l'alliance WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance) offre des débits allant jusqu'à 54Mbps sur une distance de plusieurs centaines de mètres.

I.2. HiperLAN

HiperLAN est une technologie développée par l'ETSI (European Telecommunication Standard Institute). Deux versions de ce standard existent, HiperLAN1 et HiperLAN2 qui peuvent fonctionner ensemble. Ce standard utilise une bande de fréquences proche du 5 GHz. Le débit théorique proposé par HiperLAN1 est proche de 20 Mb/s et celui de l'HiperLAN2 est de 54 Mb/s. la zone de couverture dépend du milieu, la fréquence ayant une longueur d'onde plus petite, celle-ci est plus sensible aux obstacles. Cependant, dans des milieux dégagés (type point à point), la connexion sera meilleure que pour le Wi-Fi.

II. Les caractéristiques des WLAN

Un réseau local sans fil (Wireless Local Area Network) est, comme son nom l'indique, un réseau dans lequel au moins deux terminaux (ordinateur portable, PDA) peuvent communiquer sans liaison filaire.

Grâce aux réseaux sans fil, un utilisateur a la possibilité de rester connecté tout en se

déplaçant dans un périmètre géographique plus ou moins étendu, c'est la raison pour laquelle nous entendons parfois parler de "mobilité".

Les réseaux sans fil sont basés sur une liaison utilisant des ondes radioélectriques (radio et infrarouges) en lieu et place des câbles habituels. Il existe plusieurs technologies se distinguant d'une part par la fréquence d'émission utilisée ainsi que le débit et la portée des transmissions.

III. La Norme IEEE 802.11

Le Wi-Fi (Wireless Fidelity) est le nom commercial du standard IEEE 802.11b/g développée en 1999. Ce standard est actuellement l'un des standards les plus utilisés au monde. Les débits théoriques du 802.11b sont de 11Mb/s et 54 Mb/s pour le 802.11g. Il est évident que le débit pratique varie en fonction de l'environnement. Le Wi-Fi utilise la bande de fréquence du 2,4Ghz. En fonction du milieu, la portée d'un point d'accès Wi-Fi varie entre 10 et 200m.

Des évolutions de la norme 802.11b sont en cours de standardisation par l'IEEE :

- Le standard 802.11a doit permettre le débit de transmission à 54 Mbits/s, mais dans la gamme de fréquence des 5 GHz
- Le standard 802.11g, doit permettre d'élever la vitesse de transmission à 54 Mbits/s, tout en restant dans la bande de fréquence des 2,4 GHz
- Le standard 802.11h, doit permettre la mise en conformité avec le standard européen HypeLan2.

Les différentes révisions de la norme 802.11 et leur signification sont montrées dans le tableau ci dessous (source : www.commentcamarche.com) :

Norme	Nom	Description
802.11a	Wi-Fi 5	La norme 802.11a (baptisée WiFi 5) permet d'obtenir un haut débit (54 Mbps théoriques, 30 Mbps réels). Cette norme spécifie 8 canaux radio dans la bande de fréquence des 5 GHz
802.11b	Wi-Fi	La norme 802.11b est la norme la plus répandue actuellement. Elle propose un débit théorique de 11 Mbps (6 Mbps réels) avec une portée pouvant aller jusqu'à 300 mètres dans un environnement dégagé. La plage de fréquence utilisée est la bande des 2.4 GHz, avec 3 canaux radio disponibles
802.11c		La norme 802.11c n'a pas d'intérêt pour le grand public. Il s'agit uniquement d'une modification de la norme 802.1d afin de pouvoir établir un pont avec les trames 802.11

		(niveau liaison de données)
802.11d	Internationalisation	La norme 802.11d est un supplément à la norme 802.11 dont le but est de permettre une utilisation internationale des réseaux locaux 802.11. Elle consiste à permettre aux différents équipements d'échanger des informations sur les plages de fréquence et les puissances autorisées dans le pays d'origine du matériel.
802.11e	Amélioration de la qualité de service	La norme 802.11e vise à donner des possibilités en matière de qualité de service au niveau de la couche liaison de données. Ainsi cette norme a pour but de définir les besoins des différents paquets en termes de bande passante et de délai de transmission de manière à permettre notamment une meilleure transmission de la voix et de la vidéo.
802.11f	Itinérance (roaming)	La norme 802.11f est une recommandation à l'intention des vendeurs de point d'accès pour une meilleure interopérabilité des produits. Elle propose le protocole Inter- Access point roaming protocol permettant à un utilisateur itinérant de changer de point d'accès de façon transparente lors d'un déplacement, quelles que soient les marques des points d'accès présentes dans l'infrastructure réseau. Cette possibilité est appelée itinérance (ou roaming en anglais)
802.11g		La norme 802.11g offrira un haut débit (54 Mbps théoriques, 30 Mbps réels) sur la bande de fréquence des 2,4 GHz. Cette norme n'a pas encore été validée, le matériel disponible avant la finalisation de la norme risque ainsi de devenir obsolète si celle-ci est modifiée ou amendée. La norme 802.11g a une compatibilité ascendante avec la norme 802.11b, ce qui signifie que des matériels conformes à la norme 802.11g pourront fonctionner en 802.11b
802.11h		La norme 802.11h vise à rapprocher la norme 802.11 du standard Européen (HiperLAN 2, d'où le h de 802.11h) et être en conformité avec la réglementation européenne en matière de fréquence et d'économie d'énergie
802.11i		La norme 802.11i a pour but d'améliorer la sécurité des transmissions (gestion et distribution des clés, chiffrement et authentification). Cette norme s'appuie sur l'AES (Advanced Encryption Standard) et propose un chiffrement des communications pour les transmissions utilisant les technologies 802.11a, 802.11b et 802.11g
802.11j		La norme 802.11j est à la réglementation japonaise ce que le 802.11h est à la réglementation européenne.

IV. La trame 802.11

La norme 802.11 propose en réalité trois couches physiques, définissant des modes de transmission alternatifs :

Couche Liaison de données(MAC)	802.2		
	802.11		
Couche Physique(PHY)	DSSS	FHSS	Infrarouges

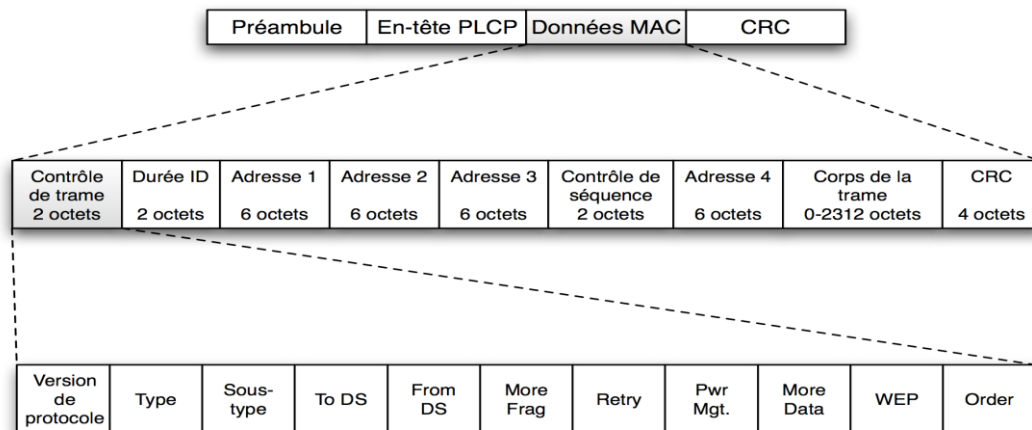


Figure 6. 1 : La trame 802.11

- **Le préambule.** Il contient deux éléments différents : Synchro, qui est une séquence de 128 bits utilisée pour la détection et la synchronisation et SFD (Start Frame Delimiter) qui détermine le début de la trame.
- **L'en-tête PCPL.** Contient quatre sous-champs.
 1. Signal, indique la modulation qui doit être utilisé pour la transmission et la réception des données MAC.
 2. Service, n'est pas encore utilisé par le standard 802.11.
 3. Length, indique le nombre d'octets que contient la trame.
 4. CRC (Cyclic Redundancy Check), permet la détection d'erreurs de transmission.
- **Le CRC.** Contient un code binaire généré pour l'envoi afin de détecter la présence d'erreurs survenues lors de la transmission.
- **Les données MAC :** les trames 802.11 au niveau de la couche MAC sont divisées en :
 - **L'en-tête.** Il contient le Contrôle de trame, la Durée/ID qui indique la valeur d'une durée ou l'ID de la station dans le cas d'une trame de pooling, Adresse 1 qui est l'adresse du récepteur, Adresse 2 qui est l'adresse de l'émetteur, Adresse 3 qui est l'adresse de l'émetteur original ou celle de destination, le Contrôle de séquence qui est utilisé pour représenter l'ordre des différents fragments appartenant à la même trame et reconnaître des objets dupliqués, et, enfin, Adresse 4 qui est utilisée lors d'une transmission d'un AP (point d'accès) à un autre.
 - **Le corps de la trame.** Contient des informations sur couche supérieure.

- **CRC** : Calculé à partir de l'en-tête MAC afin de détecter d'éventuelles erreurs de transmission. Le Contrôle de trame est utilisé pour définir le type d'information envoyé.

Le champ **contrôle de trame** est constitué de :

- **Version de protocole** : Ce champ contient 2 bits qui pourra être utilisé pour reconnaître des versions futures possibles du standard 802.11. Dans la version actuelle, la valeur est fixée à 0.
- **Type et sous-type** : Ils définissent le type et sous-type des trames.
- **ToDS** : Bit, dont la valeur est 1 lorsque la trame est adressée à l'AP pour qu'il la fasse suivre au DS (Distribution System).
- **FromDS** : Bit dont la valeur est 1 lorsque la trame provient du DS.
- **More Fragments** : Bit, dont la valeur vaut 1 lorsque d'autres fragments suivent le fragment en cours.
- **Retry** : Ce bit indique si le fragment est une retransmission.
- **Power Management** : Ce bit indique si la station sera en mode d'économie d'énergie après la transmission de cette trame.
- **More Data** : Également utilisé pour la gestion de l'énergie, ce champ est employé par l'AP pour indiquer que d'autres trames sont stockées dans la mémoire tampon pour cette station.
- **WEP** : Ce bit indique si le corps de la trame est sécurisé ou non.
- **Order** : Ce bit indique si cette trame est envoyée en utilisant la classe de service strictement ordonnée. Cette classe est définie pour les utilisateurs qui ne peuvent accepter de changement d'ordre entre les trames unicast et multicast.

V. Méthode d'accès : Algorithme CSMA/CA

Dans un réseau local Ethernet classique, la méthode d'accès utilisée par les machines est le CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect), pour lequel chaque machine est libre de communiquer à n'importe quel moment. Chaque machine envoyant un message vérifie qu'aucun autre message n'a été envoyé en même temps par une autre machine. Si c'est le cas, la machine patiente pendant un temps aléatoire avant de recommencer à émettre.

Dans un environnement sans fil ce procédé n'est pas possible dans la mesure où deux stations communiquant avec un récepteur ne s'entendent pas forcément mutuellement en raison de leur rayon de portée. Ainsi la norme 802.11 propose un protocole similaire appelé CSMA/CA

(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance).

Le protocole **CSMA/CA** utilise un mécanisme basé sur un principe d'accusé de réceptions réciproques entre l'émetteur et le récepteur :

La station **voulant émettre écoute le réseau**. Si le réseau est **encombré**, la transmission est **différée**. Dans le cas contraire, si le réseau est libre pendant un temps donné (appelé **DIFS** pour Distributed Inter Frame Space), alors la station peut émettre.

La station transmet un message appelé **Ready To Send** (noté RTS signifiant prêt à émettre) contenant des informations sur le volume des données qu'elle souhaite émettre et sa vitesse de transmission.

Le récepteur (généralement un point d'accès) répond un **Clear To Send** (CTS, signifiant le champ est libre pour émettre), puis la station commence l'émission des données.

A réception de toutes les données émises par la station, le récepteur envoie un accusé de réception (ACK). Toutes les stations avoisinantes patientent alors pendant un temps qu'elle considère être celui nécessaire à la transmission du volume d'information à émettre à la vitesse annoncée.

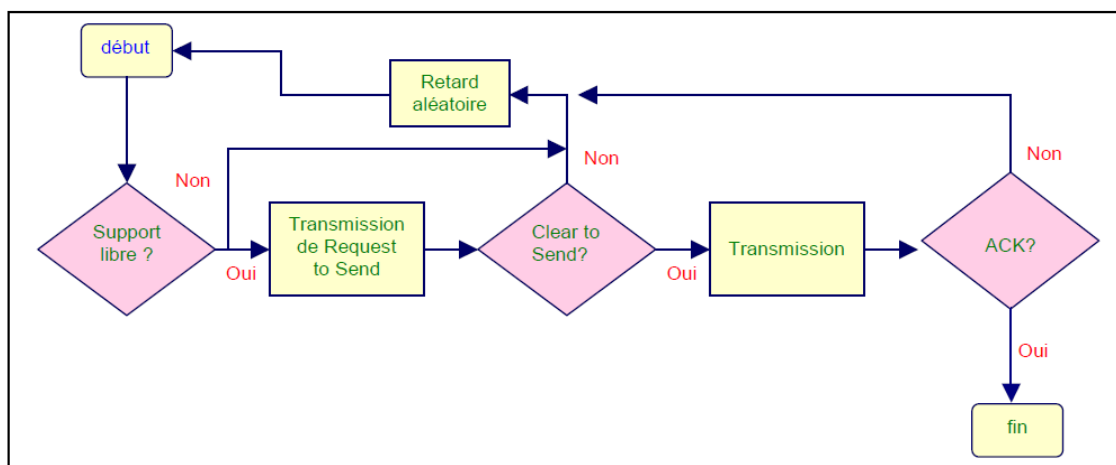


Figure 6. 2: Algorithme CSMA/CA

Conclusion

La norme 802.11 est une norme très riche. Elle possède ses propres caractéristiques. Elle a géré les communications concurrentielles via la méthode d'accès CSMA/CA. Aussi pour la mise en place de cette technologie nous la détaillerons dans la leçon suivante en précisant les équipements et les diverses architectures.

Leçon 2 : Les équipements et Architecture WLAN

Objectif général	<ul style="list-style-type: none">• Savoir comment faire un réseau local sans fil
Objectifs spécifiques	<ul style="list-style-type: none">• Acquérir les connaissances de base sur les équipements nécessaires du WLAN• Identifier les différentes architectures de WLAN possibles• Connaître les caractéristiques de l'architecture ad hoc• Connaître les caractéristiques de l'architecture infrastructure
Volume horaire	<ul style="list-style-type: none">• Cours : 1,5h
Mots clés	<ul style="list-style-type: none">• Point d'accès lourds/légers, architecture infrastructure, ad hoc...

Introduction

Pour qu'un ordinateur puisse faire d'un réseau sans fil, il suffit de l'équiper d'une carte Wi-Fi (nombreuses sur le marché) et d'une antenne, avec un coût total faible. De cette façon nous pourrions faire communiquer deux PC entre eux. La mise en place d'un réseau de plusieurs postes, particulièrement pour le partage, nécessite un ensemble des équipements à savoir Access point et à respecter telle architecture.

I. Les équipements Wi-Fi

Il existe différents types d'équipements pour la mise en place d'un réseau local sans à savoir les cartes d'accès et les points d'accès.

I.1. Les cartes d'accès

En anglais Wireless adapters ou network interface Controller, noté NIC. Il s'agit d'une carte réseau à la norme 802.11 permettant à une machine de se connecter à un réseau sans fil. Les adaptateurs WiFi sont disponibles dans de nombreux formats (carte PCI, carte PCMCIA, adaptateur USB, carte compact flash, ...). Pour un débit de 11 Mb/s, la portée de ce type de carte est de 120 m dans un environnement sans obstacle et de 30 m dans un environnement de bureau classique.

Bien entendu, plus nous nous éloignons du point d'accès, plus le débit diminue : pour un débit de 1 Mb/s, la portée est de 460 m dans un environnement sans obstacle et de 90 m dans un environnement de bureau classique.

I.2. Les points d'accès

Le point d'accès fait office de relais entre les ordinateurs portables et le réseau câblé. Les APs sont nécessaires lorsque le réseau sans fil fonctionne en **mode infrastructure**.

Le nombre de client sans fil pouvant être supporté par un point d'accès est très important (de l'ordre de 2000) et cela au prix d'une baisse de performance (ce problème se pose aussi dans le cas du réseau câble saturé). Toutefois, dans un environnement de travail courant, un point d'accès peut supporter 25 à 50 clients tout en offrant des performances très convenables.



Figure 6. 3 : Point d'accès

II. Architecture des réseaux sans fil

Il y a deux modes de fonctionnement pour un réseau sans fil, ayant chacun des caractéristiques propres que nous décrivons : les modes infrastructure et Adhoc. Les cartes réseau peuvent être configurées de façon à fonctionner dans un mode ou dans l'autre, mais pas dans les deux simultanément.

V.1. Mode infrastructure

Ce mode de fonctionnement est très semblable au protocole Ethernet des réseaux filaires. Les machines se connectent à un point d'accès (AP) qui partage la bande passante disponible, ce mode de fonctionnement est illustré à la figure suivante

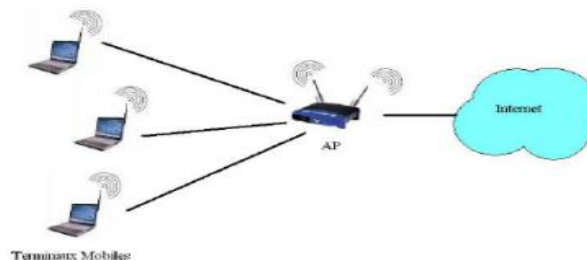


Figure 6. 4: Mode infrastructure

L'AP donne l'accès au réseau aux machines qui le désirent, c'est similaire aux concentrateurs (hub) des réseaux fixes. Les AP sont en général câblés entre eux afin de créer un réseau de bornes d'accès. Chaque station se connecte à l'AP. Le domaine formé par celui-ci et les stations qu'il couvre est appelé Basic Service Set (BSS). Il est évidemment possible de créer un réseau reliant plusieurs BSS entre eux, ils sont différenciés via leur BSS Identifier (BSSID) de 6 octets correspondant à l'adresse MAC de l'AP. Contrairement aux réseaux téléphoniques mobiles, il n'y a pas de mécanisme de gestion du changement d'AP. Si une station se déplace, elle cherche le meilleur AP accessible afin de s'y connecter, la connexion sera cependant interrompue si elle change d'AP au cours de son déplacement.

V.2. Le mode Adhoc

Ce mode n'a pas besoin d'AP pour fonctionner, ce sont les stations elles-mêmes qui entrent en communication sans s'appuyer sur un équipement extérieur (voir la figure ci dessous).

Tous les nœuds d'un réseau de ce type se comportent comme des routeurs et prennent part à la découverte et à la maintenance des chemins de communication entre les différentes machines.

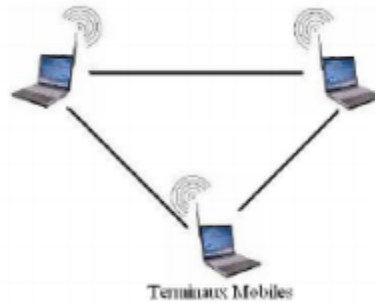


Figure 6. 5 : mode Adhoc

Les avantages de ce mode sont :

- La mise en place est facile.
- L'ajout de nouvelles stations sur le réseau est facile.
- L'absence de structure fixe diminue aussi le coût de leur mise en œuvre.

III. Technique DCF et PCF

La résolution de l'accès aux réseaux filaires avait donné l'occasion d'étudier essentiellement deux méthodes, l'une à compétition (CSMA/CD d'Ethernet), l'autre à accès contrôlé (Token Ring). Nous observons également que la seconde méthode convient particulièrement bien au transport temps réel (voix, vidéo...).

Difficile dans un réseau sans fil de reproduire la technique du jeton, une station est tantôt à portée, tantôt hors de portée, comment garantir dans ces conditions le passage du jeton ? Comment insérer une nouvelle station dans l'anneau virtuel ?

Les concepteurs ont pourtant proposé **deux modes d'accès**. Le premier, appelé **DCF** (Distributed Coordination Function) est de nature distribuée c'est-à-dire à compétition, le second, optionnel, est **PCF** (Point coordination Function) et repose sur une station maîtresse. DCF est la méthode d'accès principale, chaque station l'implémente. **PCF ne peut être utilisé que si DCF fonctionne déjà, et fonctionne alors en alternance avec DCF.**

VI.1. Point Coordination Function (PCF)

La Point Coordination Function (PCF) appelée mode d'accès contrôlé. Elle est fondée sur l'interrogation à tour de rôle des stations, ou polling, contrôlée par le point d'accès. Une station ne peut émettre que si elle est autorisée et elle ne peut recevoir que si elle est sélectionnée. Cette méthode est conçue pour les applications temps réel (vidéo, voix) nécessitant une gestion du délai lors des transmissions de données.

VI.2. Distributed Coordination Function DCF

La DCF emploie la technique du CSMA/CA ainsi qu'un algorithme de Binary Exponential Backoff (BEB) pour partager le medium radio entre les stations.

Lorsqu'une station du réseau souhaite transmettre sur le medium, DCF requiert une observation du canal pendant toute la durée d'un intervalle DIFS. Si le canal est occupé, la station retarde sa transmission. Dès lors, au sein d'un réseau sans-fil, si plusieurs stations observent le canal, le voient occupé et reportent leur transmission, elles vont potentiellement le voir libre au même instant et ainsi tenter de transmettre simultanément. De manière à éviter ces collisions, DCF spécifie un délai aléatoire qui force une station à différer sa transmission pendant une durée supplémentaire. La valeur de ce délai est calculée de la manière suivante :

$$\text{Temps repli} = \text{valeur aléatoire} * \text{durée du slot}$$

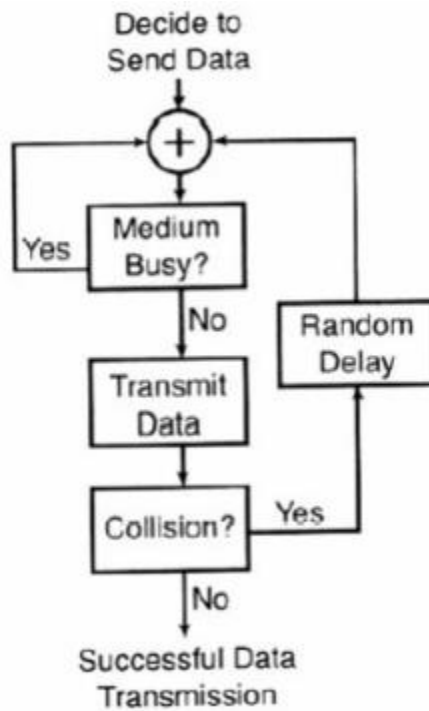


Figure 6. 6: Algorithme de la méthode DCF

Conclusion

Un réseau local sans fil présente un système flexible et ouvert de communication de données qui vient compléter un réseau local câblé d'une entreprise plutôt que le remplacer. Les réseaux locaux sans fil utilisent des radiofréquences pour transmettre et recevoir des données sans fil, ce qui réduit le besoin de connexions filaires.