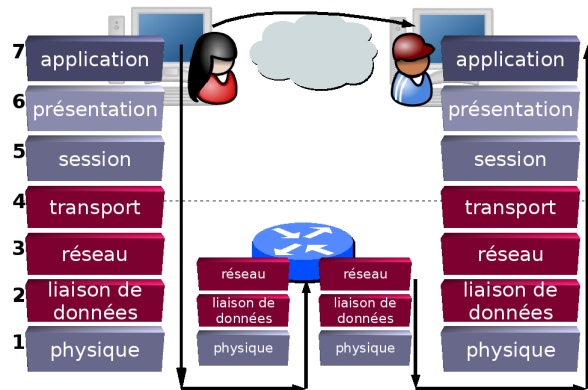
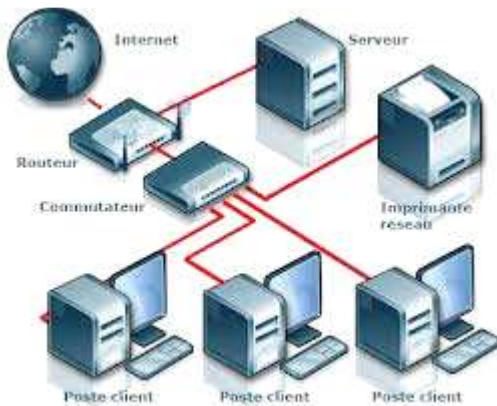


MODÈLES EN COUCHE DES RÉSEAUX



Objectifs du COURS :

Ce cours traitera essentiellement les points suivants :

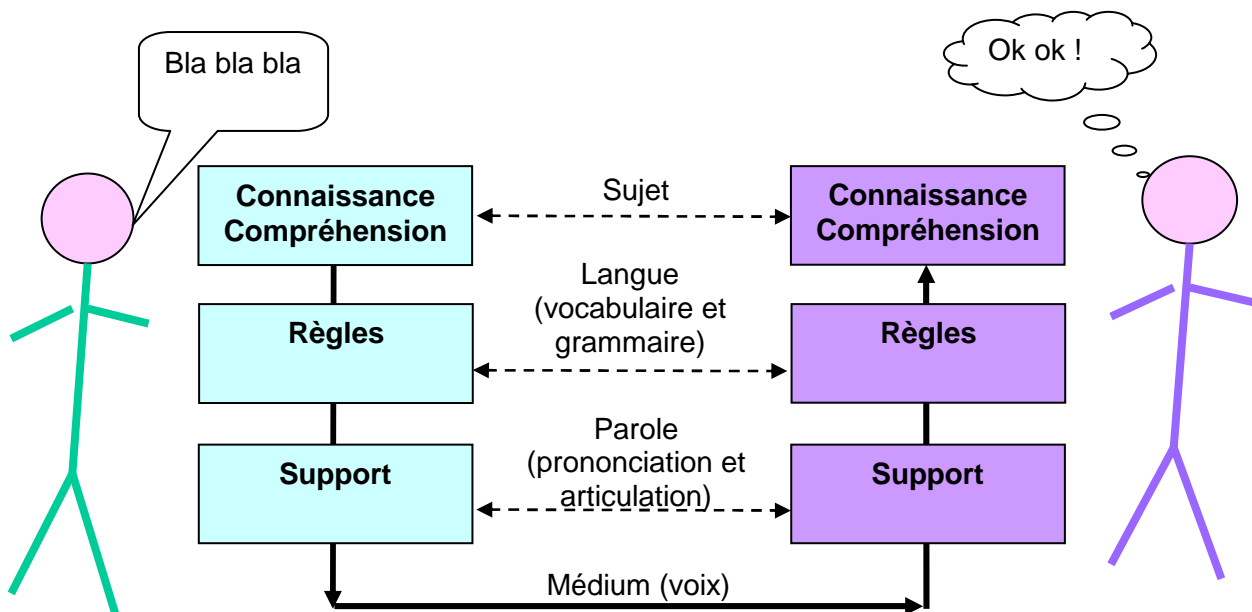
- réseau et communication
- les modèles en couche
- le modèle OSI
- décodage d'une trame Éthernet
- le modèle TCP-IP
- encapsulation des données
- exercices d'application

RÉSEAU ET COMMUNICATION

Un réseau est un groupe d'ordinateurs, de périphériques et d'autres appareils reliés entre eux pour échanger et partager :

- **des informations,**
- **des ressources,**
- **des périphériques.**

Pour qu'une communication d'informations fonctionne **il faut établir quelques règles simples.** Dans une conversation, par exemple, il convient de ne pas parler en même temps, de parler la même langue, de parler du même sujet...



Médium = support de transmission

Les principes ainsi définis constituent un ensemble :

- de couches (connaissance, règles, support)
- et de protocoles (sujet, langue, parole)

MODÈLES EN COUCHE

Des besoins de standardisation naissent des modèles de structures de communication.

La communication dans un réseau informatique fonctionne sur le même principe.

Afin de rendre les logiciels indépendants du matériel, l'ensemble du processus de communication est découpé en couches, chacune :

- assurant une fonction précise,
- utilisant un protocole de communication parfaitement codifié.

INTÉRÊT D'UN SYSTÈME EN COUCHE

Le but d'un système en couche est de séparer le problème en différentes parties (les couches) selon leur niveau d'abstraction.

Chaque couche du modèle communique avec une couche adjacente (celle du dessus ou celle du dessous). Chaque couche utilise ainsi les services des couches inférieures et en fournit à celle du niveau supérieur.

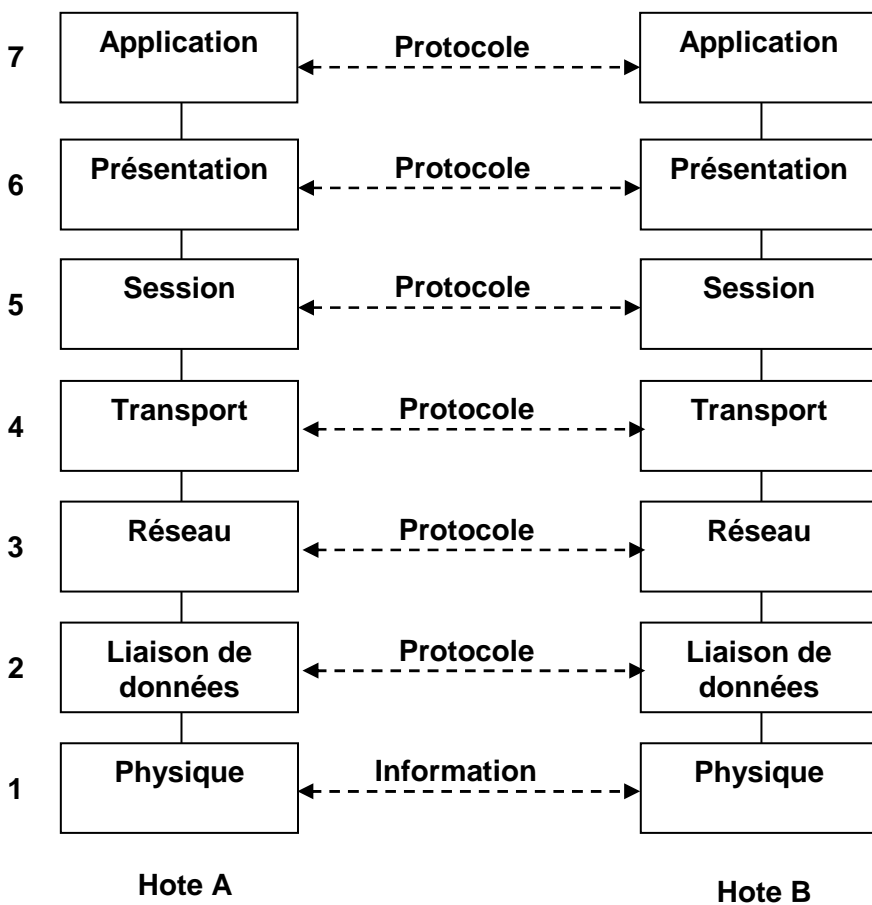
Entre deux appareils reliés, les couches doivent être les mêmes et pouvoir communiquer avec le même protocole.

Les premiers réseaux étaient développés autour de structures et protocoles propriétaires et ne pouvaient pas, de ce fait, être connectés.

LE MODÈLE OSI

L'ISO (International Standards Organisation) a développé le modèle OSI (Open Systems Interconnection), modèle théorique qui doit permettre l'interconnexion avec des systèmes hétérogènes. Il se décompose en 7 couches, chacune en charge d'un aspect de la communication. TCP-IP est un modèle fonctionnel à même de communiquer sur internet et qui s'appuie en partie sur le modèle OSI.

Le modèle OSI est organisé autour d'un empilage de 7 couches :



Lorsque les données sont transférées dans le réseau, elles parcourent toutes les couches de 7 à 1 en étant enrichies de nouvelles informations à chaque couche traversée. Lorsqu'elles atteignent le destinataire, le processus est inversé et chaque couche peut diriger l'information vers le bon protocole amont.

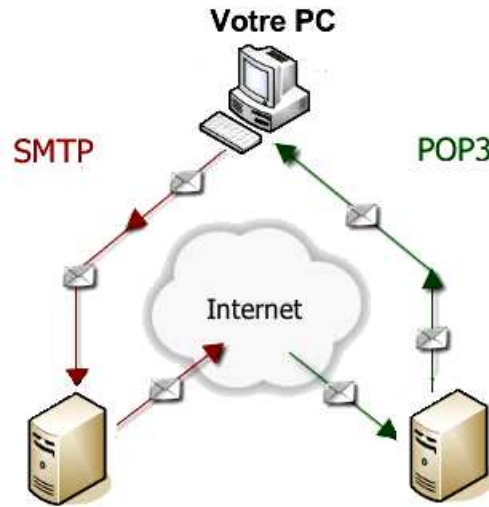
HOTE (Anglais : Host)
Ordinateur distant qui reçoit les appels d'autres machines (connexions sur un site Web, par exemple).

Nous allons pour chacune des couches faire l'analogie avec « le monde réel ». Nous prendrons pour exemple, une société envoyant des produits alimentaires par voie postale et en recommandé avec accusé réception.

LA COUCHE 7 : APPLICATION

La couche application est l'interface entre l'utilisateur et le réseau, elle est gérée directement par les logiciels :

- courrier électronique (protocoles SMTP, POP, IMAP, ...),
- transfert de fichier (protocoles FTP, NFS,...),
- affichage de page web (protocole HTTP), ...

**Par analogie :**

La couche application est limpide ! c'est l'utilisation de ce que l'on a transporté, comme les produits manufacturés issus des produits transportés, comme un gâteau fabriqué à partir des matières premières alimentaires.

En résumé :

Cette couche est la couche que l'on voit en tant qu'utilisateur. Elle fournit les protocoles applicatifs.

LA COUCHE 6 : PRÉSENTATION

C'est dans cette couche que sont converties les informations d'un format à un autre (ASCII par exemple) afin d'assurer l'indépendance entre l'utilisateur et le transport.

Les opérations de conversion, de cryptage et de compression y sont réalisées.

Par analogie :

La couche présentation permet de présenter le contenu du colis toujours de la même manière. Comme par exemple, une société qui envoie des matières premières pour des cuisines agroalimentaires. Il est nécessaire que les colis soient toujours présentés de la même manière. Et ce, pour tous les fournisseurs qui envoient les produits.

En résumé :

Cette couche fournit à la couche supérieure une mise en forme des données, elle peut également assurer la cryptographie des données.

LA COUCHE 5 : SESSION

La couche session fiabilise la communication entre les ordinateurs ou périphériques. C'est dans cette couche que sont gérés les tours de parole entre les applications qui doivent coopérer, c'est-à-dire la synchronisation de la communication.

C'est au niveau de la couche session que sont ouverts **les ports** de communication (appelés sockets dans Windows).

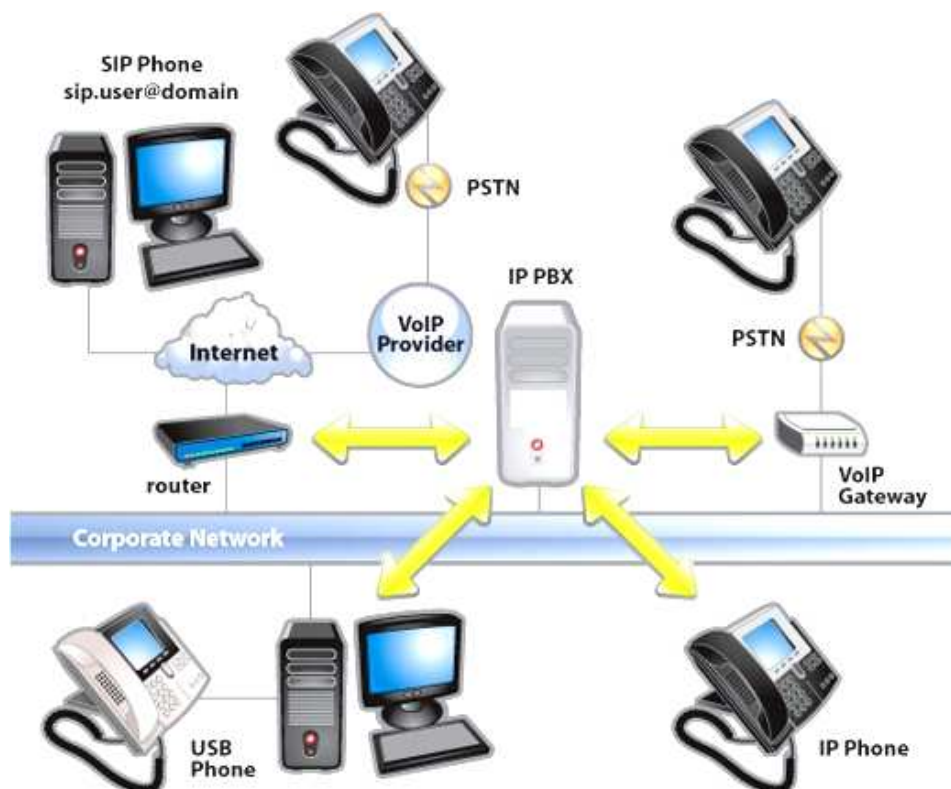
Le lien avec l'extérieur dépend donc de cette couche.

Par analogie :

La couche session permet à l'expéditeur de demander à son service de livraison d'envoyer ses cartons par lots. Comme par exemple envoyer tous les colis à la confiserie de la BonBonCop dans les trois jours. S'il ne paye pas à la livraison du dernier carton, reprendre tous les cartons déjà livrés.

En résumé :

Cette couche fournit à la couche supérieure des outils pour la communication d'informations, en introduisant la notion de session. Cette couche est beaucoup utilisée en VoIP.



L'ensemble des trois couches application, présentation et session assure la collecte des données au niveau de l'utilisateur et leur mise en forme afin d'assurer leur transmission à l'application de destination.

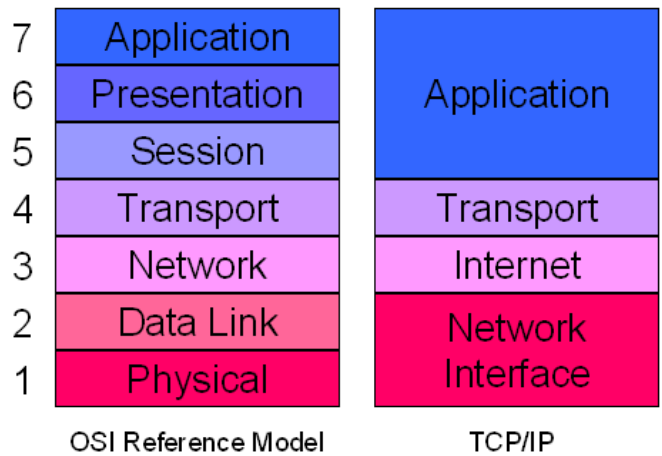
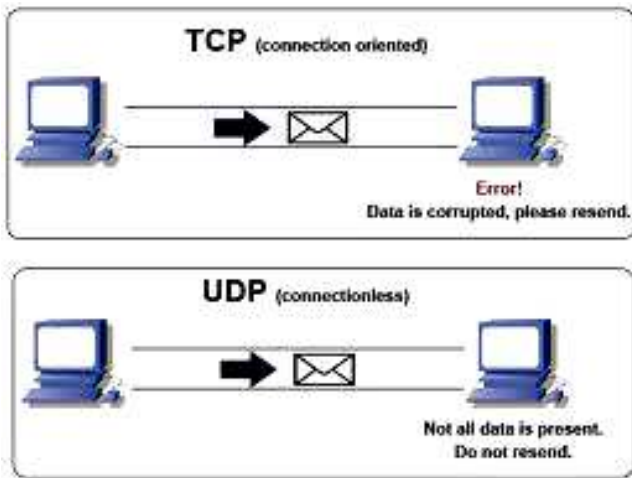
LA COUCHE 4 : TRANSPORT

La couche transport gère l'ensemble du processus de connexion.

C'est dans la couche transport que sont corrigées les erreurs de transmission et qu'est vérifié le bon acheminement des données.

Elle optimise l'utilisation de la couche réseau et assure des travaux de type fragmentation de message.

Si une connexion est interrompue, elle va décider de réinitialiser la connexion et de reprendre le transfert des données.



Par analogie :

La couche transport est le livreur qui va porter le paquet. C'est lui qui va décider ou non de rendre le colis s'il est abîmé.

Le livreur peut également pour une même adresse avoir plusieurs entreprises, il choisira dans ce cas le bon étage, en fonction de ce qui lui a été écrit sur les colis. Dans le cas de TCP et UDP, ces numéros d'étages sont **des ports**.

La couche transport peut également demander un accusé de réception.

En résumé :

Le rôle principal de la couche transport est de fournir à la couche supérieure des outils de transports de données efficaces et fiables.

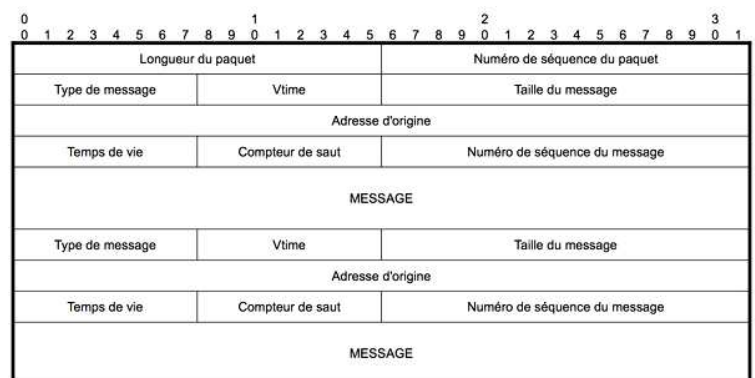
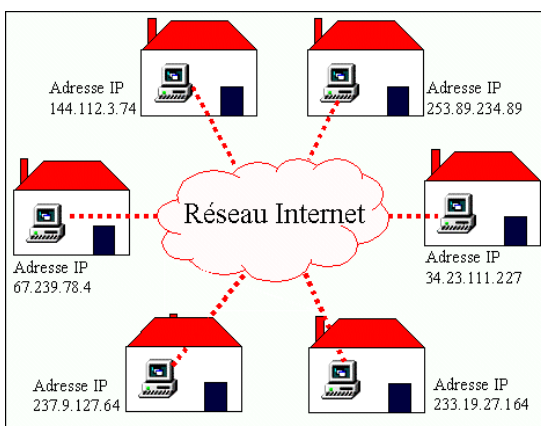
LA COUCHE 3 : RÉSEAU

C'est dans la couche réseau que les ordinateurs connectés au réseau sont identifiés et qu'est déterminé comment les informations doivent être dirigées.

Les services de routages déterminent un chemin à l'intérieur du réseau maillé et contrôlent les flux pour ne pas saturer le réseau.

L'unité d'information est **le paquet**.

Le protocole utilisé pour cette couche est l'IP.



Datagramme d'un paquet

Par analogie :

La couche réseau permet de s'assurer que les camions arrivent à la bonne adresse. Elle permet d'utiliser le meilleur chemin possible (route, autoroute, ferry, ...) comme le ferait un GPS doté d'informations trafic fiables.

En résumé :

Cette couche fournit des outils de transmission de paquets de bits (trames) à la couche supérieure. Les transmissions sont routées et la congestion est contrôlée.

LA COUCHE 2 : LIAISON DE DONNÉES

C'est dans cette couche qu'est assurée une liaison fiable par une bonne synchronisation et une détection des données.

Elle est responsable des transferts sans erreurs des trames, ce qui nécessite l'implantation de code de détection d'erreurs.

Il y a un contrôle du flux afin d'éviter l'engorgement.

Elle séquence les informations c'est-à-dire la numérotation des trames.

Par analogie :

Cette couche est composée de camions de transport. Son rôle est d'assurer que les camions sont en capacité d'arriver à bon port, que des stations-service soient disséminées sur le réseau routier, ainsi que des hôtels pour que les chauffeurs puissent se reposer.

En résumé :

Cette couche fournit des outils de transmission de paquets de bits (trames) à la couche supérieure. Les transmissions sont « garanties » par des mécanismes de contrôle de validité.

DÉCODAGE D'UNE TRAME ÉTHERNET

Voir page suivante.

LA COUCHE 1 : PHYSIQUE

La couche physique définit la façon dont les données sont physiquement converties en signaux numériques sur le média de communication (impulsions électriques, modulation de la lumière, etc...)

Elle définit les caractéristiques électriques du signal, et mécaniques des connecteurs. Elle se situe donc au niveau du signal électrique.

Par analogie :

Cette couche est le réseau routier mondial. Chaque endroit de la planète est disponible à partir de son adresse postale. Elle garantit que le réseau routier est en bon état.

En résumé :

Cette couche fournit des outils de transmission de paquets de bits à la couche supérieure, qui les utilisera sans se préoccuper de la nature du médium utilisé.

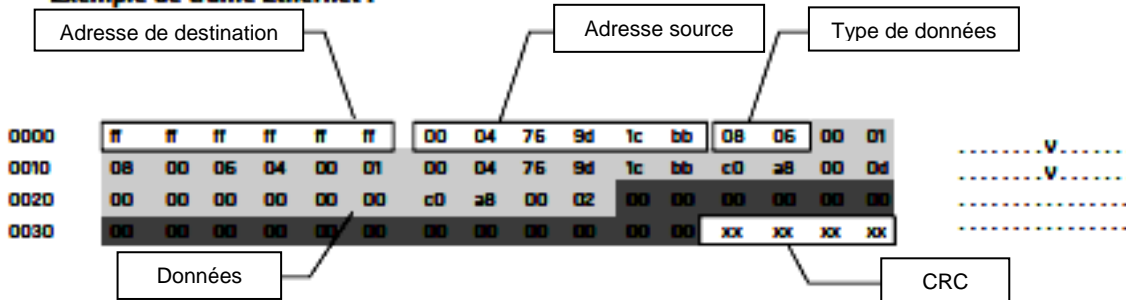
Décodage d'une trame Éthernet :

Octet 1	Octet 2	Octet 3	Octet 4
Préambule			
Préambule			
Adresse destination			
Adresse destination (4-5)			
Adresse source			
Type des données			
Bourrage (0 à 15)			
Contrôle			

Le **contrôle de redondance cyclique** consiste à protéger des blocs de données, appelés *trames* (*frames* en anglais). À chaque trame est associé un bloc de données, appelé **code de contrôle** (parfois **CRC** par abus de langage ou **FCS** pour *Frame Check Sequence* dans le cas d'un code de 32 bits). Le *code CRC* contient des éléments redondants vis-à-vis de la trame, permettant de détecter les erreurs, mais aussi de les réparer.

- Préambule :** 7 octets égaux à 10101010 + 1 octet égal à 10101011
- Adresse destination :** codée sur 48 bits (FF:FF:FF:FF:FF:FF pour diffusion)
- Adresse source :** codée sur 48 bits
- Type des données :** identification du protocole couche supérieure (0x0800 pour IP, 0x0806 pour ARP...)
- Données :** données de la couche supérieure
- Bourrage :** la longueur minimale d'une trame Éthernet est de 64 octets (hors préambule). Si les données ont une longueur inférieure à 46 octets, le champ bourrage est utilisé

Exemple de trame Éthernet :



L'adresse de destination vaut ici FF:FF:FF:FF:FF:FF, soit l'adresse de diffusion ; le type de données vaut 0x0806, soit le protocole ARP ; les données ont une longueur totale de 46 octets dont 18 de bourrage (00) ; le CRC est remplacé par des x (l'analyseur réseau ne montre pas le CRC), la longueur totale est égale à 64 octets (taille minimale d'une trame Éthernet).

Question :

Décoder la trame ci-dessous (CRC non présent), rechercher la destination, la source, et le protocole transporté.

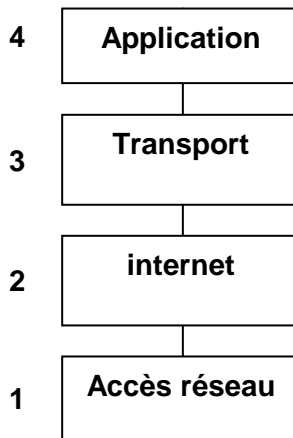
0000	00 d0 c9 17 09 61 00 0f b0 71 c4 c1 08 00 45 00a..q...E
0010	00 3b 18 9e 40 00 40 11 a0 b1 c0 a8 00 10 c0 a8	.;.@.@.
0020	00 02 80 0b 00 35 00 27 81 9b 9a 7a 01 00 00 015.'...z....
0030	00 00 00 00 00 00 03 77 77 77 06 67 6f 6f 67 6cw www.googl
0040	65 02 66 72 00 00 01 00 01	e.fr....

Destination : 00 d0 c9 17 09 61

Source : 00 0f b0 71 c4 c1

Protocole : 08 00, **Protocole IP**

LE MODÈLE TCP-IP



Le modèle TCP-IP, adapté à la communication sur internet n'utilise que 4 couches.

LA COUCHE 4 : APPLICATION

La couche application est la couche située au sommet des couches de protocoles TCP-IP. Elle contient les applications réseaux permettant de communiquer grâce aux couches inférieures. Les logiciels de cette couche communiquent donc grâce à un des protocoles de la couche inférieure (la couche transport).

La plupart des ces applications sont des services réseau. C'est-à-dire des applications fournies à l'utilisateur pour assurer l'interface avec le système d'exploitation.

On peut les classer selon les services qu'ils rendent :

- les services de gestion de fichier et d'impression,
- les services de connexion au réseau,
- les services de connexion à distance,
- les utilitaires internet divers.

LA COUCHE 3 : TRANSPORT

La couche transport permet à des applications tournant sur des machines distantes de communiquer. Le problème consiste à identifier ces applications.

En effet, suivant la machine et son système d'exploitation, l'application pourra être un programme, une tâche, un processus....

C'est la raison pour laquelle un système de numéro a été mis en place afin de pouvoir associer un type d'application à un type de données, ces identifiants sont appelés : **ports**.

La couche transport contient 2 protocoles permettant d'échanger des données indépendamment du type de réseau emprunté (c'est-à-dire des couches inférieures), il s'agit des protocoles suivants :

- TCP : un protocole orienté connexion qui assure le contrôle des erreurs,
- UDP : un protocole non orienté connexion.

LA COUCHE 2 : INTERNET

La couche internet est la couche « la plus importante » car c'est elle qui définit les datagrammes (paquets de données), et qui gère les notions d'adressage IP.

Elle permet l'acheminement des datagrammes vers des machines distantes ainsi que la gestion de leur fragmentation et de leur assemblage à réception.

La couche internet contient :

- le protocole IP
- le protocole ARP
- ...

LA COUCHE 1 : ACCÈS RÉSEAU

La couche accès réseau offre les capacités à accéder à un réseau physique quel qu'il soit, c'est-à-dire les moyens à mettre en œuvre afin de transmettre des données via un réseau.

Elle contient toutes les spécifications concernant la transmission de données sur un réseau physique, qu'il s'agisse de réseau local, de connexion à une ligne téléphonique ou n'importe quel type de liaison à un réseau.

Elle prend en charge les notions suivantes :

- acheminement des données sur la liaison,
- synchronisation de la transmission de données,
- format des données,
- conversion des signaux (analogique/numérique),
- contrôle des erreurs à l'arrivée.

Toutes ces spécifications sont transparentes aux yeux de l'utilisateur, car l'ensemble de ces tâches est en fait réalisé par le système d'exploitation, ainsi que par les drivers du matériel permettant la connexion au réseau (ex : driver de carte réseau).

ENCAPSULATION DES DONNÉES

Lors d'une transmission, les données traversent chacune des couches au niveau de la machine émettrice.

À chaque couche, une information est ajoutée au paquet de données, il s'agit d'un en-tête, ensemble d'informations qui garanti la transmission.

Au niveau de la machine réceptrice, lors du passage dans chaque couche, l'en-tête est lu, puis supprimé.

Ainsi à la réception, le message est dans son état originel.

À chaque niveau, le paquet de données change d'aspect, car on lui ajoute un en-tête, ainsi les appellations changent suivant les couches :

- le paquet de données est appelé message au niveau de la couche application,
- le message est ensuite encapsulé sous forme de segment dans la couche transport,
- le segment une fois encapsulé prend le nom de datagramme dans la couche internet,
- enfin on parle de trame au niveau de la couche accès réseau.

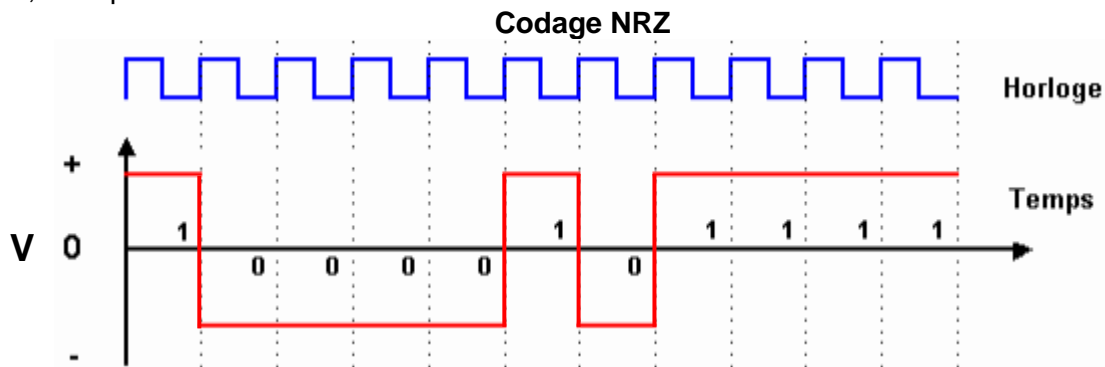
EXERCICES D'APPLICATION

EXERCICES N°1 (couche physique)

Question :

Compléter les chronogrammes ci-dessous :

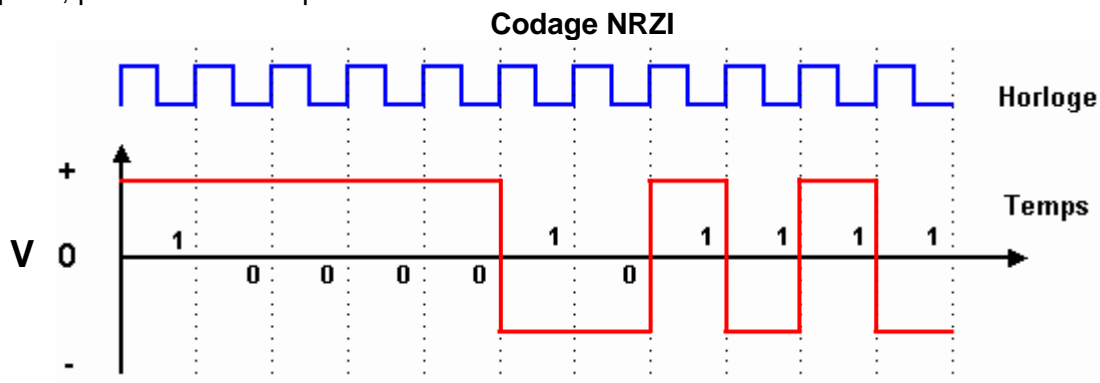
Principe du codage NRZ (Non Return to Zero) : très proche du codage binaire de base, il code un 1 par +V, un 0 par -V.



Le codage NRZ améliore légèrement le codage binaire de base en augmentant la différence d'amplitude du signal entre les 0 et les 1. Toutefois les longues séries de bits identiques (0 ou 1) provoquent un signal sans transition pendant une longue période de temps, ce qui peut engendrer une perte de synchronisation.

Le débit maximum théorique est le double de la fréquence utilisée pour le signal : on transmet deux bits pour un hertz.

Principe du codage NRZI (Non Return to Zero Inverted) : on produit une transition du signal pour chaque 1, pas de transition pour les 0.



Avec le codage NRZI, on voit que la transmission de longues séries de 0 provoque un signal sans transition sur une longue période. Le débit binaire est le double de la fréquence maximale du signal : on transmet deux bits pour un hertz.

Utilisation : Fast Ethernet (100BaseFX), FDDI

EXERCICES N°2 (couche liaison de données)

D'après la trame page suivante.

Question 1 :

Quelle est l'adresse de destination du paquet Éthernet ?

Adresse de destination : **00 d0 c9 17 09 61**

Question 2 :

Quel est le type de données transporté ?

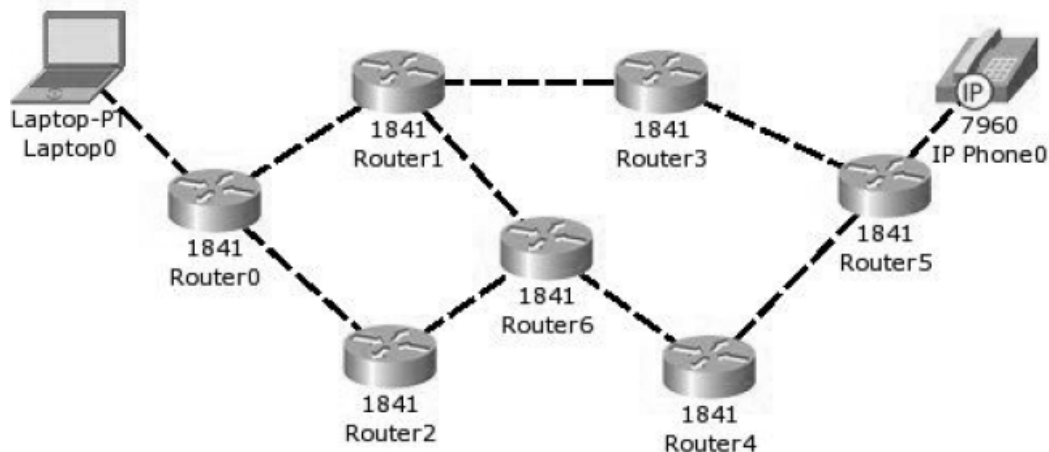
Type de données : **0x800 protocole IP**

Trame Éthernet :

```

0000 00 d0 c9 17 09 61 00 0f b0 71 c4 c1 08 00 45 00 .....a... .q....E.
0010 00 3b 18 9e 40 00 40 11 a0 b1 c0 a8 00 10 c0 a8 .;...@.@. ....
0020 00 02 80 0b 00 35 00 27 81 9b 9a 7a 01 00 00 01 .....5. ...z....
0030 00 00 00 00 00 00 03 77 77 77 06 67 6f 6f 67 6c .....w ww.googl
0040 65 02 66 72 00 00 01 00 01 e.fr.... .
    
```

EXERCICES N°3 (couche réseau)



D'après le réseau ci-dessus.

Question 1 : (couche réseau)

Combien de routes sont possibles (sans repasser deux fois par le même routeur) ? Préciser quel est le chemin le plus court.

4 routes, chemin le plus court = 0-1-3-5

Question 2 :

En fonction de la charge des routeurs, IP n'utilise pas toujours le même chemin. Selon vous, quel mécanisme peut être utilisé à l'émission et à la réception des paquets pour les remettre dans le bon ordre ?

La numérotation des paquets
