

# M1 Info - Cours de Réseaux

## Cours 2

### « *Couches Physique et Liaison de Données* »

2018 – 2019

Dr Saadbouh O CHEIKH EL MEHDI

1

## Couche physique

- C'est la couche la plus basse
- Elle permet de :
  - Transformer une suite de bits en signaux (et inversement)
  - S'adapter au canal de communication
  - Partager le canal de communication
- *Nécessite des compétences en physique, en électronique, en codage et en traitement du signal !!!*



2



## La couche physique

### Codage et Transmission

- Pour transformer les informations en suites binaires (codage), on utilise des codes, qui font correspondre à chaque caractère une suite précise d'éléments binaires
  - Plusieurs codes ont été normalisés pour faciliter les échanges entre équipements informatiques
    - Code ASCII (**7 bits**) → 128 caractères disponibles.
    - Unicode (**16 bits**) → permet de prendre en compte toutes les langues du monde.
    - ...etc.
- Après l'étape du codage intervient celle de la **transmission** proprement dite, c'est-à-dire l'envoi des suites binaires de caractères vers l'utilisateur final

3

M1 Info - Dr Saadbouh O Cheikh El Mehdi



## La couche physique

### Transmission des informations

#### ▪ Problème

- Comment l'émetteur peut-il envoyer un signal que le récepteur reconnaîtra comme étant '0' ou '1' ??!

#### ▪ Solutions

- Transmission en bande de base
- Transmission à large bande (par modulation)

4

M1 Info - Dr Saadbouh O Cheikh El Mehdi

## La couche physique

### Transmission en bande de base

- Les bits sont directement représentés par des valeurs de tensions
- Simplicité du codage mais distance limitée (**moins de 5 Km**)
  - Principalement réservé aux réseaux locaux
  - On peut augmenter un peu les distances grâce à l'utilisation de répéteurs (Les répéteurs reformatent et régénèrent le signal)
- Plusieurs codages utilisés
  - Code tout ou rien
  - Code NRZ
  - Code bipolaire
  - ...etc.

5

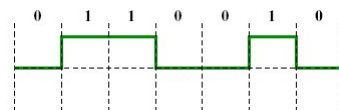
M1 Info - Dr Saadbouh O Cheikh El Mehdi

## La couche physique

### Exemples de codage en bande de base

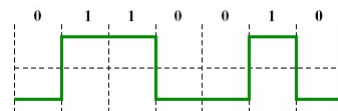
#### Code tout ou rien:

- Courant nul=0
- Courant positif=1.



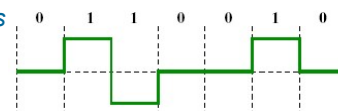
#### Code NRZ : « difficulté d'obtenir un courant nul »

- Courant négatif = 0
- Courant positif = 1



#### Code bipolaire : « difficulté de maintenir des courants continus »

- Courant nul = 0
- Courant alternativement positif ou négatif = 1



6

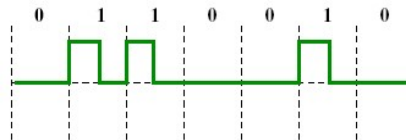
M1 Info - Dr Saadbouh O Cheikh El Mehdi

## La couche physique

### Exemples de codage en bande de base

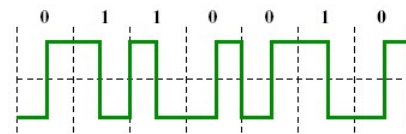
#### Code RZ :

- Courant nul = 0
- Courant positif puis nul = 1



#### Code Manchester (biphase) :

- Courant négatif puis positif = 0
- Courant positif puis négatif = 1



7

M1 Info - Dr Saadbouh O Cheikh El Mehdi

## La couche physique

### Transmission en bande de base

#### ▪ Problèmes des Signaux en bande de base:

- Dégradation rapide au fur et à mesure de la distance parcourue.
- Si le signal n'est pas régénéré très souvent, il prend une forme quelconque que le récepteur est incapable de comprendre.

#### ▪ Solution (Modulation)

- Si distance (>5 km) on utilise plutôt un signal sous forme sinusoïdal
- Ce type de signal même affaibli, peut très bien être décodé par le récepteur

8

M1 Info - Dr Saadbouh O Cheikh El Mehdi



## La couche physique

### Transmission à large bande (Modulation)

- Un matériel intermédiaire (Modem) est nécessaire pour moduler le signal sous une forme sinusoïdale
- Le modem reçoit un signal en bande de base et le module, c'est-à-dire lui attribue une forme analogique sinusoïdale.
  - Le fait de n'avoir plus de fronts montants ni descendants protège beaucoup mieux le signal des dégradations occasionnées par la distance parcourue
  - Le codage est alors appelé modulation et le décodage est nommé démodulation, d'où le nom de l'appareil **modem**.
- Trois types de modulation pour représenter des données
  - Modulation d'amplitude,
  - Modulation de fréquence,
  - Modulation de phase.

9

M1 Info - Dr Saadbouh O Cheikh El Mehdi



## La couche Liaison de données

### - Fonctions -

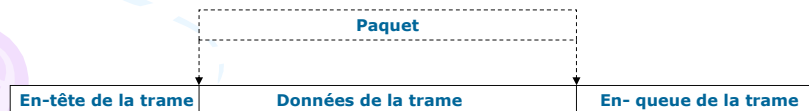
- Encapsule chaque datagramme (récupéré de la couche réseau) dans une (ou plusieurs) trame(s)
- Assure l'échange de trames entre deux entités adjacentes avec
  - Service sans connexion, sans accusé de réception
    - Si taux d'erreur faible notamment dans les réseaux locaux (ex : Ethernet)
  - Service avec connexion, avec accusé de réception
    - Fiable car les trames seront reçues dans l'ordre d'émission et une seule fois (ex : HDLC)
- Assure le contrôle de flux des trames
- Fournit les services nécessaires pour établir, maintenir et libérer une connexion (Le moment approprié pour utiliser le support de transmission physique « Arbitrage » )

10

M1 Info - Dr Saadbouh O Cheikh El Mehdi

## La couche Liaison de données - Trame -

- Une trame est une suite de bits
- Selon le protocole, elle peut être de taille fixe ou variable (mais bornée)
  - X25.2, Ethernet : taille est variable
  - ATM: taille fixe (53 octets)
- Délimitation explicite ou implicite
  - Utilisation de **fanion** de début et de fin de trame
- La structure varie selon le protocole, mais toujours divisée en trois parties: en-tête, données et en-queue (terminaison)
  - L'en-tête et l'en-queue forment le PCI



11

M1 Info - Dr Saadbouh O Cheikh El Mehdi

## La couche Liaison de données - Format général d'une Trame -

En-tête				Données	En-queue	
Début	Adresses	Type	Contrôle	Données	FCS	Fin

- Début / Fin = indicateur de début et de fin de trame
- Adresses= adresse destination et/ou adresse source
- Type= type de données transportées
- Bits de contrôle=drapeau pour différentes options
- Données = un paquet de données de la couche réseau (couche 3)
- FCS «**F**rame **C**heck **S**equence»=pour détecter les erreurs de transmission

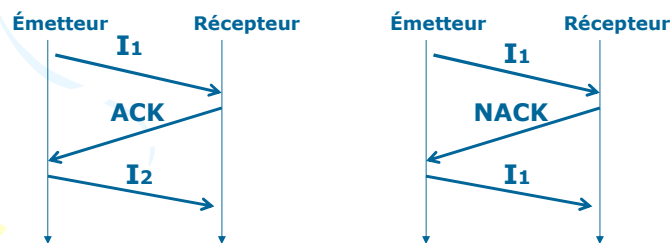
12

M1 Info - Dr Saadbouh O Cheikh El Mehdi

## La couche Liaison de données

### - Transmission fiable -

- Comment savoir que le récepteur a correctement reçu toutes les trames émises, dans le bon ordre ?
- Diverses techniques :
  - Acquittements
  - Gestion des timers
  - Numérotation des trames
- Chaque trame envoyée doit être acquittée par le récepteur
- L'acquittement peut être positif (ACK) ou négatif (NACK)



13

M1 Info - Dr Saadbouh O Cheikh El Mehdi

## La couche Liaison de données

### - Transmission fiable -

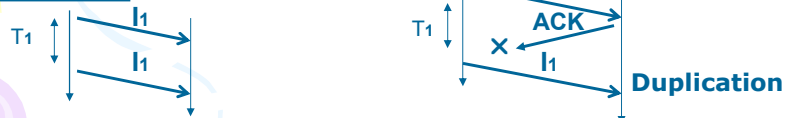
#### Problème 1



#### Solution :

- Armer un temporisateur T1 après l'envoi d'une trame d'information.
- Si T1 expire avant la réception d'un acquittement, l'émetteur renvoi la même trame d'information.

#### Problème 2



#### Solution : Numérotation de trames (identification).

14

M1 Info - Dr Saadbouh O Cheikh El Mehdi

## La couche Liaison de données

- *Transmission fiable* -

### Problème 3 :

- Si chaque trame doit être acquittée par une trame spécifique et d'une manière individuelle l'efficacité de la liaison sera très faible.
- La plupart de temps les extrémités de la liaison seront en état d'attente d'acquiescement.

### Solution

- L'émetteur peut envoyer  $w$  trames sans avoir un acquiescement
- Le récepteur peut acquiescer par une seule trame un groupe de trames reçues.

15

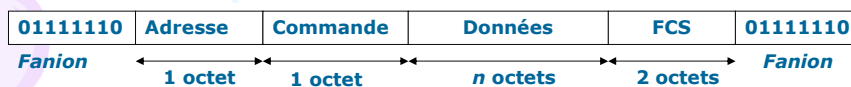
M1 Info - Dr Saadbouh O Cheikh El Mehdi

## La couche Liaison de données

- *Exemple de protocoles: HDLC* -

- HDLC: High Level Data Link Control  
*(obsolète, mais reste un modèle pour bien comprendre toutes fonctionnalités de ce niveau)*
- Protocole de niveau 2, normalisé en 1976
- Évidemment, l'unité de transfert est la trame (Frame), car niveau 2
- Chaque trame est limitée par un fanion
- Le fanion est représenté par la séquence « **01111110** »
- 3 types de trames
  - **Trame I**: trame d'information (échange de données)
  - **Trame S**: trame de supervision (supervision de l'échange)
  - **Trame U**: trame non numérotée (supervision de la liaison)
- Le fanion de queue peut faire office de fanion de tête de la trame suivante

### Format des trames HDLC



16

M1 Info - Dr Saadbouh O Cheikh El Mehdi



## La couche Liaison de données

- Exemple de protocoles: HDLC -

- **Problème:** garantir l'unicité de fanion !?
- **Solution:**
  - A l'émission, insérer un «0» après chaque séquence de cinq «1» consécutifs
  - A la réception, enlever les « 0 » après les séquences de cinq «1» consécutifs
  - Les « 0 » insérés sont appelés bits de transparence (ou **bits de bourrage**)

### Le champ « commande »

	bit 0	bit 1	bit 2	bit 3	bit 4	bit 5	bit 6	bit 7
Trame I	0	Ns			P/F	Nr		
Trame S	1	0	S	S	P/F	Nr		
Trame U	1	1	U	U	P/F	U	U	U

17

M1 Info - Dr Saadbouh O Cheikh El Mehdi

## La couche Liaison de données

- Exemple de protocoles: HDLC -

### Les trames d'information:

**Ns:** Numéro de la trame d'information (3 bits - modulo 8)

**Nr:** Numéro de la prochaine trame d'information attendue (3 bits - modulo 8)

- acquitte toutes les trames de numéros strictement inférieurs à **Nr**
- la perte d'un acquittement peut ainsi être compensée par le prochain acquittement

### Le bit P/F:

- On dit que le bit **P/F** est *positionné* s'il a la valeur 1.
- Il est appelé **P** dans une trame de commande, **F** dans une trame de réponse
- **P=1**: sollicite une réponse explicite du secondaire
- Réponse à **P=1** par **F=1**: le secondaire répond par un acquittement
- Une station qui reçoit une trame de commande avec le bit **P/F=1** doit répondre avec **P/F=1**

18

M1 Info - Dr Saadbouh O Cheikh El Mehdi

## La couche Liaison de données

- Exemple de protocoles: HDLC -

### Les trames de supervision

**RR** - Receive Ready: -00: Acquittement

- Confirme la réception des trames de données de  $N^o < Nr$
- Demande la transmission des trames suivantes

**RNR** - Receive Not Ready - 10 : contrôle de flux

- Confirme la réception des trames de données de  $N^o < Nr$
- Interdit la transmission des trames suivantes

**REJ** - REJect- 01 : protection contre les erreurs

- Confirme la réception des trames de données de  $N^o < Nr$
- Demande la retransmission des trames de  $N^o \geq Nr$

**SREJ** - Selective REJect - 11 : protection contre les erreurs

- Confirme la réception des trames de données de  $N^o < Nr$
- Demande la retransmission de la trame de  $N^o = Nr$

19

M1 Info - Dr Saadbouh O Cheikh El Mehdi

## La couche Liaison de données

- Exemple de protocoles: HDLC -

### Trames de gestion

Trames non numérotées de commande

- SABM [11110]: Demande de connexion.
- UA [00110]: Trame de confirmation de connexion
- DISC [11010] :Libération de la connexion
- FRMR[11011]: Rejet de trames

20

M1 Info - Dr Saadbouh O Cheikh El Mehdi

## La couche Liaison de données

### - Sous couches -

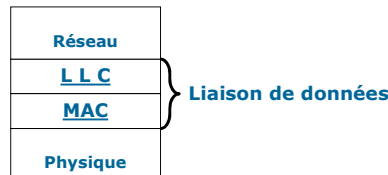
La couche liaison de données a la particularité d'être divisée en 2 sous couches:

#### 1. Media Access Control (MAC):

- Sert d'interface entre la partie logicielle contrôlant la liaison du système et la couche physique. 'Interface avec le matériel'
- Effectue l'adressage et l'encapsulation des données dans les trames
- Coordonne l'injection de données dans le medium (Accès au medium)
  - plusieurs protocoles (méthodes d'accès)

#### 2. Logical Link Control (LLC):

- Permet de fiabiliser le protocole MAC par un contrôle d'erreurs et un contrôle de flux



21

M1 Info - Dr Saadbouh O Cheikh El Mehdi

## La couche Liaison de données

### - Accès au medium -

#### Réseaux point à point :

- Deux nœuds seulement
- Exemples : PPP, HDLC, Frame Relay

#### Réseaux à multiples accès :

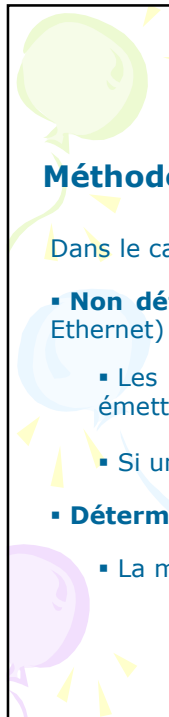
- Plusieurs nœuds
- Exemples : Ethernet, 802.11 (Wi-Fi), Frame Relay Multipoint

#### Adressage physique

- Dans le cas d'une liaison multipoint, il est nécessaire de disposer d'une adresse physique pour chaque machine
- Les réseaux Ethernet, Token Ring et FDDI utilisent le même type d'adressage : l'**adressage MAC**.
- Cette adresse (sur 48 bits) permet d'identifier de manière unique un nœud dans le monde (ipconfig -all)

22

M1 Info - Dr Saadbouh O Cheikh El Mehdi



## La couche Liaison de données

- Méthodes d'Accès au medium -

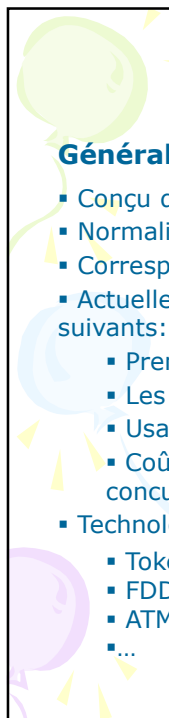
### Méthodes d'Accès

Dans le cas des LAN, deux méthodes sont habituellement utilisées :

- **Non déterministes** : méthodes de contrôle de contention (exemple Ethernet) :
  - Les machines surveillent le réseau pour trouver un créneau et émettre leurs trames
  - Si une collision est détectée, le processus recommence
- **Déterministes** : à l'aide d'un passage de jeton (Token Ring) :
  - La machine possédant le jeton peut émettre

23

M1 Info - Dr Saadbouh O Cheikh El Mehdi



## La couche Liaison de données

- Ethernet -

### Généralités

- Conçu dans les années 1970 par Robert Metcalfe à **Xerox**
- Normalisé en 83 (Norme IEEE 802.3)
- Correspond aux couches 1 et 2 du modèle OSI !!
- Actuellement, la technologie LAN "dominante" grâce aux points suivants:
  - Première technologie LAN haut débit grand public
  - Les autres technologies sont sensiblement plus complexes
  - Usage d'un protocole entièrement décentralisé et simple (CSMA/CD)
  - Coût d'équipement beaucoup plus faible que les technologies concurrentes
- Technologies concurrentes :
  - Token Ring (IEEE 802.5)
  - FDDI (802.7)
  - ATM,
  - ...

24

M1 Info - Dr Saadbouh O Cheikh El Mehdi

## La couche Liaison de données - Ethernet -

### Trame

L'interface émettrice encapsule le datagramme IP (ou un paquet d'un autre protocole de la couche réseau) dans une trame Ethernet

8 octets	6 octets	6 octets	2 octets	46 à 1500 octets	4 octets
Préambule	Adresse destination	Adresse source	Type	Données	FCS

### Préambule:

Ce champ est codé sur 8 octets :

**7 octets de « 10101010 »:** pour synchroniser les horloges de l'émetteur et du récepteur

**1 octet « 10101011 »:** pour indiquer à la carte réceptrice le début de la trame

25

M1 Info - Dr Saadbouh O Cheikh El Mehdi

## La couche Liaison de données - Ethernet -

### Trame

#### Adresses:

- Indique les adresses source et destination
- Plusieurs types d'adresses :
  - Adresse unicast : adresse MAC d'un seul dispositif
  - Adresse broadcast (**FF:FF:FF:FF:FF:FF**) : tous les dispositifs
  - Adresse multicast : groupes spécifiques de dispositifs
- Si l'interface reçoit la trame ayant sa propre adresse comme destination, ou l'adresse de diffusion (broadcast), elle passe la trame au protocole de la couche réseau. sinon, l'interface abandonne la trame

**Type:** Indique au récepteur (couche Ethernet) à qui (couche réseau) remettre les données. Exemple : 0x0800 (IP) ; 0x0806 (ARP) ...etc.

#### Données:

Ce champ contient les données de taille entre 46 et 1500 octets :

- Si les données sont trop petites, des bits de bourrage sont utilisés

26

M1 Info - Dr Saadbouh O Cheikh El Mehdi

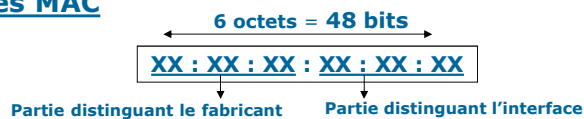
## La couche Liaison de données - Ethernet -

### Trame

#### FCS:

- C'est une somme de contrôle permettant de détecter les éventuelles erreurs de transmission
- Vérifié au niveau du récepteur. En cas d'erreur, la trame est simplement jetée

#### Format des adresses MAC



- Chaque carte **Ethernet** possède une adresse MAC unique (**dans le monde**)
- Une adresse MAC a une longueur de 48 bits (6 octets)
  - Les 3 premiers octets identifient le fabricant (Ex: 00:00:0C (Cisco) 00:C0:4F (DELL))
  - Les 3 derniers sont attribués par le fabricant
- Adresse de broadcast (diffusion)= **FF: FF: FF: FF: FF: FF**

27

M1 Info - Dr Saadbouh O Cheikh El Mehdi

## La couche Liaison de données - Ethernet -

### **Mode & Service**

#### **- Mode non connecté :**

- Pas de procédure de connexion entre l'émetteur et le récepteur !

#### **- Service non fiable:**

l'interface du récepteur n'envoie pas de **ACK** ou **NACK** à l'interface de l'émetteur:

- le flux de datagrammes passés à la couche réseau peut présenter des trous
- les trous peuvent être comblés si l'application utilise TCP (niveau transport)
- sinon, l'application doit vivre avec ces trous

28

M1 Info - Dr Saadbouh O Cheikh El Mehdi

## La couche Liaison de données

- Ethernet -

### Accès au canal : CSMA/CD

1. La station surveille si une transmission est en cours
2. Si aucune transmission, la station peut émettre (64 premiers octets):
  - Aucune permission au préalable n'est nécessaire
3. Pendant l'émission, une collision peut être détectée

#### En cas de collision:

- Émission de bruit (**Jam**) pour renforcer la collision (**32 bits**)
- Arrêt de toute émission
- Algorithme de reprise après collision (**B**inary **E**xponential **B**ackoff « **BEB** »)
- Le nombre de tentatives est limité à 16

**Contrainte** : temps d'émission de trame doit être supérieur au temps de traversée aller-retour (RTT) du signal entre 2 points d'extrémité

29

M1 Info - Dr Saadbouh O Cheikh El Mehdi

## La couche Liaison de données

- Ethernet -

### CSMA/CD- Algorithme BEB

**BEB**: **B**inary **E**xponential **B**ackoff (retransmission selon une loi exponentielle binaire)

- Après la collision les stations impliquées arrêtent leur émission sur une durée de tranche canal
- Pour éviter que les stations commencent à émettre aussitôt, chaque station tire au sort la durée **d** d'attente avant la prochaine tentative de rémission
- **$d = R \times 51,2 \mu s$** 
  - où ( $0 \leq R \leq 2^k - 1$  où  $k = \min(n, 10)$ ),  $n$  = nbre de collisions)
  - 1<sup>ère</sup> collision : choisir  $R$  dans  $\{0, 1\}$ ;
  - après une 2<sup>nde</sup> collision : choisir  $R$  dans  $\{0, 1, 2, 3\}$
  - après 10 collisions, choisir  $R$  dans  $\{0, 1, 2, 3, 4, \dots, 1023\}$

- **51,2  $\mu s$  ?!** La tranche canal ou (Time Slot): durée nécessaire à une station pour que celle-ci soit certaine que son message a été transmis sans problème (ce qui revient à 64 octets à 10 Mbit/s)

30

M1 Info - Dr Saadbouh O Cheikh El Mehdi

## La couche Liaison de données - Ethernet -

### CSMA/CD

