

TCP/IP

MODULE 02


COUCHES PHYSIQUE ET LIAISON DE DONNÉES

Plan de la séance

Couche physique ;

Couche Liaison de données.

Couche Physique



Couche physique

Principes

La couche physique est chargée de la **transmission effective des signaux électriques, radiofréquences ou optiques** entre les interlocuteurs.

Cette couche physique s'occupe de la **transmission physique des données entre deux équipements réseaux**.

Elle s'occupe de tout ce qui a trait au bas-niveau, au matériel ...

- la **transmission des bits** ;
- leur **encodage** ;
- la **synchronisation entre deux interfaces réseau** ;
- ...

Elle définit les **standards des câbles réseaux, des fils de cuivre, du WIFI, de la fibre optique**, ou de tout autre support électronique de transmission.

Couche physique

Principes

Il existe **trois catégories principales de lien** de couche physique, selon le type de distance physique qu'ils permettent de faire circuler ...

- les **supports filaires** permettent de faire circuler une grandeur électrique sur un câble généralement métallique ;
- les **supports aériens** désignent l'air ou le vide, ils permettent la circulation d'ondes électromagnétiques ou radioélectriques diverses ;
- les **supports optiques** permettent d'acheminer des informations sous forme lumineuse.

Couche physique

Principes

Son travail est généralement limité à l'**émission et la réception d'un bit ou d'un train de bits continu** (notamment pour les supports synchrones comme la fibre optique).

La couche physique est chargée de la **conversion entre bits et signaux électriques ou optiques**.

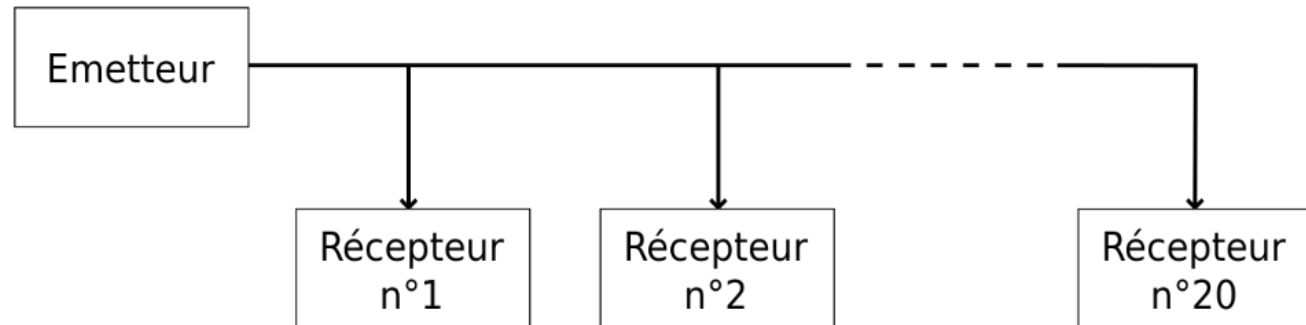
Elle est en pratique toujours réalisée par un **circuit électronique spécifique**.

Couche physique

Bus de communication

Sur un bus, on peut **connecter un nombre assez important de composants**, qui dépasse largement les deux nœuds d'une liaison point à point.

Avec un bus, un émetteur va **envoyer ses données à tous les autres récepteurs**.



Couche physique

Affectation d'un bit lors de sa transmission

Il existe plusieurs phénomènes qui influence la qualité des transmissions.

Ces éléments perturbateurs peuvent, soit diminuer l'efficacité du support de transport, soit le rendre totalement inefficace.

Couche physique

Affectation d'un bit lors de sa transmission

Parmi les plus importants, on note ...

Propagation

Temps mis par un bit pour se déplacer dans le média ;

Atténuation

Perte de la force (amplitude) du signal ;

Bruit

Ajout indésirable d'énergie à un signal causé par des sources d'énergie se trouvant à proximité ;

Dispersion

Étalement des impulsions dans le temps ;

Gigue

Variation du délai de transfert de l'information ;

Latence

Retard de transmission causé par le temps de déplacement d'un bit dans le média et la présence de circuits électroniques dans le cheminement ;

Collisions

Phénomène qui existe lorsque deux ordinateurs utilisant le même segment de réseau émettent en même temps.

Câblage

Le **câble de cuivre** est constitué de **deux éléments** ...

- de **quatre paires de fils torsadés** en cuivre serties dans une broche en plastique ;
- d'un **connecteur RJ45** (RJ pour *Registered Jack*).

Il permet de relier entre eux différents appareils de communication.

Souvent nommé câblage RJ45, il est utilisé dans les **réseaux Ethernet**.

Il est destiné à la **circulation de courants faibles**, par opposition au courant électrique distribué par les fournisseurs d'électricité.

Le **cuivre est le composant essentiel** d'un câble Ethernet.

Toutefois, une **nouvelle technique** permet de réduire sensiblement les coûts en réalisant un câble Ethernet avec un **mélange de cuivre et d'aluminium, allégeant ainsi son prix**.

Câblage

Câble de cuivre

Normes

Actuellement pour câblage RJ45, il existe **trois normes actuelles** courantes ...

- **Catégorie 5e** (Classe D)
Transmission de données à des **fréquences jusqu'à 155 MHz** et à des **débits théoriques de 1000 Mb/s** ;
- **Catégorie 6** (Classe E)
Transmission de données à des **fréquences jusqu'à 500 MHz** et à des **débits théoriques de 1 Gb/s** ;
- **Catégorie 7** (Classe F)
Transmission de données à des **fréquences jusqu'à 600 MHz** et à des **débits théoriques de 10 Gb/s** ;
- **Catégorie 7a** (Classe FA)
Transmission de données à des **fréquences jusqu'à 1 GHz** et à des **débits théoriques de 10 Gb/s**.

Câblage

Câble de cuivre

Débits

La **fréquence d'un câble Ethernet** représente le **nombre d'oscillations qui passent en une seconde** dans un espace donné.

Ces **valeurs** sont **exprimées en Hertz (Hz)**.

Plus la fréquence d'un câble Ethernet est élevée, plus le débit est important.

Le **débit désigne la quantité d'informations transmises par unité de temps**, c'est-à-dire la vitesse à laquelle les **informations circulent sur le réseau**.

Il se mesure en **bits ou en octets par secondes**.

- Le débit d'un câble Ethernet de **10/100 Mbps** est ce que l'on appelle **Fast Ethernet** ;
- Le débit d'un câble Ethernet de **1000 Mbps** est appelé **Gigabits** ;
- Le débit d'un câble Ethernet **10000 Mbps** est appelé **10G** ou **10 Gigabit**.

Câblage

Câble de cuivre

Débits

Le câble **catégorie 5e** est le **plus utilisé** pour le câblage de réseaux Ethernet (RJ 45) domestiques.

La **catégorie 6** possède un **plus grand débit** et **coûte conséquemment plus cher** mais devient désormais **une norme usuelle**.

Câblage

Câble de cuivre

Blindage

Dans le choix du câble, il est aussi important de tenir compte du blindage, qui **protège contre les interférences électromagnétiques** et qui offre la **possibilité de passer des débits supérieurs**.

Selon la **norme sur laquelle l'installation** est réalisée, différents types de câbles peuvent être utilisés ...

- Le **câble RJ45 FTP** (*Foiled Twisted Pair*) est un câble RJ45 dont la **gaine du câble est blindée avec de l'aluminium** ;
- Le **câble RJ45 STP** (*Shielded Twisted Pair*) est un câble RJ45 dont **chaque paire de fils** (et non la gaine) **est blindée par de l'aluminium** ;

Câblage

Câble de cuivre

Blindage

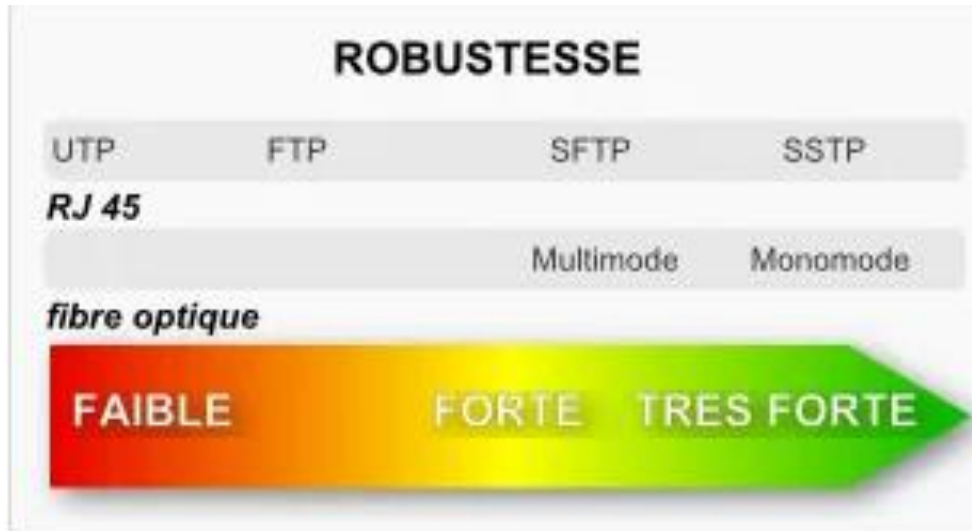
Selon la norme ...

- Le **câble RJ45 SFTP** (*Shielded Foiled Twisted Pair*) est un câble RJ45 dont la **gaine est blindée par de l'aluminium et du cuivre**. De plus, que **chaque paire de fils est également blindée**.
- Le **câble RJ45 SSTP** (*Shielded and Shielded Twisted Pair*) est un câble RJ45 **blindé paire par paire et la gaine est blindée**.

Câblage

Câble de cuivre

Blindage



Câblage

Câble de cuivre

Interférences

Il existe un **gros inconvénient** à l'utilisation des câbles en cuivre est qu'ils sont **très sensibles aux perturbations électromagnétiques en tous genres** (ascenseurs, courants forts, émetteurs).

Dans des **milieux à forte concentration d'ondes radio** (comme dans une usine), il devient donc **difficile d'utiliser ce type de câbles** même en les **blindant pour les protéger** ou en **torsadant les paires pour atténuer** les perturbations.

Un inconvénient majeur des câbles électriques est **l'atténuation très rapide du signal** qu'ils transportent avec la distance.

Lorsqu'on relie **deux équipements éloignés** ne serait-ce que de **quelques centaines de mètres** (pour relier deux bâtiments entre eux par exemple), le **signal est fortement atténué** à l'autre extrémité du câble.

Câblage

Câble de cuivre

Interférences

La transmission numérique sur paire torsadée est soumise à de **nombreuses perturbations**. (diaphonie, bruit impulsif, bruit thermique...).

- **Diaphonie**

Cette perturbation désigne l'**interférence électro-magnétique** entre **paires appartenant à un même câble** de transport.

L'apparition d'un **signal indésirable** dans une voie de transmission est due au **mélange des impulsions électrique** d'un **fil à un autre**.

- **Distorsion du signal**

La **distance**, le **nombre de points de coupure** et le **faible diamètre des paires de cuivre** peuvent **déformer le signal**.

La distorsion temporelle est **particulièrement importante** à **haut débit** et est **traitée par le codage** et la **correction d'erreur**.

Câblage

Câble de cuivre

Interférences

La transmission ...**nombreuses perturbations** ...

- **Interférence radiofréquence**

Le réseau de distribution est soumis à des **interférences radio provenant des systèmes de radiotéléphonie**. Le niveau de bruit dépend de la **puissance des émetteurs** et de leur **plus ou moins grande proximité**. Le bruit induit sur la paire dépendra également de la **symétrie de la paire et également de la présence ou non de blindage** relié ou non à la terre.

- **Bruit blanc**

La **chaleur peut influencer** la qualité de livraison des données par un câble.

- **Bruit d'écho**

Le bruit d'écho est également très préjudiciable à une bonne transmission. Il est dû à la **réflexion causée par un saut de calibre** ou une **désadaptation des équipements**.

Câblage

Câble de cuivre

Interférences

La transmission ...**nombreuses perturbations** ...

- **Bruit impulsif**

Le **bruit impulsif** est **généré par les néons**, les **moteurs**, les **relais**, ... Le niveau de bruit impulsif dépendra du **niveau du perturbateur électromagnétique** et de sa **position par rapport au câble**.

La **symétrie de la paire** sera également un paramètre important.

Les **codes correcteurs d'erreurs permettent** sous certaines conditions bien spécifiques de **limiter l'impact de ce bruit impulsif**.

- **Affaiblissement**

L'affaiblissement en dB est **proportionnel à la longueur du câble**.

Plus le câble est loin plus le signal est affaiblit.

Câblage

Fibre optique

Une fibre optique est un fil dont l'âme, très fine, **en verre** ou **en plastique**, possède la propriété de **conduire la lumière** et sert pour la fibroscopie, l'éclairage ou la transmission de données numériques.

Elle offre un **débit d'information nettement supérieur** à celui des câbles de cuivre et peut servir de **support à un réseau à large bande** par lequel transitent aussi bien la **télévision**, le **téléphone**, la **visioconférence** ou les **données informatiques**.

Entourée d'une gaine protectrice, la fibre optique peut être utilisée pour conduire de la lumière entre **deux lieux distants de plusieurs centaines**, voire **milliers**, de **kilomètres**.

Le **signal lumineux codé par une variation d'intensité** est capable de transmettre une **grande quantité d'information**.

Câblage

Fibre optique

En permettant les **communications à très longue distance** et à des débits jusqu'alors impossibles, les fibres optiques ont constitué l'**un des éléments clés de la révolution des télécommunications**.

Le **principal atout** des fibres optiques est une **atténuation extrêmement faible**.

Le record actuel de débit de transmission a été établi en septembre 2012. Il est de **1 pétabit par seconde** (1 000 térabits par seconde, soit un **million de gigabits par seconde** ou, plus communément : **125 000 giga-octets par seconde**) sur une **distance de 52,4 km**.

Câblage

Fibre optique

Usages

Sauf cas particuliers liés notamment à des contraintes électromagnétiques spécifiques, les **réseaux locaux** (quelques dizaines de mètres) sont **généralement réalisés avec du cuivre**. Lorsque la **distance entre deux nœuds augmente**, utiliser une fibre optique devient intéressant : on peut **relier par fibre optique deux bâtiments**, ou constituer en l'utilisant un **maillon du réseau informatique local, régional, continental, ou intercontinental**.

Câblage

Fibre optique

Usages

La fibre optique fut introduite dans les réseaux informatiques pour **pallier plusieurs points faibles des câbles de cuivre** : la **lumière qui y circule n'est pas sensible aux perturbations électromagnétiques** et **s'atténue beaucoup moins vite** que le signal électrique transporté sur cuivre. On relie ainsi de façon fiable des sites distants de plusieurs centaines de mètres, voire de plusieurs dizaines de kilomètres.

La fibre reste **efficace dans des environnements perturbés**, à des **débits au moins dix fois supérieurs** aux câbles réseaux, mais pour **un coût généralement supérieur**.

Câblage

Fibre optique

Types

Dans les réseaux informatiques (comme avec la paire de cuivre) les **fibres vont souvent par deux**.

L'interface d'un nœud utilise une **fibre pour envoyer des données** et l'**autre fibre pour en recevoir**.

Toutefois, il est **possible de réaliser une liaison bidirectionnelle sur une seule fibre optique**.

Wi-Fi

Wi-Fi

Le Wi-Fi est un **ensemble de protocoles de communication sans fil** régis par les normes du groupe **IEEE 802.11** (ISO/CEI 8802-11).

Un réseau Wi-Fi permet de **relier par ondes radio plusieurs appareils informatiques** (ordinateur, routeur, smartphone, modem Internet, ...) au sein d'un réseau informatique afin de **permettre la transmission de données entre eux**.

Apparues pour la première fois en **1997**, les **normes IEEE 802.11**, qui sont **utilisées internationalement**, décrivent les caractéristiques d'un réseau local sans fil (WLAN).

La **marque déposée Wi-Fi** correspond initialement au nom donné à la **certification délivrée par la W-Fi Alliance** (*Wireless Ethernet Compatibility Alliance* ou WECA), organisme ayant pour **mission de spécifier l'interopérabilité** entre les matériels conformes à la norme 802.11.

Wi-Fi

Wi-Fi

Pour des raisons de **facilité d'usage** (et de marketing) le nom de la norme se **confond aujourd'hui avec le nom de la certification** (c'est le cas au Canada).

Ainsi, un réseau Wi-Fi est en réalité un **réseau répondant à une des normes IEEE 802.11**.

Grâce aux normes Wi-Fi, il est possible de **créer des réseaux locaux sans fil à haut débit**.

- **11 Mbit/s théoriques** ou **6 Mbit/s réels** en **802.11b** ;
- **54 Mbit/s théoriques** ou environ **25 Mbit/s réels** en **802.11a** ou **802.11g** ;
- **600 Mbit/s théoriques** pour le **802.11n** ;
- **4,5 et 1,3 Gbit théoriques** pour le **802.11ac**, normalisé depuis décembre 2013.

Wi-Fi

Wi-Fi

Modes de mise en réseau

Il existe **différents modes** de mise en réseau ...

- **Mode Infrastructure**

Mode qui permet de connecter **les ordinateurs équipés d'une carte Wi-Fi entre eux** à l'aide d'**un ou de plusieurs points d'accès** (Access Point ou AP) qui agissent comme des **concentrateurs**.

En entreprise, la mise en place d'un réseau Wi-Fi **oblige de poser à intervalles réguliers des bornes Point d'accès** (PA) dans la **zone qui doit être couverte** par le réseau.

Les bornes, ainsi que les nœuds, doivent être configurés avec le même **nom de réseau** (**SSID** = Service Set Identifier) afin de pouvoir communiquer.

L'avantage de ce mode, en entreprise, est de **garantir un passage obligé par le Point d'accès**: il est donc possible de **vérifier qui accède au réseau**.

Wi-Fi

Wi-Fi

Modes de mise en réseau

Il existe **différents modes** de mise en réseau ...

- **Mode Ad hoc**

Mode qui permet de **connecter directement les ordinateurs équipés d'une carte Wi-Fi, sans utiliser un matériel tiers** tel qu'un point d'accès. Ce mode est idéal pour **interconnecter rapidement des machines** entre elles sans matériel supplémentaire.

La mise en place d'un tel réseau consiste à **configurer les machines en mode « Ad hoc »** (au lieu du mode « Infrastructure »), la sélection d'un canal (fréquence), d'**un nom de réseau** (SSID) communs à tous et si nécessaire d'une **clé de chiffrement**.

Wi-Fi

Wi-Fi

Modes de mise en réseau

Il existe **différents modes** de mise en réseau ...

- **Mode Pont** (*bridge*)

Un point d'accès en mode Pont sert à **connecter un ou plusieurs points d'accès entre eux** pour **étendre un réseau filaire**, par exemple entre deux bâtiments.

Un **point d'accès doit fonctionner en mode Root Bridge**, généralement celui qui **distribue l'accès Internet** et les **autres s'y connectent en mode Bridge** pour ensuite retransmettre la connexion sur leur interface Ethernet. Chacun de ces points d'accès peut éventuellement être configuré en **mode Pont avec connexion de clients**. Ce mode permet de faire un **pont tout en accueillant des clients comme le mode Infrastructure**.

Wi-Fi

Wi-Fi

Modes de mise en réseau

Il existe **différents modes** de mise en réseau ...

- **Mode Répéteur** (*Range-extender*)

Un point d'accès en mode Répéteur permet de **répéter un signal Wi-Fi plus loin**.

Contrairement au mode Pont, l'**interface Ethernet reste inactive**.

Chaque saut supplémentaire augmente cependant le **temps de latence de la connexion**.

Un répéteur a également une tendance à **diminuer le débit de la connexion**. En effet, son **antenne doit recevoir** un signal et le **retransmettre par la même interface** ce qui en théorie **divise le débit par deux**.

Wi-Fi

Wi-Fi

Normes

Le **standard IEEE 802.11** est initialement publié en **1997**, et offre des **débits de 1 ou 2 Mbit/s**.

Des **révisions ont ensuite été apportées** à ce standard afin d'augmenter le débit, par le biais d'amendements (c'est le cas des amendements **802.11a**, **802.11b**, **802.11g**, **802.11n**, **802.11ac** et **802.11ax**) ou de spécifier des **fonctions de sécurité** ou d'**interopérabilité**.

Régulièrement, les **changements cumulés** apportés par les amendements 802.11 sont **regroupés en nouvelles versions du standard 802.11**, qui sont identifiées par leur **année de parution**.

Wi-Fi

Wi-Fi

Normes

Les **principaux amendements** à la norme 802.11 sont ...

- **802.11b ou Wi-Fi 1**

L'amendement 802.11b était l'**amendement Wi-Fi la plus répandue** en base installée au début des **années 2000**. Elle propose un **débit théorique crête de 11 Mbit/s** (6 Mbit/s réels) avec une portée pouvant aller jusqu'à **300 mètres** (en théorie) dans un **environnement dégagé**.

L'étendue de fréquences utilisée est la bande des **2,4 GHz**.

- **802.11a ou Wi-Fi 2**

L'amendement 802.11a est **publiée en 1999** ; elle permet d'obtenir un **haut débit**

(dans un rayon d'**environ 10 mètres** : **54 Mbit/s théoriques**, 27 Mbit/s réels) dans la bande de fréquence **radio SHF des 5 GHz**.

Wi-Fi

Wi-Fi

Normes

Les **principaux amendements** à la norme 802.11 sont ...

- **802.11g** ou **Wi-Fi 3**

L'amendement 802.11g, publiée en **2003**, offre un **débit plus élevé (54 Mbit/s théoriques, 25 Mbit/s réels)** dans la bande de **fréquence des 2,4 GHz**.

L'amendement 802.11g offre une **compatibilité ascendante avec l'amendement 802.11b**.

Cette aptitude permet aux équipements de proposer le 802.11g tout en demeurant **compatibles avec les réseaux existants 802.11b**.

Wi-Fi

Wi-Fi

Normes

Les **principaux amendements** à la norme 802.11 sont ...

- **802.11n** ou **Wi-Fi 4**

WWiSE (*World-Wide Spectrum Efficiency*) ou **TGn Sync**

Le 802.11n a été conçu pour pouvoir utiliser **les bandes de fréquences de 2,4 GHz et/ou 5 GHz**.

Le 802.11n sait **combiner jusqu'à deux canaux de 20 MHz non superposés**, ce qui permet, en théorie d'atteindre une vitesse totale **théorique de 600 Mbit/s** dans la bande des **5 GHz**.

Wi-Fi

Wi-Fi

Normes

Les **principaux amendements** à la norme 802.11 sont ...

- **802.11ac** ou **Wi-Fi 5**

IEEE 802.11ac est la **dernière évolution grand public** du standard de transmission sans fil 802.11

Il permet une **connexion Wi-Fi haut débit** dans une bande de **fréquences inférieure à 6 GHz** (communément appelée bande des **5 GHz**).

Le 802.11ac offre jusqu'à **1 300 Mbit/s de débit théorique** dans la bande des **5 GHz** (de 5170 MHz à 5835 MHz).

Cet amendement a été **ratifié en janvier 2014**.

Wi-Fi

Wi-Fi

Normes

Les **principaux amendements** à la norme 802.11 sont ...

- **802.11ax** ou **Wi-Fi 6**

Cette appellation correspond à un groupe de travail de l'IEEE. La publication de la version approuvée de ce futur amendement par le comité IEEE 802 est **prévue pour novembre 2020**.

La norme 802.11ax s'appuie sur la **norme WiFi 802.11ac** actuelle. Le Wi-Fi 6 a été conçu à l'origine pour répondre au **nombre croissant d'appareils dans le monde**.

Le débit théorique maximal permis par le WiFi 6 est de **10 Gb/s**.

Elle utilise la bande de fréquence **2.4 GHz**. Celle-ci offre une bien **meilleure portée et traverse mieux les obstacles que la bande 5 GHz**.

Wi-Fi

Wi-Fi

Confidentialité

Enjeux

Le risque le plus évoqué est un accès indu par **un tiers à des données relevant de la vie privée ou du secret industriel ou commercial, ...**

Un autre risque pour le détenteur d'un point d'accès est de voir **engager sa responsabilité si ce point** est utilisé pour réaliser des **actions illégales** comme le partage illégal de **copies protégées par le droit d'auteur** ; problème qui se pose principalement lorsque le **point d'accès n'est pas sécurisé**.

Wi-Fi

Wi-Fi

Confidentialité

Moyens de protection

Il est possible de **choisir la méthode de codage** de la communication sur l'interface radio. La plus ancienne était l'utilisation d'une clé dite ***Wired Equivalent Privacy*** (WEP), communiquée uniquement aux **utilisateurs autorisés du réseau**.

Toutefois, il a été démontré que cette **clé était facile à violer**, avec l'aide de programmes tels qu'Aircrack.

Pour **améliorer la confidentialité**, de nouvelles méthodes ont été proposées, comme ***Wi-Fi Protected Access*** (WPA), **WPA2** ou plus récemment **WPA3**.

Wi-Fi

Wi-Fi

Confidentialité

Moyens de protection

Depuis l'adoption du **standard 802.11i**, on peut raisonnablement parler d'**accès réseau sans fil sécurisé**. En **l'absence** de 802.11i, on peut **utiliser un tunnel chiffré** (VPN) pour se raccorder au réseau **sans risque d'écoute ou de modification**.

D'autres méthodes de sécurisation existent, avec, par exemple, un **serveur Radius ou Diameter** chargé de **gérer les accès par nom d'utilisateur et par mot de passe**.

Wi-Fi

Wi-Fi

Partage des bandes de fréquences

Le Wi-Fi utilise principalement une **bande de fréquence dite industrielle, scientifique et médicale**, (ISM), de **2,4 à 2,483 5 GHz**, **partagée avec d'autres types d'usages** ce qui peut conduire à des **problèmes d'interférences**, **brouillages causés par des fours à micro-ondes**, des **transmetteurs domestiques**, des **relais**, la **télémessure**, la **télé médecine**, la **télé-identification**, les **caméras sans fil**, le **Bluetooth**, les **émissions de télévision amateur** (amateur TV ou ATV), ...

Le Wi-Fi utilise également la **bande de fréquence 5 Ghz** qui est **moins utilisée**. Toutefois, sa **principale faiblesse** demeure sa **portée plus petite que celle de la fréquence 2,4 Ghz**.

Couche Liaison de données



Couche Liaison de données

La couche de liaison de données est la couche de protocole qui **transfère des données entre les nœuds adjacents d'un réseau étendu (WAN) ou entre des nœuds sur le même segment d'un réseau local (LAN).**

La couche de liaison de données fournit les **moyens fonctionnels et procéduraux pour le transfert de données entre des entités d'un réseau** et, dans certains cas, les **moyens de détecter et potentiellement corriger les erreurs** qui peuvent survenir au niveau de la couche physique.

Couche Liaison de données

Principe

La couche de liaison de données s'occupe de la **livraison locale de trames entre dispositifs présents sur un même LAN**.

Les trames de liaison de données, comme sont nommées ces **unités de données de protocole (PDU)**, ne franchissent pas les limites du réseau local.

Quand des **appareils essaient d'utiliser simultanément un support**, des **collisions de trame surviennent**. Les protocoles de liaison de données spécifient comment les appareils détectent et se remettent de telles collisions, mais ils ne les empêchent pas d'arriver.

La livraison de trames par des appareils de couche 2 est établie par l'**utilisation d'adresses non-ambiguës de matériel**.

Un entête de trame contient **l'adresse source et destination** indiquant de quel appareil provient la trame et quel appareil est censé la recevoir et la traiter.

Couche Liaison de données

Principe

Dans certains réseaux, comme les réseaux locaux IEEE 802, la couche de liaison de données est décrite plus en détail avec des **sous-couches** ...

- de contrôle d'accès au support
(*Media Access Control* - MAC) et
- de contrôle de la liaison logique
(*Logical Link Control* - LLC)

Cela signifie que le protocole LLC IEEE 802.2 peut être utilisé avec toutes les couches MAC IEEE 802, comme Ethernet, Token ring, IEEE 802.11, ..., autant qu'avec certaines couches MAC non-802 comme FDDI.

Ethernet pour les réseaux locaux (multi-nœuds), le protocole point à point (PPP), HDLC et ADCCP pour des connexions point à points (double nœud) sont des exemples de protocoles de liaison de données.

Couche Liaison de données

Services de la couche de Liaison de données

Les services offerts par la couche Liaison de données sont ...

- Encapsulation des paquets de données de la couche réseau dans des trames ;
- Synchronisation des trames ;

Couche Liaison de données

Services de la couche de Liaison de données

Les services offerts par la couche Liaison de données sont ...

- La sous-couche de **Contrôle de la liaison logique** (Logical link control - LLC) ...
La détection d'erreur et l'annulation de paquets fournis à toutes les couches, notamment la couche réseau ;

Couche Liaison de données

Services de la couche de Liaison de données

Les services offerts par la couche Liaison de données sont ...

- La sous-couche de **Contrôle d'accès au support** (*Medium Access control* - MAC) ...
 - **Protocoles d'accès multiple pour le contrôle d'accès au canal**, par exemple les protocoles CSMA/CD pour la détection de collision et la retransmission dans les réseaux à bus Ethernet et les réseaux à concentrateurs (hubs), ou le protocole CSMA/CA pour l'évitement des collisions dans les réseaux sans-fils ;
 - **Adressage physique** (adressage MAC) ;
 - La **commutation LAN** (Commutation de paquets) incluant le filtrage MAC et le spanning tree protocol ;
 - La **gestion de files d'attente des paquets de données ou leur ordonnancement** ;
 - La **commutation Store-and-forward ou cut-through** ;
 - Le **contrôle de la Qualité de service** (QoS) ;
 - Les **réseaux LAN virtuels** (VLAN)

Couche Liaison de données

Découpage des données en trames

Le découpage des données en trame donne une signification aux bits qui sont transmis sur le réseau. Elle doit acheminer sans erreur des blocs d'information utilisateur sur la liaison physique ...

- **Contrôle d'intégrité**
Détection et de correction d'erreurs élémentaires dues au support physique imparfait et signale à la couche réseau les erreurs irrécupérables ;
- **Reconnaissance des débuts et fin de trames réceptionnées ;**
- **Spécifications des tailles et moyens d'adressage des trames.**

Couche Liaison de données

Découpage des données en trames

La couche Liaison de données s'assure que **deux ou plusieurs nœuds n'essaient pas de transmettre des données sur le canal (partagé) de transmission en même temps.**

Enfin, elle permet l'**identification des trames par adresse MAC.**

Le **protocole Ethernet** (IEEE 802.3) est le protocole le plus utilisé dans les réseaux locaux.

Couche Liaison de données

Réseau Local (*Local Area Network*)

Un LAN, pour *Local Area Network* est, comme son nom anglais l'indique, un **réseau d'aire locale**, ou encore un **Réseau Local d'Entreprise** (RLE).

En fait un LAN est un réseau qui possède une **couverture géographique très limitée**, généralement celle **d'un site ou d'un bâtiment**.

Couche Liaison de données

Réseau Local (*Local Area Network*)

Caractéristiques

Voici en quelques lignes les caractéristiques essentielles d'un LAN ...

- **Couverture géographique limités;**
- **Hauts débits de transmission**
(plusieurs mégabits par seconde -- Mbps).
Leur faible couverture géographique permet d'installer des **supports physiques d'excellente qualité** (affaiblissement faible, peu de diaphonie et paradiaphonie, bande passante élevée) pour la transmission de données ;

Couche Liaison de données

Réseau Local (*Local Area Network*)

Caractéristiques

Voici en quelques lignes les caractéristiques essentielles d'un LAN ...

- Réseau de diffusion

(avant l'arrivée des commutateurs (*switchs*)).

Toute donnée émise sur le réseau est vue par tous les connectés.

Lorsqu'une station envoie une trame de niveau 2, cette trame est diffusée à toutes les stations présentes sur le réseau local.

Cette opération est facilitée par la **topologie logique** (et éventuellement physique) du réseau.

Les stations sont **connectées à un bus ou à un anneau** (pour 99% des cas). On dit que les réseaux locaux fonctionnent sur des **supports partagés**.

Cette caractéristique est extrêmement importante car c'est elle qui oblige à la **mise en place d'un adressage au niveau 2**.

Couche Liaison de données

Réseau Local (*Local Area Network*)

Caractéristiques

Voici en quelques lignes les caractéristiques essentielles d'un LAN ...

- **Méthode d'accès au support**

Chaque type de LAN met en œuvre une **procédure particulière, et normalisée, d'accès au support** afin d'émettre les trames.

Cette procédure est communément appelée le **MAC : Medium Access Control**.

D'une manière générale étant donné que le support est **partagé entre toutes les stations d'un réseau local**, seule **une trame à la fois est véhiculée** par le support. Le MAC veille donc à **donner équitablement la parole** à chaque station, et bien sûr **détecte les éventuelles cacophonies** si certaines stations ne respectent pas le jeu.

Couche Liaison de données

Pour la suite, il est important de retenir que ...

- un **LAN est un réseau de diffusion qui partage son support** entre toutes les stations présentes (technologie logique du bus) ;
- un **LAN implémente une procédure de niveau 2 nommée MAC** qui définit un format de trame et gère la méthode d'accès au support ;
- en raison de la caractéristique de diffusion, le **MAC définit un adressage de niveau 2 pour les trames** (adresse de destination et adresse source).

La star incontestée des LAN est **Ethernet**.

Ce type de réseau local représente aujourd'hui **plus de 80% du parc**.

Il se décline en plusieurs débits,
10, 100, 1000 et 10 000 Mbps.

Les appellations courantes sont respectivement **Ethernet, Fast Ethernet, Giga Ethernet et 10 Giga Ethernet**.

Couche Liaison de données

Adressage MAC (*Medium Access Control*)

Quand une trame est adressée à une station unique du réseau local, elle comporte un **format d'adresse dit *unicast***.

Mais une trame peut également être adressée à un **groupe de stations ou à toutes les stations du réseau local**. L'adressage est alors respectivement nommé ***multicast* et *broadcast***.

La station qui reçoit une trame doit pouvoir y répondre. Chaque trame possède donc **une adresse MAC source qui permet au destinataire d'identifier l'émetteur**.

L'adressage MAC garanti l'**unicité mondiale d'une adresse**. L'adresse d'une station est d'ailleurs **inscrite en dur sur l'interface réseau** installée dans la machine.

Couche Liaison de données

Adressage MAC

Cette **adresse** est **définie sur 6 octets**.

Les **trois premiers octets** indiquent le **numéro du constructeur** et les **trois derniers** indiquent le **numéro de la carte** dans la série du constructeur.

Lorsqu'on énonce une adresse MAC, on donne sa valeur en hexadécimal pour chaque octet.

Par exemple: **00:00:0C:1A:BE:34**.

Il faut donc retenir simplement ,,,

- qu'une **adresse MAC se définit sur 6 octets** ;
- qu'il existe des adresses MAC **destinations unicast, multicast** et **broadcast**.

L'adresse destination broadcast a pour valeur hexadécimale :

FF:FF:FF:FF:FF:FF (tous les bits à 1 !);

- que l'adresse est, généralement, **codée en dur** sur l'interface réseau de la machine.

Couche Liaison de données

Adresses MAC

L'adresse de la couche Liaison de données d'un élément de réseau ...

- Format
6 octets en hexadécimal séparés par : ou – ;
- L'identifiant OUI (*Organization Unique Id*) sont les trois premiers octets et
- L'adresse matérielle spécifique (*Product ID*) sont les trois derniers octets.

B4-6D-83-DD-CE-49

Identification du
constructeur

Identification de
la carte réseau

Couche Liaison de données

Trame Ethernet

Une trame Ethernet se compose de 5 principaux éléments ...

- **Préambule**
Le paquet commence toujours par un préambule, qui contrôle la synchronisation entre l'émetteur et le récepteur, et un *Start Frame Delimiter* (SFD), qui définit la trame. Les deux informations sont une séquence de bits au format 10101010 ;
- **Adresse source**
Adresse MAC de la station source (émetteur) ;
- **Adresse de destination**
Adresse MAC de la station destinataire (récepteur) ;

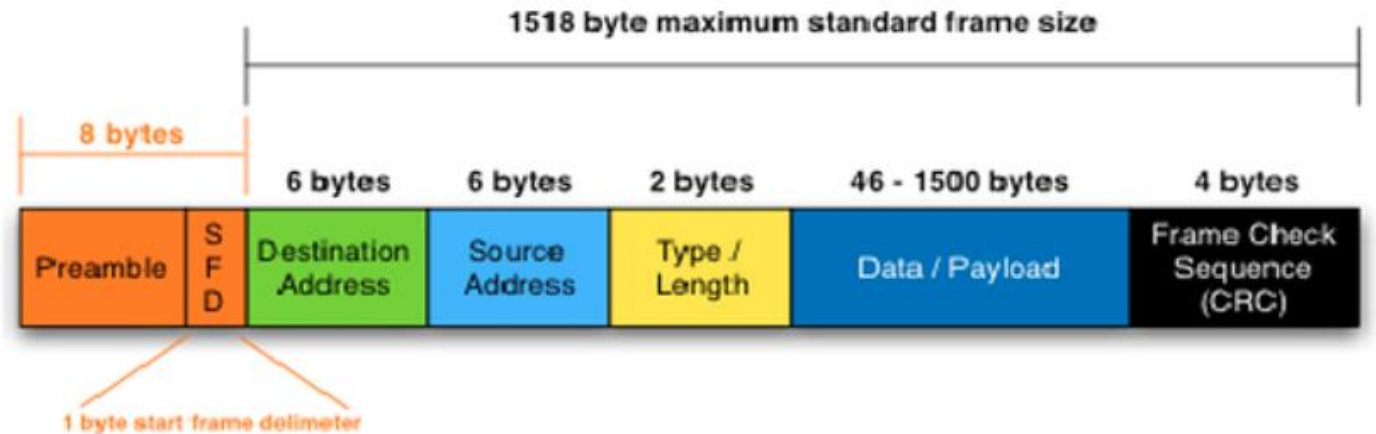
Couche Liaison de données

Trame Ethernet

Une trame Ethernet se compose de 5 principaux éléments ...

- **Type Ethernet**
Type de données encapsulées
(généralement paquets IP) ;
- **Charge utile (*payload*)**
Données transmises.
- **Somme de contrôle (*checksum*)**
Parfois appelée empreinte, est un nombre qu'on ajoute à une trame à transmettre pour permettre au récepteur de vérifier que le message reçu est bien celui qui a été envoyé.

Couche Liaison de données



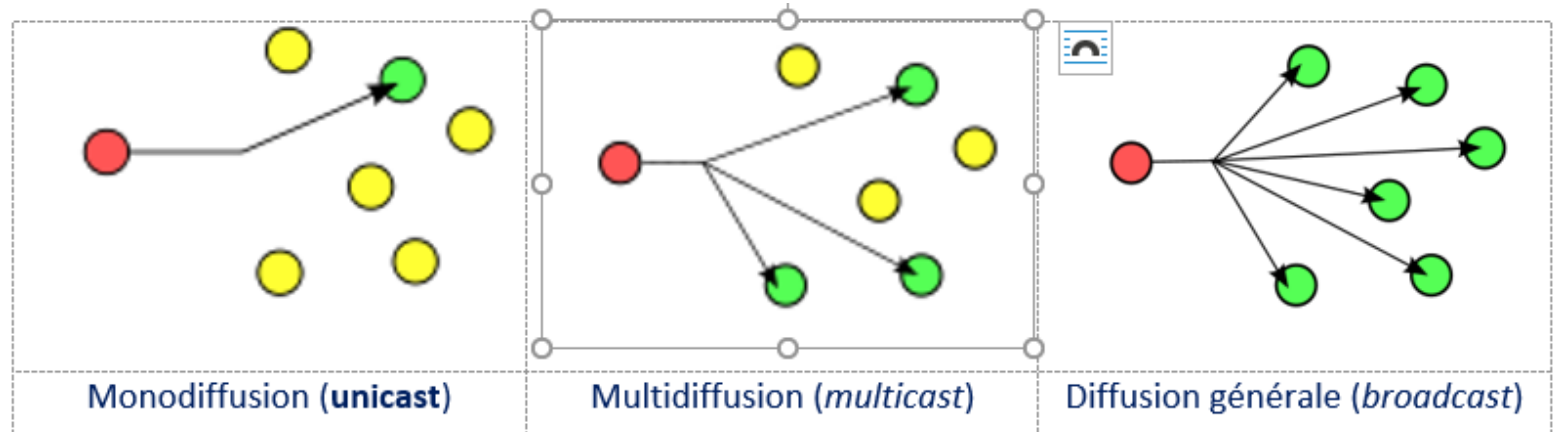
Couche Liaison de données

Mode de transmission du protocole Ethernet

Il existe trois mode de transmission Ethernet ...

- **Diffusion dirigée (*Unicast*)**
Adresse MAC -- **0A:00:81:2F:42:51**
Adresse désignant une seule interface ;
- **Multi diffusion (*Multicast*)**
Adresse MAC -- **01:XX:XX:XX:XX:XX** (premier octet impair)
Adresse désignant plusieurs stations (groupe de diffusion) ;
- **Adresse de diffusion globale (*Broadcast address*)**
Adresse MAC -- **FF:FF:FF:FF:FF:FF**
Adresse de diffusion qui désigne l'ensemble des stations du domaine de collision concerné

Couche Liaison de données



Couche Liaison de données

Taille des trames Ethernet/IEEE 802.3

- La **taille maximale** d'une **trame Ethernet** est de ...
1 518 octets ;
- Cette petite taille **empêche un nœud de monopoliser le canal** pendant trop longtemps ;
- Ceci est une **valeur arbitraire**.
La **taille minimale d'une trame** est de **64 octets** ;
- Si la quantité de données transportées ne permet pas de remplir une trame, il faut **ajouter des octets de bourrage** (*padding*).

Couche Liaison de données

Commutateur Ethernet

Un commutateur réseau (*switch*), est un **équipement qui relie plusieurs segments** (câbles ou fibres) dans un réseau informatique et de télécommunication et qui **permet de créer des circuits virtuels**.

Le commutateur **établit et met à jour une table**, dans le cas du commutateur pour un réseau Ethernet il s'agit de la **table d'adresses MAC**, qui lui indique **sur quels ports diriger les trames destinées à une adresse MAC** donnée, en fonction des adresses MAC source des trames reçues sur chaque port. Le commutateur **construit donc dynamiquement une table qui associe numéro de port et adresses MAC**.

Couche Liaison de données

Méthodes de transmission

La transmission des paquets peut s'opérer selon quatre méthodes ...

- **Mode direct** (*cut through*)
Le commutateur lit juste l'adresse du matériel et la transmet telle quelle.
Aucune détection d'erreur n'est réalisée avec cette méthode ;
- **Mode différé** (*store and forward*)
Le commutateur met en tampon, et le plus souvent, réalise une opération en somme de contrôle sur chaque trame avant de l'envoyer ;
- **Mode sans fragment** (*fragment free*)
Les paquets sont passés à un débit fixé, permettant de réaliser une détection d'erreur simplifiée.
C'est un compromis entre les précédentes méthodes ;
- **Commutation automatique** (*adaptive switching*)
En fonction des erreurs constatées, le commutateur choisit automatiquement un des trois modes précédents.

Couche Liaison de données

VLAN (*Virtual Local Area Network*)

Un réseau local virtuel, communément appelé VLAN est un **réseau informatique logique indépendant**.

De **nombreux VLAN peuvent coexister sur un même commutateur réseau**.

Un VLAN est un ensemble d'unités regroupées quel que soit l'emplacement de leur segment physique.

Le VLAN permet de **définir un nouveau réseau au-dessus du réseau physique** et à ce titre offre les avantages suivants ...

- **Plus de souplesse pour l'administration et les modifications du réseau** (e.g. mobilité).
Toute l'architecture peut être modifiée par simple paramétrage des commutateurs ;

Couche Liaison de données

VLAN (*Virtual Local Area Network*)

... offre les avantages suivants ...

- **Optimisation de la bande passante ...**
En séparant les flux un VLAN permet de segmenter un réseau physique afin de réduire le domaine de diffusion générale (*broadcast*) ;
- **Gain en sécurité car les informations sont encapsulées** dans un niveau supplémentaire et éventuellement analysées.
Un VLAN permet de créer un **ensemble logique isolé** pour améliorer la sécurité.
Le seul moyen pour communiquer entre des **machines appartenant à des VLAN différents** est alors de passer par un routeur;
- **Réduction de la diffusion du trafic sur le réseau.**

Couche Liaison de données

