

MOOC Réseaux Locaux

Ethernet

Le succès d’Ethernet

Objectifs

Cette leçon a pour but de présenter Ethernet dans son ensemble afin de comprendre pourquoi il a eu du succès et comment il a su s’imposer comme le standard pour les réseaux locaux filaires.

Prérequis

Aucun

Connaissances

Histoire d’Ethernet, principes de base.

Compétences








Justifier les principales méthodes d’Ethernet

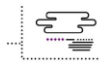
Évaluation des connaissances

Décrire l’histoire d’Ethernet.

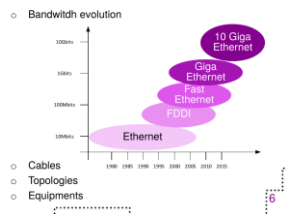
Évaluation des compétences

Expliquer Ethernet dans les grandes lignes.

 <p>Ethernet <i>Hegemony in LAN network</i></p> <p>Julien FASSON</p> <p>1</p>	<p>Cette semaine débute votre voyage au cœur d'Ethernet, et la première question que l'on doit se poser est : "Pourquoi étudier Ethernet ?"</p> <p>La raison est simple : c'est le succès d'Ethernet qui en fait un standard incontournable dans les réseaux filaires.</p> <p>Donc je vous propose de voir ce succès à travers deux points :</p>
 <p>Objectives</p> <p>The success of Ethernet</p> <ul style="list-style-type: none"> • History • Beginning ... to hegemony <p>2</p>	<p>D'abord l'histoire d'Ethernet, qui l'a amené à ce succès.</p> <p>Et, d'autre part, ce qu'était Ethernet à l'origine, pour comprendre pourquoi il s'est imposé face à ses concurrents.</p>
 <p>History</p> <p><u>Ether</u> + <u>Network</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Developed at parc <small>A Xerox Company</small> • By R. Metcalfe & D. Boggs • Mid of seventies (1973 – 1974) • Aim: to connect the first laser printer (<i>Ears</i>)  <p>R. Metcalfe</p> <p>3</p>	<p>Commençons par l'histoire d'Ethernet.</p> <p>Ethernet vient de deux mots : <i>Ether</i> et <i>Network</i>, une sorte de clin d'œil des inventeurs de Xerox Parc dont Robert Metcalfe et David Boggs font partie dans les années 70.</p> <p>En fait, le but d'Ethernet est de proposer un réseau haut débit pour alimenter la première imprimante Laser de Xerox Parc, Ears, à 10Mbit/s.</p>
 <p>Origins of success</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ High bandwidth ○ Low complexity <ul style="list-style-type: none"> • Simple and decentralised access • You can connect or disconnect an equipment on the run ○ Low cost <ul style="list-style-type: none"> • Equipments • Coaxial shared cables (bus)  <p>4</p>	<p>Ethernet possède des atouts de choix face à ses concurrents qui vont lui permettre de s'imposer :</p> <ul style="list-style-type: none"> - c'est un support haut débit - il propose une très faible complexité face à ses concurrents, notamment avec un système d'accès au support simple et décentralisé ou encore, car l'on peut mettre un équipement à chaud sur le réseau. - et, à côté de ça, les équipements sont peu chers, notamment par l'utilisation d'un bus coaxial assez simple.
 <p>Ethernet hegemony for LAN</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Despite numerous criticism <ul style="list-style-type: none"> • « Too much collision » • « May it explode? » ○ Ethernet wipes away its rivals ○ ... and evolves <p>5</p>	<p>Ethernet, du coup, va balayer ses concurrents malgré ses nombreuses critiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Est-ce qu'il n'y a pas trop de collisions dans le réseau ? - Ne va-t-il pas simplement exploser ? <p>Et non, Ethernet balaie ses concurrents et évolue.</p>



Evolutions



Il va évoluer sur deux nombreux points :

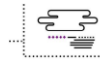
Sur cette courbe vous pouvez voir l'augmentation des débits de 10 Mbit/s au début à du 10Gbit/s, voire au-delà, aujourd'hui.

Les câbles vont changer, on n'utilise plus les gros coaxiaux des années 80.

Les topologies vont évoluer, on passe à de l'Ethernet commuté.

Et les équipements vont évoluer aussi.

Bon, c'est un fait, cela a eu du succès et à évoluer. Mais il faut voir ce qu'était Ethernet à ses origines pour comprendre ce succès.



Legacy Ethernet

What is Ethernet at the beginning?

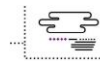
- 10 Mbit/s
- Types of cables:
 - 1980 - 10Base5 - Thicknet
 - 1985 - 10Base2 - Thinnet
 - 1990 - 10BaseT
- Topology
 - Shared bus
 - Half-duplex
 - Rule of 5/4/3



Alors Ethernet est un réseau à 10Mbit/s.

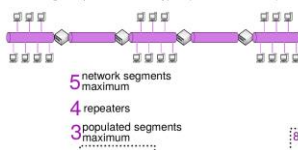
Cela utilise différents types de câbles en fonction des années et de l'évolution.

Le premier type de câble est appelé du Thicknet, c'est du 10Base5 et la topologie est un bus partagé où les utilisateurs ne peuvent pas émettre en même temps qu'ils sont en train de recevoir des données. C'est ce que l'on appelle du half-duplex comme illustré sur le dessin.



Rule of 5/4/3

Network architecture
Based on network segments
Length depends of cable types (500m in Thicknet)



La topologie, c'est une topologie assez simple que l'on appelle le 5/4/3.

Elle consiste à utiliser des segments qui sont des tronçons de câbles et dont la longueur dépend du type de câble, 500 mètres au maximum pour du 10Base5.

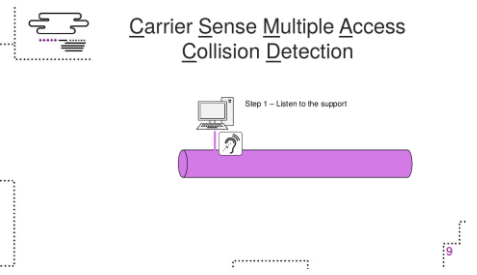
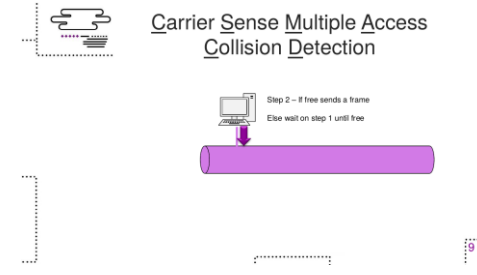

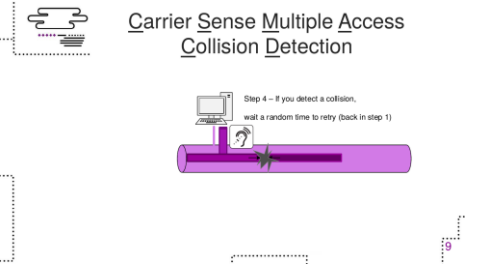
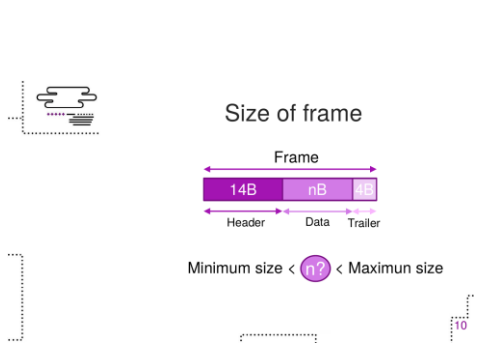




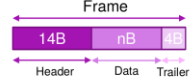
Et vous pouvez en prendre jusqu'à 5 segments au maximum.







Ces 5 tronçons vous amènent à une longueur maximale de 2.5km.

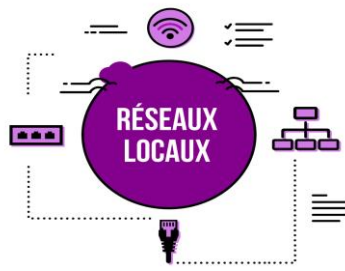
Ensuite, pour que les tronçons puissent parler les uns aux autres, il faut répéter le signal et on utilise 4 répéteurs.

Puis simplement trois des cinq tronçons peuvent être peuplés par des équipements, les deux autres servent juste à allonger la taille du réseau.

Donc, voilà à quoi ressemble Ethernet au début, mais pour comprendre un peu mieux comment cela fonctionne, il faut voir comment l'on accède au support et c'est là le point crucial des technologies des réseaux locaux et c'est sur ce point qu'Ethernet va gagner face à ses concurrents.

 <p><u>C</u>arrier <u>S</u>ense <u>M</u>ultiple <u>A</u>ccess <u>C</u>ollision <u>D</u>etection</p> <p>Step 1 – Listen to the support</p> 	<p>Donc pour accéder au support, Ethernet utilise une méthode assez simple, qui est inspirée d'Aloha au début, et qui consiste à faire du Carrier Sense Multiple Access Collision Detection, que l'on appelle CSMA/CD.</p> <p>Le principe est le suivant : Vous commencez, en tant qu'équipement, par écouter le support.</p>
 <p><u>C</u>arrier <u>S</u>ense <u>M</u>ultiple <u>A</u>ccess <u>C</u>ollision <u>D</u>etection</p> <p>Step 2 – If free sends a frame Else wait on step 1 until free</p> 	<p>Si le support est libre, vous pouvez commencer à émettre votre trame et elle va se propager sur le coaxial. S'il n'est pas libre, vous attendez qu'il le soit pour émettre.</p>
 <p><u>C</u>arrier <u>S</u>ense <u>M</u>ultiple <u>A</u>ccess <u>C</u>ollision <u>D</u>etection</p> <p>Step 3 – While sending, listen for detecting potential collision</p> 	<p>Pendant que vous êtes en train d'émettre sur le support, vous allez continuer à écouter le support pour voir si ce qu'émettez correspond bien à ce que vous écoutez.</p>
 <p><u>C</u>arrier <u>S</u>ense <u>M</u>ultiple <u>A</u>ccess <u>C</u>ollision <u>D</u>etection</p> <p>Step 4 – If you detect a collision, wait a random time to retry (back in step 1)</p> 	<p>S'il y a une collision, alors vous allez arrêter d'émettre, attendre un temps aléatoire avant de reprendre à la première étape présentée : écouter, voir si le support est libre, et commencer à émettre si c'est le cas.</p>
 <p>Size of frame</p> <p>Frame</p>  <p>Minimum size < n? < Maximum size</p>	<p>Donc pour pouvoir émettre sur le support, il faut avoir un message à émettre et ce message dans Ethernet s'appelle une trame.</p> <p>Cette trame est composée de trois morceaux : au début un en-tête qui fait 14 octets dans Ethernet, puis vous avez la donnée utile que vous voulez émettre. On appelle ça en anglais data, en français charge utile par exemple. Et ensuite un en queue de 4 octets.</p> <p>Donc le problème, c'est de savoir combien d'octets de donnée, vous pouvez mettre.</p> <p>Car si vous devez partager la ressource entre différents utilisateurs, si vous voulez un système qui marche et qui a du succès, il faut limiter la taille n de donnée que vous allez mettre.</p>

 <h3>Minimum size of frame</h3> <ul style="list-style-type: none"> To detect a collision you should still be emitting the frame ⇒ signal should do a round trip Time for round trip depends on the maximum length of the network ⇒ minimum time for emitting a frame 	<p>D'abord, il y a une taille minimale qui va dépendre de la méthode d'accès au support le CSMA/CD.</p> <p>Pour pouvoir détecter une collision, il faut que vous soyez encore en cours d'émission de la trame quand vous détectez la collision.</p> <p>Dans ce cas-là, il faut donc que votre trame est pu faire l'aller-retour du réseau.</p> <p>Elle dépend de la taille maximale du réseau que l'on a délimitée en faisant le 5/4/3 en disant qu'il y avait 5 tronçons au maximum de 500m, donc 2,5km.</p> <p>Cela vous donne le temps minimum pendant lequel il va falloir émettre la trame. Avec cela et un débit de 10Mbit/s, vous pouvez calculer la taille minimale de cette trame qui est arrondie à 64 octet.</p>
 <h3>Maximum size of frame</h3> <ul style="list-style-type: none"> Why? <ul style="list-style-type: none"> Multiple accesses <ul style="list-style-type: none"> ✓ A user have to wait for accessing the support ✓ The longer the frame, the longer you wait Anti-babbling system <ul style="list-style-type: none"> ✓ Early transmitter stops at 1.25ms Error detection « Compromise » between <ul style="list-style-type: none"> Overhead Error management Time to access the support 	<p>De la même manière il faut une taille de trame maximum pour éviter qu'un utilisateur ne monopolise le support.</p> <p>De plus, si jamais un équipement est défectueux, il se peut qu'il emette tout le temps sur le support.</p> <p>Donc l'on va mettre en place une sorte de timer au début d'Ethernet, un anti-babbling en anglais, anti-bavardeur, pour empêcher un équipement de monopoliser le support.</p> <p>Ce timer va être fixé à une valeur de 1.25ms, ce qui fait un peu plus de 1500 octets émis à 10Mbits/s.</p> <p>Du coup, dans une sorte de compromise, on va fixer la taille à 1500 octets pour avoir des tailles suffisamment grandes pour ne pas avoir trop d'en-tête par rapport à la donnée utile mais aussi pour pouvoir partager le support correctement entre les utilisateurs.</p>
 <h3>Summary</h3> <ul style="list-style-type: none"> Ethernet overkills wired LAN! Simple <ul style="list-style-type: none"> Access (CSMA/CD) Topology Equipment Frame limitations Miscellaneous evolutions 	<p>En résumé, Ethernet a su s'imposer comme le standard de réseau local filaire grâce à un énorme succès qui lui vient de sa simplicité : simplicité de méthode d'accès, simplicité de topologie et d'équipements, simplicité de mise en œuvre. Par la suite, il a su évoluer.</p>
 <h3>To follow ...</h3> <ul style="list-style-type: none"> Access method (CSMA/CD) Format of frames Cables and equipment Evolutions 	<p>Dans cette semaine, vous allez pouvoir approfondir la méthode d'accès, le format des trames, les équipements mis en œuvre comme les évolutions d'Ethernet.</p>



MOOC Réseaux Locaux

Le réseaux local Ethernet

La méthode d'accès CSMA/CD

Objectifs

Cette leçon a pour but de décrire les objectifs et les principes de la méthode d'accès CSMA/CD qui est mise en œuvre dans ethernet pour résoudre le problème de l'accès au support partagé

Prérequis

Connaître des principes généraux des réseaux locaux. Comprendre la problématique de l'accès à un support de communication partagé.

Connaissances

Fonctionnement de la méthode CSMA/CD.

Compétences





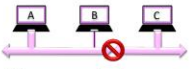
Analyser les principaux paramètres de l'algorithme CSMA/CD.

Évaluation des connaissances

Décrire les principales étapes de CSMA/CD.

Évaluation des compétences

Dérouler l'algorithme CSMA/CD sur un scénario donné.

 <p>Ethernet The access method: CSMA/CD</p> <p>Riadh DHAOU</p> <p>1</p>	<p>Nous présentons, pendant cette séance, la méthode d'accès utilisée dans les réseaux locaux ETHERNET.</p>
 <p>Objectives</p> <ul style="list-style-type: none"> Media sharing between concurrent transmitters  <ul style="list-style-type: none"> Principles of the access method: CSMA/CD <p>2</p>	<p>Les objectifs de cette leçon sont d'une part de comprendre le partage du support entre émetteurs concurrents et d'autre part de connaître le principe de la méthode d'accès CSMA/CD.</p>
 <p>The access problem</p> <ul style="list-style-type: none"> Shared communication channel  <ul style="list-style-type: none"> Collisions upon simultaneous transmissions ⇒ Multiple Access Protocol <ul style="list-style-type: none"> distributed algorithm determining the transmission times avoid and resolve collisions <p>3</p>	<p>Le problème d'accès sur lequel nous focalisons aujourd'hui consiste à partager un canal de communication entre plusieurs émetteurs potentiels. En effet, si plusieurs signaux sont émis simultanément une interférence, se produit et ce qu'on appelle une collision a lieu. Cette collision pouvant rendre les trames émises inexploitables.</p>



The access problem

- Simple and efficient channel use
 - No coordination entity
 - No synchronization
 - Transmit only when the channel is *perceived as* free
- The method
 - Simple compared to Token Ring
 - More efficient than Aloha (Norman Abramson 1970)



La résolution de ce problème de partage de médium nécessite la mise en place d'un protocole d'accès qui se veut fondé sur un algorithme distribué sur l'ensemble des entités émettrices de niveau liaison de donnée. Le rôle de cet algorithme est de résoudre cette « contention », en déterminant les instants d'émission des différentes entités émettrices. Comme nous allons le voir plus tard, cet algorithme permet de prévenir et de récupérer en cas de collision.

La méthode d'accès mise en place se doit d'être simple et efficace. Le choix qui est fait dans le cadre d'Ethernet est d'éviter l'utilisation d'entité de coordination. Ce choix est justifié par la recherche de robustesse et d'efficacité. Ainsi, aucune synchronisation n'est requise entre les entités communicantes. Et pour une meilleure efficacité, dans l'utilisation du support, la transmission n'est faite que si le canal paraît libre. Ce qui nécessite évidemment une écoute préalable.

Ainsi, la méthode d'accès proposée pour les réseaux locaux Ethernet, fut relativement simple par rapport à celle utilisée dans le cadre de Token Ring. De plus, par son écoute préalable, cette méthode s'est révélée plus efficace que la méthode Aloha proposée trois années plus tôt.

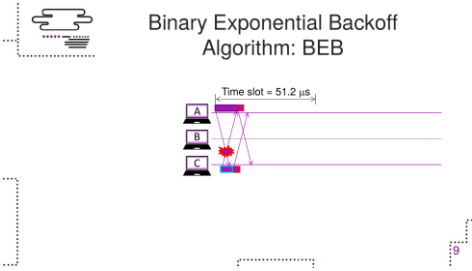
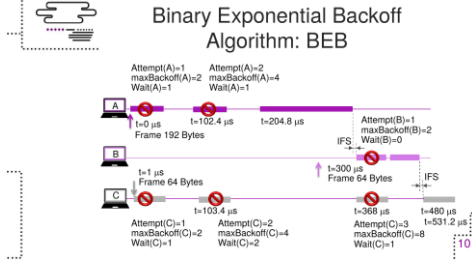
En effet, dès 1973 Robert Metcalfe proposa la méthode d'accès Carrier Sens Multiple Access with Collision Detection. Littéralement, une méthode avec écoute préalable avant émission. Émission qui sera accompagnée d'un procédé de détection de collision.


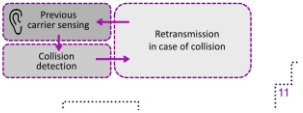
Et pour une meilleure efficacité, une discrétisation du temps est proposée. Ainsi, en cas de collision seul le slot temporel pendant lequel a lieu la collision est considéré comme inexploitable. La durée du slot est calculée en fonction de la durée d'émission d'une trame de taille minimale (rappelons-le ici que cette trame est de 64 octets pour des segments Ethernet de 10 Mbps).

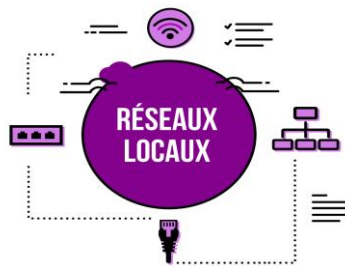
En somme, chaque émetteur peut transmettre et écouter simultanément. Il écoute avant d'émettre, et si il détecte une collision, il retransmet.

Gardez bien en tête ces trois étapes. Nous les verrons plus en détail ultérieurement.

<div data-bbox="119 212 215 280"> </div> <h3 data-bbox="287 235 494 257">The access method</h3> <ul data-bbox="287 280 518 448" style="list-style-type: none"> ○ The channel is busy? ⇒ the transmission is delayed • Persistent CSMA keep listening until the channel appears free • Non persistent CSMA listen again after a randomly selected period 	<p>Alors, que se passe-t-il si le canal est occupé ? c'est-à-dire le niveau de puissance reçu est supérieur à celui du bruit ambiant ?</p> <p>Eh bien, l'émetteur dans ce cas doit retarder la transmission. Et là deux grandes classes de méthodes d'accès aléatoires ont été imaginées :</p> <p>La première dite CSMA persistante : consiste à rester à l'écoute du canal jusqu'à ce qu'il paraisse libre. Le problème ici est que si plusieurs émetteurs potentiels sont à l'écoute. Le canal va paraître libre quasi simultanément pour eux et ils vont tous tenter d'émettre, ce qui provoquera des collisions.</p> <p>La deuxième méthode dite CSMA non-persistante préconise de se remettre à l'écoute après un délai aléatoire. Délai choisi aléatoirement dans l'espoir de décaler les écoutes et donc d'espacer les tentatives d'émission et par conséquent pallier les limitations de la première famille de méthodes. Il faut dire qu'on serait plutôt bien tentés d'éviter l'ajout de ces délais d'attente supplémentaires qui pourraient s'avérer inutiles en particulier à faible charge.</p> <p>C'est ce qui a justifié le choix fait dans le cadre d'ETHERNET fixé sur une méthode CSMA persistante.</p>
<div data-bbox="119 1030 215 1097"> </div> <h3 data-bbox="231 1041 558 1064">The access method: CSMA/CD</h3> <div data-bbox="231 1086 590 1288"> </div>	<p>Si on regarde le diagramme global de la méthode CSMA/CD on retrouve les trois étapes (1) d'écoute préalable, (2) d'émission et de détection en simultanée de collision et enfin (3) de réémission en cas de collision. À quelques détails près.</p>
<div data-bbox="119 1384 215 1451"> </div> <h3 data-bbox="231 1400 558 1422">The access method: CSMA/CD</h3> <div data-bbox="231 1444 590 1657"> </div>	<p>En effet, en cas de détection de collision, un court signal de jamming est envoyé afin de conforter la collision de façon à ce qu'elle soit détectée par toutes les entités sur le segment Ethernet.</p> <p>Et si on focalise sur la phase de réémission, on note :</p> <p>(i) Que le nombre de tentatives, avant de décréter que l'émission a échoué, est limité, (généralement à 16)</p> <p>(ii) Que la durée d'attente, en nombre de slots, entre deux tentatives est un nombre entier tiré aléatoirement entre 0 et une taille de fenêtre temporelle maximale, (notée ici maxbackoff). Dont la valeur est multipliée par deux à chaque tentative (à la concurrence des dix premières tentatives), selon un algorithme qui permet ici de doubler la fenêtre de tir à chaque tentative dans l'espoir de résorber les collisions potentielles.</p>

	<p>Nous verrons dans le slide suivant un exemple d'utilisation de cet algorithme connu sous le nom de Binary Exponential Backoff.</p>
<div data-bbox="119 320 592 589"></div>	<p>Ce premier chronogramme rappelle qu'en cas de collision le slot entier est perdu et les deux émetteurs tentent à nouveau d'émettre au plus tôt au début du slot suivant.</p>
<div data-bbox="119 674 592 943"></div>	<p>Le deuxième chronogramme, quant à lui, exhibe un exemple d'émission de trames provenant de trois émetteurs A, B et C.</p> <p>Supposons que A commence à émettre à l'instant initial une trame de 192 octets.</p> <p>Une microseconde plus tard C en écoutant, C constate que le support est encore libre et donc décide d'émettre également.</p> <p>Une collision se produit. A et C étant à leur première tentative, chacun tirera une valeur aléatoire entre 0 et 2.</p> <p>Supposons que les deux tirent la même valeur 1. Ils vont tous les deux attendre un slot avant d'émettre à nouveau.</p> <p>Deuxième tentative et deuxième collision.</p> <p>Cette fois-ci (tirant uniformément entre 0 et 4), A doit attendre 1 slot alors que C doit en attendre 2.</p> <p>A est ici gagnant, puisque c'est lui qui émettra en premier et lorsque C se remettra à écouter à nouveau, il constatera que le support est occupé.</p> <p>Supposons ici, que la station B à une trame de 64 octets à émettre à t=300 (pendant que A est en train d'émettre).</p> <p>En écoutant le support, B constate qu'il est occupé et donc persiste à écouter jusqu'à ce que ce dernier paraisse à nouveau libre.</p> <p>B attend un gap inter-trames avant de commencer à émettre.</p> <p>Pas de chance, c'était encore en attente émet aussi pour sa troisième tentative.</p> <p>Nouvelle collision.</p> <p>La fenêtre temporelle d'attente de C est bien plus grande et donc ici la contention est résolue en faveur de B.</p>

	<p>Qui réémet en premier avant que C ne réémette sa trame pour la quatrième fois qui sera cette fois-ci la bonne.</p>
<div><p>Summary</p><ul style="list-style-type: none">CSMA/CD (Carrier Sens Multiple Access with Collision Detection)Transmit and listen simultaneously</div>	<p>En résumé de cette leçon, nous avons passé en revue la méthode d'accès CSMA/CD utilisée dans les réseaux Ethernet. Cette méthode est très simple, chaque émetteur peut transmettre et écouter simultanément. Il écoute avant d'émettre, et s'il détecte une collision, il retransmet. Une durée d'attente aléatoire est utilisée avant retransmission.</p> <p>Vous verrez plus tard que ce choix de type d'accès s'est avéré un bon compromis entre simplicité et performance.</p>



MOOC Réseaux Locaux

Le réseau local Ethernet

Les supports physiques

Objectifs

Cette leçon a pour but de décrire brièvement les principaux supports physiques du réseau local Ethernet.

Prérequis

Connaissances de base des réseaux.

Connaissances

Principaux problèmes et pistes de solutions pour la mise en œuvre d'un réseau local sur un support physique.

Compétences





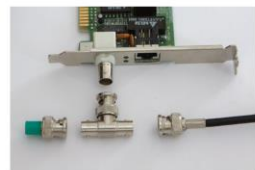

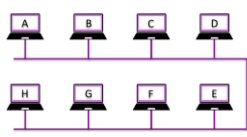


Analyser les difficultés de la transmission sur un support physique.

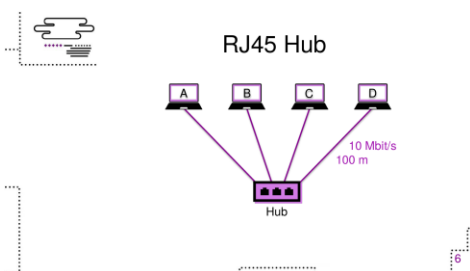
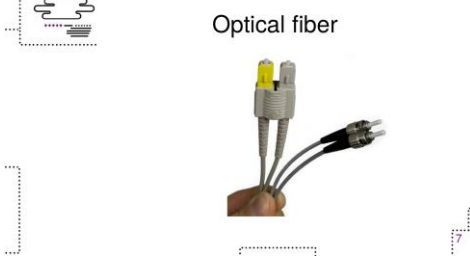
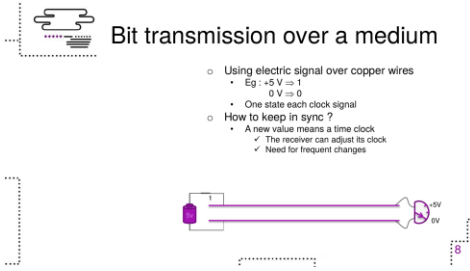
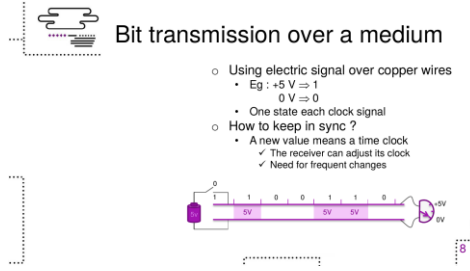
Évaluation des connaissances




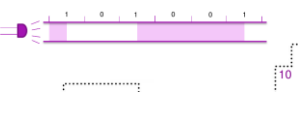



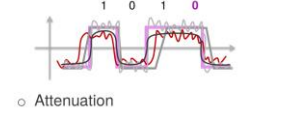
Donner les principales caractéristiques de la couche physique d'un réseau local.

Évaluation des compétences

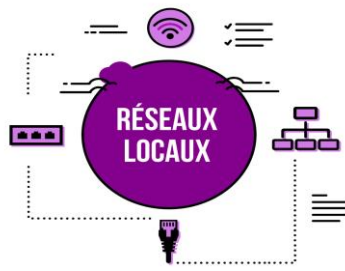
Analyser une norme de couche physique d'un réseau local.

 <p>Ethernet <i>Ethernet physical layers</i></p> <p>Emmanuel Chaput</p>	<p>Cette leçon est consacrée à l'étude des supports physiques utilisés par Ethernet. Nous allons donc essayer de comprendre comment transmettre des 0 et des 1 sur un support physique.</p> <p>Avant de comprendre comment transmettre des 0 et des 1, bien sûr nous devons nous poser la question de quel support physique nous allons utiliser.</p>
 <p>Thin ethernet medium</p>  <p>10 Mbit/s 2.5 km (5x500 m)</p>	<p>L'un des premiers câbles avoir été largement utilisés par Ethernet dans les années 1980 est un câble coaxial doté à ses extrémités d'une prise qualifiée de prise baïonnette ou prise BNC. Ce câble, relativement rigide, permettait d'atteindre des débits de 10 mégabits par seconde sur des distances de l'ordre de 2,5 km.</p>
 <p>Legacy medium</p> 	<p>Les machines étaient connectées sur ce câble à l'aide d'équipements tels que ce que vous observez ici</p>
 <p>Bus topology</p> 	<p>et nous obtenions ainsi une topologie de bus que nous pouvons présenter de cette façon.</p>
 <p>Twisted pair with RJ45 plug</p> 	<p>Dans les années 1990, l'utilisation de ce type de câble comportant quatre paires de fils de cuivre torsadées s'est généralisée et Ethernet a donc utilisé plus massivement ce support qui présente l'avantage d'être sensiblement plus souple et surtout sensiblement moins cher, bien qu'avec une efficacité sensiblement inférieure à celle du câble que nous avons vu précédemment en particulier en termes de distance.</p> <p>Le connecteur traditionnellement utilisé est un connecteur dit RJ45.</p>

 <p>RJ45 Hub</p>	<p>Du fait des faibles longueurs qui peuvent être atteintes avec ce type de câble, il n'est plus question de faire de serpenter un bus de 2.5 km dans les bâtiments et de brancher les machines dessus. Du coup la topologie qui est utilisée avec les câbles paires torsadées et leur prise RJ45 est la topologie illustrée par cette figure dans laquelle un élément central, le hub, est relié à toutes les machines au travers de ces câbles.</p> <p>Nous obtenons donc ainsi une topologie physique en étoile. Attention cependant, il ne faut pas se laisser duper : la topologie électrique reste strictement la même : il s'agit une topologie de bus.</p>
 <p>Optical fiber</p>	<p>Fin des années 90, l'utilisation de la fibre optique a permis d'atteindre des débits sensiblement plus élevés y compris sur des distances plus grandes. Vous voyez ici un exemple de connecteurs associés à cette fibre optique.</p>
 <p>Bit transmission over a medium</p> <ul style="list-style-type: none"> Using electric signal over copper wires <ul style="list-style-type: none"> Eg : +5 V \Rightarrow 1 0 V \Rightarrow 0 One state each clock signal How to keep in sync ? <ul style="list-style-type: none"> A new value means a time clock The receiver can adjust its clock Need for frequent changes 	<p>Maintenant que nous savons sur quel type de support nous pouvons envoyer nos 0 et nos 1, posons-nous effectivement la question de comment transmettre ces 0 et ces 1. Un exemple très simple et très illustratif est de considérer du fil de cuivre sur lequel nous voulons transmettre des 0 et des 1 la machine émettrice va par exemple émettre une tension de plus 5 volts pour manifester un 1 et une tension nulle pour faire comprendre au récepteur qu'elle veut lui envoyer un 0.</p>
 <p>Bit transmission over a medium</p> <ul style="list-style-type: none"> Using electric signal over copper wires <ul style="list-style-type: none"> Eg : +5 V \Rightarrow 1 0 V \Rightarrow 0 One state each clock signal How to keep in sync ? <ul style="list-style-type: none"> A new value means a time clock The receiver can adjust its clock Need for frequent changes 	<p>D'aussi bonnes qualités qu'elles soient, malheureusement les horloges de l'émetteur et du récepteur ne peuvent pas être parfaitement équivalentes. On dit qu'elles vont dériver l'une par rapport à l'autre. Quelle en est la conséquence ? Le récepteur va essayer de lire un bit un moment inopportun et il va lire deux bits là où il ne fallait en lire qu'un ou il va en lire un là où il fallait en lire 2. Nous avons clairement un problème de synchronisation.</p> <p>Quelle réponse doit être apportée à ce problème de synchronisation ? La solution classique est d'asservir l'horloge du récepteur sur celle de l'émetteur : le récepteur va observer les changements d'état du support, les changements de tension dans notre exemple, et il va essayer de voir si ces changements arrivent un peu trop vite ou un peu trop lentement par rapport à son horloge. Comme il ne peut pas changer le rythme auquel les symboles arrivent, bien entendu, que va-t-il faire ? Il va changer un petit peu son horloge de façon à s'adapter à cela.</p> <p>S'il n'y a pas de changement d'état, malheureusement, le récepteur ne pourra pas asservir son horloge.</p>

 <h3>Synchronization issue</h3> <ul style="list-style-type: none"> Need for frequent changes <ul style="list-style-type: none"> Eg : «0 V then 5 V» \Rightarrow 1 «5 V then 0 V» \Rightarrow 0 Used by Ethernet (IEEE 802.3) with -2.5 V / +2.5 V <ul style="list-style-type: none"> ✓ Manchester 	<p>Une des solutions consiste par exemple à imposer un changement d'état à chaque fois que l'on transmet un bit.</p> <p>Par exemple, un bit 1 sera matérialisé par un changement d'état 0 volts 5 volts et un bit 0 par un changement d'état 5 volts 0 volts. C'est exactement ce type de codage qu'utilise Ethernet avec des tensions en l'occurrence de 2.5 volts. Ce type de codage s'appelle Manchester.</p>
 <h3>Optical fiber</h3> <ul style="list-style-type: none"> Ethernet 100BaseFX uses NRZI <ul style="list-style-type: none"> Any change \Rightarrow 1 No change \Rightarrow 0 Synchronization issue <ul style="list-style-type: none"> Long series of 0 	<p>D'autres types de codage existent, par exemple sur la fibre optique, on utilise un codage qui s'appelle NRZI pour <i>non return to zero inversed</i> (Sans Retour à Zéro Inversé).</p> <p>Le principe est relativement simple : on émet une lumière où on n'émet pas de lumière. Le 1 va être codé par un changement d'état systématique, c'est-à-dire, lumière allumée, je passe à lumière éteinte, lumière éteinte je passe à lumière allumée. Un 0 va être par l'absence de changement d'état : je reste entièrement éteint, ou je reste entièrement allumé.</p>
 <h3>Synchronization : 4B5B</h3> <ul style="list-style-type: none"> For 4 data Bits, send 5 Bits <ul style="list-style-type: none"> At least one 1 It is bloc coding Called 4B5B 31 possible blocs <ul style="list-style-type: none"> 16 configurations needed 15 configurations usable for signalling <ul style="list-style-type: none"> ✓ Start of frame, ... 	<p>Se repose ici à nouveau le problème de la synchronisation, dont la solution proposée ici est assez astucieuse. Elle consiste en fait à prendre les bits quatre par quatre et d'envoyer non pas quatre, mais cinq bits en assurant que parmi ces cinq bits l'un au moins soit non-nul. On assure ainsi qu'il n'y aura pas de séquences de plus de 4 bits nuls et que donc le récepteur pour assurer l'asservissement de son horloge.</p> <p>Vous remarquez bien sûr qu'avec cinq bits, on peut transmettre 32 combinaisons possibles. En fait, concrètement trente-et-une puisque celle comportant cinq fois le bit 0 est exclue. Or, nous avons envoyé 4 bits donc 16 configurations possibles.</p> <p>Il reste donc 15 configurations qui ne sont pas nécessaires. Elles pourront être utilisées par exemple à des fins de signalisation par exemple pour signaler le début d'une trame.</p>
 <h3>Mediums are not perfect</h3>  <ul style="list-style-type: none"> Attenuation Distortion Noise Some errors may occur 	<p>Nous savons maintenant transmettre des 0 et des 1 sur un support, malheureusement, vous vous en doutez, les supports de communication ne sont pas parfaits. Si bien que lorsqu'on va vouloir transmettre une séquence binaire, l'émetteur va construire un signal électrique ou optique qui va partir de façon très propre très carrée, mais qui va malheureusement subir les aléas du support. Il va par exemple subir de l'atténuation si bien qu'il va arriver sur le récepteur sensiblement moins puissant qu'il n'est parti. Il va également subir de la distorsion si bien qu'il va arriver sur le récepteur déformé par rapport à sa forme initiale. Il va également subir du bruit de l'environnement électromagnétique par exemple si bien qu'il va arriver très perturbé sur le récepteur.</p>

	<p>Évidemment, vous vous en doutez, tous ces phénomènes se conjuguent si bien que le joli signal émis par l'émetteur va se retrouver assez largement dégradé sur le récepteur qui malheureusement peut commettre des erreurs d'interprétation et voir des 0 là où il y a des 1 ou le contraire.</p>
<div data-bbox="119 443 215 504"></div> <div data-bbox="327 465 486 492"><p>Error detection</p></div> <div data-bbox="311 519 534 577"></div> <div data-bbox="290 586 563 667"><ul style="list-style-type: none">o Delivering erroneous bits is an issueo Error detection techniques introduce redundancy bitso Some errors can be detected</div> <div data-bbox="563 660 587 705"><p>13</p></div>	<p>Il va falloir trouver des contre-mesures à ce problème. En effet, la délivrance de bits erronés n'est absolument pas acceptable. Il faut être capable de s'apercevoir qu'il y a des problèmes. Une solution consiste à introduire ce que l'on appelle des bits de redondance. Prenons un exemple simple : au bout de 4 bits de données, nous ajoutons un bit qui est calculé comme étant la somme des 4 bits précédents. On appelle cela un bit de parité et nous transmettons ces cinq bits. Cette fois-ci, s'il y a une erreur, le récepteur va pouvoir s'en rendre compte, car s'il calcule la somme des quatre premiers bits, il va bien s'apercevoir qu'elle n'est pas égale à la somme que lui a envoyée l'émetteur. Il sera ainsi capable de s'apercevoir qu'il y a une erreur et donc éventuellement de réagir, d'abandonner les données par exemple. Attention, bien sûr, malheureusement ces techniques ne sont pas infaillibles !</p>
<div data-bbox="119 992 215 1052"></div> <div data-bbox="343 1003 446 1030"><p>Summary</p></div> <div data-bbox="290 1064 515 1214"><ul style="list-style-type: none">o Different physical media<ul style="list-style-type: none">• Accomodate physical propertieso Coding schemeo Medium imperfection<ul style="list-style-type: none">• Error detection</div> <div data-bbox="470 1041 587 1108"></div> <div data-bbox="470 1164 566 1209"></div> <div data-bbox="566 1209 590 1254"><p>14</p></div>	<p>Que faut-il retenir de cette leçon ? Au fil du temps diverses technologies ont été utilisés pour transmettre des trames Ethernet des techniques de codage sont développés à chaque nouvelle technologie afin de s'adapter à ses caractéristiques propres et que malheureusement un élément commun à toutes ces technologies et qu'elles sont imparfaites et qu'il va donc falloir introduire des techniques de détection d'erreurs.</p>



MOOC Réseaux Locaux

Le réseaux local Ethernet

Formats de la trame

Objectifs

Cette leçon a pour but de décrire avec quels formats des données sont encapsulées dans une trame Ethernet.

Prérequis

Connaissance globale d'Ethernet, notions de trame, d'adresse.

Connaissances

Structure de la trame Ethernet.

Compétences




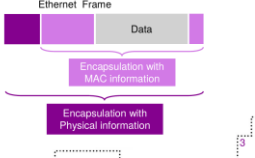

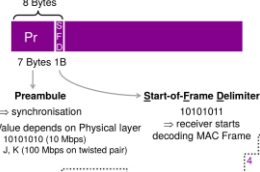
Analyser la structure d'une trame Ethernet.

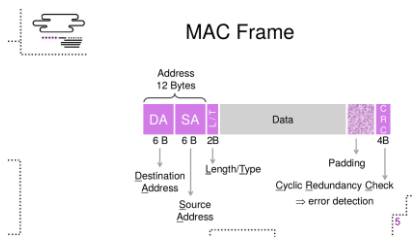
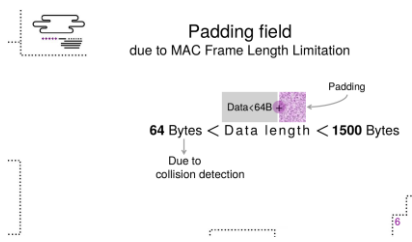
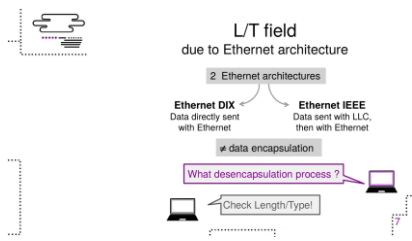
Évaluation des connaissances

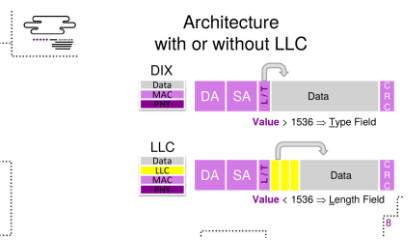
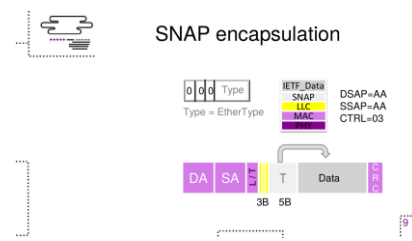
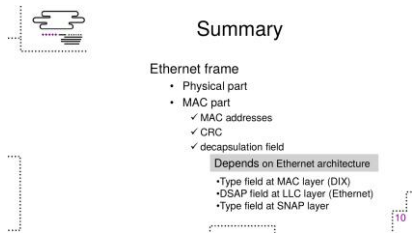
Identifier les composantes d'une trame Ethernet.

Évaluation des compétences

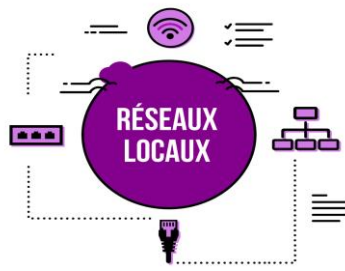
Analyser le contenu d'une trame Ethernet.

 <p>Ethernet <i>Ethernet frame encapsulation</i></p> <p>Béatrice Paillassa</p>	<p>Nous allons examiner le mécanisme d'encapsulation des trames Ethernet.</p>
 <p>Objectives</p> <p>≠ Ethernet architectures ⇒ Compatibility ?</p>	<p>Nous allons voir qu'il y a différentes architectures. Nous allons comprendre comment ces architectures peuvent coexister.</p>
 <p>Ethernet Frame</p> 	<p>Voyons en premier lieu la trame Ethernet. Les données que l'on va vouloir transmettre vont être encapsulées par des informations utiles à la couche MAC. Nous aurons ensuite des informations pour la couche physique.</p>
 <p>Physical Frame</p> 	<p>Détaillons ces informations de la couche physique :</p> <p>Nous avons 7 octets de préambule qui vont être utilisés par le récepteur pour se synchroniser. La valeur de ce préambule est définie comme une alternance de codage d'uns et de codage zéro. Ceci pour l'implantation à 10 Mbps, mais nous pouvons avoir une définition différente ; par exemple, la version à 100 Mbps sera remplacée par des symboles J, K.</p> <p>Une fois le préambule transmis, l'émetteur va transmettre une séquence clé le <i>starting frame delimiter</i> ; lorsque le récepteur reçoit cette séquence, il est capable de la décoder, il va à ce moment être prêt à décoder les informations qui vont suivre de la trame MAC.</p>

 <p>MAC Frame</p> <p>Address 12 Bytes</p> <p>DA 6 B SA 6 B</p> <p>Length/Type 2 B</p> <p>Data 28 B</p> <p>Padding 4 B</p> <p>Cyclic Redundancy Check → error detection</p> <p>50 B</p>	<p>Les informations qui vont être décodées sont d'abord les 12 octets d'adresse : 6 octets d'adresse destination suivis de 6 octets d'adresse source.</p> <p>Nous avons également 4 octets rajoutés à la fin de la trame : le CRC ; ce sont des informations de redondance pour vérifier que la trame qui est reçue est une trame correcte, qu'il n'y a pas eu d'erreurs de transmission.</p> <p>Cette trame MAC contient également deux champs :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un champ dit longueur/type • Et un champ de <i>padding</i>. <p>Le champ <i>padding</i>, bourrage en français, est utilisé pour pouvoir transmettre des informations de petite taille.</p>
 <p>Padding field due to MAC Frame Length Limitation</p> <p>Data: 64 B</p> <p>Padding 4 B</p> <p>64 Bytes < Data length < 1500 Bytes</p> <p>Due to collision detection</p> <p>68 B</p>	<p>En effet, dans Ethernet, il y a des limitations sur la taille de données qui peuvent être transmises. Nous allons avoir une limite maximale, 1500 octets, pour les trames de base. Et nous avons, surtout, une limitation sur la taille minimale des trames en raison de l'algorithme utilisé pour détecter les collisions, cette limite est de 64 octets.</p> <p>Lorsque l'émetteur veut transmettre une information de petite taille, inférieure à ces 64 octets, il va falloir rajouter dans la trame du bourrage ; ce sont des informations inutiles qui seront ensuite enlevées par le récepteur.</p>
 <p>L/T field due to Ethernet architecture</p> <p>2 Ethernet architectures</p> <p>Ethernet DIX Data directly sent with Ethernet</p> <p>Ethernet IEEE Data sent with LLC, then with Ethernet</p> <p>data encapsulation</p> <p>What des encapsulation process ?</p> <p>Check Length/Type</p>	<p>Le dernier champ de la trame MAC est le champ longueur/type qui, comme son nom l'indique a un double rôle en fonction de l'architecture Ethernet qui va être utilisée.</p> <p>Précisons, il y a 2 architectures Ethernet :</p> <ul style="list-style-type: none"> • une première architecture qui a été faite par les constructeurs d'Ethernet, va transmettre les données sans utiliser de couches LLC • une deuxième architecture élaborée par IEEE, envoie les informations dans une sous couche LLC. <p>Le récepteur va avoir un problème pour savoir comment il doit comprendre les données, comment il doit les « dés-encapsuler ».</p> <p>La solution qui a été retenue est d'utiliser un champ longueur/type qui va se situer juste derrière le champ adresse/source de la trame MAC.</p>

 <p>Architecture with or without LLC</p> <p>DIX</p> <p>LLC</p>	<p>En haut nous avons une architecture DIX où il n'y a pas de couche LLC. Le champ qui suit l'adresse/source va être un champ que l'on appelle <i>type</i>.</p> <p>On sait que c'est un champ type parce que sa valeur est supérieure à 1536. Comme les longueurs de trame Ethernet sont inférieures à 1518 (1500 plus 18 octets d'en-tête), nous sommes sûres que ce qui suit n'est pas une encapsulation de type LLC. La valeur de ce champ va indiquer comment décoder les données qui suivent.</p> <p>Dans la trame que se situe dessous, nous avons une encapsulation LLC. Nous allons retrouver le champ L/T et derrière nous aurons donc les 3 octets de l'encapsulation LLC. Nous savons que ces 3 octets sont dans la trame parce que la valeur de champ L/T est inférieure à 1500. Le récepteur sait qu'il doit alors décoder l'encapsulation LLC et que, selon la valeur qu'il trouvera dans les champs SAP (DSAP et SSAP), il comprendra les données qui sont transportées.</p>
 <p>SNAP encapsulation</p>	<p>Dans le cas d'une architecture LLC, nous avons également l'encapsulation SNAP définie par l'IETF pour pouvoir transférer des protocoles IP sur différents réseaux et, en particulier, les réseaux locaux.</p> <p>Cette encapsulation SNAP va rajouter 5 octets. Ces 5 octets se situent après l'en-tête LLC, en jaune sur le schéma, et l'on saura que ces 5 octets sont présents grâce aux valeurs de DSAP et de SSAP, ainsi que la valeur de champ contrôle du LLC. Vous avez les valeurs AA pour le DSAP, AA pour le SSAP, et 03 pour CTRL.</p> <p>Ce champ type va être constitué de 2 octets significatifs qui vont reprendre les valeurs des champs types Ethernet, de l'encapsulation DIX qui avait été définie par les constructeurs. Grâce à eux, on va pouvoir décoder le champ de données qui suit.</p>
 <p>Summary</p> <p>Ethernet frame</p> <ul style="list-style-type: none"> Physical part MAC part <ul style="list-style-type: none"> MAC addresses CRC decapsulation field Depends on Ethernet architecture <ul style="list-style-type: none"> Type field at MAC layer (DIX) DSAP field at LLC layer (Ethernet) Type field at SNAP layer 	<p>En résumé, nous avons détaillée la trame Ethernet avec la partie des adresses, du CRC, et surtout le champ d'encapsulation qui permet de comprendre quelles sont les données envoyées dans la trame Ethernet.</p> <p>De ce champ d'encapsulation nous avons vu qu'il n'était pas le même selon l'architecture utilisée. Nous avons vu 2 architectures : l'architecture DIX et l'architecture Ethernet</p>

	<p>L'architecture DIX va utiliser le champ que l'on appelle type, qui se situe au niveau du MAC, la deuxième va utiliser le champ LLC qui grâce aux valeurs de DSAP indiquera les données et nous avons également vu, une troisième façon de dés-encapsuler par l'utilisation du champ type du protocole SNAP.</p>
--	--



MOOC Réseaux Locaux

Le réseau local Ethernet

Principales évolutions

Objectifs

Cette leçon a pour but de présenter les principales évolutions d'Ethernet : le contrôle de flux, l'auto négociation et l'agrégation de liens.

Prérequis

Bonne connaissance des principes d'Ethernet.

Connaissances

Techniques mise en œuvre par Ethernet pour gérer la montée en débits.

Compétences




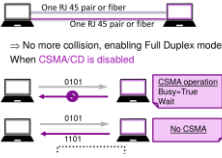




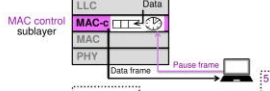
Analyser les principales évolutions d'Ethernet.





Évaluation des connaissances


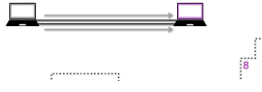




Décrire les évolutions d'Ethernet.

Évaluation des compétences

Expliquer le principe des évolutions d'Ethernet.

 <p>Ethernet <i>Ethernet changes: how and why?</i></p> <p>Beatrice Paillassa</p>	<p>Le réseau local Ethernet a une place prédominante dans le monde des réseaux grâce à ses capacités d'évolution. La leçon présente les évolutions d'Ethernet et explique comment elles sont réalisées.</p>
 <p>Evolution for speed increase</p> <p>No change at MAC level</p> <ul style="list-style-type: none"> New transmission methods <ul style="list-style-type: none"> Symbol and bit coding For various media: twisted pair, fiber New Ethernet usage <ul style="list-style-type: none"> ⇒ new functions <p>⇒ 1000BaseT, 1000BaseSx, Lx ...</p>	<p>Un objectif premier de l'évolution d'Ethernet a été l'évolution des débits de transfert. Ceci s'est fait sans changer la couche MAC, en définissant de nouvelles normes de transmission avec des définitions de codage, symbole et bit adaptés à différents supports de paire ou de la fibre. Il en a résulté plusieurs versions d'Ethernet : 1000BaseT, 1000BaseSx ou Lx pour l'optique.</p> <p>Une autre façon d'augmenter les débits a été de définir de nouveaux usages qui ont conduit à de nouvelles fonctions.</p>
 <p>Ethernet usage evolution</p> <ul style="list-style-type: none"> From shared to dedicated configuration mode ⇒ 1 media dedicated to 1 sender. Point to Point link ⇒ No more collision, enabling Full Duplex mode When CSMA/CD is disabled 	<p>Concernant l'utilisation d'Ethernet, alors qu'à l'origine les stations utilisaient un mode dit « partagé » parce qu'elles partageaient un même support, actuellement, les stations sont configurées en point à point et chaque station a un support qui lui est dédié. Chaque station peut transmettre sur son support ; il n'y a alors plus de collision et on peut fonctionner en mode Full Duplex.</p> <p>Il faut alors désactiver le protocole CSMA/CD, sinon de par sa fonction d'écoute, l'émission d'une station qui est en train d'émettre sera bloquée par le protocole.</p>
 <p>Congestion</p> <p>In full duplex, continuous transmission can lead to buffer overflow</p>  <p>Solution: Flow control function</p>	<p>La transmission en Full Duplex, de par le transfert d'un flux continu d'informations peut générer un problème de dépassement de tampon mémoire, c'est-à-dire un problème de congestion.</p> <p>La solution est pour le récepteur de prévenir l'émetteur par un signal de façon à ce qu'il bloque son émission, c'est-à-dire effectuer un contrôle de flux.</p>
 <p>Flow control function</p>  	<p>Précisons la mise en œuvre de la fonction contrôle de de flux dans l'architecture Ethernet.</p> <p>La fonction va utiliser une trame PAUSE qui contient un paramètre de durée de pause.</p> <p>Cette trame est gérée par une nouvelle sous-couche additionnelle : le MAC control.</p> <p>Son rôle est d'émettre une trame PAUSE et lors de la réception d'une trame PAUSE il va temporiser les données qui normalement devraient être transmises au niveau MAC. Il va se charger de les temporiser pour une durée indiquée dans le paramètre pause qu'il a reçu précédemment.</p> <p>La trame PAUSE est définie par le champ type qui indique que</p>

	<p>c'est une trame du niveau MAC control, sa valeur est de 8808, et ensuite un champ opérationnel d'une valeur spécifique de 1.</p>
 <p>Auto negotiation function</p> <ul style="list-style-type: none"> For plug and play Ethernet: set up same functionality at two peers <ul style="list-style-type: none"> same capacity: 10M,100M,1G,10G. same functionality: half duplex, full duplex Auto negotiation function <ul style="list-style-type: none"> use of physical signaling to advertise the peer with options 	<p>Nous avons vu qu'il y avait plusieurs versions d'Ethernet. Une fonction a été alors définie pour que les équipements puissent se configurer de façon automatique avec un même débit : 10M, 100M, 1G ou même 10G ; et, également, avec une même fonctionnalité, soit du Half Duplex, soit du Full Duplex. La fonction qui permet de gérer les différentes versions d'Ethernet est l'auto négociation. Elle va utiliser un mécanisme de signalisation physique pour que les équipements puissent s'annoncer l'un à l'autre quelles sont leurs capacités de fonctionnement.</p>
 <p>Configuration by priority order</p> <ul style="list-style-type: none"> Choice of the best common option <ul style="list-style-type: none"> Highest speed is best Full duplex is best <p>Advertisement: Ethernet 100M HD/100M FD Advertisement: Ethernet 100M HD/100M FD/1G FD Result: Data at 100 M FD</p>	<p>Une fois les informations de configuration de l'équipement connues, chacun va faire un choix avec un mécanisme de priorités prédéterminé.</p> <p>Ce mécanisme de choix repose sur des règles assez simples :</p> <ul style="list-style-type: none"> le débit le plus élevé en commun est le débit choisi ; et si ce débit est en Full Duplex, le fonctionnement sera en Full Duplex. <p>Nous avons ici une petite illustration où la station 1 va annoncer à la station 2 qu'elle a un fonctionnement 100M en Half Duplex mais, également, 100M en Full Duplex. La station 2, quant à elle, émet une annonce avec Ethernet 100M Half Duplex et Full Duplex ainsi qu'1G Full Duplex. Le débit commun le plus élevé sera le débit à 100M avec un fonctionnement en Full Duplex.</p>
 <p>Aggregation</p> <ul style="list-style-type: none"> Aggregation : use of multiple links 	<p>L'agrégation est l'utilisation de plusieurs liens Ethernet.</p>
 <p>Aggregation</p> <ul style="list-style-type: none"> Aggregation : use of multiple links <ul style="list-style-type: none"> Sequential usage → increase robustness 	<p>Ces liens peuvent être utilisés en séquentiel, ce qui va permettre d'améliorer la robustesse du réseau puisque si un lien tombe en panne, l'agrégation permettra de basculer le trafic sur un autre lien en fonctionnement.</p>

<div></div> <h3>Aggregation</h3> <ul style="list-style-type: none">Aggregation : use of multiple links<ul style="list-style-type: none">Sequential usage → increase robustnessParallel usage → increase capacity1 communication is always sent on 1 link⚠ no reordering by Ethernet <div></div>	<p>Les liens peuvent aussi être utilisés en parallèle, ce qui augmente le débit de transfert. Il faut remarquer que lorsque les liens sont utilisés en parallèle une communication est toujours transmise sur un même lien. En effet, sinon il pourrait y avoir des dé-séquencements et dans Ethernet il n'a pas été prévu de fonctions permettant de remettre en séquence les informations.</p>															
<div></div> <h3>Aggregation</h3> <ul style="list-style-type: none">Aggregation : use of multiple links<ul style="list-style-type: none">Sequential usage → increase robustnessParallel usage → increase capacity1 communication is always sent on 1 link⚠ no reordering by EthernetLink Aggregation Control Protocol (LACP)<ul style="list-style-type: none">Detect redundant linkDetect failed link <table border="1"><tr><th colspan="3">Logical Link Control</th></tr><tr><th colspan="3">Link Aggregation</th></tr><tr><td>MAC-c</td><td>MAC-c</td><td>MAC-c</td></tr><tr><td>MAC</td><td>MAC</td><td>MAC</td></tr><tr><td>Phy</td><td>Phy</td><td>Phy</td></tr></table> <div></div>	Logical Link Control			Link Aggregation			MAC-c	MAC-c	MAC-c	MAC	MAC	MAC	Phy	Phy	Phy	<p>La gestion de l'agrégation est effectuée par une sous-couche d'agrégation au moyen d'un protocole (LACP) qui va être chargé de :</p> <ul style="list-style-type: none">Découvrir les liens Ethernet similaires pour former l'agrégation. Les liens similaires sont des liens ayant le même débit et le même fonctionnement en Half ou en Full Duplex.Détecter les pannes des liens.
Logical Link Control																
Link Aggregation																
MAC-c	MAC-c	MAC-c														
MAC	MAC	MAC														
Phy	Phy	Phy														
<div></div> <h3>Summary: Ethernet evolution</h3> <div><p>Why?</p><p>For speed increase</p><p>How?</p></div> <ul style="list-style-type: none">Configuration evolution<ul style="list-style-type: none">Point to Point configuration in Full Duplex (no CSMA/CD)Multilink configurationAdditional sublayers and frames <div></div>	<p>En résumé, Ethernet a évolué, essentiellement pour augmenter ses débits et il y a eu des évolutions de configuration :</p> <ul style="list-style-type: none">Il y a eu une configuration point à point, qu'on peut utiliser en Full Duplex à condition de désactiver le protocole CSMA/CD.Il y a, également, une configuration multi liens. <p>Ces évolutions d'Ethernet ont été rendues possibles par une évolution de son architecture avec l'apparition de nouvelles sous-couches et de trames.</p>															