
Réseaux

4 février 2013

1 Expression du besoin

Au lendemain de la seconde guerre mondiale, le développement de l'informatique a conduit à numériser grand nombre d'informations. La transmission de ces informations par des supports physiques (cartes perforées, bandes magnétiques, disquettes, etc...) a vite trouvé sa limite et il a fallu envisager un autre mode d'échanges de données.



Les échanges entre deux équipements (ordinateurs par exemple) sont rendus possible par des transmissions série (protocole RS232) mais demeurent restrictives. L'échange entre plusieurs postes simultanément étant le réel besoin. Pour transmettre des données d'un immeuble à l'autre, d'une ville à une autre ou d'un pays à l'autre, seules les liaisons téléphoniques existaient, d'où l'idée d'utiliser ces lignes électriques pour véhiculer des signaux numériques (succession de 0 et de 1 logiques) modulés. En 1958, le premier appareil capable de faire cette modulation voit le jour. On l'appelle MODEM (Modulateur-Démodulateur). A partir de là, la communication entre les ordinateurs sur de longues distances devient possible dès lors qu'un standard de communication est défini.

2 La liaison série

2.1 Liaison RS 232

Voir TP du 29/02

2.2 USB : Universal Serial Bus

Il s'agit d'un bus série devenu standard sur nos ordinateurs. La vitesse de communication est bien plus élevée qu'en RS232 : 480Mbit/s contre 19200bits/s en RS232. Un autre avantage de l'USB est que l'on peut disposer de plusieurs prises sur un même ordinateur et que par le biais de HUB, on peut multiplier les prises. Son fonctionnement se rapproche du Token Ring : Chaque périphérique USB est autorisé à dialoguer à tour de rôle. La prise USB permet également de fournir une énergie électrique de 5V sous 100mA.

3 Notion de réseaux

3.1 Introduction

Un réseau au sens large est un ensemble d'objets ou de personnes interconnectés les uns avec les autres et qui font circuler des informations entre eux selon des règles communes. En informatique, un réseau est un ensemble d'équipements informatiques reliés entre eux par des conducteurs d'informations (ondes, cuivre, fibre optique...). L'intérêt d'un réseau informatique est de :

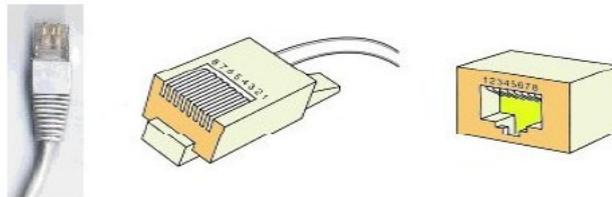
- partager des données
- communiquer entre les machines et entre les utilisateurs
- partager des périphériques (imprimantes, machines, etc...)
- travailler sur des données communes, avoir une unicité de l'information (bases de données)
- délocaliser les utilisateurs

3.2 Les constituants du réseaux

- La carte réseau dans le PC



- Les prises murales RJ45

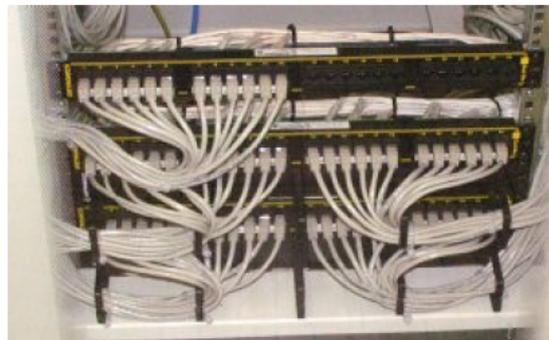


- Le câble en cuivre à paires torsadées ou en fibres optiques



Cable sous marin

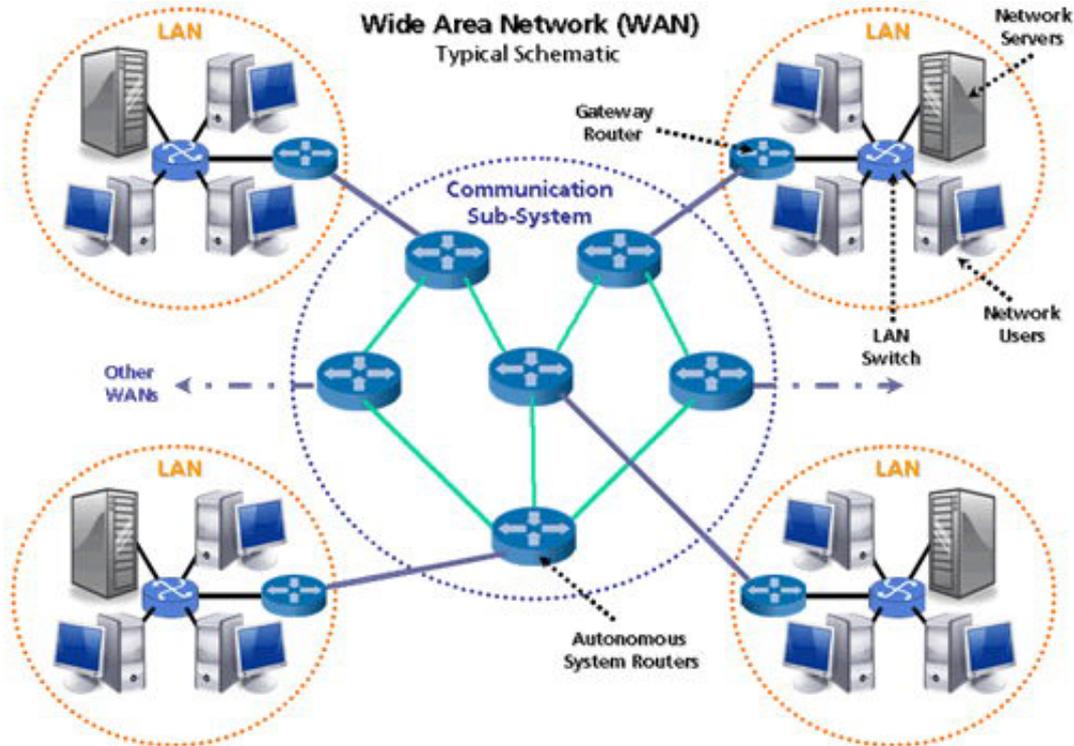
- Les concentrateurs (hub) ou les commutateurs (switchs) dans les baies de brassages



Les points d'échange

3.3 Les types de réseaux

- LAN (local area network - Réseau Local) : même organisation dans une petite aire géographique, débit : [10 Mbps, 1 Gbps], utilisateurs : [100 à 1000]
- MAN (Metropolitan Area Network Réseau métropolitain) : interconnexion de plusieurs LAN géographiquement proches (dizaines de km)
- WAN (Wide Area Network Réseau étendu) : interconnexion de plusieurs LAN à travers de grandes distances géographiques



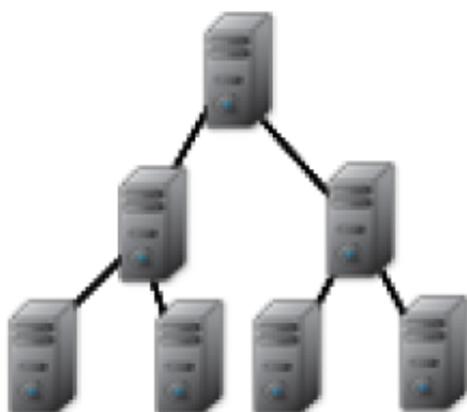
3.4 Les topologies des réseaux

3.4.1 Topologie en réseau maillé



Tous les noeuds sont reliés 2 à 2 et communiquent directement. Ce type de câblage n'est plus utilisé car il nécessite beaucoup de câble. Avec n machines il faut $\frac{n(n-1)}{2}$ câbles.

3.4.2 Topologie en arbre



Chaque noeud possède un noeud parent auquel il transmet les requêtes qu'il reçoit. Les messages remontent dans l'arbre jusqu'à la racine et redescendent ensuite dans les branches vers les destinataires.

3.4.3 Topologie en bus



Une topologie en bus est l'organisation la plus simple d'un réseau. En effet dans une topologie en bus tous les ordinateurs sont reliés à une même ligne de transmission par l'intermédiaire de câble, généralement coaxial. Le mot "bus" désigne la ligne physique qui relie les machines du réseau. Un câble relie tous les ordinateurs en ligne. Un "jeton" unique sur le bus autorise une machine à émettre des données et interdit de ce fait la "collision" des données. L'adresse de la machine est placée dans le message d'émission. Le destinataire peut ainsi se reconnaître, lire le message et y répondre.

3.4.4 Topologie en anneau



La communication repose également sur le principe du jeton qui circule dans la ligne et qui autorise ou non les communications. La rupture d'un des noeuds empêche le réseau de fonctionner. La mise en oeuvre est complexe.

3.4.5 Topologie en étoile



Chaque poste est relié à un concentrateur (HUB) ou commutateur (switch). Ce dernier a pour rôle d'éviter les collisions et d'autoriser les communications entre deux postes. Cette solution est évolutive mais coûteuse.

A savoir

Il existe de nombreuses architectures de réseaux. Leurs caractéristiques dépendent des besoins des utilisateurs et des contraintes physiques.

Nous nous intéresserons particulièrement à Internet, qui est le réseau de la plus grande envergure mondiale.

Internet est différent du Web

Internet : interconnexion de réseaux de machines

Web : données échangées sur Internet via le protocole HTTP

3.5 Les éléments actifs

(Visite local technique)

On appelle éléments actifs, des équipements électroniques intervenant dans l'acheminement des trames de communication dans un réseau. Souvent les éléments actifs se présentent sous forme de boîtier rackable de 19 pouces de large qui sont placés dans des baies informatiques ondulées (protégées contre des variations ou absence de courant d'alimentation). Pour relier les différents équipements entre eux, on utilise des câbles informatiques disposant à leurs extrémités des connecteurs RJ45.

3.5.1 Le hub

Un Hub est une sorte de rallonge permettant de renvoyer les trames Ethernet vers différents destinataires. Le Hub amplifie les signaux, mais il ne gère pas leur bonne distribution. Si le nombre de destinataires est important il se produit des collisions de données ce qui peut considérablement diminuer les performances du réseau. Un Hub se situe uniquement au niveau 1 de la couche OSI. En français on parle aussi de répéteur.

3.5.2 Le switch

Le switch est un commutateur de signaux. Il décode l'entête de la trame Ethernet et envoie la trame au bon destinataire (contrairement au Hub). Le switch se situe aux niveaux 1 et 2 de la couche OSI. Il dispose en interne d'une table de correspondance entre le numéro de port de sortie (le numéro du connecteur RJ45 de sortie) et l'adresse MAC. Certains switch, plus performants agissent au niveau 3 voire 4.

3.5.3 Le routeur

Hub et switch n'assurent que les liaisons entre équipements qui se trouvent dans le même réseau. Le rôle du routeur est de permettre de relier, si les règles de routage le permettent des équipements dans des réseaux différents. Au sein d'un réseau local, un routeur n'est pas nécessaire, mais pour relier différents sites il est incontournable.

3.5.4 Convertisseur cuivre-fibre

Lorsque les distances de communications sont trop grandes (supérieur à 100m) les câbles RJ45 en cuivre ne peuvent plus être utilisés. Il faut alors faire appel à une transmission par fibre optique.

3.6 Adressage

3.6.1 Adresse

Dans un réseau informatique chaque équipement est caractérisé par deux numéros de plusieurs nombres appelées ADRESSE et liés à chaque carte réseau. Ces numéros doivent être uniques.



3.6.2 Adresse MAC

De la même manière que dans une ville chaque domicile doit disposer d'une adresse unique, dans un réseau informatique, chaque interface réseau doit disposer d'une adresse unique au monde. L'adresse MAC (Media Access Control) est propre à chaque carte réseau. Elle est théoriquement unique au monde et est composée de 6 octets écrits en codage hexadécimal (de 00 à FF). Cette adresse est manipulée par la couche Liaison (couche 2 du modèle OSI) ce qui permet un traitement rapide de l'information (adressage rapide des paquets d'information sur le réseau local) car il n'y a pas de traitement programmé. Les 3 premiers octets sont propres au constructeur de matériel, les trois suivants identifient la carte elle-même.



3.6.3 Adressage IP

L'inconvénient de l'adresse physique est qu'elle est liée au matériel, ce qui manque de souplesse dès lors que l'on souhaite manipuler un grand nombre d'équipements. Il a donc été nécessaire de rajouter à l'adresse physique, une adresse logique appelée Adresse IP. L'adresse logique est modifiable grâce au système d'exploitation (Windows, LINUX, etc...).

L'adresse IP (Internet Protocol) identifie un équipement dans un réseau. Elle doit, de ce fait, être unique dans le réseau mais elle peut être modifiée grâce au système d'exploitation. En IPv4 elle est composée de 4 octets écrits en décimal (0 à 255).

En IPv6 elle se compose de 6 octets écrits également en décimal. L'adresse IP est manipulée par la couche 3 (Réseau). Une adresse IP peut être :

- statique : ce qui signifie qu'elle ne change jamais tant qu'on ne la modifie pas.
- dynamique : cela signifie qu'un serveur DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) lui affecte une adresse d'une durée (bail) déterminée. La durée du bail est configurée sur le serveur DHCP.

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Nom de l'hôte . . . . . : xp-virtuel
Suffixe DNS principal . . . . . :
Type de nœud . . . . . : Inconnu
Routage IP activé . . . . . : Non
Proxy WINS activé . . . . . : Non

Carte Ethernet Connexion au réseau local:
Suffixe DNS propre à la connexion :
Description . . . . . : VMware Accelerated AMD PCNet Adapter
Adresse physique . . . . . : 00-0C-29-01-29-BF
DHCP activé . . . . . : Oui
Configuration automatique activée . . . . . : Oui
Adresse IP . . . . . : 192.168.0.5
Masque de sous-réseau . . . . . : 255.255.255.0
Passerelle par défaut . . . . . : 192.168.0.254
Serveur DHCP . . . . . : 192.168.0.254
Serveurs DNS . . . . . : 212.27.40.241
                                     212.27.40.240
Bail obtenu . . . . . : samedi 30 avril 2011 10:53:01
Bail expirant . . . . . : mardi 10 mai 2011 10:53:01
```

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
C:\Documents and Settings\user>arp -a

Interface : 192.168.0.5 --- 0x2
Adresse Internet      Adresse physique      Type
192.168.0.3           00-1d-09-18-f5-e0    dynamique
```

A savoir

Toute machine sur un réseau a donc 2 adresses, une adresse MAC et une adresse IP. Les processus de niveaux supérieurs utilisent toujours l'adresse IP et donc lorsqu'un processus communique avec un autre processus, il lui envoie un message dont l'adresse destinataire est une adresse IP, mais pour pouvoir atteindre la carte réseau du destinataire, il faut connaître son adresse MAC. Le rôle du protocole ARP (Address Resolution Protocol) est d'assurer la correspondance entre l'adresse IP et l'adresse MAC.

Exercice 1

Soit la carte réseau identifiée ci-dessous :

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
C:\Documents and Settings\user>arp -a

Interface : 192.168.0.5 --- 0x2
Adresse Internet      Adresse physique      Type
192.168.0.3           00-1d-09-18-f5-e0    dynamique
```

1. Quelle est l'adresse MAC ?
2. Quelle est l'adresse IP ?
3. S'agit-il d'un adressage dynamique ou statique ?
4. S'agit-il d'un adressage IPv4 ou IPv6 ?

3.6.4 Plan d'adressage

Avec un adressage IP sur 4 octets, il serait possible d'adresser $2^{32} - 1$ équipements soit plus de 4 milliards de machines. Sans filtrage, la transmission de données serait excessivement longue, car il faudrait au niveau de la couche réseau, rechercher le destinataire parmi toutes les possibilités. Par ailleurs sans précaution supplémentaire chaque machine pourrait accéder aux autres ce qui, sur le plan de la sécurité informatique, serait impensable. Enfin sur 4 milliards de machines, comment être sûr que l'adresse IP n'est pas déjà utilisée ?

Sur un réseau TCP/IP, chaque machine se voit attribuer une adresse IP en principe unique. Les adresses sont codées sur 32 bits soit 4 octets représentés en décimal et séparés par des points. Ces adresses comportent 2 parties : l'adresse du réseau (net) et l'adresse de l'hôte (host) désignant une machine donnée.

Le masque de sous-réseau est une adresse IP grâce à laquelle on obtient l'adresse du réseau. Le résultat du ET logique entre le masque et l'adresse IP d'une machine donne l'adresse du réseau. Toutes les machines qui appartiennent au même réseau peuvent communiquer entre elles.

Exemple :

Masque : 255.255.255.0

IP : 192.168.0.5

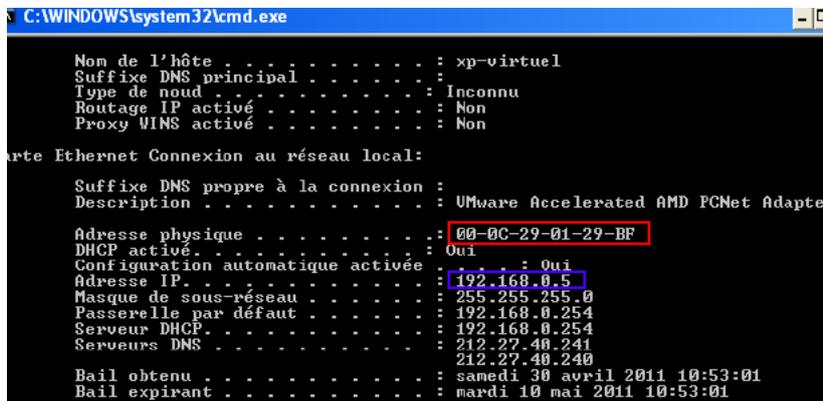
Résultat du ET logique : 192.168.0.0

L'adresse du réseau est donc 192.168.0.0

Toutes les machines ayant une adresse unique comprise entre 192.168.0.1 et 192.168.0.254 peuvent communiquer entre elles.

Deux adresses par sous-réseau sont réservées :

- l'adresse du réseau : 192.168.0.0 dans notre exemple
- l'adresse de BroadCast par laquelle on peut transmettre un message à tous les équipements du sous réseau : 192.168.0.255 dans notre exemple



Dans l'exemple ci-dessus :

- Quel est le masque de sous réseau ?
- Quelle est l'adresse du réseau ? Combien d'équipements peuvent communiquer entre eux ?

3.6.5 Classe d'adressage

Selon le masque de sous-réseau, on distingue des classes d'adressage différentes. Celles-ci déterminent le nombre de machines par sous-réseau et donc le nombre possible de sous-réseaux : Valeur du masque :

Classe d'adresses	Bits utilisés pour le masque de sous réseau				Notation décimale
Classe A	11111111	00000000	00000000	00000000	255.0.0.0
Classe B	11111111	11111111	00000000	00000000	255.255.0.0
Classe C	11111111	11111111	11111111	00000000	255.255.255.0

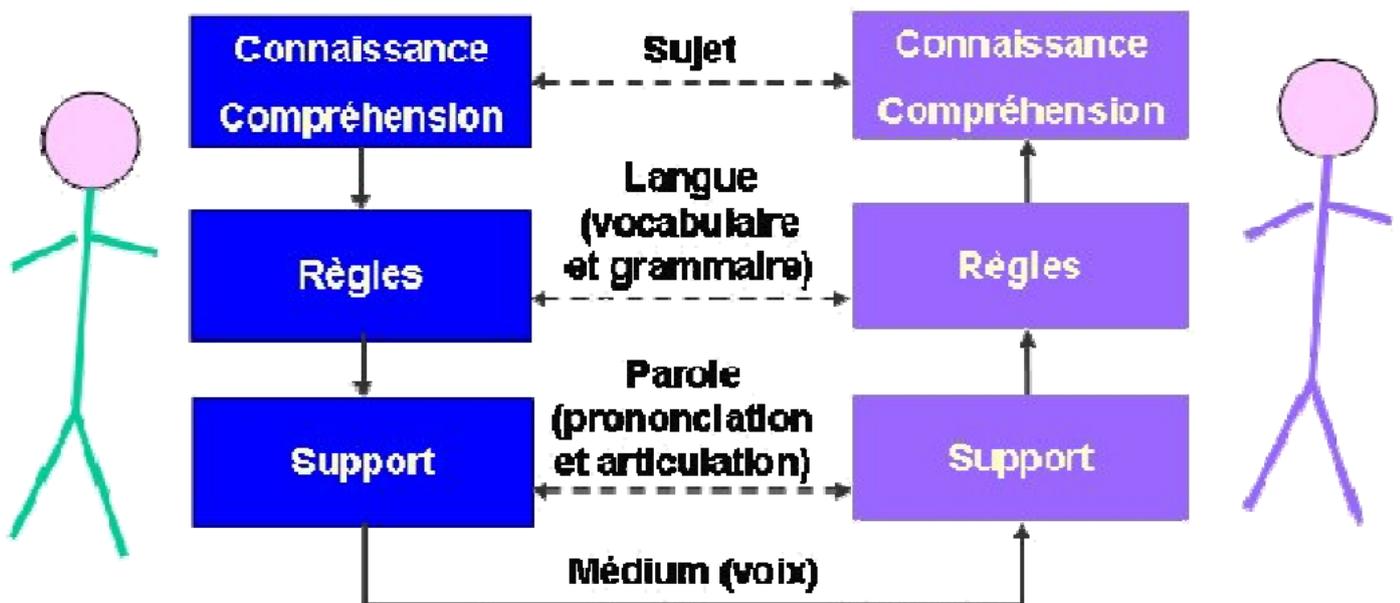
Classe	Début	Fin	Notation CIDR	Masque de sous-réseau par défaut
Classe A	0.0.0.0	127.255.255.255	/8	255.0.0.0
Classe B	128.0.0.0	191.255.255.255	/16	255.255.0.0
Classe C	192.0.0.0	223.255.255.255	/24	255.255.255.0
Classe D (multicast)	224.0.0.0	239.255.255.255	/4	non défini
Classe E (réservée)	240.0.0.0	255.255.255.255		non défini

Une forme plus courte est connue sous le nom de notation CIDR (Classless Inter-Domain Routing). Elle donne le numéro du réseau suivi par une barre oblique (ou slash, /) et le nombre de bits à 1 dans la notation binaire du masque de sous-réseau. Le masque 255.255.224.0, équivalent en binaire à 11111111.11111111.11100000.00000000, sera donc représenté par /19 (19 bits à la valeur 1, suivis de 13 bits 0).

La notation 91.198.174.2/19 désigne donc l'adresse IP 91.198.174.2 avec le masque 255.255.224.0, et signifie que les 19 premiers bits de l'adresse sont dédiés à l'adresse du sous-réseau, et le reste à l'adresse de l'ordinateur hôte à l'intérieur du sous-réseau.

4 Modèle de communication

Pour communiquer, deux interlocuteurs doivent respecter des règles communes :



- Même niveau de compréhension : le sujet traité doit être accessible par les deux interlocuteurs (un enfant de 3 ans ne pourra certainement pas comprendre un exposé de physique nucléaire)
- Même règle de communication : le sujet doit être exposé avec des règles de communication communes (même langue et règles d'usage communes)
- Même support de communication : la méthode d'expression doit être la même (une personne sourde ne pourra pas comprendre un message parlé par exemple).

4.1 Couche de communication ou couche réseau

Dans l'exemple précédent chaque niveau constitue une couche de communication. En informatique, on appelle Couche Réseau une entité qui fournit les moyens électriques et/ou fonctionnels nécessaires à l'activation, au maintien et à la désac-

tivation des connexions destinées à la transmission de données numériques (ensemble de bits) entre deux entités de liaison de données.

4.2 Protocole

Un protocole de communication est une spécification standardisée qui permet la communication entre deux équipements. Il définit les règles et les procédures par lesquelles une information est transmise.

Quelques protocoles courants

- Protocole ARP : Protocole de résolution d'adresse
- Protocole DHCP : Affectation dynamique d'adresse IP
- Protocole FTP : Protocole de transfert de fichier
- Protocole ICMP : Protocole de contrôle de messages
- Protocole RIP : Protocole de routage dynamique
- Protocole TCP : Protocole de contrôle de transmission
- Protocole UDP : Protocole de contrôle de transmission

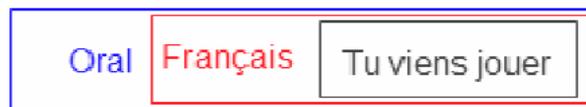
4.3 Encapsulation

Lors de la transmission d'un message les données d'un protocole sont incluses dans les données d'un autre.

Exemple de la vie courante :

Damien invite Alexandre à venir jouer. Les deux parlent le français et le message est oral :

Le message est encapsulé avec les deux protocoles de communication (Règles et Support)



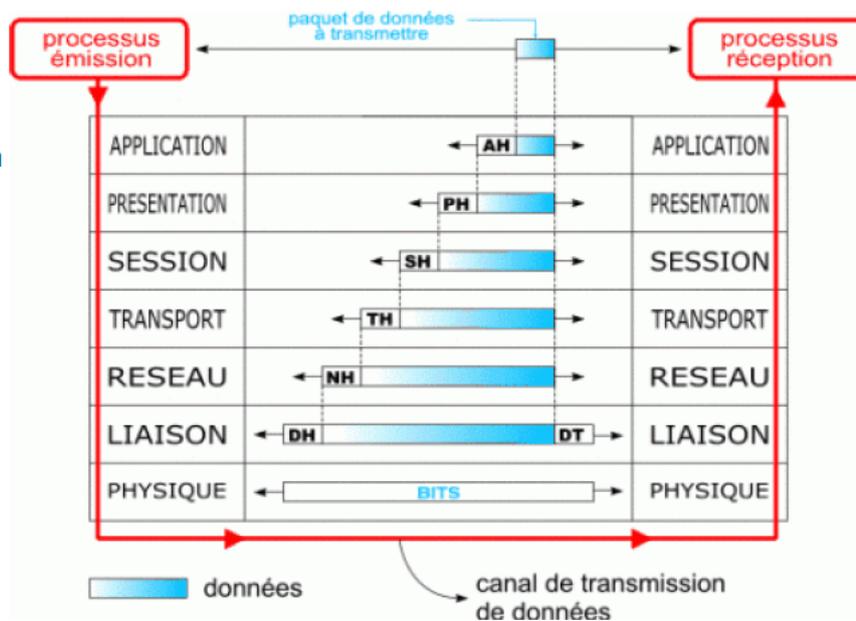
L'encapsulation, en informatique et spécifiquement pour les réseaux informatiques, est un procédé consistant à inclure les données de la couche d'un protocole donné vers la couche d'un protocole de plus bas niveau.

4.4 Trame

La trame constitue l'ensemble des données numériques transmises pour la communication d'un message.

4.5 Le modèle OSI

Afin d'établir les liaisons entre les équipements ISN : Les réseaux informatiques informatiques, le modèle OSI (Open Systems Interconnection) a été normalisé (ISO 7498) par l'ISO (International Standard Organization) dans les années 1980. Ce modèle repose sur 7 couches réseaux représentées ci-dessous



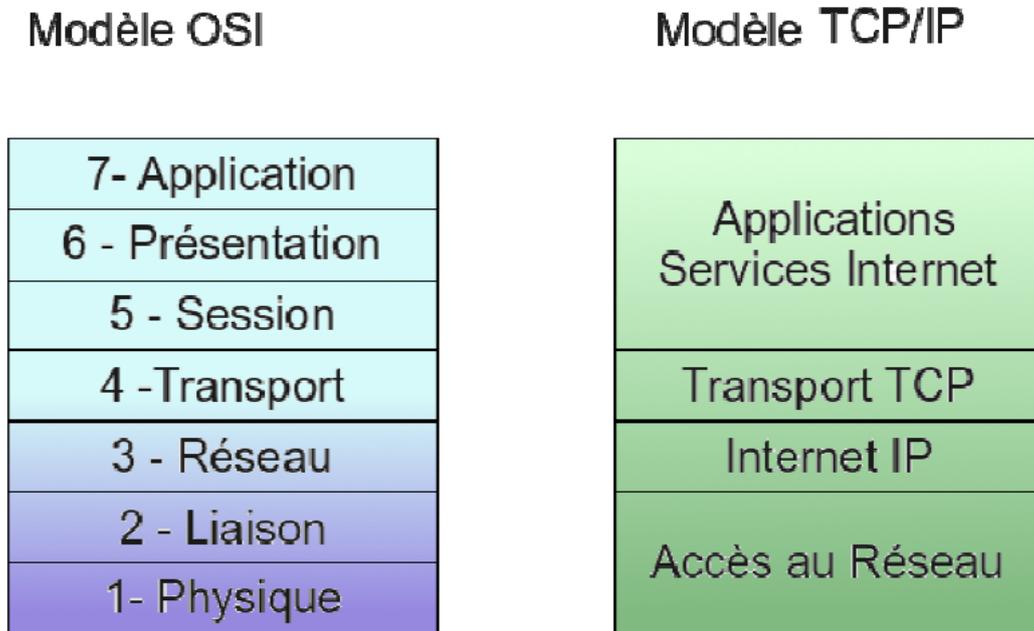
La couche 7 Application	C'est à ce niveau que sont les logiciels : navigateur, logiciel d'email, FTP, chat... Cette couche est le point de contact entre l'utilisateur et le réseau. C'est donc elle qui va apporter à l'utilisateur les services de base offerts par le réseau. Exemple de protocole : HTTP, FTP, POP, DHCP, WebDAV, etc...
La couche 6 Présentation	Elle est en charge de la représentation des données (de telle sorte qu'elle soit indépendante du type de microprocesseur ou du système d'exploitation par exemple) et - éventuellement - du chiffrement. C'est en quelque sorte un traducteur dans un langage commun à toutes les applications. Exemple de protocole : ASCII, UNICODE, MIME...
La couche 5 Session	En charge d'établir et maintenir des sessions (c'est à dire débiter le dialogue entre 2 machines : vérifier que l'autre machine est prête à communiquer, s'identifier, etc.) Elle synchronise la communication et gère les ports de communication (sockets sous Windows). Exemple de protocole : AppleTalk, RTSP (Real Time Streaming Protocol), etc...
La couche 4 Transport	En charge de la liaison d'un bout à l'autre. S'occupe de la fragmentation des données en petits paquets et vérifie éventuellement qu'elles ont été transmises correctement. Exemple de protocole : TCP (Protocole de contrôle de transmission), UDP (protocole de datagramme utilisateur)
La couche 3 Réseau	En charge du transport, de l'adressage et du routage des paquets. C'est la couche IP. Elle a pour rôle de créer des paquets qui seront transportés. Elle permet donc l'acheminement d'un paquet vers l'utilisateur final. Exemple de protocole : ARP (Adress Resolution Protocol), IPv4, IPv6, etc...
La couche 2 Liaison	En charge d'encoder (ou moduler) les données pour qu'elles soient transportables par la couche physique, et fournit également la détection d'erreur de transmission et la synchronisation. C'est la couche Ethernet. Elle a pour rôle de découper les informations en trames ayant une certaine signification et la reconnaissance de ces trames à la réception. Elle a aussi pour rôle de gérer les erreurs sur le support physique. Cette couche permet la transmission des informations jusqu'au prochain équipement (qui peut différer de l'utilisateur final, exemple : switch). Exemple de protocole : Ethernet, Wi-Fi, PPP, etc...
La couche 1 Physique	La couche physique est la couche qui s'occupe de transmettre les informations brutes sur un média et de décoder les informations brutes qu'elle reçoit sous forme brute (impulsions électriques, fréquence radio, impulsion lumineuse ...), c'est-à-dire qu'elle transmet des bits sous diverses formes physiques. Exemple de protocole : ADSL, SDSL, Bluetooth, 10BaseT, etc...

A savoir

Le modèle OSI reste un modèle. Il est trop lourd et trop complexe à implémenter*. Les industriels ont donc choisi de n'implémenter que la partie du modèle OSI qui les intéresse, et chaque industriel a bricolé son propre système. Certains protocoles, plus populaires que d'autres, ont été adoptés comme standards (comme IP).

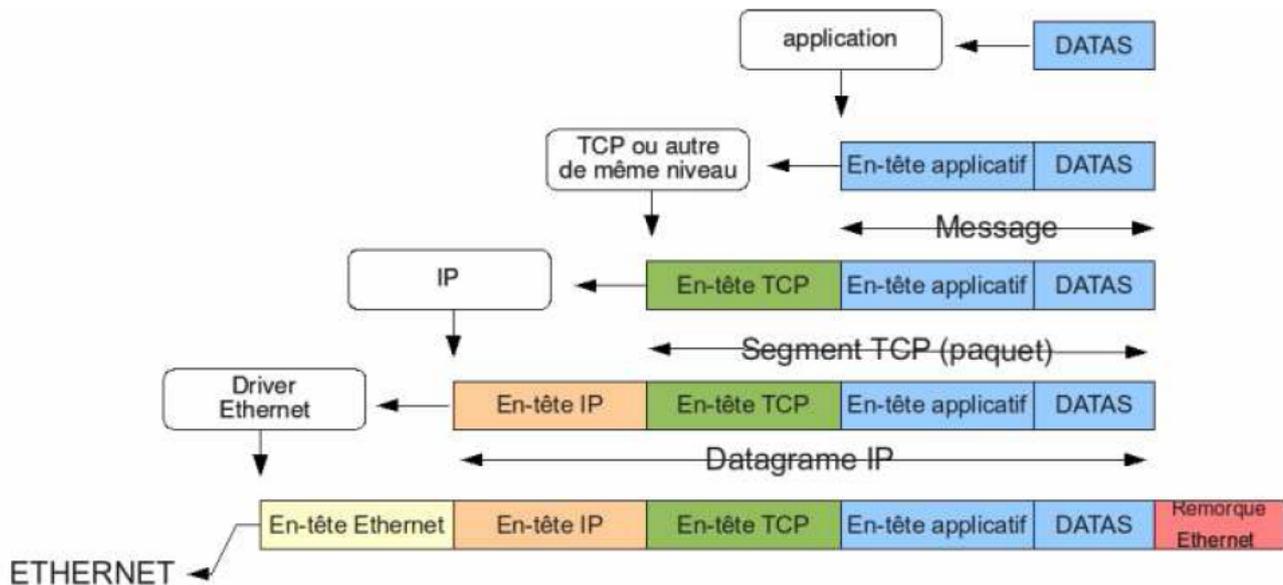
4.6 Le modèle TCP/IP

Le modèle OSI se voulait de répondre à la problématique générale de communication quelles que soient les situations ; il s'agit d'un modèle théorique relativement compliqué. L'OSI s'est basé sur un modèle apparu dans la fin des années 1970 lors de la création de l'ARPANET (ancêtre d'Internet). Ce modèle, plus pratique, nommé TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet) Protocol) est utilisé encore



Comme le montre la figure ci-dessus, il n'y a que 4 couches qui peuvent être mises en relation avec les couches du modèle OSI.

Une trame de communication se présente ainsi de la manière suivante :



Le datagramme (trame) est l'unité de base (paquet) du transfert de données avec le protocole

5 le routage

Le routage est le mécanisme par lequel des chemins sont sélectionnés dans un réseau pour acheminer les données d'un expéditeur jusqu'à un ou plusieurs destinataires. Le routeur dispose de plusieurs cartes réseau et, grâce à une table de routage, il achemine les trames d'une carte à l'autre. On dit qu'un routeur fait du Network Address Translation (NAT) lorsqu'il fait correspondre les adresses IP internes non-unicques et souvent non routables d'un intranet à un ensemble d'adresses externes uniques et routables. Ce mécanisme permet notamment de faire correspondre une seule adresse externe publique visible sur Internet à toutes les adresses d'un réseau local. Une passerelle NAT (en anglais, gateway) est un dispositif permettant de relier deux réseaux informatiques différents. Ainsi, plusieurs équipements peuvent accéder à l'autre réseau par l'intermédiaire de la passerelle à condition que celle-ci soit connue par ces équipements. Ce processus intervient à partir de la couche 4 (couche transport) du modèle OSI et peut modifier la trame jusqu'à la couche 6. L'acronyme NAT vient de Network Address Translation.