

Cours Architecture des réseaux locaux

2A-Apprentissage IR
ENSEEIH
B.Paillassa



Réseau local-2Appr-ENSEEIH
B.Paillassa

1

Objectifs

- **Maîtriser des principes : les méthodes d'accès**
 - Pour partager des ressources de transmission
 - En localMais aussi dans
 - Un réseau embarqué
 - la boucle d'accès
 - Le réseau régional...
- **Connaître un environnement de communication : les normes, l'architecture réseau local**
- **Utiliser une technologie : Ethernet**



Réseau local-2Appr-ENSEEIH
B.Paillassa

2

Avant propos-Les réseaux locaux en quelques slides

Présentation rapide en 4 points

- Un réseau local c'est quoi ?
- Les différences avec les réseaux longue distance
- Les protocoles d'accès
- Le réseau local et Internet : trames et encapsulation

25N-Les réseaux locaux en quelques mots

3

Point 1-Un réseau local c'est quoi ?

- Des éléments de communication matériels
 - Les supports
 - Les interfaces de raccordement: cartes de communications
 - Des éléments matériels raccordant plusieurs supports
- Des éléments logiciels
 - Les protocoles
- Pour échanger des informations sur une couverture géographique limitée

Les réseaux locaux en quelques mots

4

Point2 –Différences avec les réseaux longue distance

- 1. Différence de topologie
 - Topologie partagée en réseau local
 - Topologie dédiée en réseaux longue distance
- Attention la topologie a évolué au cours du temps

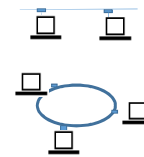
Les réseaux locaux en quelques mots

5

Evolution des topologies réseau local

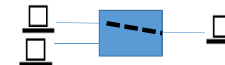
Historiquement

- Des supports partagés en local



Actuellement

- Des supports dédiés, commutés comme en longue distance



- Un support partagé : l'air



Les réseaux locaux en quelques mots

6

Point2 -Quelles différences avec les réseaux longue distance 2/2

- 2. Différence de débit

Historiquement

Des débits plus importants en local qu'en distant
Capacité 10 Mbps versus 100kbps
Chargement d'un diaporama de 500ko: 4s versus 1h 06

Actuellement

Des débits similaires en accès utilisateurs
Capacité 1 Gbps
Chargement d'un diaporama de 500ko : 4ms

Des débits différents en accès machines

- moins importants en réseaux locaux pour objet, Kbps
- plus importants en data center, Terabps

Les réseaux locaux en quelques mots

7

Point3- Les protocoles d'accès

Présents en topologie partagée

Leur rôle : appliquer des règles pour partager le support

Qui transmet sur le support partagé ? Quand ? Combien de temps ?

➡ Un problème d'ordonnancement

Les réseaux locaux en quelques mots

8

Point 4-Le réseau local et Internet

- Internet, un réseau de réseaux, utilise le réseau local
- Les routeurs sont raccordés entre eux et/ou sont raccordés à des utilisateurs par un réseau local
- Le **routeur** transmet un **paquet IP**
- Le **réseau local** transmet une **trame**

Les réseaux locaux en quelques mots

9

Les unités échangées en réseau local : Les trames

- Les symboles physiques c.a.d une séquence d'états électriques/optiques représentant des bits

- Sont organisés en trames



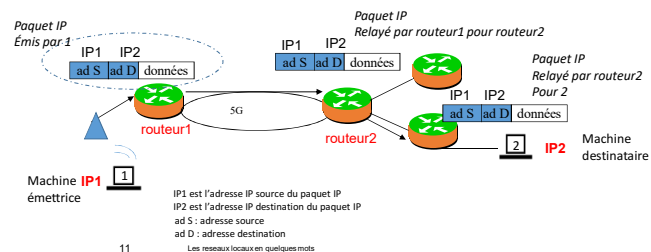
- Une trame contient des adresses et des informations spécifiques de la technologie réseau local

Les réseaux locaux en quelques mots

10

Acheminement de paquets IP

- un paquet IP contient une adresse source IP et une adresse destination IP indépendantes de la technologie de transfert

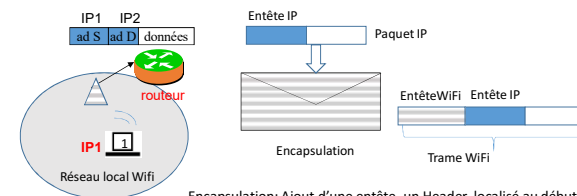


11

Les réseaux locaux en quelques mots

Encapsulation de paquets dans les trames

Pour être transmis en WiFi le **paquet IP** va être **encapsulé** par une **trame**



Encapsulation: Ajout d'une entête, un Header, localisé au début et en fin de paquet
par convention l'entête est représentée à gauche du paquet

Les réseaux locaux en quelques mots

12

Organisation du cours

- Chap 1 Méthode d'accès
- Chap 2 Normalisation et Modélisation des méthodes d'accès
- Chap 3 Éléments de norme d'architecture LAN
- Chap 4 Ethernet- Segmentation et virtualisation
- Chap 5 Architecture pontée-Les algorithmes d'arbres recouvrants
- Chap 6 Ethernet avancé – Fonctions sur Lien Ethernet
- Chap7 Ethernet en industrie –Ethernet TSN

Chap1- Méthodes d'accès

- A- Les méthodes d'accès vue globale
 - Problème
 - Partage statique
 - Partage dynamique centralisée
 - Partage dynamique distribué
- B- Précision sur les méthodes d'accès par familles
 - Famille Aloha
 - Famille CSMA
 - Famille sans collision

A-Les Méthodes d'accès – Vue globale

- Le problème
- Les grandes familles de solutions
- Avantage et limitations

1.Probleme

- Partager un support entre plusieurs émetteurs
 - pour économiser des supports filaires
 - pour utiliser un support non filaire partagé
- Comment : en définissant un 'ordre' d'émission (notion d'ordonnancement, scheduling)
- => problème d'allocation de ressource

Domaines d'application des méthodes d'accès

- En réseau embarqué : un bus raccorde plusieurs équipements=> une méthode pour accéder au bus
- En réseau local **sans fil** : air = une ressource partagée
- Sur une ligne de raccordement à un réseau d'accès Internet : accès Multipoint optique, câble
- Pour une transmission satellite
- Raccordement des objets à internet

Les familles de solutions de partage

- Des solutions statiques versus des solutions dynamiques
 - Statique : Les ressources allouées, temps d'émission, ne varient pas au cours du temps
 - Dynamique: Les ressources varient en fonction des besoins de transmission

Les familles de solution de partage 2/2

- Centralisées versus décentralisées
 - Centralisée : un point central décide de l'ordre d'émission
 - Il a une vue 'ensemble' : il sait qui veut emettre
 - Décentralisée : chacun s'alloue ses ressources

2.Partage statique, pas besoin de méthode d'accès de la configuration

Principe : une station qui veut émettre émet avec les ressources qui lui ont été dédiées par configuration

Exemples

- Partage d'une ligne du réseau téléphonique par multiplexage statique temporel, fréquentiel,
- en WiFi mu mimo, l'espace est partagé entre plusieurs antennes de façon fixe

Avantages et limitations du partage statique

- Simplicité:
 - pas d'algorithme complexe à effectuer à chaque fois qu'une station doit émettre
 - Pas d'échange d'informations
- Efficacité du partage
 - Ca dépend : la bande passante peut ne pas être utilisée
Gaspillage de ressources
- Passage à l'échelle : difficile
 - à chaque ajout d'utilisateur il faut changer le partage
- Qualité de service
 - L'émission est à délai garanti

3.Partage dynamique- Centralisé

- Centralisée : un point central décide de l'ordre d'émission
 - Il a une vue d'ensemble : il sait qui veut émettre
 - comment le sait-il? : plusieurs options
- Les options
 - Interrogation : veux-tu émettre
 - Requête : je veux émettre

Partage dynamique centralisé- option1 : sur interrogation

Une station qui veut émettre, émet lorsque le chef l'autorise, le chef donne la parole à chaque station

Exemple Le partage sur la liaison de données HDLC se fait sur interrogation cyclique par un 'chef' : Le **protocole de polling**

- le chef demande à X si il veut parler
- X parle, X indique qu'il a fini
- Le chef demande à X+1.....

Avantage et limitation du partage dynamique par interrogation

- Simplicité : moins que le statique
 - Il faut interroger, signifier la fin de l'échange
- Efficacité
 - La ressource est donnée à ceux qui en ont besoin
 - Perte de temps à interroger des stations qui n'ont rien à transmettre
- Passage à l'échelle
 - Il faut interroger toutes les stations ,
 - temps proportionnel aux stations
- => Méthode ancienne, plus utilisée

Partage dynamique centralisé- option2: sur requête

- Une station qui veut émettre se signale auprès du chef, le chef lui donne une quantité de parole TDMA/FDMA
- La station envoie une requête de ressources

Exemple : allocation de canaux, de temps, par le point d'accès en WiFi

4.Partage dynamique distribué

Principe: les stations qui veulent émettre appliquent des règles qui ne nécessitent pas de chef. Chacune détermine son ordre d'émission

Exemples méthodes à jeton, méthodes aléatoires ,

Inconvénient: la qualité de service
Comment être certain d'avoir une quantité de ressource ?

Méthodes d'accès distribuées- Les caractéristiques

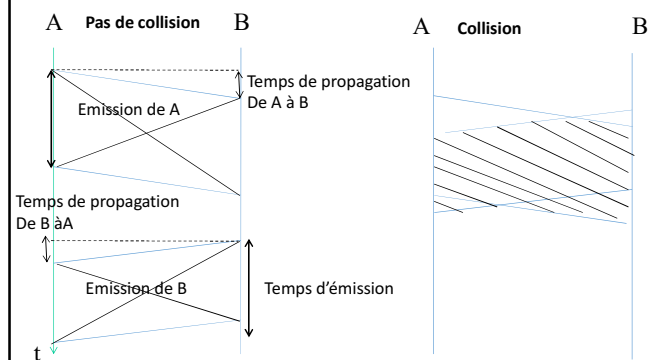
Des méthodes sans collision, **déterministes**

- Ordonnancement décentralisé par exemple par jeton circulant entre stations

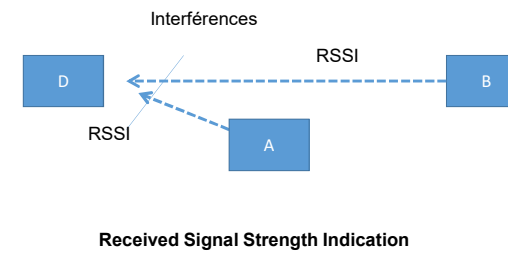
Des méthodes avec collision, **probabiliste**

- Pas d'ordonnancement à priori, aléatoire

Notion de collision : cas du filaire



Collision ou pas collision ? cas du sans fil



5-Evaluation des méthodes d'accès

- Objectif de l'évaluation :
 - savoir qu'une méthode « *est meilleure* » qu'une autre
 - en quoi? quand?
- Les critères d'évaluation
 - Performances : Délai (moyenne, variance) Bande passante consommée par la méthode(overhead), Efficacité
 - Équité
 - Complexité
- L'importance des Critères est fonction du trafic à émettre

2AppIR-SN/ENSEEIH-T-B.Paillassa

33

Les trafics

- Trafic avec garantie (délai ,débit, perte)
 - Forte : délai doit être inférieur à 50 ms
 - Relative : délai pour transférer un fichier plus rapide que pour un message
- => évaluation de performances
- Des méthodes déterministes
- Trafic sans garantie
 - Des méthodes déterministes et ou probabilistes

2AppIR-SN/ENSEEIH-T-B.Paillassa

34

Synthèse

- Partage Statique ou Dynamique
 - Av statique: très efficace à besoin constant
 - Av dynamique: très efficace à besoin variable
- Centralisée ou Distribuée
 - Av centralisé : qualité de service
 - Av distribué: passage à l'échelle, sûreté

2AppIR-SN/ENSEEIH-T-B.Paillassa

35

A retenir

- Les méthodes d'accès permettent un partage dynamique des temps d'émission sur le support
- Les méthodes sont centralisées ou distribuées
- Les méthodes centralisées sont sur interrogation ou sur requête
- Les méthodes distribuées sont avec ou sans collision: déterministes versus probabilistes
- Les méthodes ont des avantages et des limitations
 - Simplicité, efficacité, passage à l'échelle, qualité de service
- Les performances recherchées sont fonction du type de trafic

2AppIR-SN/ENSEEIH-T-B.Paillassa

36

Avantages et limitations des méthodes centralisées

- **Q1** En quoi l'allocation statique de la bande passante est-elle un inconvénient pour le trafic de données?
- **Q2** Quel est l'intérêt d'une allocation dynamique à une demande de la bande passante ?
- **Q3** En quoi l'algorithme de polling est-il non *scalable* (ne supporte pas le passage à l'échelle)
- **Q4** Quel est l'intérêt des solutions de partage du support décentralisées ?

B-Précisions sur les méthodes d'accès par famille

Les familles de Méthodes

- Famille à collision
 - Famille Aloha
 - Famille CSMA
- Famille sans collision

Aloha et les autres méthodes à collision

Aloha comme les autres : une méthode à collision en « Phases

- Emission
- Détection de collision
- Reémission

MAIS

- Aloha sans écoute avant l'émission
- CSMA avec écoute avant l'émission

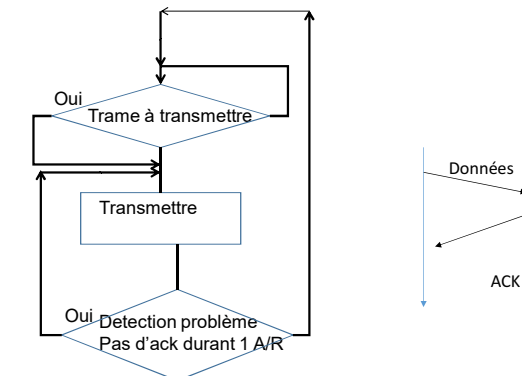
1-Famille Aloha

- Aloha : une méthode d'accès de référence
- Ancienne expérimentation en réseau satellite
- Plusieurs améliorations

Réseau Local-2App-ENSEEIH-T-B.Paillassa

41

Fonctionnement Aloha



N. Abramson, « The ALOHA System-Another alternative for computer communication » 1970 Fall Joint Comput. Conf., pp. 281-

285•

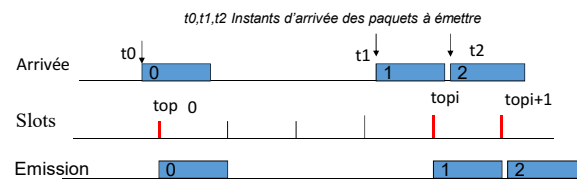
Réseau Local-2App-ENSEEIH-T-B.Paillassa

42

Amélioration : slotted aloha

Idee : diminuer le risque de collision en émettant sur des instants synchronisés

Pour émettre une trame la station attend un 'top'

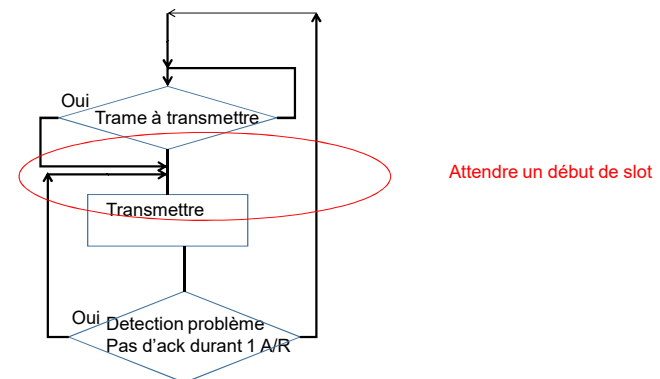


Arrivée: instant où la trame est générée, à t0 la trame 0 arrive elle est émise à top0
Slot : temps entre deux tops= temps pour émettre une trame de longueur fixe

Réseau Local-2App-ENSEEIH-T-B.Paillassa

43

Fonctionnement Aloha /slotted Aloha

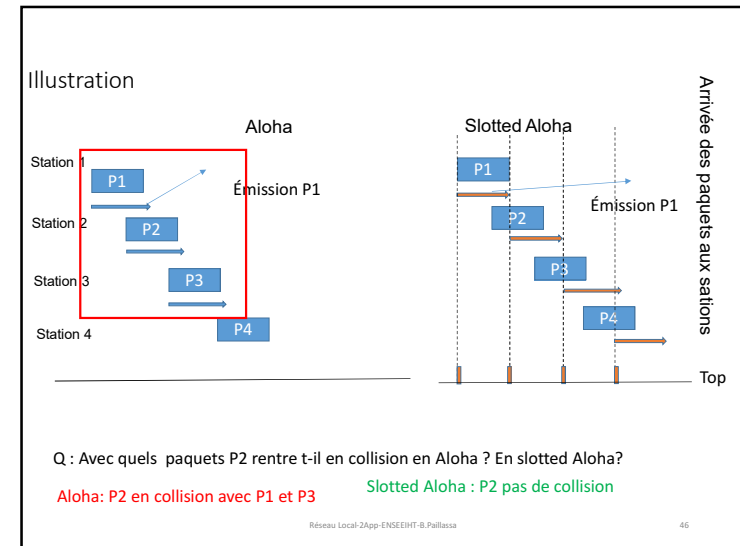
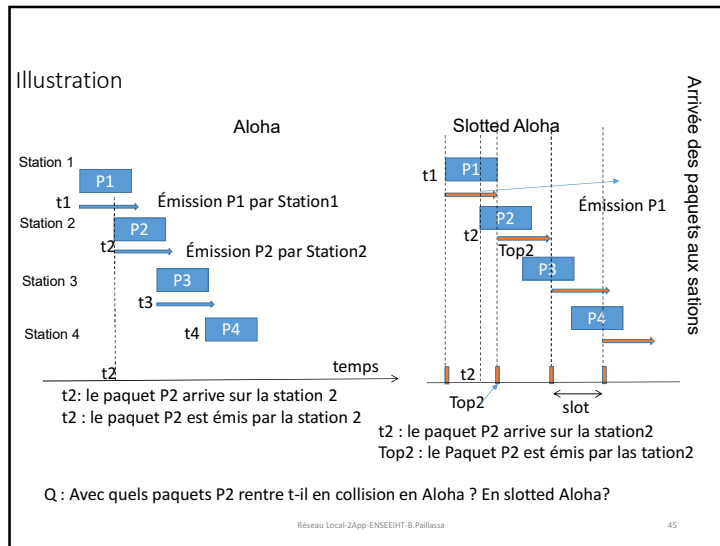


N. Abramson, « The ALOHA System-Another alternative for computer communication » 1970 Fall Joint Comput. Conf., pp. 281-

285•

Réseau Local-2App-ENSEEIH-T-B.Paillassa

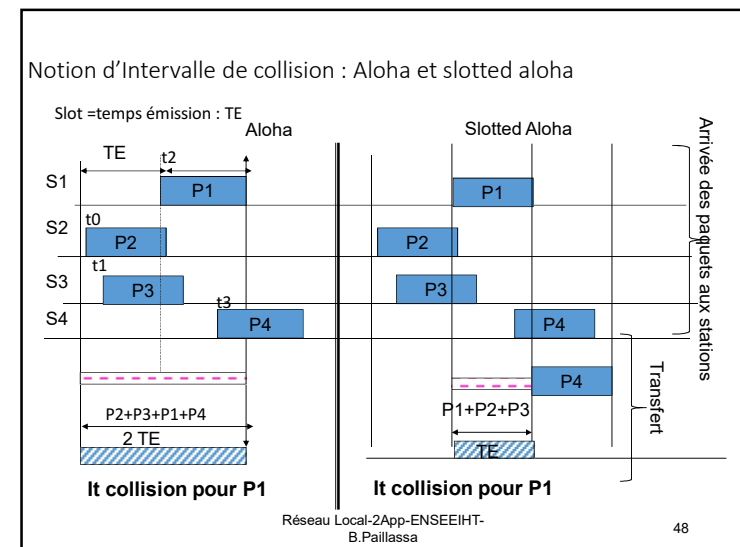
44



Evaluation théorique de la performance de la méthode

- Evaluation en termes d'utilisation (charge)
- Objectif de l'évaluation: quantifier les limitations de la méthode
 - Si trop d'information à émettre trop de collision pas possible de transmettre
- Quel est ce trop?
- Analyse repose sur l'Intervalle de vulnérabilité = intervalle de collision
- Une trame émise à T peut rentrer en collision avec des trames émises entre T+X et T-X

Réseau Local-2App-ENSEEIH-T-B.Paillassa 47



La performance de Aloha

- Si trop de paquets à émettre=> trop de collisions, ne fonctionne pas
- Evaluation [1] : Le taux maximal d'utilisation de la bande passante= 0.18 (1/2e)
 - Exemple 10Mbps à partager entre 10 stations=>18 Kbps max de trafic par station !!!!
- En slotted Aloha : 0.36

« Packet Switching in Radio Channels: Part I-Carrier Sense Multiple-Access Modes and Their Throughput-Delay Characteristics » IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, VOL. C O M - ~ ~ N O . 12, DECEMBER 1975 LEONARD KLEINROCK, FOUAD A. TOBAGI

Evaluation1/4

Hypotheses (simples):

- L'ensemble des paquets à émettre suit un processus de poisson de moyenne λ
 - pour une très grande population d'utilisateurs (N=50 pour kleinrock) ayant à transmettre pas trop fréquemment.
- Chaque utilisateur a au plus un paquet à transmettre à tout moment (y compris un paquet bloqué pour collision)
- Le temps séparant deux paquets (entrants ou en collision) est exponentiellement distribué
 - chaque paquet peut être émis avec succès dans un temps beaucoup plus petit que la moyenne du temps entre deux arrivées de paquet utilisateur

Evaluation Aloha 2/4

S : nombre moyen de trames générées par les stations normalisé par unité de temps = $L/C=TE$ processus de poisson

G : nombre moyen de trames supportées par le système normalisé/TE, distribué poisson

(la capacité max du support est de 1 paquet/unité de temps)

- $G = S +$ nombre de paquets retransmis/unité de temps (Un paquet est retransmis en cas de collision)
- Taux de retransmission : $G * P$
- Calcul de P : la Probabilité que K trames soient générées pendant un temps égal à deux durées d'une trame : $2G^k e^{-2G} / K!$, pour zéro trames on a $e^{-2G} \Rightarrow P = 1 - e^{-2G}$
- $G = S + G * (1 - e^{-2G})$
- $S = G e^{-2G}$

Recherche de l'utilisation maximale %G ($e^{-2G} - 2 G e^{-2G} = 0$) max pour $G = 0,5 \Rightarrow S = 0,18$

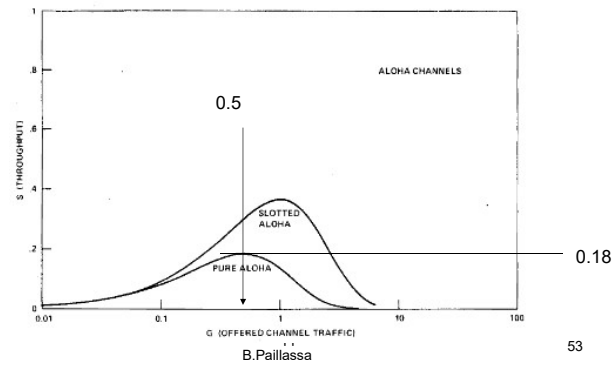
Evaluation Aloha 3/4

Questions

Q1 pourquoi l'utilisation maximale en slotted aloha est-elle doublée par rapport à celle en aloha?

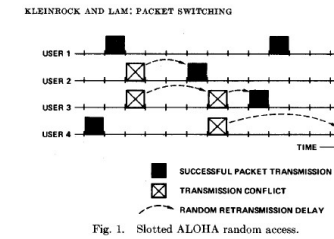
Q2 combien de stations émettant à 100 kbps peuvent utiliser un canal type slotted aloha à 9600 kbps ?

$S = \lambda$ TE taux d'entrée normalise, $G = \text{nombre global de paquet par TE}$



53

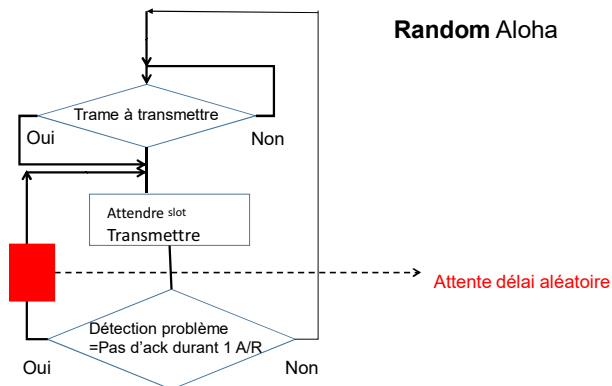
Autre amélioration: slotted Aloha+random



Réseau Local-2App-ENSEEIH-T-
B. Paillassa

54

Random Aloha



Réseau Local-2App-ENSEEIH-T-
B. Paillassa

55

B-Précision sur les méthodes d'accès par familles

Familles à collision

1-Familles Aloha

2-Familles CSMA

Familles sans collision

Réseau Local-2App-R-SN/ENSEEIH-T-B. Paillassa

56

2-Famille CSMA

- 2.1 CSMA/CD Ethernet
- 2.2 CSMA/CA WiFi
- 2.3 CSMA/CR Can

Réseau Local-2App-ENSEEIH-T-
B.Paillassa

57

2.1-CSMA/CD Ethernet

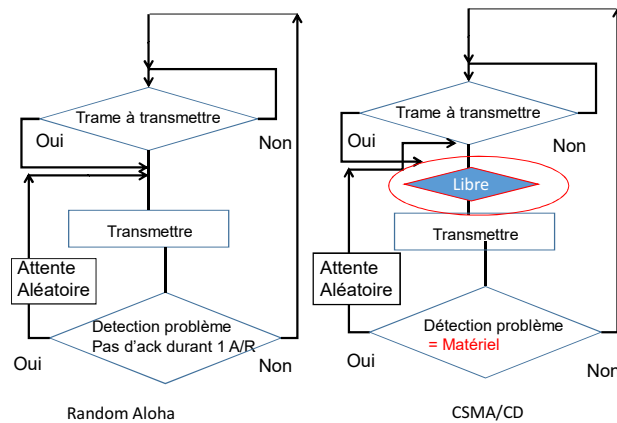
Algorithme simplifié

- 1: si le canal est libre alors émettre une trame
- 2 : si le canal est occupé, attendre sa libération et émettre dès qu'il se libère
- 3 : si une collision est détectée durant l'émission
 - Arrêter l'émission
 - Prévenir (signal JAM)
 - Attendre un temps aléatoire avant de recommencer (retour en 1)

Réseau Local-2App-ENSEEIH-T-
B.Paillassa

58

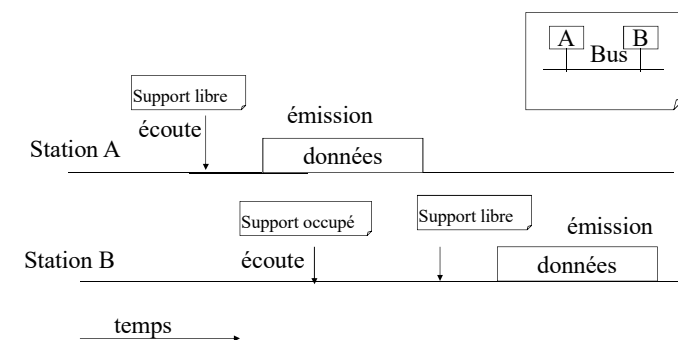
Ce qui change entre CSMA/CD et random aloha



Réseau Local-2App-ENSEEIH-T-
B.Paillassa

59

Illustration de transmission réussie en CSMA/CD

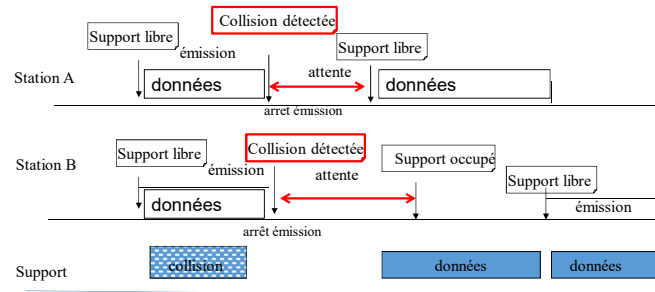


Réseau Local-2App-ENSEEIH-T-
B.Paillassa

60

Illustration de la transmission avec collision en CSMA/CD

Cas de collision : l'attente aléatoire (back off)



Réseau Local-2App-ENSEEIH-
B.Paillassa

61

L'écoute avant émission

- L'écoute : une fonction, Utilisation du codage pour définir la notion d'états: support_occupé, support_libre
Ethernet applique plusieurs codages selon le support et le débit
 - Codage manchester : support_libre = absence de transition durant x s.
 - Autre codage : support_libre = état IDLE
- Combien de temps cela prend ?
 - pour deux stations raccordées par un câble RJ 45
 - pour deux stations raccordées par un lien satellite
- => Si le temps d'écoute est important il vaut mieux émettre directement

Réseau Local-2App-ENSEEIH-
B.Paillassa

62

Détection de Collision (Collision Detection)

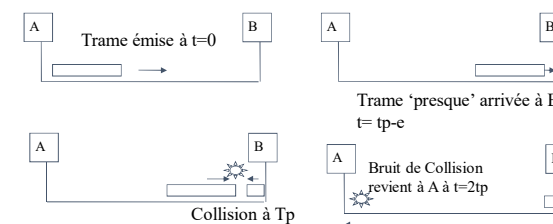
- La détection est matérielle, plusieurs moyens
 - Détection de violation des règles de codage
 - Détection d'activité en réception alors qu'il y a émission sur une paire, par écoute de la paire réception
- Contrainte1 : **une taille minimale de trame** : l'émission doit être en cours lors de la détection de collision
 - Une trame trop courte est une collision (la station émettrice s'est arrêtée)
- Contrainte2 : suppose que l'on puisse **émettre et recevoir en même temps** : transmission signal Full duplex
- Problème en sans fil, pas de Full duplex actuellement
=> la détection est par logiciel en sans fil

Réseau Local-2App-ENSEEIH-
B.Paillassa

63

Méthode d'accès CSMA/CD : illustration du domaine de collision

La détection de collision dans le pire cas prend 2* temps de propagation



Le temps aller retour définit le diamètre maximal, ou domaine de collision
Le délai aller/retour = 512 bits time pour Ethernet de base normalisé
 $512 \times 1/C$

INP N7

Réseau Local-2App-ENSEEIH-
B.Paillassa

64

Retransmission: l'attente aléatoire

- Algorithme BEB (binary Exponential Back off)

Après k collisions

- la station attend $i * 51.2\mu s$ (domaine de collision normalisé) tel que
 - $0 \leq i < (2^k) - 1$
 - i étant un entier « Random » et $k = \min(K, 10)$
- le nombre de réémissions est limité à 15

La performance Ethernet

- Dépend de la quantité d'information à émettre
 - Si trop d'émission P_b (cf Aloha)
 - $0.3 < \text{charge} < 0.7$
 - MAIS
- Dépend de la répartition de la charge : uniformément répartie sur : 2 stations, N stations
- Dépend de la longueur de la trame :
 - Pour une charge donnée, plus la trame est courte plus le risque de collision est important

2.2- Wifi CSMA/CA (collision Avoidance)

- Une station qui veut émettre écoute

- Si libre durant **difs** alors émission
- (1) Si occupé alors attente libération +
 - **Attente temps fixe+ temps aléatoire** (back off)
 - si support occupé pendant l'attente aléatoire arrêt du timer
 - retour 1

Une écoute non persistente pour éviter des collisions
c'est l'évitement de collision (CA)

Illustration de la transmission en CSMA/CA

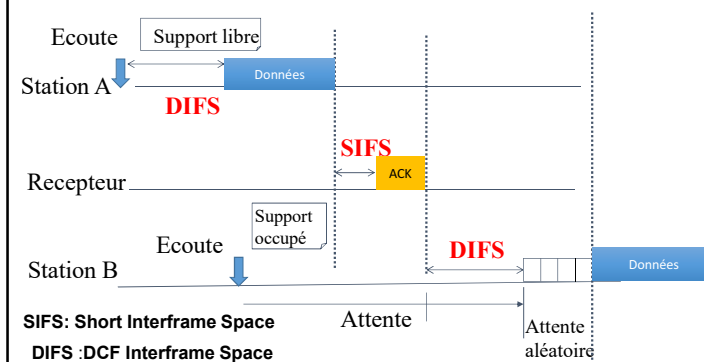
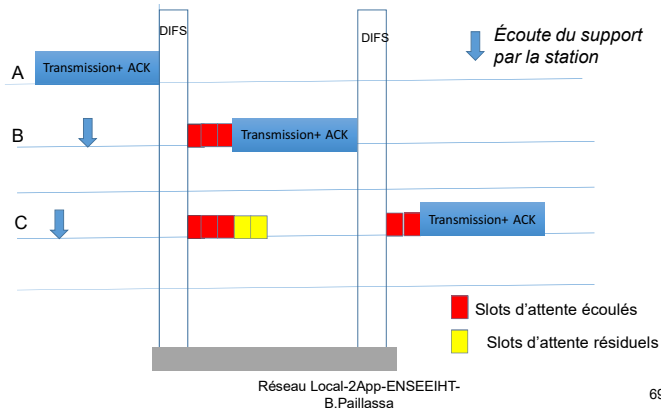


Illustration de l'attente



69

Q- La norme 802.11 indique que les intervalles de temps réduits entre trame, les SIFS, doivent être plus petits que ceux définis entre trames, les DIFS, pourquoi?

Q- Comment se passe la détection de collision pour les trafics destinés à plusieurs stations (broadcast)

Réseau Local-2App-ENSEEIH-
B.Paillassa

70

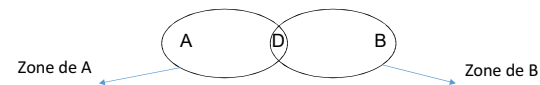
CSMA/CA-Détection de collision- Station cachée

- Détection de collision par non réception d'acquittement après un temps SIFS (<DIFS), le récepteur émet un ACK

• Problème:

la diffusion n'est pas totale: tout le monde n'entend pas : (la station est cachée)

- A et B veulent émettre à D, elles ne s'entendent pas elles ne sont pas dans la même zone



Réseau Local-2App-ENSEEIH-
B.Paillassa

71

CSMA/CA- Ecoute virtuelle

- Idée : prévenir tout le monde de l'émission par le mécanisme RTS/CTS
- la source prévient sa zone avec la bande passante qui sera utilisée, par le RTS
- la destination prévient sa zone avec la bande passante qui sera utilisée par le CTS
- Une station qui entend un RTS (CTS) arme un timer avant écoute
 - (NAV)= temps émission de trame entendu+temps acquittement

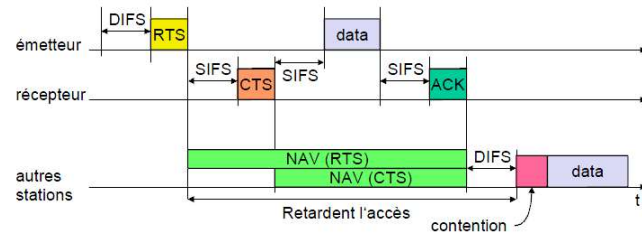
⇒ Mécanisme d'écoute virtuel

⇒ Permet de réserver le support

Réseau Local-2App-ENSEEIH-
B.Paillassa

72

Illustration de la transmission en CSMA/CA+ RTS/CTS



Réseau Local-2App-ENSEEIH-
B.Paillassa

73

2.3-CSMA/CR

Algorithme utilisé en réseaux telecom (RNIS), en embarqué (CAN)

Fonctionnement

- Une station qui veut émettre sur le canal D, écoute sur un canal écho
- si libre alors émission synchronisée
- si plusieurs émissions simultanées alors selon la priorité des stations (leur identifiant)
 - une station reçoit correctement (lié au codage utilisé voir suite)
 - Les autres retransmettent

Réseau Local-2App-ENSEEIH-
B.Paillassa

74

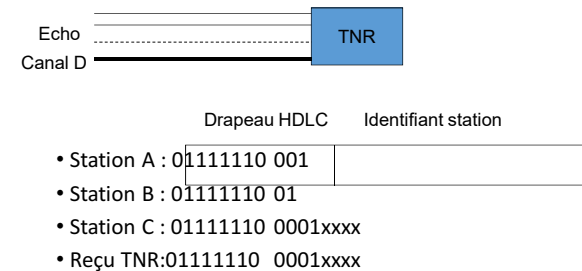
Détection/Résolution de collision par codage

- Une station qui détecte une collision s'arrête d'émettre Mais une station ne détectera pas de collision et réussira sa transmission
- Code ternaire:
 - 1 pas de courant
 - 0 alternativement polarité positive, négative
 - Chaque station démarre avec la même polarité
- Mécanisme de détection de collision entre A et B
 - Si les deux ont émis un 1 => pas de détection de collision, chacune reçoit un 1
 - Si les 2 ont émis un 0 : une polarité positive ou négative=> pas de détection de collision
 - Si une station émet un 0 et l'autre un 1 : la station qui a émis un 1 détecte la collision (elle reçoit un 0) pas celle qui a émis le 0

Réseau Local-2App-ENSEEIH-
B.Paillassa

75

Illustration de la résolution de collision en CSMA/CR



Réseau Local-2App-ENSEEIH-
B.Paillassa

76

Synthèse des méthodes à collision

Quizz

- Q1 Quelle différence y a-t-il entre les méthodes Aloha et CSMA ?
- Q2 Est-ce que l'écoute du support supprime la collision ? Quel est son intérêt ?
- Q3 Pourquoi une attente aléatoire après une collision pour retransmettre?
 - Pour qu'une station transmette un nouveau paquet avant de retransmettre un paquet en collision
 - Pour diminuer le temps de transmission
 - Pour avoir une chance de transmettre seul sur le support
 - Pour être sûr de pouvoir transmettre le paquet
- Q4 En Ethernet la détection de collision se fait par logiciel Vrai/Faux
- Q5 Y a-t-il une limite d'utilisation en CSMA ?
- Q6 Pourquoi de l'aléatoire après la libération du support?

B-Précision sur les méthodes d'accès par familles

Familles à collision

1-Familles Aloha

2-Familles CSMA

3-Familles sans collision

3-Famille de Méthodes sans collisions

Principe : Les stations sont ordonnées, une seule station émet sur le support à un instant et un espace (temps/fréquence) donné
Elles sont synchronisées

- Synchronisation centrale versus distribuée
 - Synchronisation centrale : un gestionnaire émet des 'top' de trames
 - Synchronisation distribuée : chaque station émet ses 'top': système à jeton circulant

31.Synchronisation centralisée: Les trames

Les stations émettent dans des trames synchronisées par un contrôleur (central) :

- Allocation centralisée selon les besoins
 - Une station qui veut émettre demande un intervalle de temps par **une requête**
 - Le contrôleur alloue l'intervalle, renvoie une réponse
 - La station émet dans l'intervalle alloué

Réseau Local 2App-ENSEEHT-B.Pallassa

81

L'envoi de requêtes dans les systèmes tramés

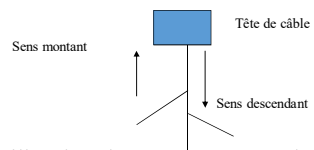
Comment ?

- Sans collision
 - Par mux statique : un canal de réservation
 - Par polling: interrogation par coordinateur
- Avec collision (docsis, wifi**)
 - En CSAM/CA

Réseau Local 2App-ENSEEHT-B.Pallassa

82

Exemple de système tramé avec allocation par requête :
docsis/wimax/IOT 802.11.15.4



- Le câble est utilisé dans le sens montant et dans le sens descendant en full duplex .
- Multiplexage en fréquence sens montant, sens descendant
- Sur sens descendant un seul émetteur : la tête de câble
- Sur le sens montant plusieurs émetteurs => un protocole d'accès
- Protocole d'accès de type requête/allocation

Réseau Local 2App-ENSEEHT-B.Pallassa

83

3.2 Synchronisation distribuée-Le jeton

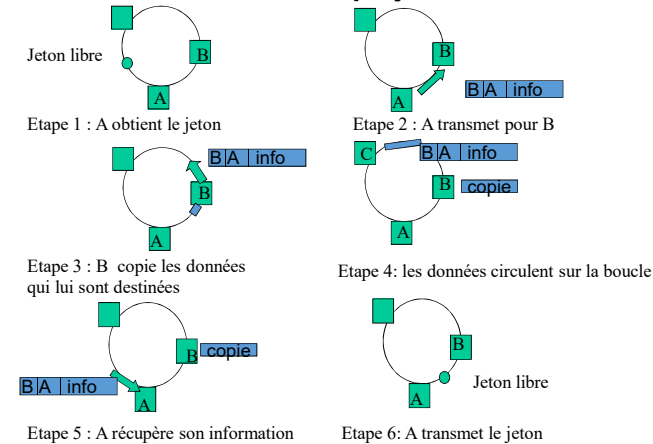
Pas de synchronisation tramée

- Cas simple: un seul jeton qui circule entre les stations
 - Une station qui veut émettre vérifie qu'elle a le jeton sinon elle attend d'avoir le jeton puis elle émet
 - Une station qui n'a plus besoin du jeton transmet le jeton
- Plusieurs options
 - la transmission du jeton se fait après la transmission des données ou bien après avoir reçu les informations émises (tour de boucle)

Réseau Local 2App-ENSEEHT-B.Pallassa

84

Illustration de la transmission par jeton sur boucle



Réseau Local-2App-ENSEEHT-B.Pallassa

85

Fiabilisation des méthodes à jeton

- Problème : perte de jeton, double jeton
- Solution : un moniteur de contrôle contrôlé lui-même par des moniteurs potentiels prêts à remplacer le moniteur déficient
 - Marquage des informations par le moniteur
 - Envoi de trames de contrôle de vie
 - Mécanisme d'élection distribué de Moniteur

Un contrôle maîtrisé mais complexe

Réseau Local-2App-ENSEEHT-B.Pallassa

86

Conclusion : Choix d'une méthode d'accès

Des contraintes physiques

- distance : pas d'écoute
- transmission half/full duplex : pas de détection matérielle
 - Evolution: « WiFi FullDuplex »
- sécurité : pas de diffusion

Des contraintes de qualité de service liées au Traffic

- voix, données, image
 - consultation web, voix, streaming, gaming
- ⇒ méthodes déterministes/ probabilistes

En pratique: élaboration de méthodes d'accès complexes avec plusieurs méthodes de partage

Réseau Local-2App-ENSEEHT-B.Pallassa

87

2AppIR-SN/ENSEEHT-B.Pallassa

88

Chap2-Modélisation et standards IEEE

- 1 L'architecture
 - Le modèle d'architecture
 - La standardisation
- 2 Les standards MAC
 - IEEE 802.3
 - IEEE802.5
 - IEEE 802.11
 - IEEE 802.1x
 - IEEE 802.1x

Objectifs du chapitre

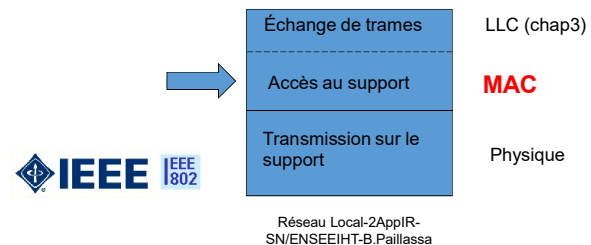
- Illustrer le chapitre 1 avec la mise en œuvre de méthodes d'accès
- Préciser l'environnement technologique
 - Des sigles des standards et des produits
- Connaître le modèle d'architecture de référence pour les réseaux locaux : l'architecture IEEE

1-L'architecture IEEE

- Principe de modélisation
 - Modélisation du fonctionnement
 - Point de vue fonctionnel hiérarchique
 - L'architecture définit la hiérarchie des fonctions
 - Des niveaux fonctionnels
 - Pont de vue modulaire
 - Des interfaces, un mécanisme d'encapsulation
 - Si l'intérieur d'un module est modifié pas d'impact
- Permet de faire évoluer le réseau

1.1 Le modèle d'architecture réseau local

- Organisme IEEE: édite des standards publics, consultables
- 3 Niveaux (plus exactement 2 couches avec une couche contenant 2 sous-couches)



Les fonctions par niveaux 1/3

Le niveau LLC: multiplexage et contrôle du lien

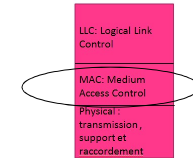
- Les informations à transmettre sur le réseau local proviennent de plusieurs protocoles: (IP,X25 (historique))
- Le réseau local
 - Identifie le protocole émetteur/récepteur ;, multiplexage
 - Contrôle si besoin la fiabilité du transfert



Les fonctions par niveaux 2/3-

La sous-couche MAC: accès au support

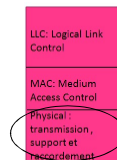
- La transmission sur support partagé est gérée par un protocole d'accès: le Medium Access Control
- Le protocole MAC définit le format de sa trame
 - La délimitation de la trame
 - Le destinataire et la source :connus par des adresses MAC
 - Un code détecteur d'erreur polynomial
 - + autres champs selon le protocole



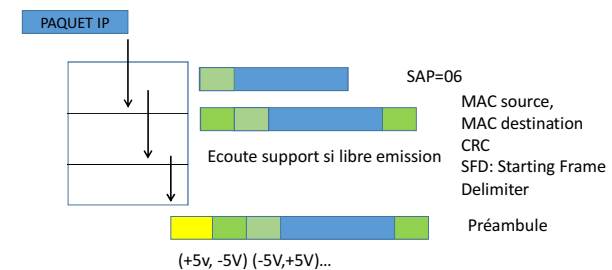
Les fonctions par niveaux 3/3

La Couche Physique: transmission physique et support

- Les trames MAC sont transmises sur support optique, cuivre, air...
 - Par un codage, binaire: 4B/5B
 - Par un codage symbole: manchester, NRZI
 - Une séquence de synchronisation,
 - Un code FEC
- Avec une connectique
 - Électrique RJ45,
 - Optique ST, SC

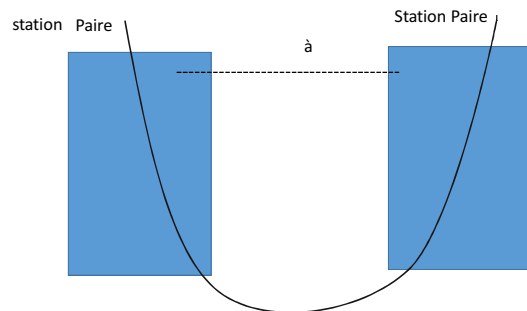


Fonctionnement de l'architecture IEEE



Encapsulation et interface

Représentation graphique des échanges

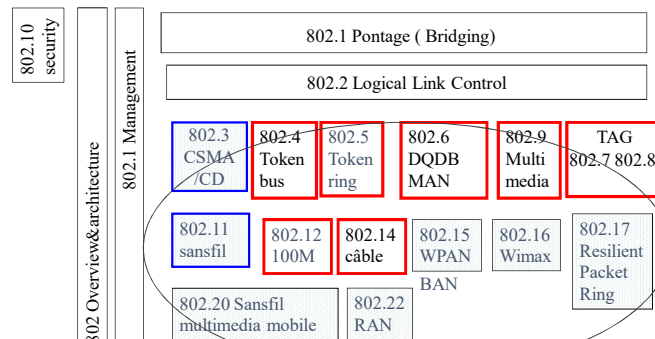


1.2- La standardisation

- Des standards par fonctions
- Plusieurs standards pour une fonction selon sa mise en œuvre
 - Exemple: fonction accès au support
 - Standard 802.3 si accès en CSMA/CD
 - Standard 802.11 si accès en CSMA/CA
- Les standards évoluent
 - Des additifs, de nouveaux standards apparaissent
- Les produits sont conformes aux standards
 - Ethernet produit conforme au standard 802.3

Vue d'ensemble des standards IEEE

Des groupes actifs, arrêtés <http://www.ieee802.org/1/>



Les principaux standards IEEE

- **802.1** : architecture pour tous les protocoles MAC
 - le format d'adresse, les identificateurs protocoles, la virtualisation, la QoS, les ponts, la sécurité
- **802.2** : couche LLC pour le transfert de données
 - 3 classes de fonctionnement-service non fiable (sans connexion)-service fiable 'HDLC'+-service non connecté mais acquitté
- **802.3** 802.4 802.5 : les protocoles MAC '85'
- 802.6 802.9 802.12 802.14: les protocoles recherche '90+'
 - **802.11** 802.15 (.1 bluetooth ;.3 WPAN>20Mbps,. ; .6 BAN..) 802.16 : le sans fil
 - 802.17-802.22 : la région.....

2- Les standards MAC

- Le protocole MAC 802.3
 - Evolutions du CSMA/CD
- Le protocole MAC 802.5
 - Les fonctions de contrôle
- Le protocole 802.11
 - L'architecture, les méthodes d'accès

2.1 Le protocole MAC IEEE 802.3 : méthode CSMA/CD

- Défini à l'origine pour un **bus** de 1 à 10 Mbps (Intel,Dec,Xerox)
- Accès au bus en : Carrier Sense Multiple Access/ Collision Detection
- Transmission en codage Manchester
- De nombreuses évolutions (cf chapitres suivants)
 - supports, débit, 'câblage'
 - pas de changement de la méthode

Ethernet un produit conforme IEEE 802.3

- Plusieurs générations de matériels => additifs à la norme
 - 10Base coax .802.3 a (coax fin) ,cd (liaison optique),i (hub),j(backbone optique)
 - 100Base T, F 802.3u
 - 1000Base 802.3 z
 - 10 Gbps 802.3 ae
 - 200,400Gbps (2018)- 802.3 df → 1,6Tera
- Les tendances d'évolutions Ethernet
 - Il n'y a plus de collision
 - extension du domaine local entreprise au domaine distant opérateur : utilisation de Ethernet dans les réseaux de transport opérateurs

2.2 Le protocole MAC IEEE 802.5 : méthode boucle à jeton – token ring

- Défini pour une boucle de 4 à 16 Mbps, (IBM)
- => Comme pour Ethernet de nombreuses évolutions sur le débit, le câblage (version 100Mbps)
- La méthode d'accès est par jeton sur boucle
 - une station émet lorsqu'elle a le jeton.
 - Le nombre de trames émises est limité par un timer.
 - Avant d'émettre une station vérifie qu'elle a le temps (THT > L/C)
 - le PDU fait un tour de boucle, la station le récupère
 - la station émet le jeton sur la boucle pour le suivant

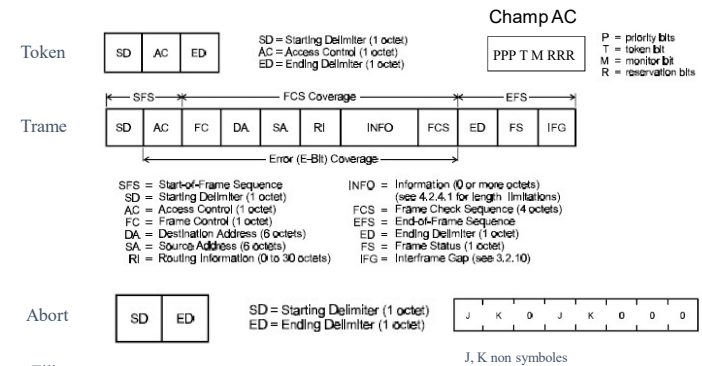
Ce que définit la norme IEEE 802.5

- les formats des Protocol Data Unit, (jeton information..)
- le fonctionnement de base : définition des variables, des timers, des automates
- la gestion des priorités
 - pour faire de la différenciation de services (CoS)
 - spécifié, non utilisé
- des méthodes de contrôle pour vérifier l'état de la boucle, l'état du jeton utilisant :
 - différents états de station (bypass, standby..)
 - un moniteur (une station qui a un rôle de contrôle particulier)
 - des échanges de trames spécifiques

Réseau Local-2AppIR-SN/ENSEEHT-B.Paillassa

105

Les unités de transmission 802.5



Réseau Local-2AppIR-SN/ENSEEHT-B.Paillassa

106

Méthodes de contrôle 802.5

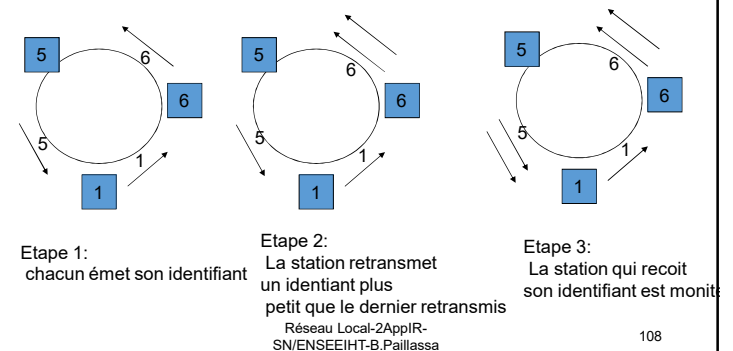
Le mécanisme de **moniteur**

- toutes les stations supportent la fonctionnalité moniteur
- le moniteur est défini en deux versions (actif/passif), une seule station supporte la version moniteur actif à un instant donné
- rôle du moniteur actif : contrôle et gestion de la boucle
 - détection de panne de boucle, perte jeton : Bit M, timer TVX
 - recouvrement : émission trame purge, récupération des informations, remplissage de fill
- rôle du moniteur passif : contrôle du moniteur actif
 - détection de panne moniteur : trames AMP, Timer AMP
 - recouvrement : beacon, claim token, élection nouveau moniteur actif

Réseau Local-2AppIR-SN/ENSEEHT-B.Paillassa

107

Election du moniteur: un algorithme distribué simple



Réseau Local-2AppIR-SN/ENSEEHT-B.Paillassa

108

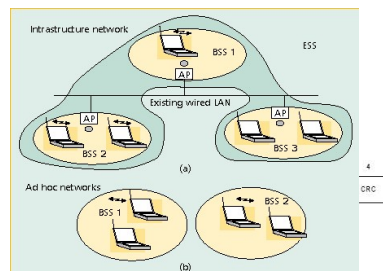
Intérêt des topologies boucles

- Fiabilité de fonctionnement
- Utilisation de mécanismes de recouvrement multiboucles en contre rotationnel : bypass.
- Exemple : Ethernet Ring Protection Switching Pour les opérateurs : plusieurs commutateurs reliés en anneau / plusieurs anneaux
- .

2.3 Le protocole MAC IEEE 802.11

- Le protocole utilise plusieurs méthodes d'accès
 - CSMA/CA, polling
- Son fonctionnement dépend du mode de communication
 - Mode adhoc
 - Communication directe entre stations
 - Mode avec infrastructure
 - Des points d'accès, une méthode d'association

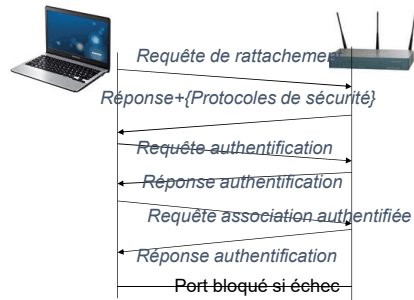
Architectures 802.11: mode Adhoc et mode avec infrastructure



802.11 avec infrastructure- Association

- Le point d'accès émet cycliquement des messages Beacon contenant des informations de fonctionnement (SSID)
- Une nouvelle station découvre un point d'accès par
 - Écoute passive : Beacon
 - Écoute active : Probe request
- Une station s'associe, s'authentifie avec le point d'accès

Illustration de l'association d'une station à un point d'accès-exemple échanges d'authentification



113

Notion de sécurisation 802.1x

- L'élément 'relais' d'un réseau ne transmet sur un port 802.1x que si une authentification a réussi
 - En wifi une station associée à un point d'accès a un **identifiant d'association**
 - Le point d'accès autorise, ou pas, une association à transmettre
- Les mécanismes de sécurité sont définis par l'administrateur, 802.1x définit les échanges

Réseau Local-2ApplR-SN/ENSEEIH-T-B.Paillassa

114

L'accès : DCF et PCF

La méthode d'accès est utilisée entre **stations et point d'accès** ou bien entre **station et station** en mode AD HOC

- Un protocole obligatoire : DCF Distributed Coordination Function
 - Par écoute, non déterministe avec collision
 - Une version avec priorité -Qos
- Un protocole optionnel : PCF Point Coordination Function
 - Par interrogation, déterministe
- Fonctionnement séquentiel/cyclique dans le temps des deux protocoles

Réseau Local-2ApplR-SN/ENSEEIH-T-B.Paillassa

115

Alternance PCF/DCF

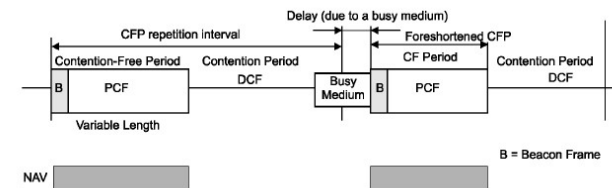


Figure 9-13—CFP/CP alternation

Réseau Local-2ApplR-SN/ENSEEIH-T-B.Paillassa

116

Le produit WiFi - Les versions 802.11

Plusieurs versions de transmission standardisées par le comité 802.11

- des bandes de fréquences

- Infra rouge
- 2-4 Ghz (b,g,n) externe et interne , 5 Ghz (.a,n) interne uniquement

bandes sans licence, encombrée

Puissance limitée intra bâtiment /extra bâtiment

versions non compatibles

- des débits variables

- adaptés à l'environnement
- selon la méthode de transmission: (OFDM,Mimo,Mu-Mimo..) (.a, .g...)

• Un protocole d'accès commun: le 802.11 avec plusieurs options de fonctionnement,

Les versions de la couche physique WiFi

version	Bande	Caractéristiques
802.11 a	5 GHz	54 Mbps, OFDM
802.11 b 802.11g	2.4 GHz	11 Mbps 54 Mbps OFDM
802.11 n	2.4 & 5 GHz	450 Mbps OFDM MIMO
802.11 ac	< 6 GHz	1Gbps OFDM mu-MIMO+Beam Forming
802.11 ad 82.11 ay	> 60GHz	6Gbps, faible portée 40 Gbps , 300-500m
802.11af	< 1GHz (470-710)TV white space - partage de la bande	OFDM, muMimo
802.11ah	<1Ghz Depend de la bande ISM	4Mbps, faible consommation électrique
802.11 ax		10Gbps OFDMA,
802.11 be	2,4 Ghz & 5 Ghz & 6 Ghz	46 Gbps , support TSN

Synthèse

- Architecture réseau local en 3 niveaux
- Définie par l'IEEE
- Principales normes MAC ayant cours
 - IEEE 802.3, 802.11
 - Sécurisation 802.1x

Quizz

Q1 Quels sont les niveaux constituant l'architecture d'un réseau local

Q2 Quel est le nom 1) de l'organisme de normalisation des réseaux locaux, 2) du groupe de normalisation des réseaux locaux

Q3 Accédez au document de norme sur l'architecture IEEE disponible sur moodle , quel est son numéro, quelle est la norme des réseaux WPAN ?

Q4 Accédez aux documents 802.3, quels sont les débits à l'étude ? Quelle est la date de la dernière version du standard

<https://standards.ieee.org/standard/>

IEEE GET program <https://ieeexplore.ieee.org/browse/standards/get-program/page>

Q5 Quels sont les modes de communication 802.11

Q6 Quelle est la méthode d'accès du WiFi ?

Chap 3- Standards généraux

- 1 Standard de l'adressage MAC
- 2-Standards d'Echange de trames LLC IEEE 802.2
- 3-Notion de pontage

2AppIR-SN/ENSEEHT-B.PAILLASSA

121

Objectifs

- Chap1 : Principes et mise en œuvre des méthodes d'accès
- Chap3 Aspects Mise en oeuvre du réseau local
 - L'adressage standardisé : des adresses MAC pour tous les réseaux locaux(standards)
 - Un échange de trames standard
 - Des éléments de topologie pour segmenter/étendre l'architecture

2AppIR-SN/ENSEEHT-B.PAILLASSA

122

1. Standard de l'adressage MAC

- Deux adresses: Adresse MAC source, adresse MAC destination
- Les adresses MAC sont sur 48 bits
- Notation : 12 symboles Hexadecimaux
 - Hardware/Physical address

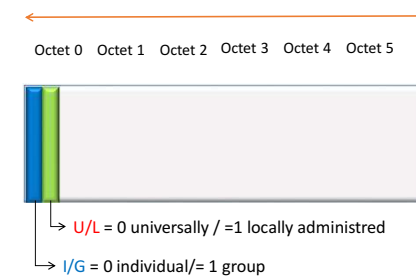
```
Ethernet adapter Ethernet 2:  
Connection-specific DNS Suffix . : enseeiht.fr  
Description . . . . . : Dell GigabitEthernet  
Physical Address. . . . . : 9C-EB-E8-20-21-BA
```

```
If config eth0 down/up  
ifconfig eth0 hw ether 9c:eb:e8:b3:5c:76
```

2AppIR-SN/ENSEEHT-B.PAILLASSA

123

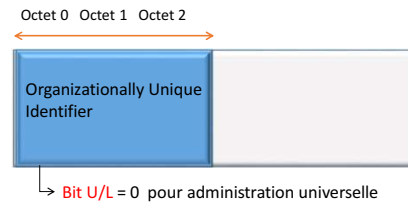
Format des adresses MAC



2AppIR-SN/ENSEEHT-B.PAILLASSA

124

U/L : Adresse MAC universellement/localement administrée



- Adresses Globalement Unique : Contient un identifiant OUI assigné par IEEE Registration Authority
OUI = (octet 0, octet 1, octet 2)
- Adresses locales, pour des adresses temporaires renouvelées à chaque accès (pas de traçage)

2AppIR-SN/ENSEEHT-B.PAILLASSA

125

I/G: Portée d'une adresse MAC



Unicast /Multicast/Broadcast

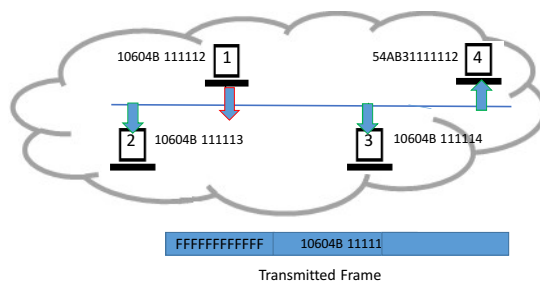
- Unicast: une seule destination I/G=0
- Multicast: un groupe de destination I/G=1
- Broadcast: tous les éléments du réseau sont concernés all octets set to 1
- **Un réseau local est un domaine de diffusion MAC qui contient tous les éléments capables de recevoir une trame MAC de diffusion**



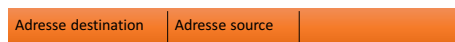
2AppIR-SN/ENSEEHT-B.PAILLASSA

126

Illustration de la diffusion



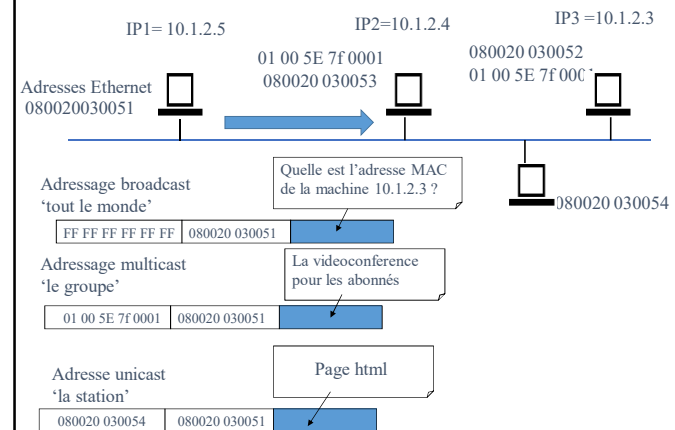
MAC Frame



2AppIR-SN/ENSEEHT-B.PAILLASSA

127

Exemples d'adresses LAN



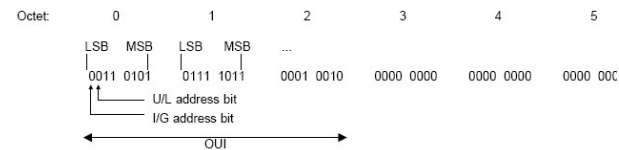
2AppIR-SN/ENSEEHT-B.PAILLASSA

128

Représentation de l'adresse en mode Hexa/ binaire

Ordre de transmission = le bit le moins significatif en premier

Hexadecimal representation: AC-DE-48-00-00-80
Bit-reversed representation: 35-7B-12-00-00-01



Octet	A	C
Octet 0	1 0 1 0 1 1 1 0	0
Octet 1	1 1 0 1 1 1 1 0	0
Octet 2	0 1 0 0 1 0 0 0	0
Octet 3	0 0 0 0 0 0 0 0	0
Octet 4	0 0 0 0 0 0 0 0	0
Octet 5	1 0 0 0 0 0 0 0	0

Bit reverse : Forme historique n'ayant plus cours 802-2014

129

Evolution des adresses

- Historique : OUI: 24 bits assignés par l'IEEE
- Evolution des adresses gérées par les entreprises/organisations
 - > OUI → CID (Compagny ID:U/L bit ...> Xbit)
- Des tailles variables
 - > CID =24 bits : MA-L
 - > CID = 20bits: MA-M
 - > CID= 12 bits: MA-S
- Interêt: éviter la pénurie d'adresse
- Autre évolution: les adresses objets sur16bits en réseaux 802.15.4
 - Chaque équipement a une adresse 64 bits (IPv6)
 - et une adresse 16 bits pour transmettre

2AppIR-SN/ENSEEHT-B.PAILLASSA

130

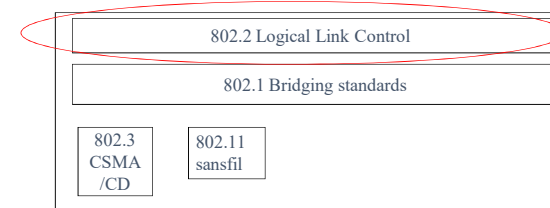
Adresses MAC et adresses IP

- Les adresses sont utilisées pour acheminer les informations
 - IP: de routeurs en routeurs
 - MAC : dans le réseau local
- 2 niveaux d'adressage
 - un niveau IP indépendant de la technologie
 - un niveau réseau local : les adresses MAC pour circuler sur le réseau local

2AppIR-SN/ENSEEHT-B.PAILLASSA

131

2-Standards d'Echange de trames LLC IEEE 802.2



2AppIR-SN/ENSEEHT-B.PAILLASSA

132

Les services LLC

- LLC utilisée en réseau local, en réseau mobile
- 3 types de services sont offerts
 - T1: non fiable, sans connexion, sans acquittement
 - T2 : fiable, orienté connexion
 - T3: sans connexion avec acquittement
- Un format d'unité : PDU

2AppIR-SN/ENSEEHT-B.PAILLASSA

133

Format des PDU de la couche LLC

Un format commun à tous les services

DSAP address	SSAP address	Control	Information
8 bits	8 bits	8 or 16 bits	M*8 bits

- DSAP address = Destination service access point address field
- SSAP address = Source service access point address field
- Control = Control field [16 bits for formats that include sequence numbering, and 8 bits for formats that do not (see 5.2)]
- Information = Information field
- * = Multiplication
- M = An integer value equal to or greater than 0. (Upper bound of M is a function of the medium access control methodology used.)

2AppIR-SN/ENSEEHT-B.PAILLASSA

134

Le champ Point d'accès service (SAP)

DSAP address	SSAP address	Control	Information
8 bits	8 bits	8 or 16 bits	M*8 bits

- Identifie l'utilisateur du service LLC => le format des données envoyées dans le champ information
- Exemples de valeurs
 - 01000000 : entité de gestion
 - 01100101 : entité RDE Route Determination Entity, utilisé par les ponts source
 - 01000010 (hexa : 42) : spanning tree, utilisé par les ponts transparents
 - 1010 1010 : AA : autres protocoles
 - 0000 0110 : 06 : DOD internet (IP)

<http://standards.ieee.org/regauth/llc/llctutorial.html>

2AppIR-SN/ENSEEHT-B.PAILLASSA

135

Le champ contrôle

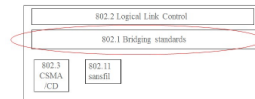
DSAP address	SSAP address	Control	Information
8 bits	8 bits	8 or 16 bits	M*8 bits

- 1 octet déterminant un jeu d'instruction
 - une trame d'information numérotée avec son numéro
 - Une trame d'information non numérotée (Unnumbered Information)
 - Une trame de signalisation pour établir le lien
 -
- Le service LLC1 émet des trames d'information non numérotées
 - Code 03 en Hexa

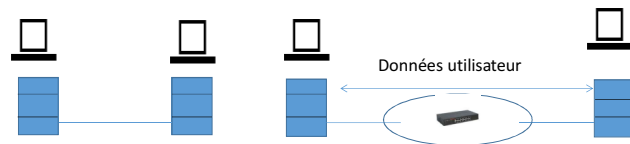
2AppIR-SN/ENSEEHT-B.PAILLASSA

136

3. Notion de pontage



- But: faire évoluer le réseau **de façon transparente aux stations terminales**
- des éléments intermédiaires qui ne modifient pas le fonctionnement des stations



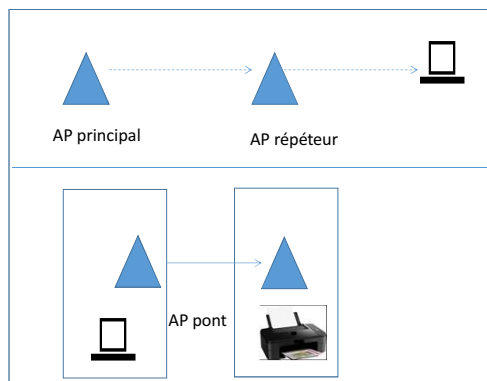
Les éléments de raccordement/segmentation IEEE

- Répéteurs: raccordement de niveau physique, conversion support/transmission
- Ponts: raccordement de niveau 2 MAC
 - Traitement de trames
 - Segmentation du domaine de collision
- Routeurs : au niveau 3 IP
 - Traitement de paquets
 - Segmentation du domaine de diffusion



Remarque des équipements répéteurs +pont +routeur

Exemple

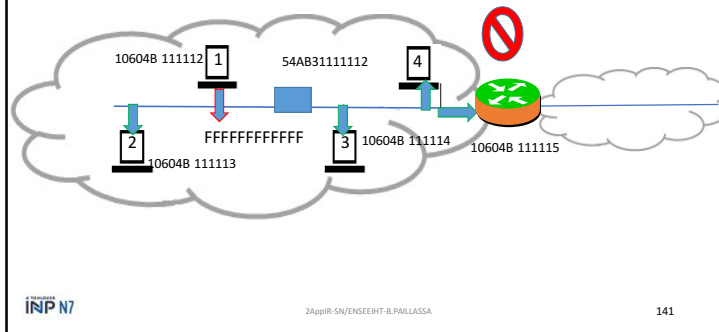


Evolution du pontage

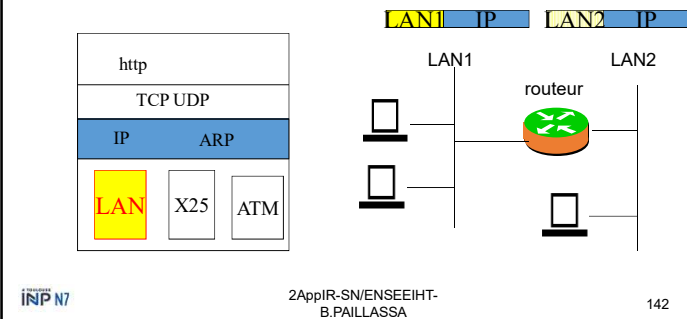
- Raccordement hétérogènes
- Switching Ethernet
- Bridging de machines virtuelles

A retenir

Une trame de diffusion est transmise sur toute l'interconnexion 2 pas sur le niveau 3!



Fonctionnement d'une architecture de réseaux locaux raccordés par un routeur 1/2



Fonctionnement d'une architecture de réseaux locaux raccordés par un routeur 1/2

Cas 1 A et B sur le meme reseau local

A émet à B

- A connaît l'adresse MAC de B, A émet une trame avec
 - adresses MAC Source=A MAC Des = B
 - Adresses IP Source=IPA IPDes=B

Cas 2 A et B pas dans le même réseau local

A émet à la passerelle de sortie, le routeur

- A connaît l'adresse MAC sa passerelle de sortie, A émet une trame avec
 - adresses MAC Source=A = MAC Des R
 - Adresse IP Source=A AdresseIP Des=B

Pour comprendre le fonctionnement de l'architecture:

Q1 Comment A sait que B est sur le meme réseau local ?

Q2 Comment A connaît l'adresse MAC de B quand B est sur le meme réseau local?

Q3 Comment A sait que la trame doit etre destinée au routeur

Q4 Comment A connaît l'adresse MAC du routeur

Q5 Comment le routeur sait qu'il doit relayer une trame MAC reçue sur un port 1 vers un port 2?

Synthèse- Les notions à retenir

- Architecture Réseau local en couches: IEEE 802
- Rôle de 3 couches: Phy,MAC,LLC
- Éléments de normes
 - SAP, Trames MAC, adresses MAC

Quizz

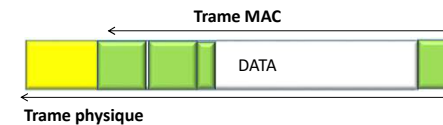
- Q1 Une trame désigne l'élément généré plusieurs réponses possibles
 - a) par le protocole IP
 - b) Le réseau local Ethernet
 - c) Le réseau local WiFi
- Q2 Une adresse MAC et une adresse IP indiquent le même élément. Vrai/Faux ?
- Q3 Que représente le OUI dans une adresse MAC ?
- Q4 Quelle est la valeur d'une adresse MAC de broadcast?
- Q5 A quel type d'adresse correspond 01-00-5E-AB-CD-EF. Cette adresse peut elle être présente dans le champ source ?
- Q6 Le protocole d'échange de trame entre deux stations de réseau local effectue le contrôle d'erreur et le contrôle de flux a) VRAI b) FAUX c) ça dépend

Chap 4 Ethernet- Segmentation et Virtualisation

- 1. Format de la Trame Ethernet
- 2. Architecture Ethernet avec ou sans LLC
- 3- Principe Segmentation Ethernet
- 4-Switch et VLAN
- 5- Switch avancé: Administration et communication interVLAN
- 6- Qualité de service par CoS

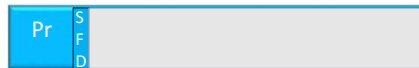
1.Format de la trame Ethernet

- Ethernet, une technologie déployée pour l'entreprise
- avec des évolutions
 - L'IoT, le multimedia, l'embarqué: Ethernet temps réel
 - Les opérateurs: Carrier Ethernet
 - Le cloud, data center: DCB Ethernet
- Une base commune : la trame Ethernet



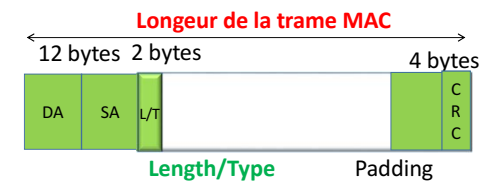
Reconnaissance de la trame

8 octets



- Pr: préambule, 7 octets de synchronisation fonction du débit
 - 10Mbps: alternance de Code Data 1 et Code Data 0 56 bit times , finit par CDO
 - 100Mbps sur paire T: le 1er octet est une séquence de non donnée J,K
- SFD: 1octet 10101011

Les informations d'entête MAC



DA: Destination Address

SA : Source Address

CRC :détection d'erreurs
Cyclic Redundancy Check

Champ Bourrage (Padding): lié aux limitations de longueur

La taille des données transmises est limitée

- une valeur **maximale** (en décimal)
1500 bytes dans la trame de base
- une valeur **minimale** : pour la détection de collision
 - Fonction du câble et de sa longueur, usuel: **64 bytes**

➡ Si il y a pas assez de données, ajout de bourrage



Minsize to Maxsize

Réseau Local-2App-ENSEEIH-
B.Paillassa

153

Champ L/T : lié à l'architecture Ethernet

- 2 architectures Ethernet avec des encapsulations différentes
 - Ethernet DIX: Les données sont directement envoyées dans la trame Ethernet -manufacturers version RFC 894-1984 I
 - Ethernet IEEE: Les données sont envoyées en LLC puis dans la trame Ethernet
- A la réception comment savoir le processus de désencapsulation à utiliser?
 - Par la valeur du champ L/T Field



Réseau Local-2App-ENSEEIH-
B.Paillassa

154

2.Architectures protocolaires Ethernet avec ou sans LLC

• Il existe 3 architectures de Ethernet

- Architecture DIX /Ethernet 2 proposée à l'origine par les constructeurs : 2 couches, utilisée par les stations
 - Pas de couche LLC
- Architecture LLC proposée par l'IEEE (chap 2) : 3 couches, utilisée par les ponts
 - Une couche LLC
- Architecture IETF : 4 couches, utilisée dans d'aures réseaux..
 - Une couche LLC et une couche SNP

Réseau local-2App-ENSEEIH- B.Paillassa

155

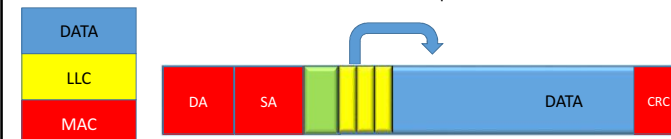
Architectures DIX/Ethernet2 et IEEE

L'identité des données est indiquée dans la trame Ethernet



Value > 1536 => EtherType Field

L'identité des données est indiquée dans l'entête LLC

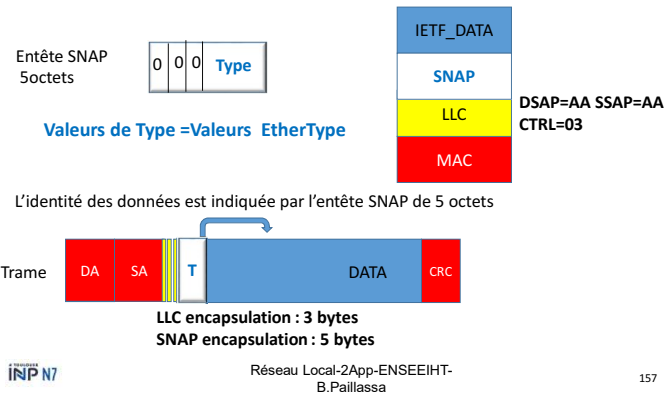


Value <1500 => Length Field

156

Architecture IETF avec Encapsulation SNAP

Architecture définie par l'IETF pour les réseaux IP - RFC 1042



Synthèse

- Plusieurs architectures Ethernet avec sans LLC, SNAP
- Architecture Ethernet II/DIX pour les utilisateurs
- Architecture IEEE pour les ponts
- Utilisation de LLC1
- Désencapsulation par champ Type/SSAP-DSAP/Type

158

Quizz format trame Ethernet

- Combien y a-t-il d'adresses dans une trame Ethernet
- A quoi sert le champ type dans une trame Ethernet
- A quel niveau est identifié le protocole utilisateur transporté dans une trame avec une architecture
 - A) SNAP
 - B) IEEE
 - C) Ethernet2 DIX
- Comment sait-on si le champ Ethernet est un type ou une longueur

Réseau local-2App-ENSEEHT-B.Paillassa

159

3. Principe de la segmentation

- Objectif: amélioration
 - de la performance
 - de la robustesse aux pannes
 - de la sécurité
- En localisant les communications sur un segment

