

# TCP-IP

## I - TCP/IP et les réseaux

### I-A- Pourquoi un protocole ?

Un **protocole de communication** est un ensemble de règles permettant à plusieurs ordinateurs, éventuellement sur des réseaux physiques différents et utilisant des OS différents, de dialoguer entre eux.

Ainsi grâce à **TCP/IP**, des ordinateurs sous UNIX et sur un réseau Ethernet peuvent dialoguer avec des ordinateurs sous NT sur un réseau Token-Ring.

**TCP/IP** peut fonctionner :

- sur des réseaux locaux physiques de type Ethernet, Fast Ethernet, Token-Ring, FDDI
- sur des réseaux de type WAN comme ATM, LAPB ou des liaisons par RTC ou LS.

### I-B- Rappel du modèle OSI de l'ISO

#### I- B- i- Les couches

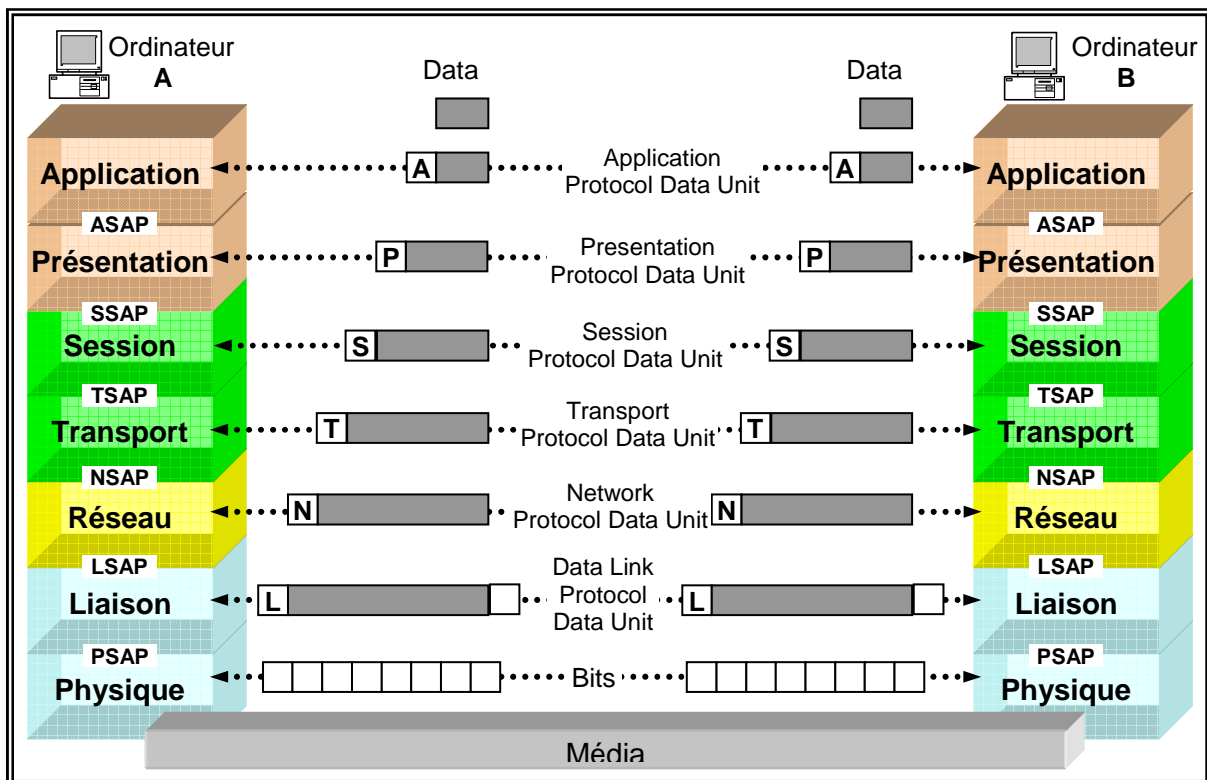


Figure I-1 : Modèle OSI de l'ISO.

Le modèle **OSI**<sup>1</sup> de l'**ISO**<sup>2</sup> permet de définir un modèle pour des ordinateurs communicants. Tout ordinateur conforme à ce modèle peut dialoguer avec ces homologues en utilisant le même "langage" et les mêmes méthodes de communication.

- ❖ Le modèle est composé de 7 couches.
- ❖ Chaque couche assure une fonction bien déterminée.
- ❖ Chaque couche utilise les services de la couche inférieure. Par exemple la couche **Réseau** utilise les services de la couche **Liaison** qui utilise elle-même les services de la couche **Physique**.
- ❖ Chaque couche possède un point d'entrée pour les services offerts, nommé SAP =Service Access Point. Ainsi la couche **Session** possède un point d'accès **SSAP** et la couche **Transport** un point d'accès **TSAP**.
- ❖ Chaque couche d'un ordinateur dialogue avec la couche homologue d'un autre ordinateur en utilisant un **protocole** spécifique à la couche (Données de protocole = PDU =Protocol Data Unit).

### I- B- ii- Rôle des couches

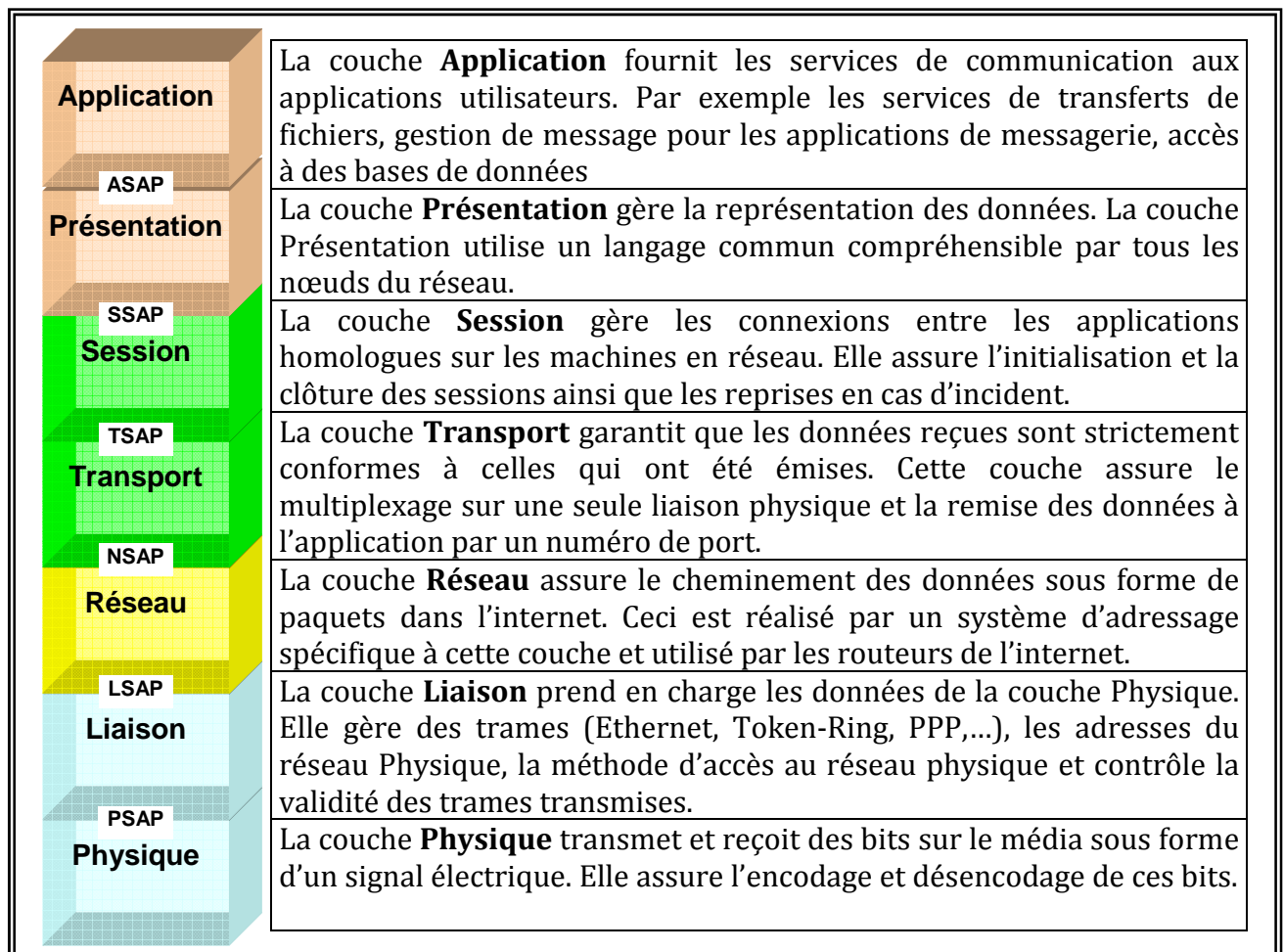


Figure I-2 : Le rôle des couches du modèle OSI de l'ISO.

<sup>1</sup> OSI = Open System Interconnection = Interconnexion des systèmes ouverts.

<sup>2</sup> ISO = International Organization of Standards.

### **I- B- iii- Les sous couches de l'IEEE**

Le monde des réseaux locaux possède un organisme de standardisation qui lui est propre. Il s'agit de l'**IEEE**<sup>3</sup>. Cet organisme gère les couches qui sont exclusives aux réseaux locaux. L'**IEEE** divise en deux la couche liaison de données du modèle OSI de l'ISO. Ces deux sous-couches sont :

- La couche **MAC** -- Media Access Control

Cette couche concerne les méthodes d'accès au support du réseau local. Ainsi Ethernet correspond à la norme IEEE 802.3, alors que Token-Ring est concernée par la norme IEEE 802.5

- La couche **LLC** -- Logical Link Control

Tous les types de réseaux définis au niveau de la sous-couche MAC possèdent une interface commune avec la couche **Réseau**, c'est-à-dire avec les protocoles utilisés sur le réseau. Ceci permet d'utiliser n'importe quel protocole avec n'importe quel type de réseau physique. Cette couche est responsable de la transmission des données entre les nœuds du réseau. Elle fournit des services de datagramme en mode connecté ou non connecté ou des services de circuits virtuels.

- Dans le mode **datagramme**, les paquets générés par la couche contiennent une adresse source et une adresse destination. Aucun chemin n'est établi par avance et les paquets peuvent passer par des chemins différents. Aucune vérification n'est assurée tant qu'au séquençement des paquets à leur arrivée.
- Dans le mode **circuit virtuel**, une connexion est établie entre les nœuds communicants ainsi qu'un contrôle du séquençement et de la validité des trames transmises. Un contrôle de flux est aussi assuré.

La couche **LLC** peut assurer trois types de services aux couches supérieures:

- **Type 1 : Service de datagramme** sans accusé de réception en mode point à point, multipoint ou diffusion.
- **Type 2 : Services de circuits virtuels.** Assure les services de séquençement, de contrôle de flux et de correction d'erreur.
- **Type 3 : Service de datagramme avec accusé de réception.**

---

<sup>3</sup> IEEE Institute of Electrical and Electronic Engineers.

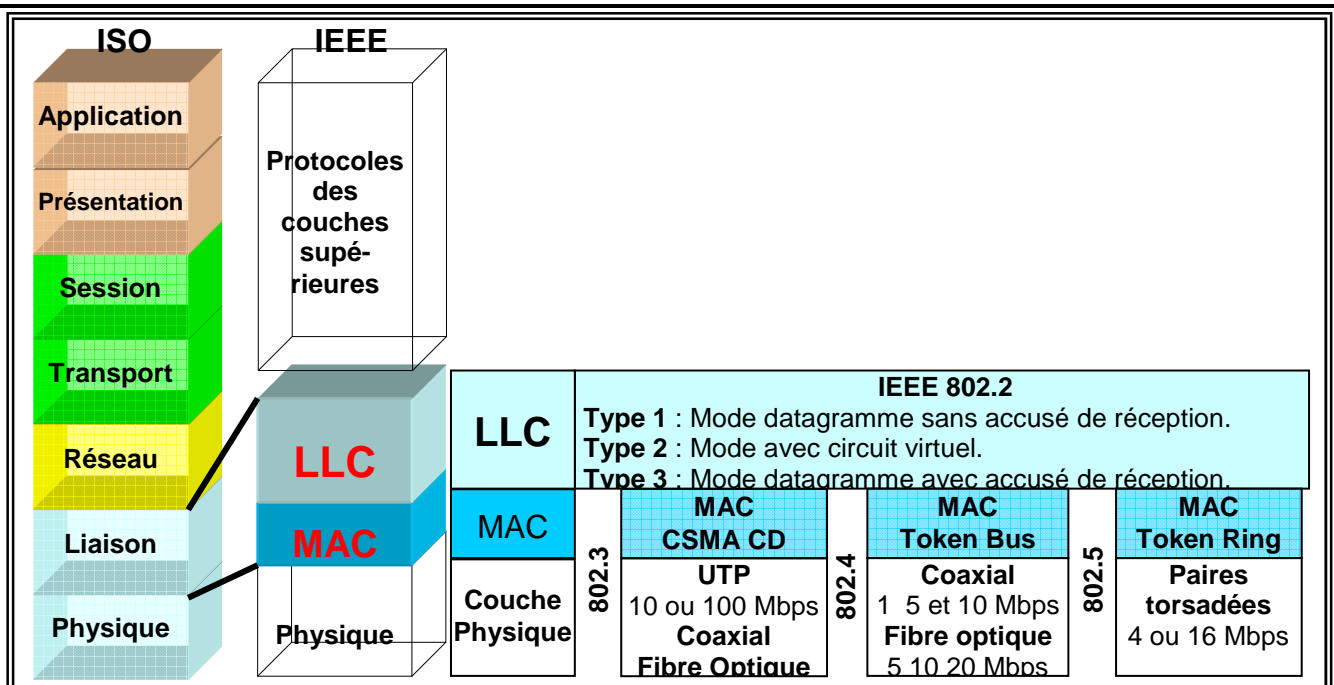


Figure I-3 : Sous-couches IEEE par rapport aux couches ISO

### I-C- TCP/IP et le modèle DoD

TCP/IP est antérieur au modèle de l'ISO. Il est conforme au modèle **DoD**<sup>4</sup>. Ce modèle comporte 4 couches.

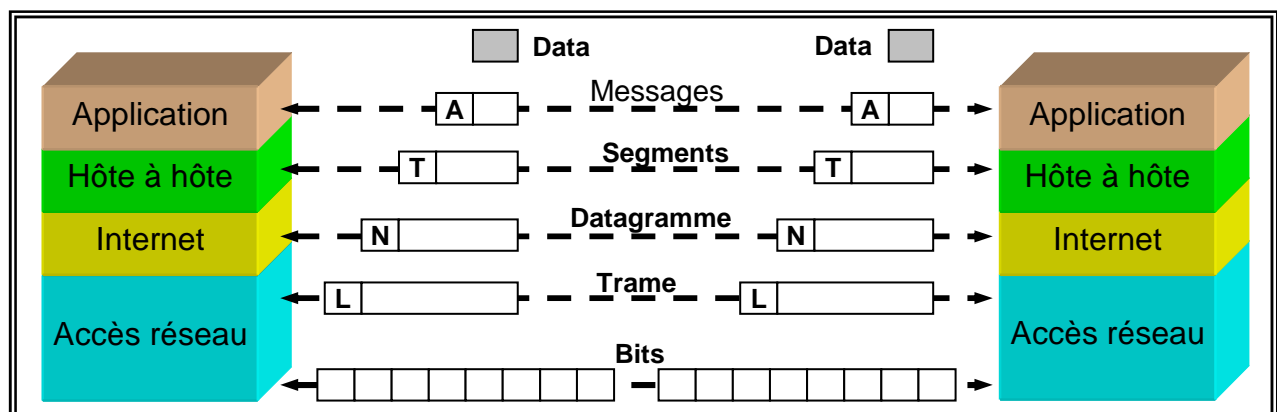


Figure I-4 : Modèle DoD.

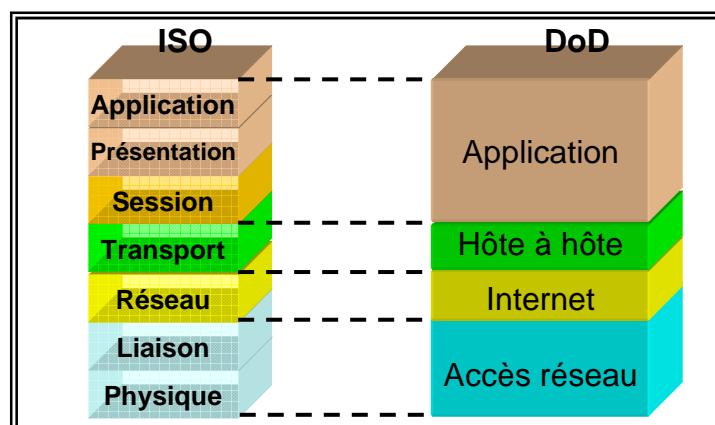


Figure I-5 : Comparaison modèle OSI et modèle DoD.

<sup>4</sup> DoD = Department of Defence.

## II - Historique de TCP/IP

La nécessité de relier entre eux des réseaux de types différents, a conduit un organisme de la Défense américaine **DARPA**<sup>5</sup>, à la fin des années 60, à créer un protocole ou plus exactement une **suite de protocoles** dénommée **TCP/IP**<sup>6</sup>. Les protocoles **TCP** et **IP** définissent un ensemble de formats et de règles pour l'émission et la réception de données indépendamment des types de réseau physique et d'ordinateurs utilisés. Les protocoles TCP/IP fortement implantés dans l'environnement UNIX, bien que non conformes au modèle de l'OSI, sont devenus des standards de fait.

Le réseau qui utilise TCP/IP est un réseau à commutation de paquets. Ce type de réseau transmet des informations sous forme de petits groupes d'octets appelés **Paquets**. Si un fichier doit être transmis, il est d'abord fragmenté en paquets à l'émission puis, le fichier est réassemblé en regroupant les paquets à la réception.

## III - Inter-réseaux et Routage IP

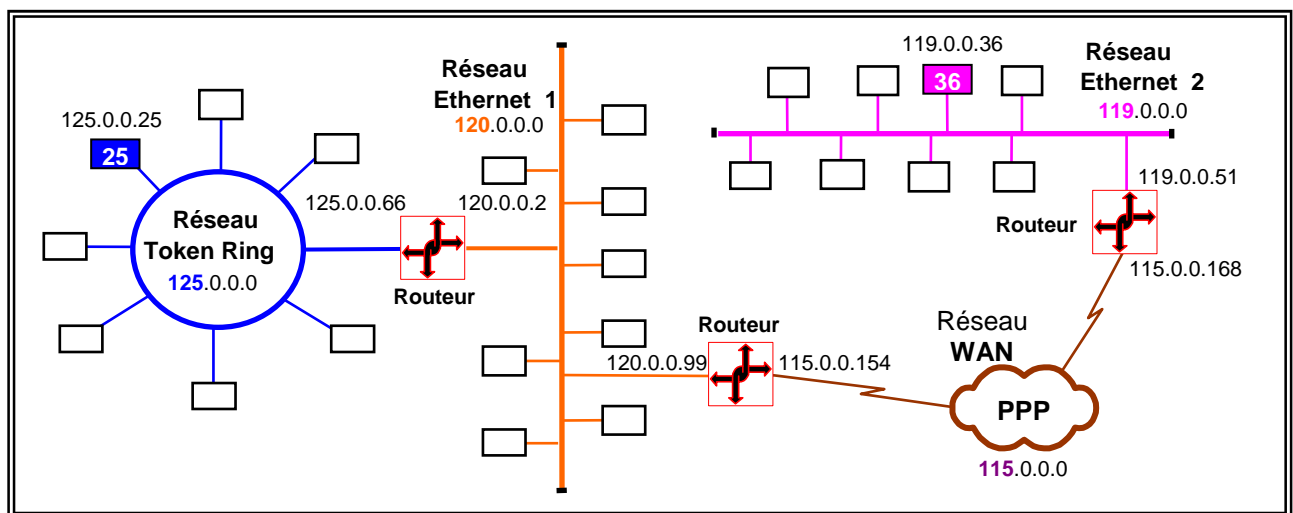


Figure III-1 : Un inter-réseau ou internet IP.

Dans la figure ci-dessus, imaginons que le nœud **25** du réseau **Token-Ring** désire envoyer des données au nœud **36** du réseau **Ethernet 2**. Le type de trame, la méthode d'accès, le système d'adressage et le débit du réseau Token-Ring sont incompatibles avec ceux du réseau Ethernet. Les données ne peuvent être transmises en l'état. Elles doivent, grâce aux **routeurs** du réseau, changer de type de trame à chaque nouveau type de réseau.

Un **système d'adressage**, *indépendant du type de réseau physique*, doit être utilisé pour désigner de façon unique chaque nœud sur l'inter-réseau. Le protocole **IP** possède ce type d'adressage composé d'une **adresse réseau** (NetID= Network ID ) et d'une **adresse nœud** (HostID = Host ID) sur chaque réseau.

Par exemple, 125, 120, 115 et 119 désignent respectivement les adresses réseaux des réseaux Token-Ring, Ethernet 2, la liaison asynchrone en **PPP**<sup>7</sup> et Ethernet 1.

L'adresse **125.0.0.25** désigne l'adresse du nœud 25 sur le réseau **125**. L'adresse **119.0.0.36** désigne le nœud 36 sur le réseau **119** Ethernet 2.

<sup>5</sup> DARPA = Defence Advanced Research Projects Agency

<sup>6</sup> TCP = Transmission Control Protocol

IP= Internet Protocol

<sup>7</sup> PPP = Point to Point Protocol

Chaque **routeur** est équipé d'au moins 2 interfaces réseaux. Des tables de routage internes à chaque routeur permettent de connaître le chemin à emprunter pour transporter des données d'un nœud à un autre. Lorsque le paquet IP arrive dans une trame Token-Ring dans le routeur 1 à destination du nœud 36 du réseau Ethernet 2, celui-ci lit l'adresse IP de destination, et repositionne le paquet IP dans une trame Ethernet. Lorsque la trame parvient au routeur 2, le paquet est positionné dans des trames PPP. Puis lorsqu'il arrive au routeur 3, il est repositionné dans une trame Ethernet. L'adresse IP de destination n'a pas changé pendant tout le parcours, par contre, les adresses physiques (MAC) ont été modifiées sur chaque réseau.

## IV - Couches

### IV-A- TCP/IP et les modèles ISO et DoD

La suite des protocoles appelée aussi **pile de protocoles**<sup>8</sup> IP ne correspond pas au **modèle OSI** de l'ISO, celui-ci a été normalisé en 1979, il est donc postérieur à la création de TCP/IP.

La pile de protocoles IP correspond au **modèle DoD** (Department of Defence). Le dessin suivant montre l'équivalence entre ces couches et les différents protocoles de la pile. Les protocoles correspondant aux couches 6 et 7 ISO sont des applications de transmissions qui s'appuient sur TCP/IP. Les couches 1 et 2 dépendent du type de réseau utilisé.

Tous les standards (normes) de la **communauté Internet** sont publiés sous forme de **RFC**<sup>9</sup>. Chacune est identifiée par un numéro et décrit le fonctionnement d'un protocole de la pile TCP/IP ou d'un matériel comme par exemple les routeurs IP.

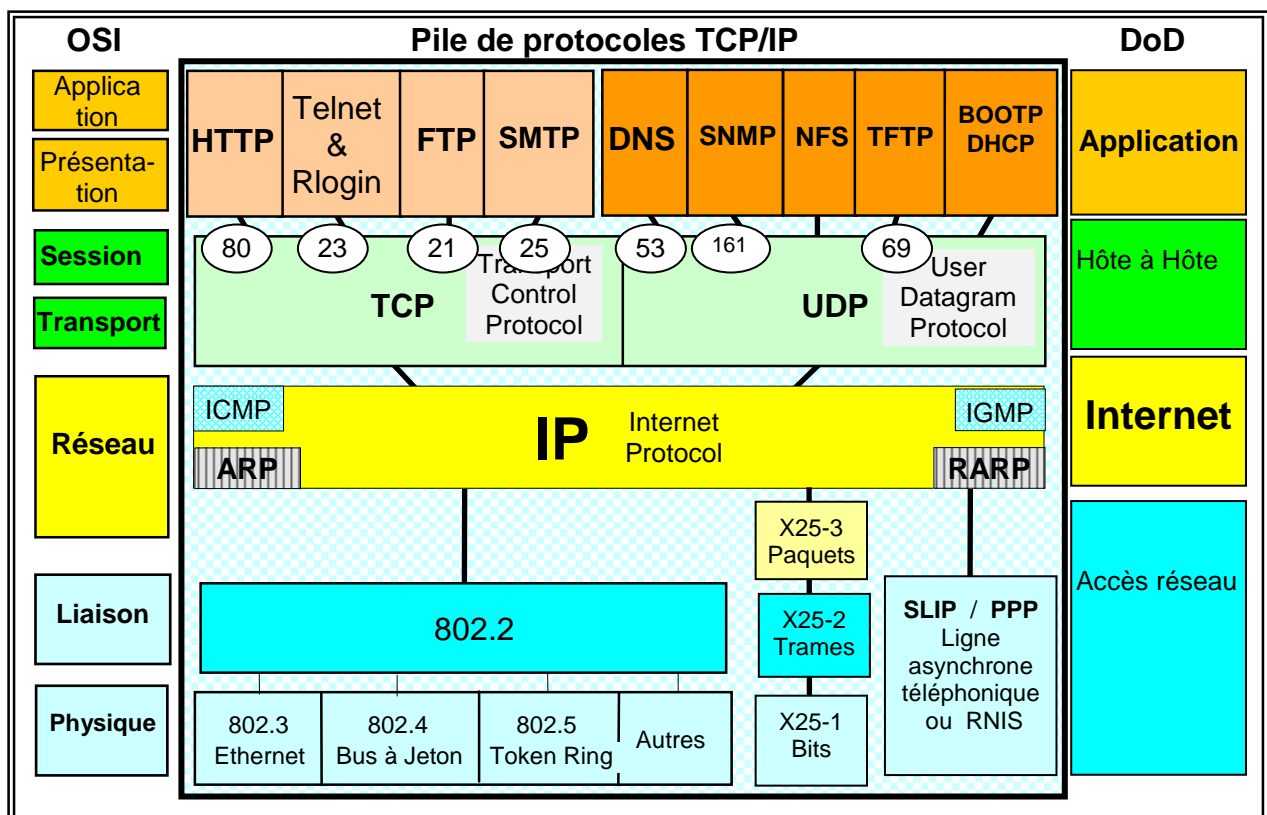


Figure IV-1 : TCP /IP et les couches OSI.

<sup>8</sup> Protocol Stack

<sup>9</sup> RFC = Request For Comments

### ***Protocoles réseau.***

<b>IP</b>	Internet Protocol	Fournit les services de communication d'inter-réseau aux clients de la couche 4.
<b>ARP</b>	Address Resolution Protocol	Protocole permettant de faire correspondre une adresse IP à une adresse Physique.
<b>RARP</b>	Reverse ARP	Protocole inverse faisant correspondre une adresse Physique à une adresse IP.
<b>ICMP</b>	Internet Control Message Protocol	Contrôle la transmission des messages d'erreur et des messages entre hôtes, passerelles ou routeurs.
<b>IGMP</b>	Internet Group Management Protocol	Permet d'envoyer des datagrammes à un groupe de machines grâce à un adressage multicast.

Figure IV-2 : Protocoles réseau.

### ***Protocoles transport***

<b>TCP</b>	Transmission Control Protocol	Protocole orienté connexion, fiable et à flot de données.
<b>UDP</b>	User Datagram Protocol	Protocole sans connexion, orienté transaction sans accusé de réception, parallèle à TCP.

Figure IV-3 : Protocoles de transport.

### ***Applications au-dessus de TCP/IP***

<b>HTTP</b>	HyperText Transfert Protocol	Service de distribution de pages en hypertexte sur des serveurs WEB.
<b>Telnet</b>	Telecommunications Network	Fournit un service d'émulation de Terminal.
<b>Rlogin</b>	Remote Login	Commande Unix permettant la connexion des terminaux à d'autres serveurs Unix du réseau.
<b>FTP</b>	File Transfert Protocol	Permet l'échange de fichiers complets entre ordinateurs.
<b>SMTP</b>	Simple Mail Transfer Protocol	Offre une fonction importante de messages de texte entre hôtes.
<b>DNS</b>	Domain Name Service	Propose des services de répertoires. DNS est un service complexe qui permet d'associer un nom et une adresse.
<b>SNMP</b>	Simple Network Management Protocol	Protocole de management de réseau.
<b>NFS</b>	Network File System	Système de fichiers en réseau.
<b>TFTP</b>	Trivial File Transfert Protocol	Protocole simplifié de transfert de fichiers utilisé principalement par les clients sans disque.

<b>BOOTP</b>	Bootstrap Protocol	Protocoles fournissant une adresse IP de façon dynamique au démarrage des stations.
<b>DHCP</b>	Dynamic Host Configuration Protocol	

Figure IV-4 : Couches 6 et 7. Applications utilisées avec TCP / IP.

## V - Fonctionnement de la pile de protocoles IP

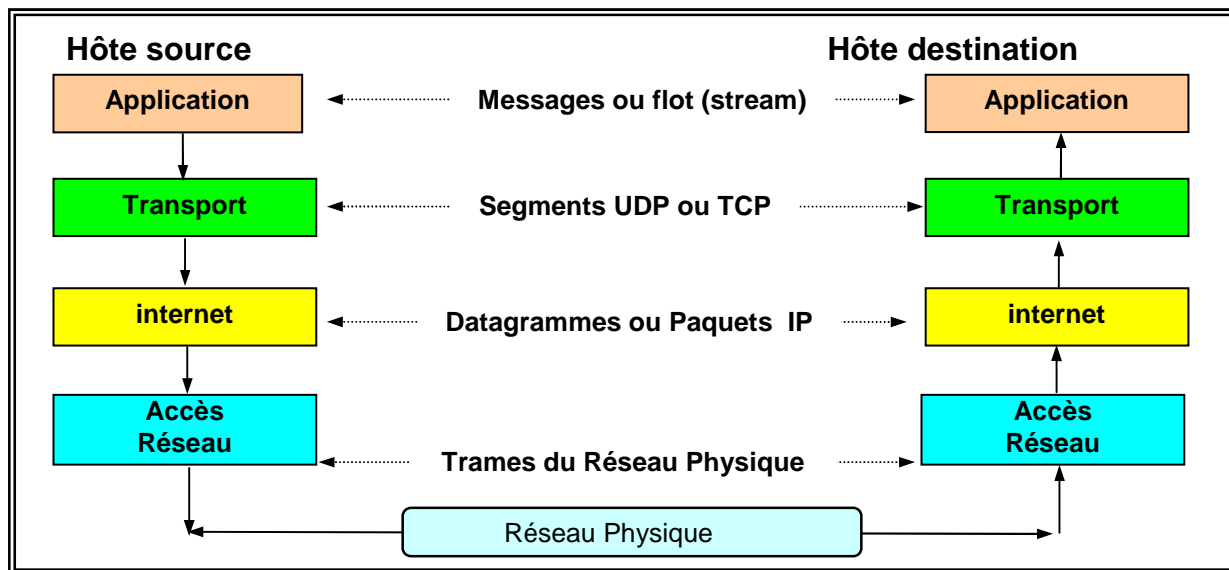


Figure V-1 : Fonctionnement de TCP/IP.

Les **applications** développées pour TCP/IP utilisent généralement plusieurs des protocoles de la suite. Elles communiquent avec la couche **transport**, elle-même communiquant avec les couches inférieures, pour aboutir au support physique qu'est le réseau. A destination, les couches inférieures repassent les informations aux couches supérieures pour aboutir à l'application de l'hôte destination.

Chaque couche de la pile remplit une fonction bien spécifique. Une couche quelconque rend des **Services** à la couche qui lui est immédiatement **supérieure**. Chaque couche de même niveau dans les ordinateurs Source et Destination dialogue avec son homologue. Ce dialogue est décrit dans le **protocole** correspondant à la couche. Par exemple **IP** pour la couche **internet** (ou **réseau**) et **TCP** pour la couche **transport**.



## V-A- Encapsulation

Dans l'ordinateur qui émet des données, les couches communiquent avec les couches homologues de l'autre ordinateur. Chaque couche ajoute des informations nommées **en-têtes**, destinées à communiquer avec la couche homologue située dans l'ordinateur de l'autre extrémité. Chaque nouveau paquet ainsi formé est inséré dans un paquet de la couche inférieure. Cette opération s'appelle **encapsulation**.

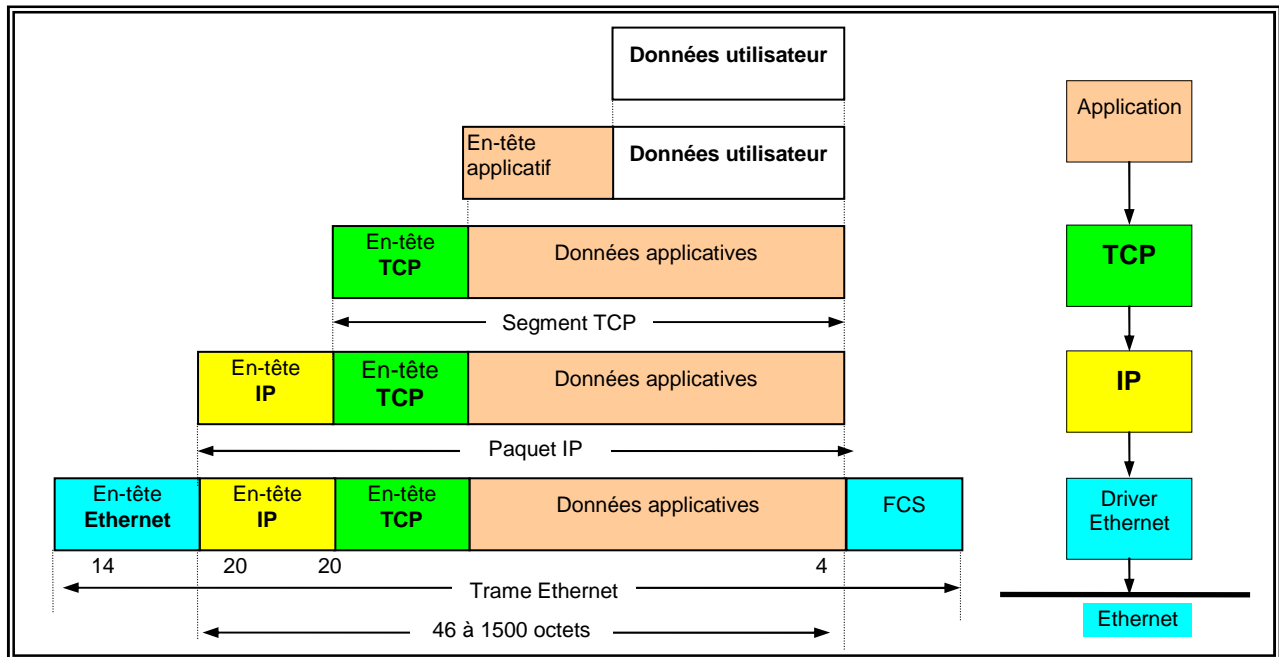


Figure V-2 : Encapsulation.

- Les données de l'**application**, avec leur en-tête sont passées à la couche **TCP** qui rajoute le sien. L'ensemble est appelé **segment TCP**.
- L'ensemble des données qu'envoie IP à la couche Ethernet est appelé **datagramme IP**.
- L'ensemble de bits structuré envoyé sur le réseau est une **trame Ethernet**.

L'ensemble des données inclus dans IP aurait pu être un **datagramme UDP**, si l'application utilisait ce type de protocole plutôt que TCP.

**TCP** et **UDP** utilisent des **numéros de ports** sur 16 bits pour connaître l'application qui leur a passé des données.

Les protocoles **ARP**, **RARP**, **ICMP** et **IGMP** attaquent directement le datagramme **IP**. Le champ **type** de cette trame permet de savoir quel est le protocole utilisé dans le champ de données.

## V- A- i- Encapsulation IP dans les diverses trames Ethernet

Le standard réseau Ethernet d'origine a été repris et modifié par le **Comité 802** de l'**IEEE**. Il existe donc plusieurs définitions de types de trames Ethernet. Quel que soit le type de trame, il faut cependant que les **paquets IP** puissent y être encapsulés. Dans la norme de l'IEEE la couche **liaison** est divisée en 2 sous-couches :

- ☞ la couche **MAC (802.3)** qui correspond à la gestion de CSMA/CD et à l'interfaçage avec la couche physique.
- ☞ la couche **LLC (802.2)** qui définit le contrôle de la liaison. Cette fonction est commune a tous les types de réseaux physiques.

La trame Ethernet\_802.2 définie par l'IEEE contient des champs supplémentaires par rapport à la trame Ethernet. Ce sont les champs **DSAP** et **SSAP** (Destination et Source **Service Access Point**). Le champ contrôle contient la valeur 03 en hexadécimal.

Dans la trame Ethernet\_SNAP, les 3 octets du champ **Org** sont à **0**. Le champ type contient la valeur qui est contenue dans le champ **Type** de la trame Ethernet. Cette valeur représente le code du protocole utilisé dans le champ de données de la trame Ethernet.

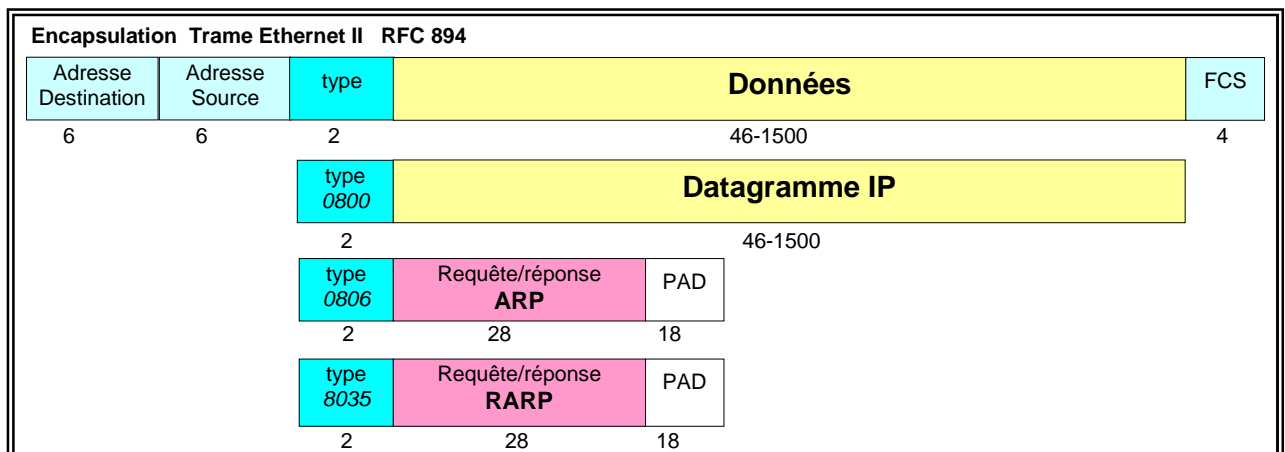


Figure V-3 : Encapsulation de IP dans des trames Ethernet II.

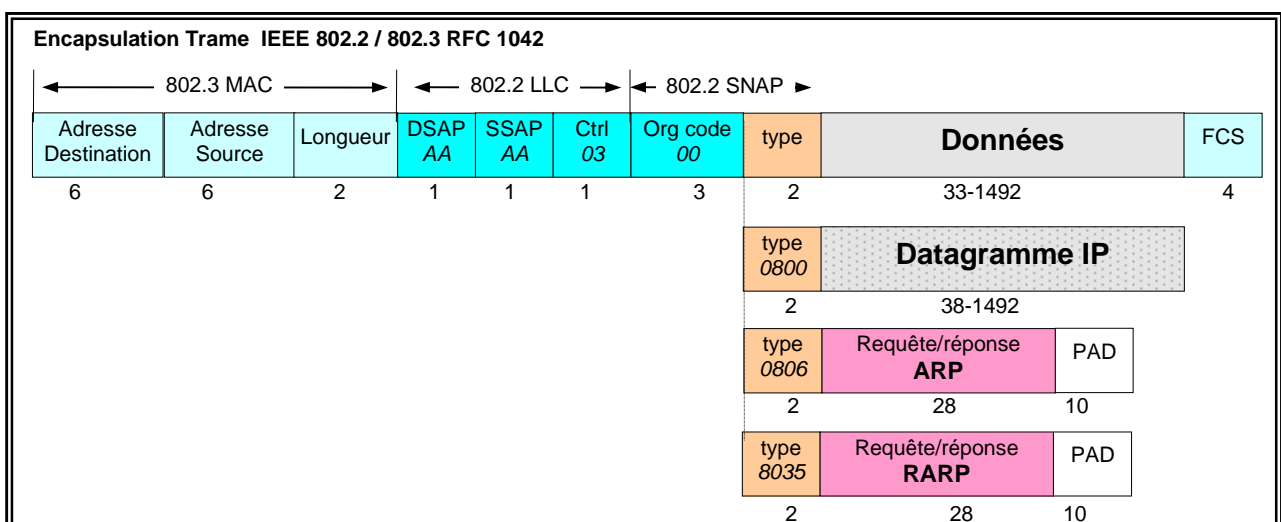


Figure V-4 : : Encapsulation de IP dans des trames Ethernet 802.2.

## V-B- Multiplexage et Démultiplexage

### V- B- i- Multiplexage

Le champ "**Type**" dans une **trame Ethernet** permet d'indiquer le code des différents types de protocoles (IP, ARP et RARP). De même au niveau IP, le champ "**Type**" de l'**en-tête IP**, permet de transporter TCP ou UDP. Enfin au niveau transport, les **numéros de ports** indiquent les applications concernées. Cette propriété de mélanger les protocoles est appelée **multiplexage**

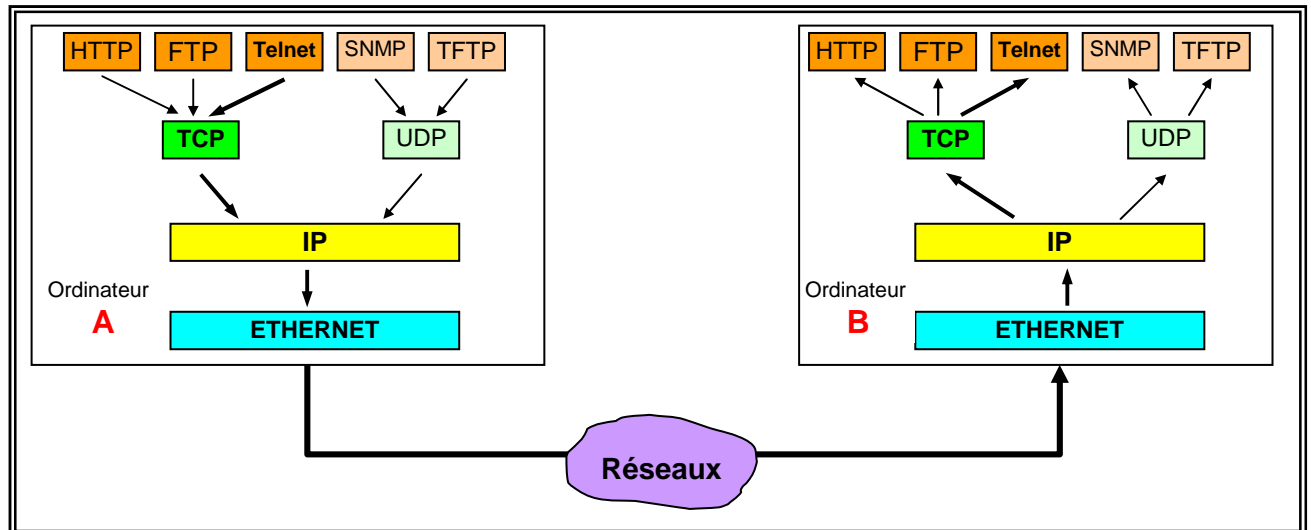


Figure V-5 : Multiplexage.

## V- B- ii- Démultiplexage

A l'inverse lorsqu'une machine reçoit une trame Ethernet, les données applicatives doivent remonter jusqu'aux couches supérieures en traversant les couches basses. A chaque niveau, l'en-tête correspondant à la couche est interprété pour savoir à quel protocole ou applications les données doivent être remises. L'en-tête n'est pas transmis à la couche supérieure.

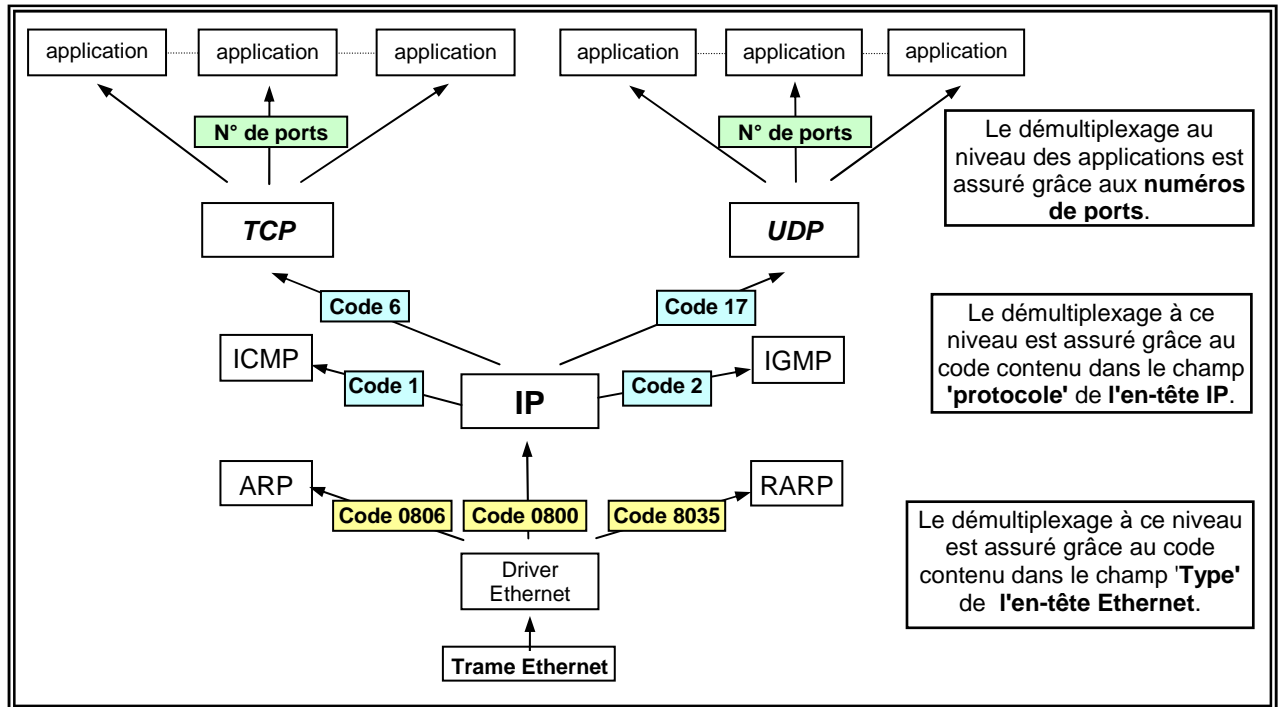


Figure V-6. Démultiplexage IP.

- La reconnaissance des datagrammes **IP**, **ARP** ou **RARP** est assurée par les codes **0800**, **0806** et **8035** contenus dans le champ '**type**' de la *trame Ethernet*.
- La reconnaissance des messages **ICMP** et **IGMP** est assurée par les codes **1** et **2** dans le champ type de l'*en-tête IP*. Les valeurs **6** et **17** indiquent qu'un segment **TCP** ou **UDP** suit l'*en-tête IP*.

- Les **numéros de ports** contenus dans les en-têtes **TCP** et **UDP** permettent de connaître l'**application** à laquelle il faut restituer les données.

Chaque application côté *serveur* utilise un numéro de port "**bien connu**" (well-know). Ainsi, l'application **Telnet** serveur utilise en principe le port **TCP 23** et **FTP** le port **TCP 21**, alors que **TFTP** serveur utilise le port **UDP 69**. Les numéros de port côté serveur sont compris entre **1** et **1023**.

Les applications côté *client* utilisent des "**ports éphémères**" dont les numéros sont compris entre **1024** et **5000**. La gestion de ces numéros de ports est complètement transparente pour les utilisateurs.

La liste des **Ports TCP et UDP** est contenue dans le fichier **Services** des ordinateurs travaillant sous IP.

## VI - Adresses IP

Au niveau de la couche **Liaison**, les nœuds du réseau communiquent avec les autres stations en utilisant des adresses qui dépendent du type de réseau utilisé. Un nœud peut être un micro-ordinateur, un serveur de fichier, une imprimante réseau ou n'importe quel périphérique utilisant TCP/IP. Chaque nœud possède une adresse **physique** ou adresse **MAC**<sup>10</sup>.

Dans les réseaux Ethernet et Token-Ring, l'adresse physique est contenue dans une ROM sur chaque interface réseau. Toutes les adresses sont différentes et comportent 6 octets. Cette adresse est déterminée par le constructeur de l'interface selon un plan de numérotation à l'échelle mondiale.

Dans le réseau X25, l'adresse déterminée par le concessionnaire du réseau comporte au maximum 15 chiffres décimaux.

Dans le réseau LocalTalk d'Apple, l'adresse comporte un octet pour déterminer le numéro du réseau et 2 pour déterminer le numéro de la station.

### VI-A- Généralités

Les adresses **IP** au contraire sont des adresses logiques. Elles sont **indépendantes du type de réseau** utilisé. Dans la version 4 de IP, elles comportent toujours **32 bits**, dont une partie identifie le réseau (**NetID**), l'autre le nœud sur ce réseau (**HostID**).

#### VI-A-i- Types d'adresses

- **Unicast** : Adresse permettant l'adressage d'une **seule** machine.
- **Multicast** : Adresse correspondant à un **groupe** de machines.
- **Broadcast** : Adresse correspondant à **toutes** les machines d'un réseau.

### VI-B- Représentation des adresses IP

La représentation de cette adresse se fait dans une notation "**décimale pointée**" (dotted-decimal notation), c'est-à-dire que chaque octet de l'adresse est représenté par un nombre décimal, séparé du suivant par un point. Par exemple :

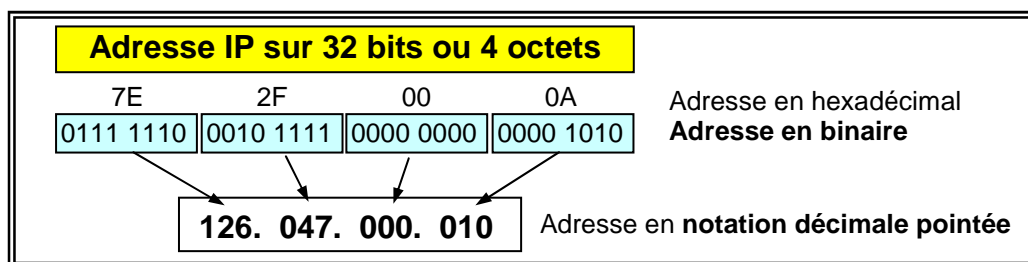


Figure VI-1 : Adresses IP. Notation décimale pointée.

Parfois, la représentation se fait en Hexadécimal de la façon suivante :  
**0x7E.0x2F.0x00.0x0A**

<sup>10</sup>MAC = Medium Access Control

## VI-C- Classes d'adresses

Il existe 5 classes d'adresses IP.

### VI- C- i- Classe A

Dans cette classe, l'adresse réseau est définie sur **7 bits** et l'adresse hôte sur **24 bits**.

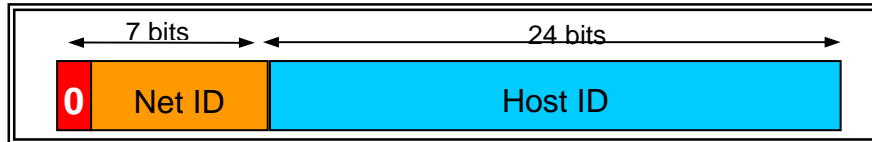


Figure VI-2 : Adressage IP Classe A.

### VI- C- ii- Classe B

Dans cette classe, l'adresse réseau est sur 14 bits et l'adresse hôte sur 16 bits.

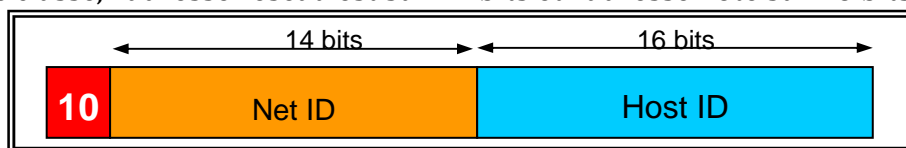


Figure VI-3 : Adressage IP Classe B.

### VI- C- iii- Classe C

Dans cette classe l'adresse du réseau est codifiée sur 21 bits et l'adresse hôte sur 8 bits

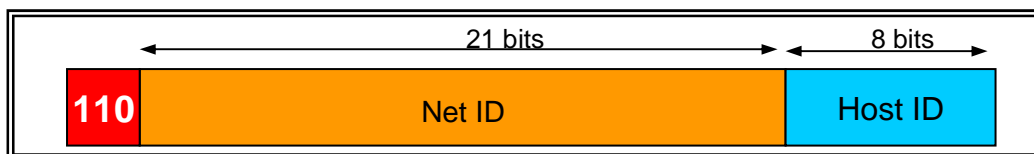


Figure VI-4 : Adressage IP Classe C.

Pour faciliter le routage les adresses IP de classe C correspondent à des emplacements géographiques :

Adresses	Zone géographique
192.0.0 à 193.255.255	Adresses allouées avant la répartition géographique. Elles correspondent donc à plusieurs régions.
194.0.0 à 195.255.255	Europe
198.0.0. à 199.255.255	USA
200.0.0 à 201.255.255	Amériques centrale et du Sud
202.0.0 à 203.255.255	Pacifique

### VI- C- iv- Classe D

Dans cette classe l'adresse du réseau est codifiée sur 28 bits et sert à diffuser des trames vers des groupes de stations.

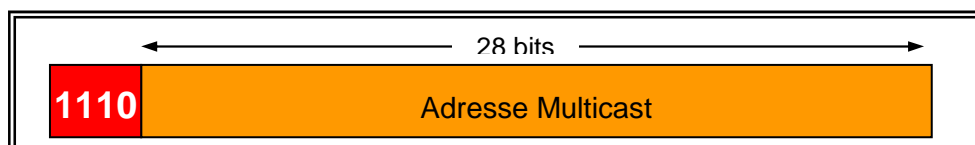


Figure VI-5 : Adressage IP classe D

### VI- C- v- Classe E

Cette classe est réservée à un usage futur.

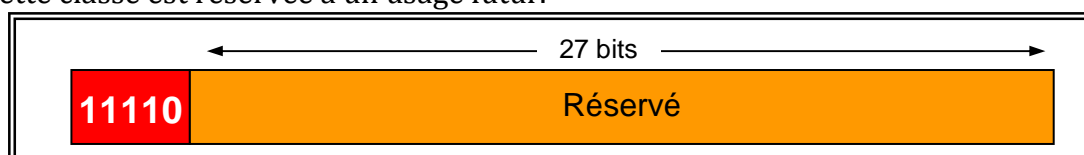


Figure VI-6 : Adressage IP Classe E.

### VI- C- vi- Identification des classes d'adresses

Selon la valeur des bits du premier octet représentant l'adresse réseau IP, il est facile de déterminer la classe utilisée.

Classe	Gamme en notation décimale	Premier octet en binaire	Nb de réseaux	NB de noeuds
A	0.0.0.0 à 127.255.255.255	0 0000000 et 0 1111111	126	16 777 214
B	128.0.0.0 à 191.255.255.255	10 000000 et 10 111111	16383	65534
C	192.0.0.0 à 223.255.255.255	110 00000 et 110 11111	2 097 151	254
D	224.0.0.0 à 239.255.255.255	1110 0000 et 1110 1111		
E	240.0.0.0 à 247.255.255.255	11110 000 et 11110 111		

Figure VI-7 : Gammes d'adresses IP en fonction des classes.

### VI- C- vii- Adresses Privées

Pour les réseaux non connectés à l'Internet, les administrateurs décident de la classe et de l'adresse NetID. Cependant pour des évolutions possibles, il est fortement recommandé de servir des adresses non utilisées sur Internet. Ce sont les adresses **privées** suivantes en classe A, B et C :

Tranches d'adresses IP privées	Nombre de réseaux privés
10.0.0.0 à 10.255.255.255	1 réseau de classe A
172.16.0.0 à 172.31.255.255	16 réseaux de classe B
192.168.0.0 à 192.168.255.255.	256 réseaux de classe C

Figure VI-8 : Adresses privées

### VI- C- viii- Adresses spéciales

Les règles concernant les adresses IP prévoient un certain nombre d'adresses spéciales :

- ✓ Adresses **Réseaux** : Dans ces adresses, la partie réservée à l'adresse station est à 0. Par exemple, 126.0.0.0 représente l'adresse réseau et non l'adresse d'un hôte.
- ✓ Adresses **Broadcast** à diffusion dirigée : Dans ces adresses, la partie "adresse Station" a tous ses bits à 1. Par exemple, 126.255.255.255 est une adresse de broadcast sur le réseau 126. Les routeurs peuvent transmettre cette trame vers le réseau 126.
- ✓ Adresses **Broadcast** à diffusion limitée. Dans ces adresses tous les bits sont à 1. (255.255.255.255) à. Cette trame est limitée au réseau de l'hôte qui l'envoie.
- ✓ Adresses pour la **maintenance** ou adresses "Loopback" : 127.0.0.1 (Ping sur la station pour vérifier le fonctionnement de la pile IP locale).
- ✓ Adresses **réservées** : Ce sont les adresses dont le numéro de réseau n'est composé que de 0 ou de 1.

## VII - Réseaux et sous-réseaux

Un réseau peut être divisé en sous-réseaux afin de pouvoir :

- éviter le gaspillage des adresses nœuds d'un réseau
- utiliser des supports physiques différents.
- réduire le trafic sur le réseau.
- isoler une partie du réseau en cas de défaillance d'un composant du réseau.
- augmenter la sécurité.

Chaque sous-réseau est relié à un autre par un routeur.

Exemple :

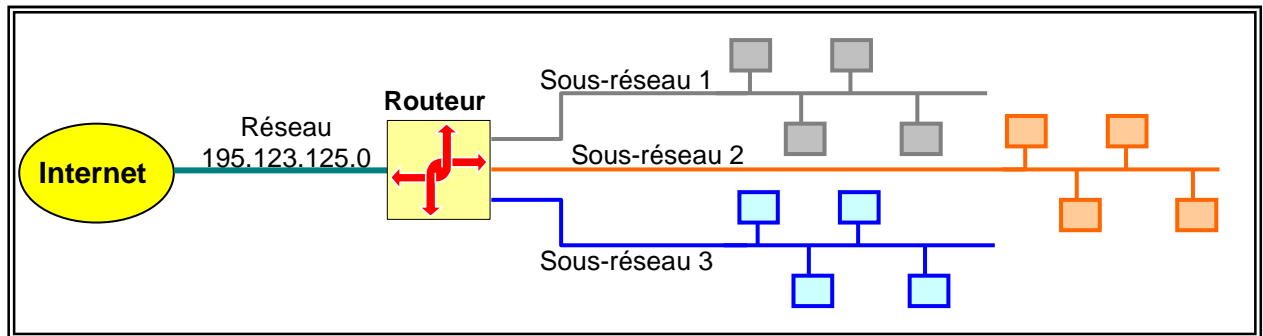


Figure VII-1 : Sous-réseaux.

Dans la figure ci-dessus, le routeur est connecté à Internet par un réseau de classe C 195.123.125.0. Il est donc possible d'utiliser 256 ( $2^8$ ) adresses pour les nœuds. Cependant si tous les nœuds sont sur le même réseau, celui-ci risque d'être chargé. On répartit les nœuds sur 3 réseaux que l'on connecte à un routeur. Chacun de ces réseaux devant avoir une adresse distincte, on crée des adresses de sous-réseaux pour chacun d'eux.

### VII-A- Masques de sous-réseaux

La notion de sous-réseaux était inexistante au début de IP. Elle est apparue avec la RFC.950 vers 1985. L'adressage de sous-réseaux va se faire avec des bits normalement réservés à l'adressage des nœuds.

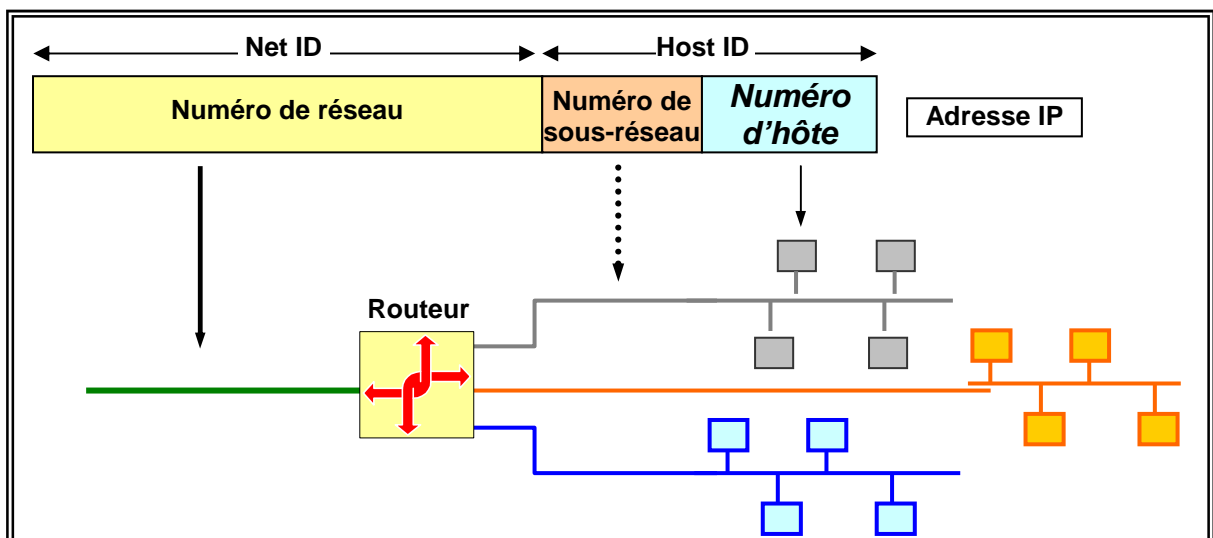


Figure VII-2 : Numérotation des sous-réseaux.



Pour indiquer le nombre de bits pris sur la partie HostID comme numéro de sous-réseau, on va utiliser un masque de sous-réseaux. Ce masque indique par des **bits à 1** le nombre de bits de l'adresse IP qui correspondent à l'adresse réseau et à l'adresse sous-réseaux. Les **bits à 0** du masque indiquent les bits de l'adresse IP qui correspondent à l'HostID.

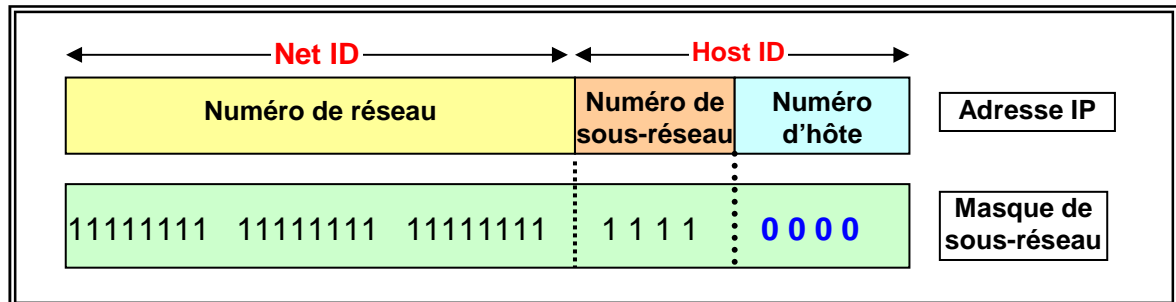


Figure VII-3 : Masque de sous-réseau.

Dans l'exemple ci-dessus, l'adresse IP est une adresse de classe C. On désire créer 16 sous-réseaux. Il est donc nécessaire d'utiliser 4 bits de la partie HostID pour indiquer le numéro de sous-réseau.

Le masque comporte **28** bits à **1**, c'est à dire :

- **24** bits correspondant à la partie NetID de l'adresse et **4** bits pour indiquer les bits de l'adresse IP qui doivent être interprétés comme étant l'adresse de sous-réseaux.
- **4** bits à **0**, indiquent les bits de l'adresse IP qui doivent être interprétés comme des adresses de nœuds.

Les masques de sous réseaux sont à entrer dans chaque ordinateur travaillant en IP. Les valeurs des masques se rentrent la plupart du temps en notation décimale pointée. Pour illustrer l'exemple ci-dessus, voici comment il conviendrait d'indiquer à une station son adresse IP et son masque de sous-réseau.

Spécifier une adresse IP

Adresse IP : 195 . 123 . 125 . 124

Masque de sous-réseau : 255 . 255 . 255 . 240

Passerelle par défaut :

Figure VII-4 : Entrées de l'adresse IP et du masque de sous-réseau.

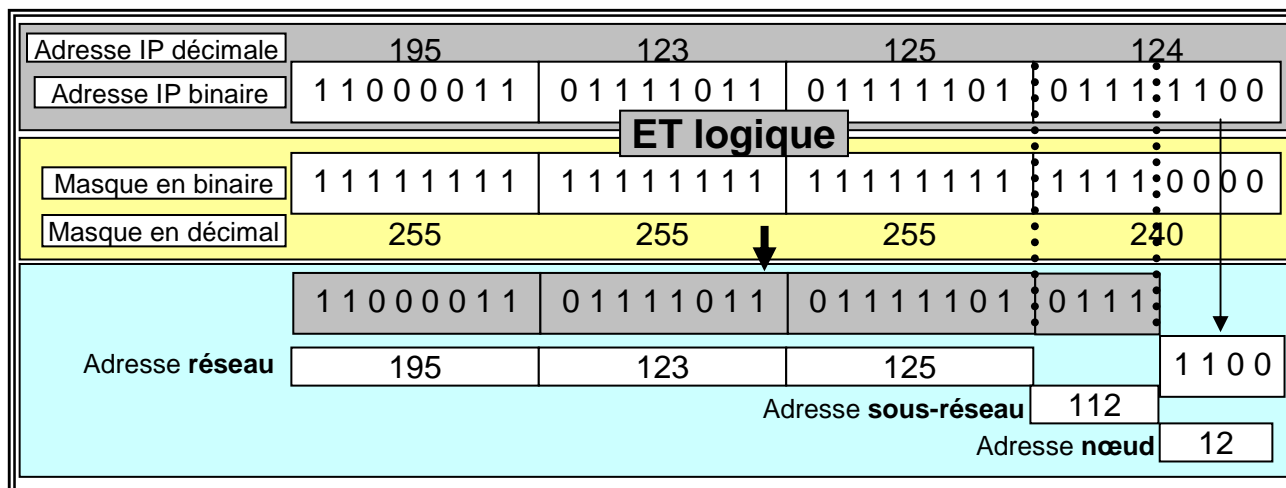


Figure VII-5 : Calcul de l'adresse de sous-réseau et de l'adresse nœud.

Dans cet exemple, le masque de sous-réseau comporte **28 bits**. L'adresse IP 195.123.125.124 est une adresse de classe C.

Les **24 premiers bits** du masque correspondent au **NetID**.

Les **4 bits** suivants à 1 dans le masque indiquent qu'il faut interpréter les 4 premiers bits du dernier octet comme une **adresse de sous-réseau** et non comme une adresse HostID. Les 4 bits à 0 du masque indiquent qu'il faut interpréter les 4 derniers bits du dernier octet de l'adresse IP comme une adresse nœud.

On calcule l'adresse du sous-réseau en tenant compte du poids binaire de chaque bit. Ici,  $(128 \times 0) + (1 \times 64) + (1 \times 32) + (1 \times 16) = 112$ . L'adresse nœud correspond aux 4 derniers bits de l'adresse IP (12).

#### VII-B- Exemple en classe B

	Masque-->	11111111 . 11111111	. 1111	0000 . 00000000	ID ss-réseau	ID nœud
Adresses IP	129.047.192.254	10000001 . 00101111	. 1100	0000 . 11111110		
	129.047.193.001	10000001 . 00101111	. 1100	0001 . 00000001		
	129.047.192.001	10000001 . 00101111	. 1100	0000 . 00000001		
	129.047.128.001	10000001 . 00101111	. 1000	0000 . 00000001		
	129.047.129.001	10000001 . 00101111	. 1000	0001 . 00000001		
	129.047.128.254	10000001 . 00101111	. 1000	0000 . 11111110		

Figure VII-6 : Exemple de masque de sous-réseaux avec des adresses de classe B.

Quelle est la valeur du masque en décimal. ? .....

Quel est pour toutes les adresses IP le numéro de réseau ? .....

Complétez le tableau en rentrant les adresses de sous-réseaux et les adresses nœud pour chaque adresse IP .

#### VII-C- Exemple en classe C

Un masque de sous-réseau est **255.255.255.240**

Quelle est la classe des adresses IP qui sont utilisées dans le tableau ci-dessous ? .....

En face des adresses IP suivantes, indiquez l'ID sous-réseau puis l'ID nœud :

Adresse IP	ID sous-réseau	ID nœud
195.252.13.33		
195.252.13.66		
195.252.13.47		

Figure VII-7 : Exemple de masque de sous-réseau en classe C.