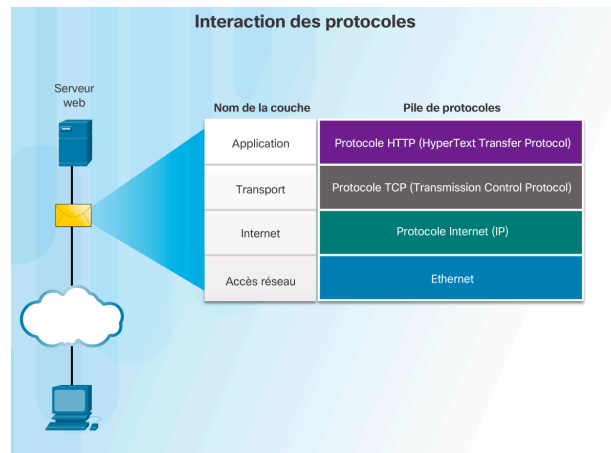


# SOMMAIRE

1 Protocoles	2
1.1 Interaction entre les protocoles	2
1.2 Suites de protocoles et normes de l'industrie	3
1.3 Suites de protocoles TCP/IP	4
1.4 Normes ouvertes	5
1.5 Normes Internet	5
1.6 Organismes de normalisation pour les industries électroniques et de la communication	7
2 Transfert de données sur le réseau	8
2.1 Principe de l'encapsulation	8
2.2 Comparaison des modèles OSI et TCP/IP	8
2.3 Adresses réseau	9
2.4 Adresses de liaison de données	10
2.5 Périphériques sur le même réseau	11
2.6 Périphériques sur un réseau distant	13

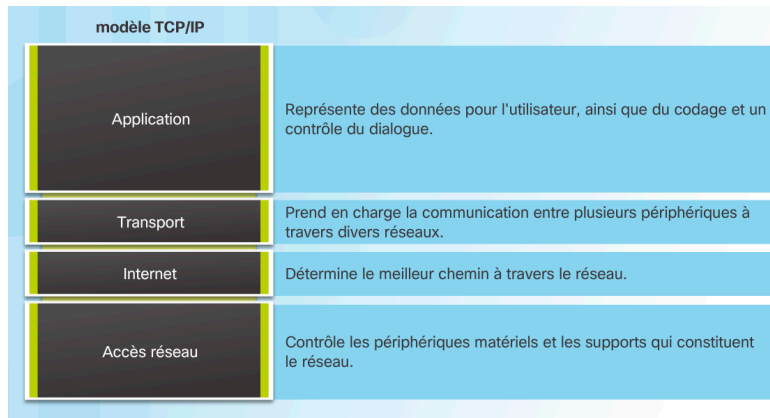
## 1. Protocoles :

### 1.1 Interaction entre les protocoles :



La communication entre un serveur web et un client web est un exemple d'interaction entre plusieurs protocoles. Les protocoles mentionnés dans la figure sont les suivants :

- **HTTP** : protocole d'application qui régit la manière dont un serveur web et un client web interagissent. Le protocole HTTP décrit le contenu et la mise en forme des requêtes et des réponses échangées entre le client et le serveur. Les logiciels du client et du serveur web implémentent le protocole HTTP dans le cadre de l'application. Le protocole HTTP dépend d'autres protocoles pour gérer le transport des messages entre le client et le serveur.
- **TCP** : protocole de transport qui gère les conversations individuelles. Le protocole TCP divise les messages HTTP en petites parties appelées segments. Ces segments sont envoyés entre les processus du serveur web et du client exécutés sur l'hôte de destination. Le protocole TCP est également responsable du contrôle de la taille et du débit d'échange des messages entre le serveur et le client.
- **IP** : protocole responsable de la récupération des segments formatés à partir du protocole TCP, de leur encapsulation en paquets, de l'affectation des adresses appropriées et de leur remise à l'hôte de destination.
- **Ethernet** : protocole d'accès au réseau qui décrit deux fonctions principales : d'une part, la communication sur une liaison de données et d'autre part, la transmission physique des données sur le support réseau. Les protocoles d'accès réseau prennent les paquets depuis le protocole IP et les formatent pour les transmettre via les supports.



## 1.2 Suites de protocoles et normes de l'industrie :

**Suites de protocoles et normes de l'industrie**

Nom de la couche	TCP/IP	ISO	AppleTalk	Novell Netware
Application	HTTP DNS DHCP FTP	ACSE ROSE TRSE SESE	AFP	NDS
Transport	TCP UDP	TP0 TP1 TP2 TP3 TP4	ATP AEP NBP RTMP	SPX
Internet	IPv4 IPv6 ICMPv4 ICMPv6	CONP/CMNS CLNP/CLNS	AARP	IPX
Accès réseau	Ethernet PPP Frame Relay ATM WLAN			

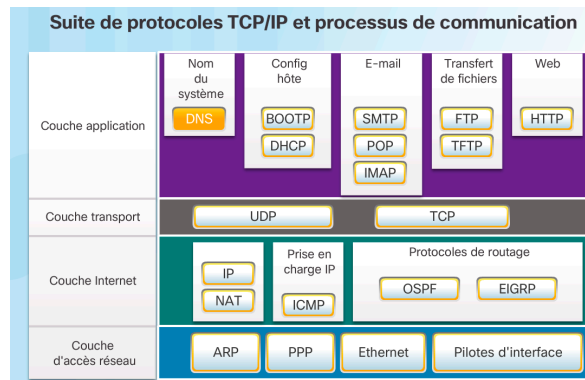
Une suite de protocoles est un ensemble de protocoles qui fonctionnent ensemble pour fournir des services de communication réseau complets. Une suite de protocoles peut être définie par un organisme de normalisation ou développée par un constructeur. Les suites de protocoles, telles que les quatre illustrées dans la figure, peuvent sembler quelque peu impressionnantes. Toutefois, ce cours se penchera uniquement sur les protocoles de la suite de protocoles TCP/IP.

La suite de protocoles TCP/IP est une norme ouverte, ce qui signifie que ces protocoles peuvent être utilisés gratuitement par tous et que tous les constructeurs ont la possibilité de les mettre en œuvre sur leur matériel ou leurs logiciels.

Les protocoles basés sur des normes sont des processus qui ont été validés par le secteur des réseaux et approuvés par un organisme de normalisation. L'utilisation de normes dans le développement et la mise en œuvre de protocoles garantit que les produits provenant de différents fabricants fonctionnent ensemble. Si un fabricant spécifique n'adhère pas strictement à un protocole, son équipement ou ses logiciels risquent de ne pas communiquer correctement avec les produits d'autres fabricants.

Certains protocoles sont des protocoles propriétaires, ce qui signifie qu'une société ou qu'un fournisseur contrôle la définition du protocole et la manière dont il fonctionne. AppleTalk et Novell NetWare sont des exemples de protocoles propriétaires, qui sont d'anciennes suites de protocoles. Il n'est pas rare qu'un constructeur (voire un groupe de constructeurs) développe un protocole propriétaire pour répondre aux besoins de ses clients, puis contribue à faire de ce protocole propriétaire une norme ouverte.

## 1.3 Suites de protocoles TCP/IP :



La suite de protocoles TCP/IP compte aujourd'hui de nombreux protocoles, comme l'indique la figure. Les différents protocoles sont organisés en couches suivant le modèle du protocole TCP/IP : couche application, couche transport, couche Internet et couche d'accès réseau.

Les protocoles TCP/IP sont spécifiques aux couches application, transport et Internet. Les protocoles de la couche d'accès réseau sont responsables de la remise du paquet IP sur le support physique. Ces protocoles de couche inférieure sont développés par différents organismes de normalisation.

La suite de protocoles TCP/IP est mise en œuvre comme une pile TCP/IP à la fois sur les hôtes expéditeurs et récepteurs pour assurer l'acheminement de bout en bout des applications sur un réseau. Les protocoles Ethernet sont utilisés pour transmettre le paquet IP sur le support physique utilisé par le réseau local (LAN).

### Protocole Ethernet :

Permet de définir les règles de câblage et de signalisation sur une couche d'accès réseau.

### Protocole Internet :

- Reçoit des segments de message de la couche transport.
- Regroupe les messages en paquets.
- Indique l'adresse des paquets pour permettre leur acheminement de bout en bout sur un interréseau.

### Protocole TCP (Transmission Control Protocole) :

- Permet une communication fiable entre les processus s'exécutant sur des hôtes distincts.
- Communications fiables et dont un accusé de réception confirme la transmission.

### Protocole http (Hypertext Transfer Protocole) :

Ensemble de règles permettant d'échanger du texte, des graphiques, des sons, des vidéos et autres fichiers multimédia sur le web.

**1.4 Normes ouvertes :**



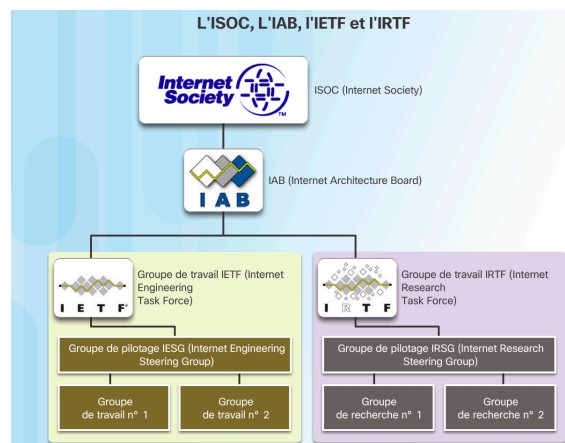
Les normes ouvertes favorisent l'interopérabilité, la concurrence et l'innovation. Elles empêchent également qu'un seul produit d'une entreprise monopolise le marché ou puisse bénéficier d'un avantage inique sur ses concurrents.

Pour illustrer ceci, prenons l'exemple de l'achat d'un routeur sans fil par un particulier. Il existe de nombreux appareils proposés par divers constructeurs, qui intègrent tous des protocoles standard tels que IPv4, DHCP, 802.3 (Ethernet) et 802.11 (réseau local sans fil). Ces normes ouvertes permettent également à un client exécutant le système d'exploitation OS X d'Apple de télécharger une page web à partir d'un serveur web exécutant le système d'exploitation Linux. Cela s'explique par le fait que les deux systèmes d'exploitation mettent en œuvre les mêmes protocoles de norme ouverte, notamment ceux de la suite de protocoles TCP/IP.

Les organismes de normalisation jouent un rôle important en assurant qu'Internet reste ouvert, que ses spécifications et protocoles soient accessibles librement et puissent être mis en œuvre par tous les constructeurs. Un organisme peut rédiger un ensemble de règles de A à Z ou il peut se baser sur un protocole propriétaire. Si un protocole propriétaire est utilisé, il implique généralement le constructeur à l'origine de sa création.

Les organismes de normalisation sont généralement des associations à but non lucratif qui ne sont liées à aucun constructeur. Leur objectif est de développer et de promouvoir le concept des normes ouvertes.

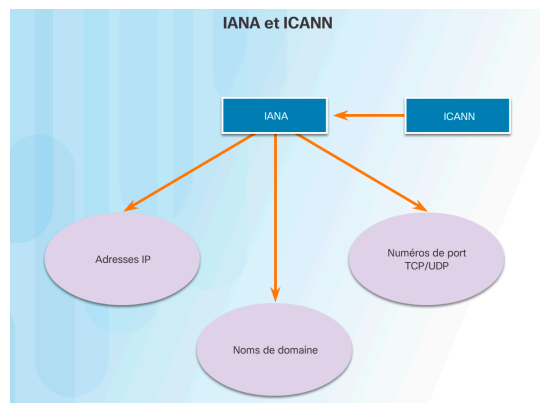
**1.5 Normes Internet :**



Les organismes de normalisation sont généralement des institutions à but non lucratif qui ne sont liées à aucun constructeur. Leur objectif est de développer et de promouvoir le concept des normes ouvertes. Différents organismes se partagent les responsabilités en matière de promotion et de création des normes liées au protocole TCP/IP.

Les organismes de normalisation indiqués à la figure précédente sont les suivants :

- **ISOC (Internet Society)** : société chargée de promouvoir le développement, l'évolution et l'utilisation libres d'Internet dans le monde entier.
- **IAB (Internet Architecture Board)** : comité en charge de la gestion et du développement des normes Internet.
- **IETF (Internet Engineering Task Force)** : groupe de travail chargé de développer, mettre à jour et gérer les technologies Internet et TCP/IP. Ce groupe gère notamment le processus et les documents nécessaires au développement de nouveaux protocoles et à la mise à jour des protocoles existants, appelés documents RFC (Request For Comments).
- **IRTF (Internet Research Task Force)** : groupe de travail axé sur la recherche à long terme liée aux protocoles Internet et TCP/IP et notamment composé des groupes de recherche ASRG (Anti-Spam Research Group), CFRG (Crypto Forum Research Group) et P2PRG (Peer-to-Peer Research Group).



- **ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers)** : association basée aux États-Unis qui coordonne l'attribution des adresses IP, la gestion des noms de domaine et l'attribution des autres informations utilisées par les protocoles TCP/IP.
- **IANA (Internet Assigned Numbers Authority)** : autorité chargée de superviser et de gérer l'attribution des adresses IP, la gestion des noms de domaine et les identificateurs de protocole pour le compte de l'ICANN.

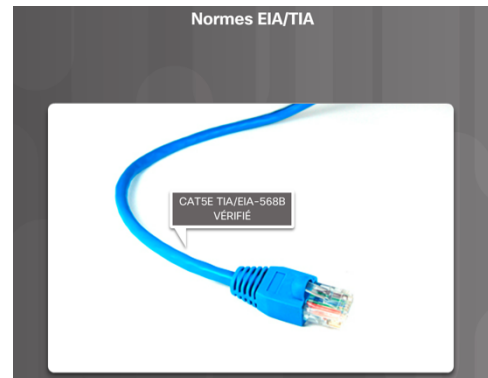
### 1.6 Organismes de normalisation pour les industries électroniques et de communication :

**IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers - Institut des ingénieurs en équipements électriques et électroniques)**

**Groupes de travail et groupes d'étude IEEE 802**

- 802.1 : groupe de travail sur les protocoles LAN de couche supérieure
- 802.3 : groupe de travail sur Ethernet
- 802.11 : groupe de travail sur les LAN sans fil
- 802.15 : groupe de travail sur les réseaux personnels sans fil (WPAN)
- 802.16 : groupe de travail sur les réseaux métropolitains à liaison sans fil
- 802.18 : groupe consultatif technique de contrôle radio
- 802.19 : groupe de travail sur la coexistence des réseaux sans fil
- 802.21 : groupe de travail sur les services MIH (Media Independent Handover)
- 802.22 : groupe de travail sur les réseaux régionaux sans fil
- 802.24 : groupe consultatif technique sur les réseaux intelligents

**Normes EIA/TIA**

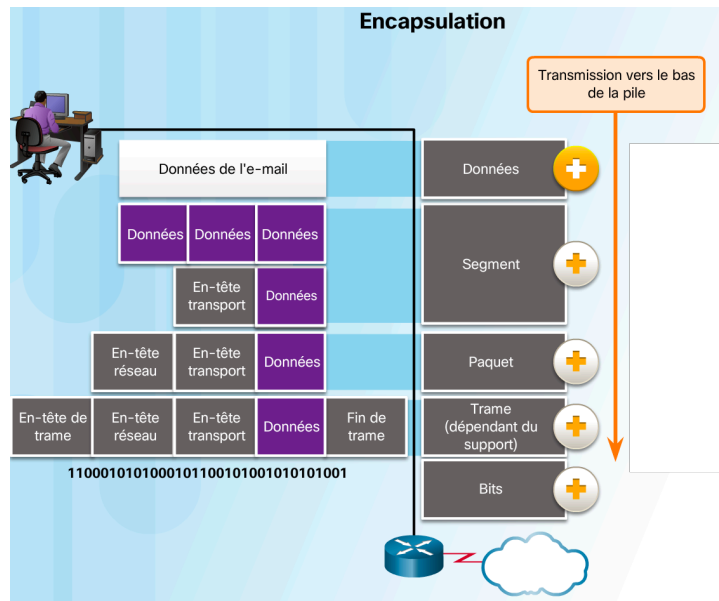


D'autres organismes de normalisation sont chargés de promouvoir et de créer des normes pour les secteurs électronique et des communications, normes utilisées pour transmettre des paquets IP sous la forme de signaux électroniques par le biais d'un support filaire ou sans fil.

- **IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)** : association professionnelle constituée de spécialistes du génie électrique et de l'électronique désireux de se consacrer à l'innovation technologique et à la création de normes dans de nombreux domaines, dont les secteurs de l'énergie et de l'énergie électrique, des soins de santé, des télécommunications et des réseaux. La figure 1 présente quelques-unes des normes associées au domaine des réseaux.
- **EIA (Electronic Industries Alliance)** : alliance commerciale connue pour ses normes relatives au câblage électrique, aux connecteurs et aux racks 19 pouces utilisés pour monter l'équipement réseau.
- **TIA (Telecommunications Industry Association)** : association responsable du développement des normes de communication dans un grand nombre de domaines, incluant les équipements radio, les tours cellulaires, les dispositifs de voix sur IP (VoIP) et les communications par satellite. La figure 2 illustre un exemple de câble Ethernet conforme aux normes TIA/EIA.
- **ITU-T (Secteur de la normalisation des télécommunications de l'Union internationale des télécommunications)** : l'un des plus importants et des plus anciens organismes de normalisation. L'ITU-T définit des normes de compression vidéo, de télévision sur IP (IPTV) et de communication haut débit, comme la DSL (digital subscriber line ou ligne d'abonné numérique).

## 2. Transfert de données sur le réseau :

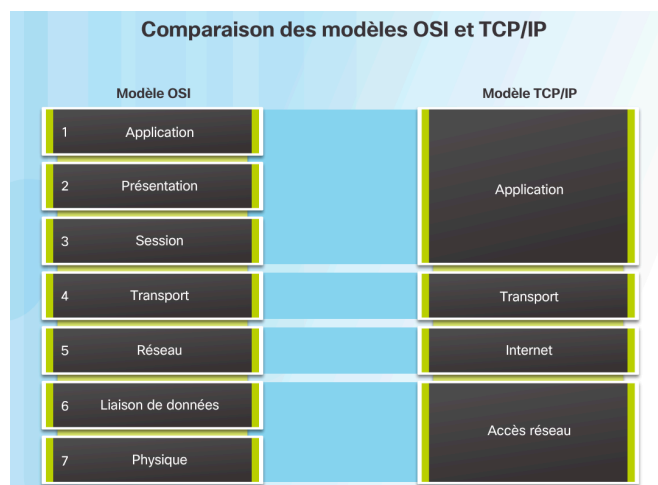
### 2.1 Principe de l'encapsulation :



Lorsque les données d'application descendent la pile de protocoles en vue de leur transmission sur le support réseau, différentes informations de protocole sont ajoutées à chaque niveau. Il s'agit du processus d'encapsulation.

La forme qu'emprunte une donnée sur n'importe quelle couche est appelée unité de données de protocole. Au cours de l'encapsulation, chaque couche, l'une après l'autre, encapsule l'unité de données de protocole qu'elle reçoit de la couche supérieure en respectant le protocole en cours d'utilisation. À chaque étape du processus, une unité de données de protocole possède un nom différent qui reflète ses nouvelles fonctions. Bien qu'il n'existe aucune convention d'attribution de noms universelle pour les unités de données de protocole, dans ce cours, les unités de données de protocoles sont nommées en fonction des protocoles de la suite TCP/IP, voir l'illustration.

### 2.2 Comparaison des modèles OSI et TCP/IP :





Les protocoles qui constituent la suite de protocoles TCP/IP peuvent être décrits selon les termes du modèle de référence OSI. Dans le modèle OSI, la couche d'accès réseau et la couche application du modèle TCP/IP sont subdivisées pour décrire les fonctions distinctes qui doivent intervenir sur ces couches.

Au niveau de la couche d'accès au réseau, la suite de protocoles TCP/IP ne spécifie pas quels protocoles utiliser lors de la transmission à travers un support physique ; elle décrit uniquement la remise depuis la couche internet aux protocoles réseau physiques. Les couches OSI 1 et 2 traitent des procédures nécessaires à l'accès aux supports et des moyens physiques pour envoyer des données sur un réseau.

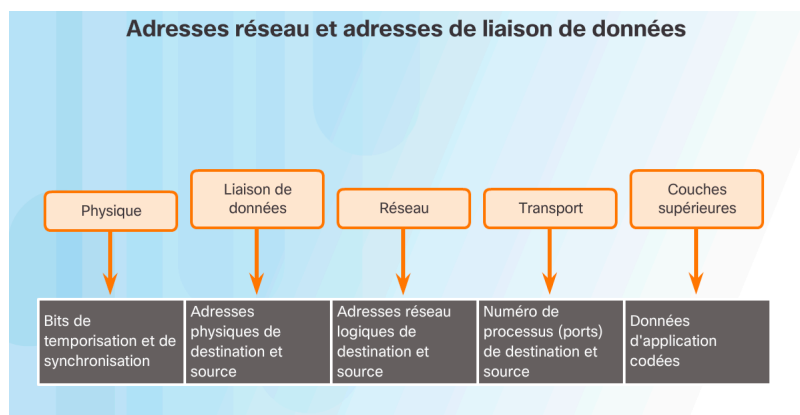
La couche OSI 3, qui correspond à la couche réseau, est directement liée à la couche Internet TCP/IP. Cette couche sert à décrire les protocoles qui traitent et dirigent les messages via l'interréseau.

La couche OSI 4, la couche transport, est directement associée à la couche transport TCP/IP. Cette couche décrit les services et les fonctionnalités de base qui assurent l'ordre et la fiabilité des données acheminées entre les hôtes source et de destination.

La couche application TCP/IP inclut plusieurs protocoles qui fournissent des fonctionnalités spécifiques à plusieurs applications d'utilisateur final. Les couches 5, 6 et 7 du modèle OSI servent de références aux développeurs et aux éditeurs de logiciels d'application pour créer des produits qui fonctionnent sur les réseaux.

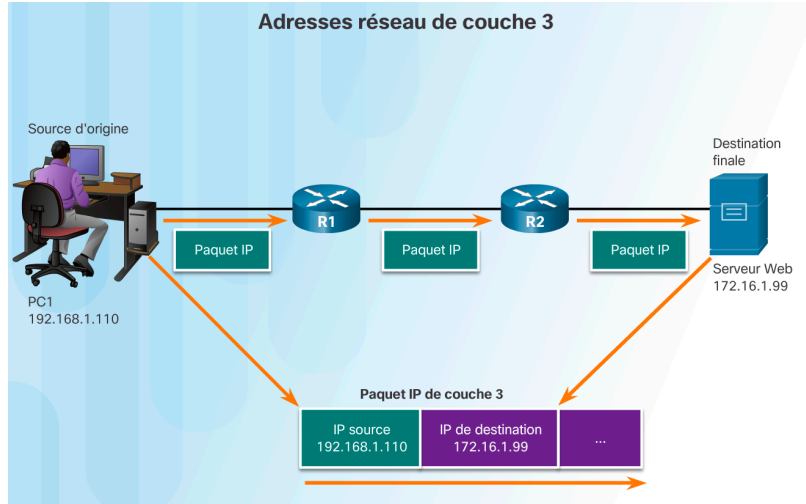
Les modèles TCP/IP et OSI sont généralement utilisés pour faire référence à des protocoles de différentes couches. Le modèle OSI, qui sépare la couche liaison de données de la couche physique, est généralement utilisé pour faire référence aux couches inférieures.

### 2.3 Adresses réseau :



Les couches réseau et liaison de données sont chargées de transmettre les données du périphérique source au périphérique de destination. Comme illustré à la figure ci-dessus, les protocoles de ces deux couches contiennent les adresses source et de destination, mais ils ne les utilisent pas aux mêmes fins.

- Les **adresses de couche réseau source et de destination** remettent le paquet IP de la source d'origine à la destination finale, sur le même réseau ou sur un réseau distant.
- Les **adresses de liaison de données source et de destination** transmettent la trame liaison de données d'une carte réseau à une autre, sur un même réseau.

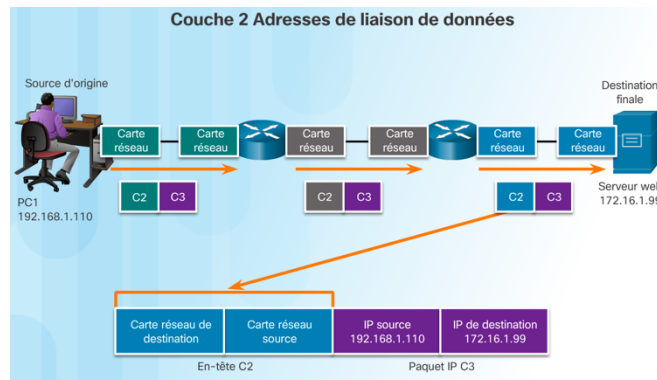
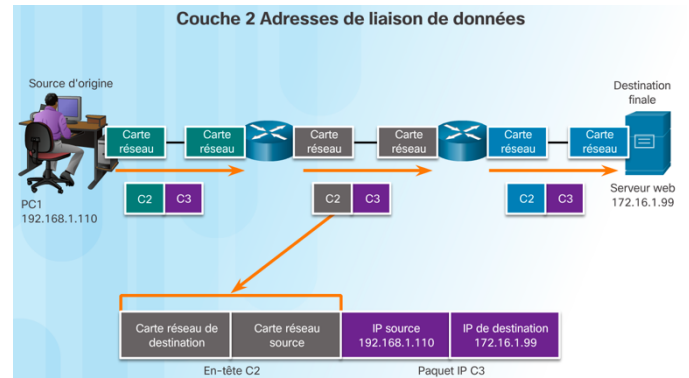
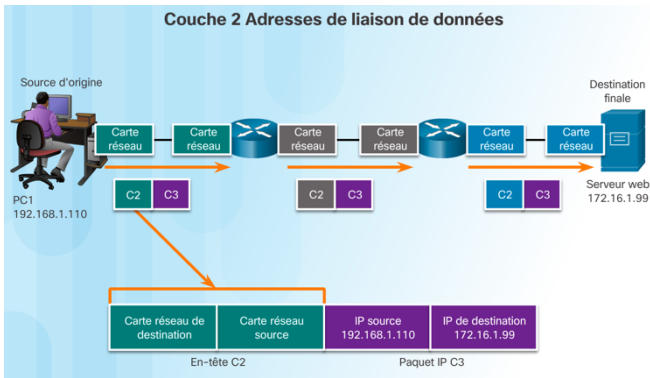


L'adresse IP est la couche réseau (ou couche 3), c'est-à-dire l'adresse logique utilisée pour acheminer le paquet IP de la source d'origine à la destination finale, comme illustré à la figure ci-dessus.

Le paquet IP contient deux adresses IP :

- **Adresse IP source** : adresse IP du périphérique expéditeur, la source d'origine du paquet.
- **Adresse IP de destination** : adresse IP du périphérique récepteur, la destination finale du paquet.

## 2.4 Adresses de liaison de données :



Sur la couche liaison de données ou couche 2, l'adresse physique joue un rôle différent. L'objectif de l'adresse de liaison de données est de transmettre la trame liaison de données d'une interface réseau à une autre, sur un même réseau. Ce processus est illustré aux figures 1 à 3.

Pour qu'un paquet IP puisse être envoyé via un réseau câblé ou sans fil, il doit être encapsulé dans une trame de liaison de données qui peut être transmise à travers le support physique.

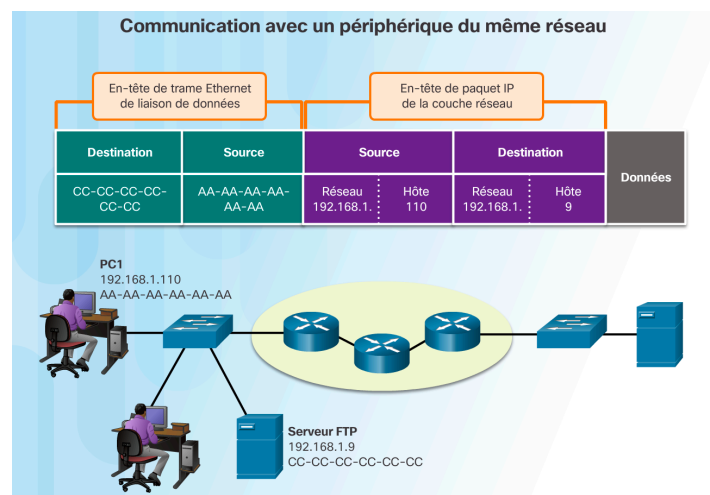
Au fil de son périple, de l'hôte au routeur, du routeur à un autre routeur, et enfin du routeur à l'hôte, le paquet IP est encapsulé dans une nouvelle trame liaison de données à chaque stade de son acheminement. Chaque trame liaison de données contient l'adresse liaison de données source de la carte réseau qui envoie la trame, et l'adresse liaison de données de destination de la carte réseau qui la reçoit.

La couche 2, le protocole de liaison de données, sert uniquement à remettre le paquet entre les cartes réseau d'un même réseau. Le routeur supprime les informations de couche 2 dès leur réception sur une carte réseau et ajoute de nouvelles informations de liaison de données avant de les transférer vers la destination finale.

Le paquet IP est encapsulé dans une trame de liaison de données qui contient les informations de liaison de données, notamment les adresses suivantes :

- **Adresse de liaison de données source** : adresse physique de la carte réseau du périphérique qui envoie la trame de liaison de données.
- **Adresse de liaison de données de destination** : adresse physique de la carte réseau qui reçoit la trame de liaison de données. Cette adresse correspond soit au routeur de tronçon suivant, soit au périphérique de destination final.

### 2.5 Périphériques sur le même réseau :



Pour comprendre comment des périphériques communiquent au sein d'un réseau, il est important de comprendre les rôles des adresses de couche réseau et des adresses de liaison de données.

### 2.5.1 Rôle des adresses de la couche réseau :

Les adresses de couche réseau ou adresses IP indiquent la source d'origine et la destination finale. Une adresse IP contient deux parties :

- **Une partie réseau** : partie située à l'extrême gauche de l'adresse qui indique à quel réseau appartient l'adresse IP. Tous les périphériques du même réseau ont, dans leur adresse IP, la même partie réseau.
- **Une partie hôte** : partie restante de l'adresse qui identifie un périphérique spécifique sur le réseau. La partie hôte est unique et propre à chaque périphérique du réseau.

**Remarque** : le masque de sous-réseau sert à identifier la partie réseau d'une adresse de la partie hôte. Le masque de sous-réseau est traité plus en détail dans les chapitres suivants.

Dans cet exemple, nous avons un ordinateur client (PC1) communiquant avec un serveur FTP sur le même réseau IP.

- **Adresse IP source** : adresse IP du périphérique expéditeur, l'ordinateur client PC1 : 192.168.1.110.
- **Adresse IP de destination** : adresse IP du périphérique récepteur, le serveur FTP : 192.168.1.9.

Vous remarquerez dans la figure que la partie réseau de l'adresse IP source et de l'adresse IP de destination indique qu'elles se trouvent sur le même réseau.

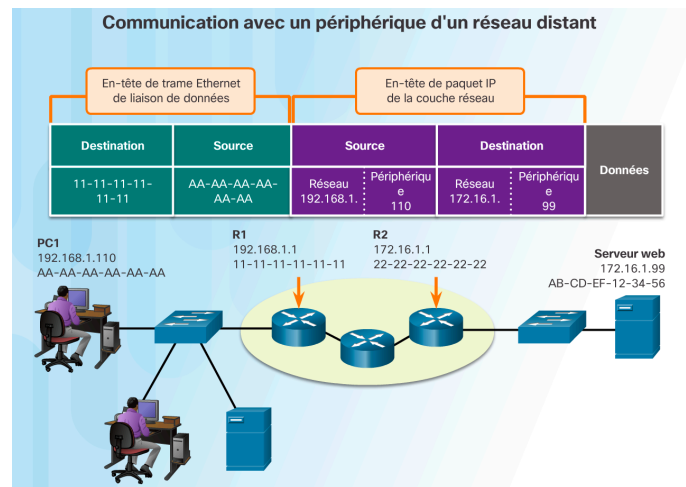
### 2.5.2 Rôle des adresses de la couche liaison de données :

Lorsque l'expéditeur et le récepteur du paquet IP se trouvent sur le même réseau, la trame de liaison de données est envoyée directement au périphérique récepteur. Sur un réseau Ethernet, les adresses de liaison de données sont appelées adresses (MAC) Ethernet. Les adresses MAC sont physiquement incorporées dans la carte réseau Ethernet.

- **Adresse MAC source** : il s'agit de l'adresse de liaison de données ou adresse MAC Ethernet du périphérique qui envoie la trame de liaison de données avec le paquet IP encapsulé. L'adresse MAC de la carte réseau Ethernet de PC1 est AA-AA-AA-AA-AA-AA, écrite en notation hexadécimale.
- **Adresse MAC de destination** : lorsque le périphérique récepteur se trouve sur le même réseau que le périphérique expéditeur, il s'agit de l'adresse de liaison de données du périphérique récepteur. Dans cet exemple, l'adresse MAC de destination est l'adresse MAC du serveur FTP : CC-CC-CC-CC-CC-CC, écrite en notation hexadécimale.

La trame contenant le paquet IP encapsulé peut maintenant être transmise par PC1 directement au serveur FTP.

## 2.6 Périphériques sur un réseau distant :



Mais quels sont les rôles de l'adresse de couche réseau et de l'adresse de couche liaison de données lorsqu'un périphérique communique avec un autre périphérique situé sur un réseau distant ? Dans cet exemple, nous avons un ordinateur client (PC1) communiquant avec un serveur appelé « serveur web », situé sur un autre réseau IP.

### 2.6.1 Rôle des adresses de la couche réseau :

Lorsque l'expéditeur du paquet appartient à un réseau différent de celui du récepteur, les adresses IP source et de destination représentent des hôtes sur différents réseaux. Cette information est indiquée par la partie réseau de l'adresse IP de l'hôte de destination.

- **Adresse IP source** : adresse IP du périphérique expéditeur, l'ordinateur client PC1 : 192.168.1.110.
- **Adresse IP de destination** : adresse IP du périphérique récepteur, ici le serveur web : 172.16.1.99.

Vous remarquerez dans la figure que la partie réseau de l'adresse IP source et de l'adresse IP de destination indique qu'elles se trouvent sur des réseaux différents.

### 2.6.2 Rôle des adresses de la couche liaison de données

Lorsque l'expéditeur et le récepteur du paquet IP se trouvent sur des réseaux différents, la trame liaison de données Ethernet ne peut pas être envoyée directement à l'hôte de destination, car celui-ci n'est pas directement accessible sur le réseau de l'expéditeur. La trame Ethernet doit être envoyée à un autre périphérique appelé routeur ou passerelle par défaut. Dans notre exemple, la passerelle par défaut est R1. R1 dispose d'une adresse de liaison de données Ethernet qui se trouve sur le même réseau que PC1. Cela permet à PC1 d'accéder directement au routeur.

- **Adresse MAC source** : adresse MAC Ethernet du périphérique expéditeur, PC1. L'adresse MAC de l'interface Ethernet de PC1 est AA-AA-AA-AA-AA-AA.
- **Adresse MAC de destination** : lorsque le périphérique récepteur (l'adresse IP de destination) se trouve sur un réseau différent de celui du périphérique expéditeur, ce dernier utilise l'adresse MAC Ethernet de la passerelle par défaut ou routeur. Dans

cet exemple, l'adresse MAC de destination est l'adresse MAC de l'interface Ethernet de R1, 11-11-11-11-11-11. Il s'agit de l'interface associée au même réseau que PC1.

La trame Ethernet contenant le paquet IP encapsulé peut être transmise à R1. R1 achemine le paquet vers la destination, le serveur web. R1 peut transmettre le paquet à un autre routeur ou bien directement au serveur web si la destination se trouve sur un réseau connecté à R1.

Il est important que l'adresse IP de la passerelle par défaut soit configurée sur chaque hôte du réseau local. Tous les paquets dont la destination se trouve sur des réseaux distants sont envoyés à la passerelle par défaut. Les adresses MAC Ethernet et la passerelle par défaut sont abordées dans les chapitres suivants.