

Réseaux 3

La couche lien

Juliusz Chroboczek

21 septembre 2020

Rappel : 5 couches numérotées de 1 à 7 :

Application	(7)
Transport	(4)
Internet ou Réseau	(3)
Lien	(2)
Physique	(1)

Couche lien

- locale au lien : elle transmet des données localement à un lien ;
- utilise les facilités fournies par la couche physique
 - une couche lien est adaptée à un petit nombre de couches physiques ;
- fournit un service à la couche réseau :
 - transmission de **trames** ;
 - **localement au lien** ;
 - de manière **non-fiable**.
- doit gérer :
 - *framing* (assemblage des symboles en trames) ;
 - accès au lien.

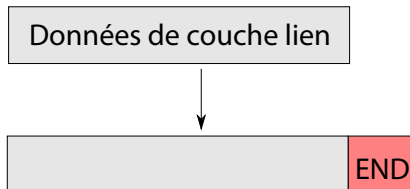
Exemple : SLIP

Adapté aux lignes séries asynchrones point-à-point :

- gère le **framing** : assembler les octets en trames ;
- pas d'**accès au lien** car
 - point-à-point ;
 - lien *full-duplex*
(capable de transmettre dans les deux directions simultanément).

SLIP : émetteur

On marque la fin de la trame par un octet END = 192.



On définit un octet d'échappement ESC = 219 :

- 192 est remplacé par ESC 220 ;
- 219 est remplacé par ESC 221.

SLIP : réception

Le récepteur accumule les octets reçus dans un tampon.

À la réception d'un octet x :

- si $x = \text{END}$, on passe le tampon à la couche lien ;
- si $x = \text{ESC}$, on reçoit un octet y :
 - si $y = 220$, on accumule 192 ;
 - si $y = 221$, on accumule 219 ;
 - sinon erreur, on jette la trame.
- sinon, on accumule x .

SLIP : résistance au bruit

Que se passe-t-il si les symboles transmis sont corrompus par du bruit sur la ligne? Deux cas :

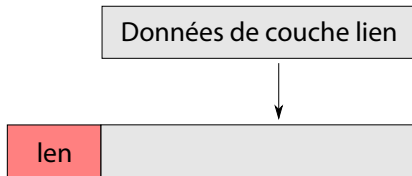
- octets de données : on remet une trame corrompue à la couche réseau ;
- octet END : on remet la concaténation de deux trames à la couche réseau, et on se resynchronise au prochain END.

Dans les deux cas, ce sont les couches supérieures (transport et application) qui s'occupent de la détection d'erreurs et, si nécessaire, des réémissions.

PPP

SLIP est simple et marche bien. Remplacé par PPP :

- complexe ;
- utilise un codage longueur-données : plus efficace, mais resynchronisation compliquée ;

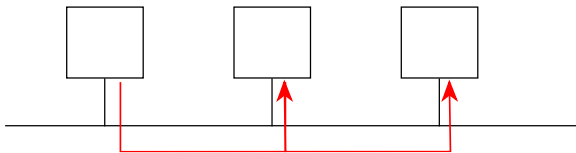


- contient des fonctionnalités inutiles (adressage, etc.) ;
- contient des violations de couche (négociation d'adresses).

Destinée habituelle des protocoles simples et élégants.

Exemple : Ethernet

Ethernet : protocole pour liens à accès multiple. C'est un réseau à **multidiffusion** : une trame est envoyée à tout le monde, c'est le récepteur qui filtre.



La couche physique d'Ethernet permet de distinguer entre un signal et son absence.
(10 Mbit/s : codage Manchester.)

Protocole d'accès au lien probabiliste : l'exclusion mutuelle n'est pas garantie.

Ethernet : adressage

Adresses de 48 bits (6 octets) appelées **adresses MAC** (incorrectement).

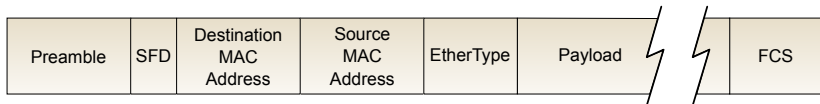
12:34:56:78:9a:bc

Adresse de **multidiffusion** (*broadcast*) :

ff:ff:ff:ff:ff:ff

Adresses de *multicast*.

Ethernet : format de trames



Utilise un format sans longueur explicite :

- 7 octets de **préambule**, 1 octet de **début de trame** ;
- adresse MAC du **destinataire** ;
- adresse de l'**émetteur** ;
- deux octets **EtherType** (0800 pour IPv4, etc.) ;
- 46 à 1500 octets de **données de couche lien** ;
- 4 octets de **CRC** pour la détection d'erreurs.

La **fin de la trame** est marquée par une **plage de silence** (au moins 12 octets).

Ethernet : accès au lien

Ethernet est un réseau à **multidiffusion** (broadcast).

Comment éviter que **deux stations parlent en même temps** : c'est le problème de l'**accès au lien** (MAC).

Ethernet utilise **CSMA/CD**, un algorithme **distribué probabiliste**.

Les autres solutions sont **vulnérables aux pannes** :

- TDMA : on parle chacun à son tour (téléphonie 2G) difficile à faire de façon distribuée ;
- passage de jetons (*Token Ring*) doit gérer la perte du jeton.

Aloha pur

CSMA/CD est une extension d'Aloha.

Aloha est un protocole pour réseaux radio :

- impossible d'écouter et d'émettre en même temps (la puissance de réception est en $1/d^2$);
- passage réception → émission prend du temps.

Algorithme :

- un émetteur émet quand il le désire ;
- les couches supérieures rattrappent la corruption.

Ça marche surprenamment bien.

CSMA

Sur un réseau filaire,
on peut écouter en même temps qu'on parle.

CSMA :

- on écoute avant de parler ;
- si le lien est occupé, on attend un temps aléatoire (évite les collisions quand le lien devient libre) ;
- après le temps aléatoire
 - on double la constante de temps (*exponential backoff*) ;
 - on recommence ;
- après k répétitions, on abandonne
on laisse les couches supérieures gérer.

CSMA/CD

CSMA/CD est une extension de CSMA qui réduit le coût des collisions.

CSMA rend les collisions peu probables, mais pas impossibles.

En cas de collision :

- on détecte la collision (*collision detection*, CD) ;
- on redevient silencieux après 64 octets.

CD ne diminue pas la probabilité de collision, mais rend les collisions moins coûteuses.

CSMA/CA

CSMA requiert de pouvoir écouter lorsqu'on parle
inadapté aux réseaux sans fil.

WiFi utilise **CSMA/CA** :

- on **écoute avant de parler**
même la première fois ;
- on **acquitte** toutes les trames ;
- on interprète toute **perte de trame** comme une **collision**.

RTS-CTS

Sur un réseau WiFi (CSMA/CA), une collision est coûteuse (pas de CD).

Pour les rendre moins courantes, protocole **RTS-CTS**.
Avant de parler :

- émetteur : *Request To Send* (RTS);
- récepteur : *Clear To Send* (CTS).

Ces trames sont petites, collision peu probable.

L'échange **réserve le lien** :

- toutes les stations ayant entendu CTS ou RTS observent un temps de silence.

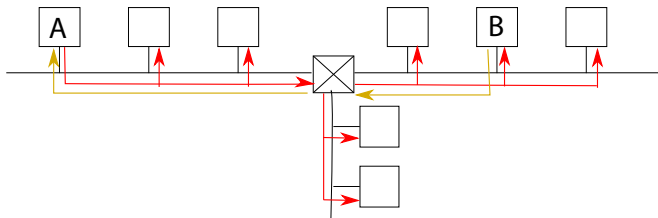
Optionnel, car inutile sur les réseaux peu peuplés.

Réseaux segmentés : *switches*

Ethernet est peu cher et facile à utiliser

- on construit de **gros Ethernets**
(il vaudrait mieux interconnecter à la couche réseau).

Un *switch* interconnecte plusieurs *segments* :

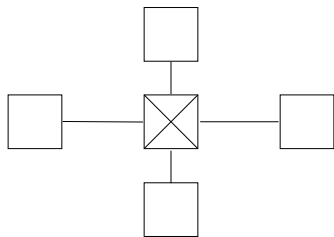


- lors de la première transmission, **multidiffusion** ;
- après la première transmission, **envoi simple**.

Full-duplex

Aujourd'hui, les *switches* sont très peu chers.

- chaque segment est une liaison point-à-point
- pas de collision possible.



Les Ethernet modernes abandonnent CSMA/CD :

- pas de détection de collision ;
- opération *full-duplex*.