

---

# Bases IP et OSI

**Atelier SI-F**  
**AfNOG 2014, Djibouti**

# Contenu

---

- Historique de l'Internet
- Services sans connexion et orientés-connexion
- Les couches et protocoles
- Encapsulation et désencapsulation
- Terminologie: Trame, datagramme et segment

# Historique de l'Internet

---

## *1961-1972: Principes de la commutation de paquets*

- 1961: Kleinrock – la théorie des files d'attente a montré l'efficacité de la commutation de paquets
- 1964: Baran – la commutation de paquets dans les réseaux militaires
- 1967: ARPAnet conçu par l'Agence des Projets de Recherche avancée
- 1969: premier noeud opérationnel ARPAnet

## 1972:

- ARPAnet a démontré publiquement le NCP (Network Control Protocol) le premier protocole hôte à hôte
- Le premier programme email est créé
- ARPAnet a 15 noeuds

# Historique de l'Internet

## *1972-1980: Inter-réseau, émergence de nouveaux réseaux propriétaires*

---

- 1970: ALOHAnet réseau de satellite en Hawaii
- 1973: Metcalfe's dans sa thèse PhD propose Ethernet
- 1974: Cerf and Kahn - architecture pour interconnecter des réseaux
- Fin des années 70 : architectures propriétaires: DECnet, SNA, XNA
- Fin des années: Commutation de paquets de taille fixe (précurseur ATM)
- 1979: ARPAnet a 200 noeuds
- Cerf et Kahn principes de l'interconnexion :
  - minimalisme, autonomie – aucun changement interne requis pour interconnecter des réseaux,
  - Modèle de service "best effort"
  - Routeurs sans état
  - Contrôle décentralisé
- Architecture de l'Internet d'aujourd'hui définie

# Historique de l'Internet

---

## *1980-1990: nouveaux protocoles, une prolifération de réseaux*

- 1983: déploiement de TCP/IP
- 1982: Protocole SMTP e-mail défini
- 1983: DNS défini pour la résolution des noms en adresses IP
- 1985: protocole FTP défini
- 1988: contrôle de congestion dans TCP
- Nouveaux réseaux nationaux : Cset, BITnet, NSFnet, Minitel
- 100,000 hôtes connectés à la confédération de réseaux

# Historique de l'Internet

---

## *1990, 2000s: commercialisation, le Web, nouvelles applications*

- **Début 1990**: ARPAnet déclassé
- **1991**: NSF lève les restrictions sur l'utilisation commerciale de NSFnet (déclassé en 1995)
- **Début 1990**: Web
  - hypertext [Bush 1945, Nelson 1960's]
  - HTML, HTTP: Berners-Lee
  - 1994: Mosaic, plus tard Netscape
  - Fin 1990s: commercialisation du Web

## **Fin 1990s – 2000s:**

- Plus d'applications : messagerie instantanée, messaging, partage de fichiers en mode peer2peer (e.g., Napster)
- la sécurité
- des réseaux de pointe estimée à 50 millions d'hôtes, plus de 100 millions d'utilisateurs
- liens backbone qui tournent au Gbps

## **Aujourd'hui: 40-100 Gbps**

youtube, réseaux sociaux, épuisement des adresses IPv4

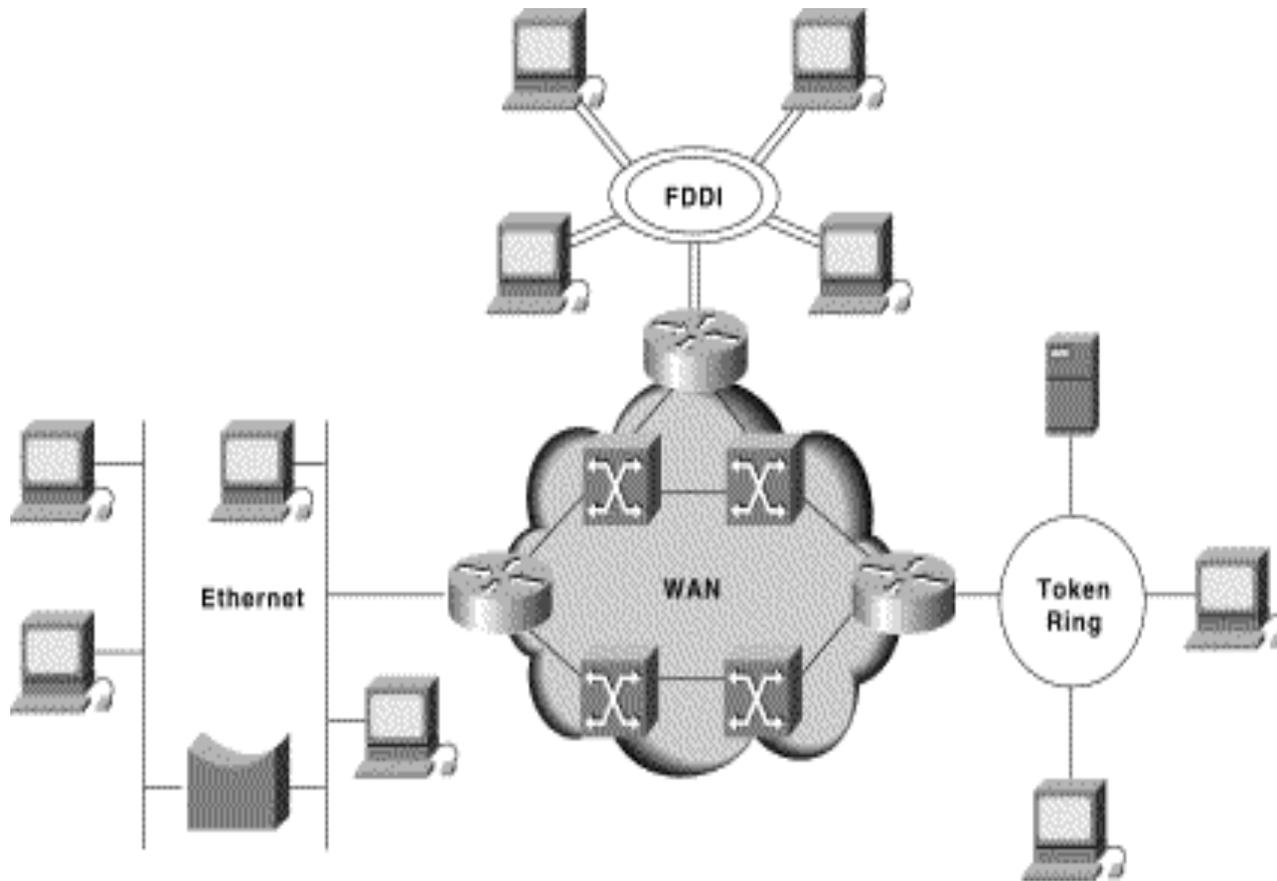
# L'Internet (“I” Majuscule)

---

- Le réseau mondial composé de réseaux TCP/IP
- Différentes parties du réseau appartiennent à différentes personnes ou organisations
- Différentes parties du réseau utilisent différentes technologies
- Interconnexion entre les parties du réseau
- Interconnexion repose sur des accords
  - Vente/achat de service
  - contrats
  - Accords de “peering”
- Aucun contrôle ou gestion centralisée

# Un petit réseau interconnecté (petit “i”) “internet”

---



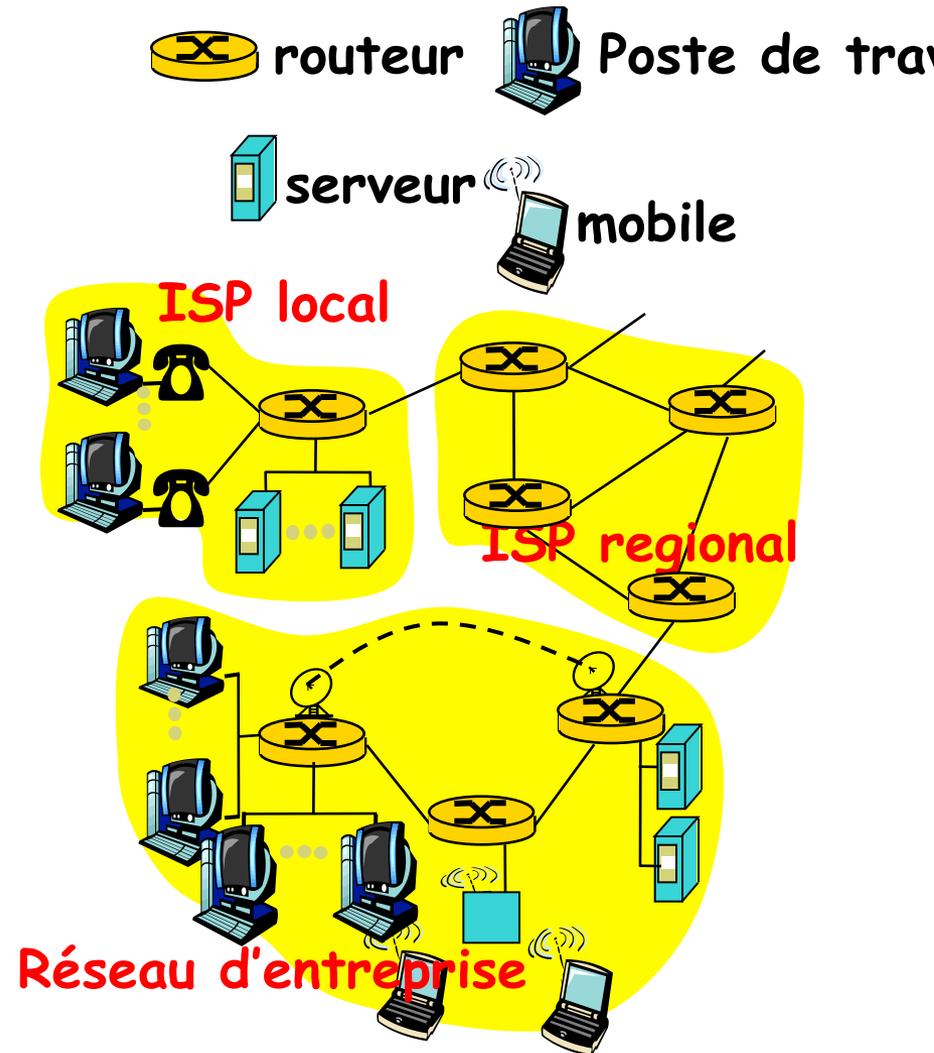
# Le principe d'Interconnexion de réseaux

- Nous avons beaucoup de petits de réseaux
- Beaucoup d'opérateurs/propriétaires différents
- Beaucoup de types différents
  - Ethernet, lignes louées, dédiées, dialup, optique, haut débit, wireless, ...
- Chaque type a son propre idée d'adressage de bas niveau et de protocoles
- Nous voulons les connecter tous ensemble et fournir une vue unique et unifiée de l'ensemble afin de traiter la collection de petits réseaux comme un seul grand réseau

# Qu'est ce que l'Internet?:

## Vue comme un ensemble d'outils "écrous et boulons"

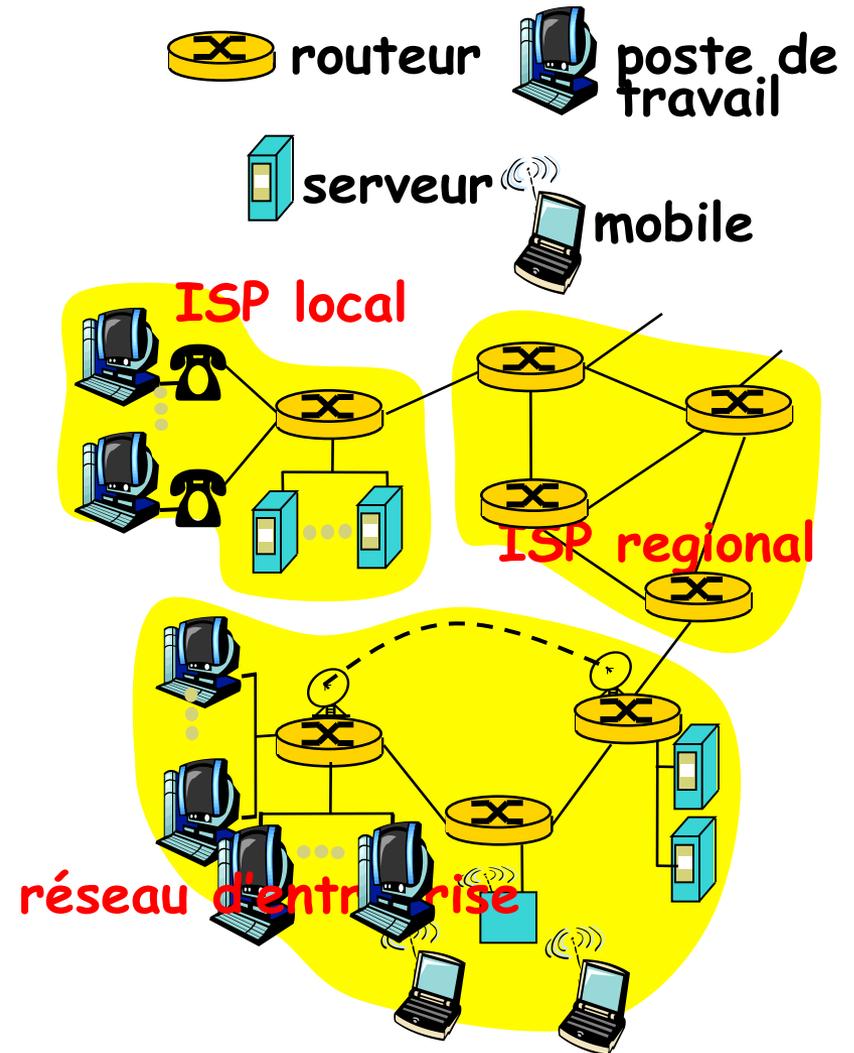
- Des millions de périphériques connectés : hôtes, systèmes finaux
  - Postes de travail, serveurs
  - PDA, téléphones, toasters
  - Exécutant des applications réseaux
- Liens de communication
  - fibre, cuivre, radio, satellite
- routeurs: transmission des paquets (de grande taille) de données à travers le réseau



# Qu'est ce que l'Internet?:

## Vue comme un ensemble d'outils "écrous et boulons"

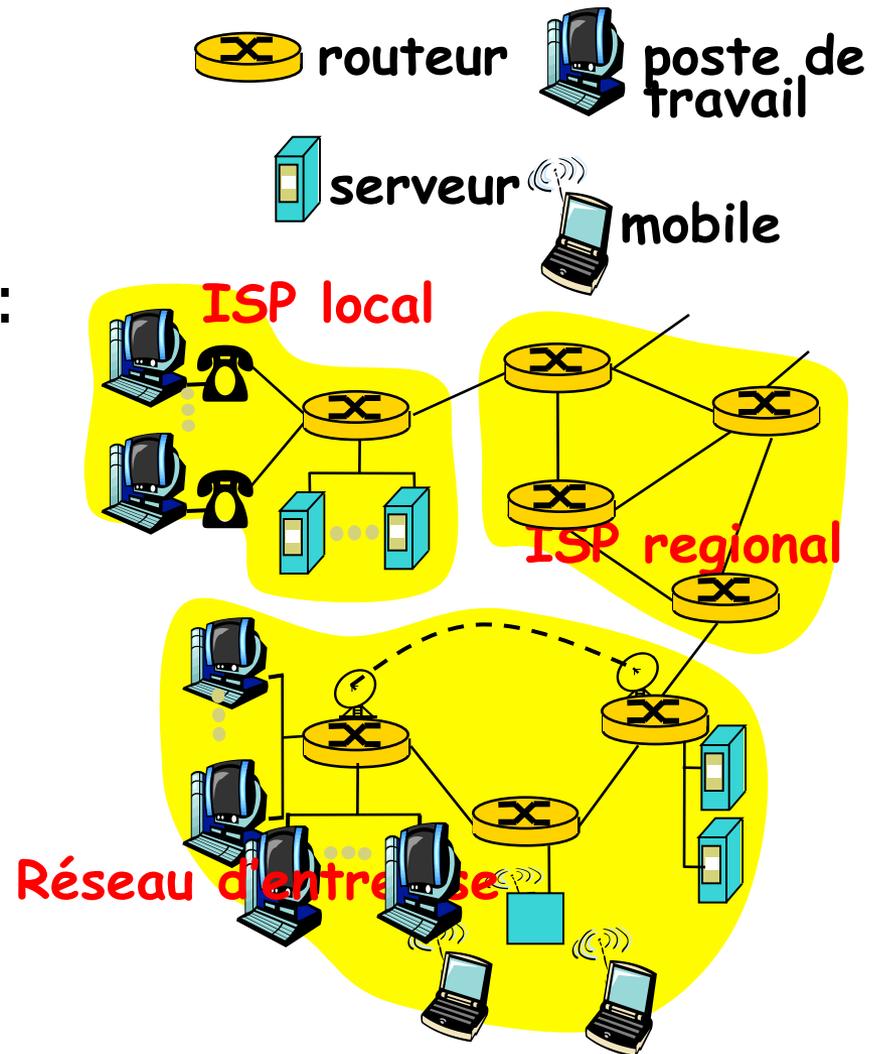
- protocoles: contrôle de l'envoi et la réception de messages
  - e.i, TCP, IP, HTTP, FTP, PPP
- Internet: "réseau de réseaux"
  - Len gros hiérarchique
  - Internet public contre intranet privé
- Standards Internet
  - RFC: Request for comments
  - IETF: Internet Engineering Task Force



# Qu'est ce que l'Internet?:

## Vue comme un service

- L'infrastructure de communication permet de transporter des applications distribuées:
  - WWW, email, jeux, e-commerce, bases de données, vote électronique, etc?
- Services de communication fournis:
  - Mode sans connexion
  - Orienté connexion



# Paradigme sans connexion

- Il n'y a pas de "connexion" dans IP
  - Les paquets peuvent être délivrés dans le désordre
  - Chaque paquet peut prendre un chemin différent pour rejoindre la destination
  - Pas de détection d'erreur ou de correction de la charge utile
  - Pas de contrôle de congestion (excepté "jeter")
- TCP atténue ces limites pour les applications orientées-connexion
  - Correction d'erreurs par la retransmission
  - Signalisation de congestion par un format de paquet

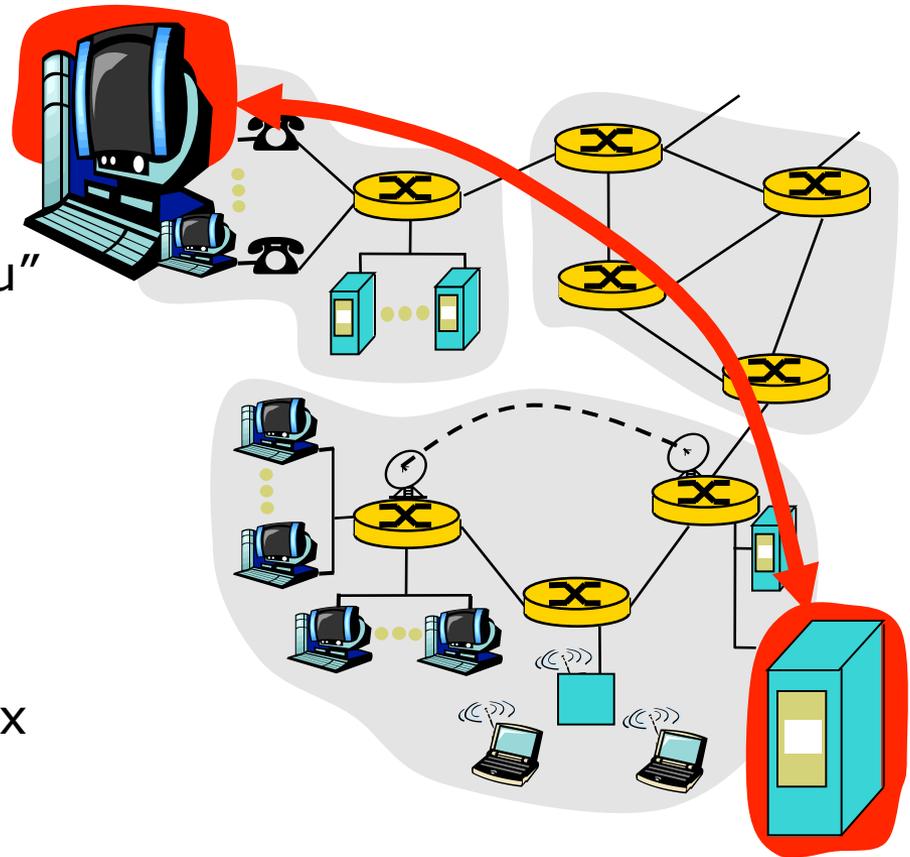
# Principes de l'Internet

---

- Périphérie (Edge) vs. coeur (core)  
(systèmes finaux vs. routeurs)
  - Réseau Dumb
  - Intelligence au niveau des systèmes finaux
- Différents paradigmes de communication
  - Orientés-connexion vs. mode sans connexion
  - Commutation de paquets vs. de circuit
- Système en couches
- Réseau de réseaux en collaboration

# La périphérie du réseau

- Systèmes finaux(hôtes):
  - Executent les applications et programmes
  - e.i, WWW, email
  - À la "périphérie du réseau"
- Modèle client/server :
  - L'hôte client demande et reçoit un service à partir d'un serveur
  - e.i, WWW client (navigateur)/serveur web; client email/serveur Postfix
- Modèle peer-peer:
  - Interaction symétrique entre hôtes
  - e.i: téléconférence



# Périphérie du réseau: service orientés-connexion

- but: transfert de données entre systèmes
- handshaking: initialisation de la communication (pour la préparer) avant le transfert de données
  - "bonjour", puis réponse au "bonjour" avant l'établissement de la communication (comme la communication entre les hommes)
  - "état" de la communication réelle entre les deux hôtes qui communiquent
- TCP - Transmission Control Protocol
  - Service orienté-connexion d'Internet
- TCP service [RFC 793]  
fiable, transfert des flots d'octets de données en ordre
  - pertes: accusés de réception et retransmission
- Contrôle de flux:  
L'expéditeur ne va pas surcharger le récepteur
- Contrôle de congestion:  
L'expéditeur "ralentit son rythme d'envoi" quand le réseau est congestionné

# Périphérie du réseau: service sans connexion

---

- But: transfert de données entre les systèmes
- UDP - User Datagram Protocol [RFC 768]: le service sans connexion d'Internet
  - Transfert de données non fiable
  - Pas de contrôle de flux
  - Pas de contrôle de congestion

# “Couches” et Protocoles

---

- Les réseaux sont complexes !
- plusieurs “pièces”:
  - hôtes
  - routeurs
  - liens de différents média
  - applications
  - protocoles
  - matériel, logiciel

Question:

Y a un un moyen  
d’organiser la  
structure du réseau?

Ou au moins dans le  
cadre de nos  
discussions de  
réseaux

# L'effet unificateur de la couche réseau

---

- Définir un protocole qui fonctionne de la même façon quelque que soit le réseau sous-jacent
- Appeler le la couche réseau (e.i. IP)
- Les routeurs IP fonctionnent au niveau de la couche réseau
- IP sur quoi que ce soit
- Quoi que ce soit sur IP

# Pourquoi un modèle en couches?

---

- Pour gérer les systèmes complexes:
- Une structure explicite permet l'identification, la relation entre les différentes pièces d'un système complexe
  - Modèle de référence en couches pour la discussion
- La modularisation facilite la maintenance, la mise à jour du système
  - Changement d'implémentation de service d'une couche transparent au reste du système e.i., changer la procédure d'une porte n'affecte pas le reste du système

# Le modèle “Hourglass” d’IP

---

**Couche Application**



**Couche Transport**

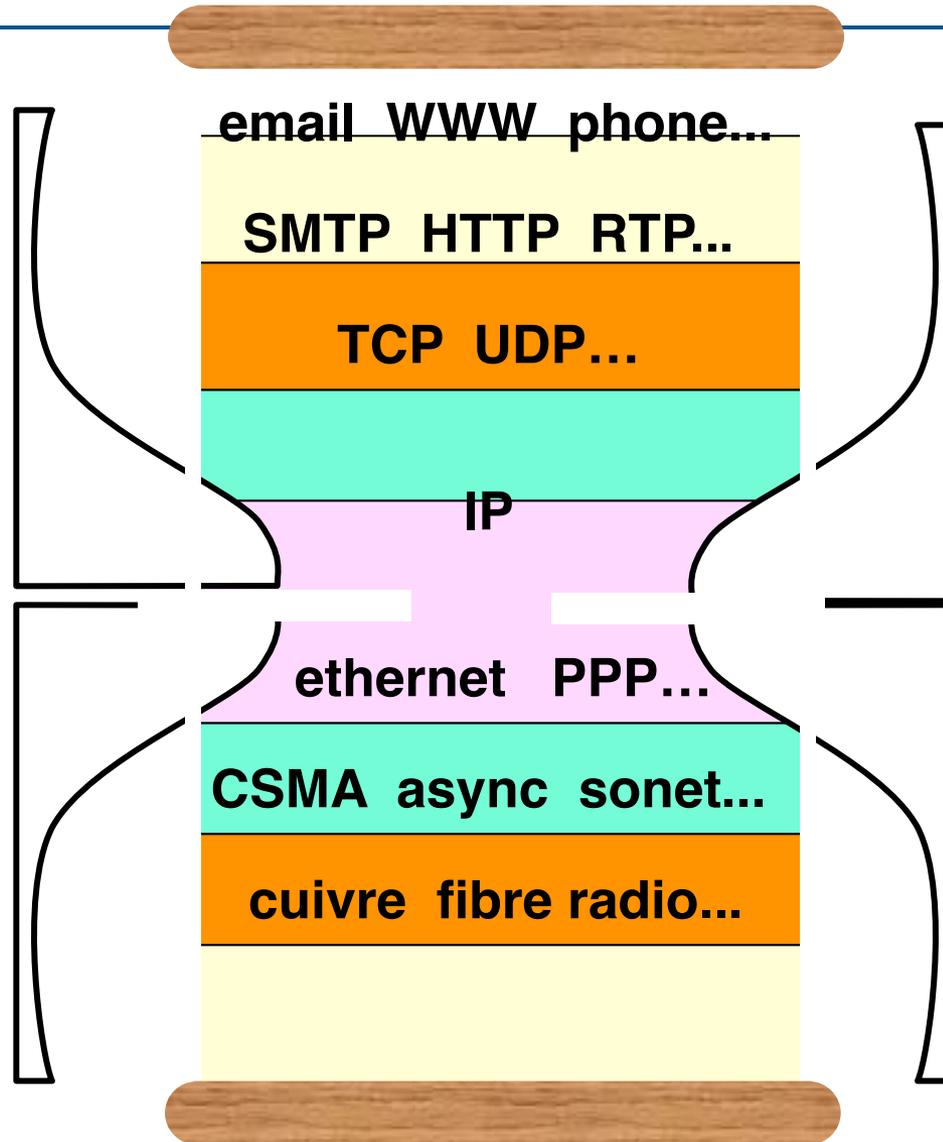


**Couche Réseau**



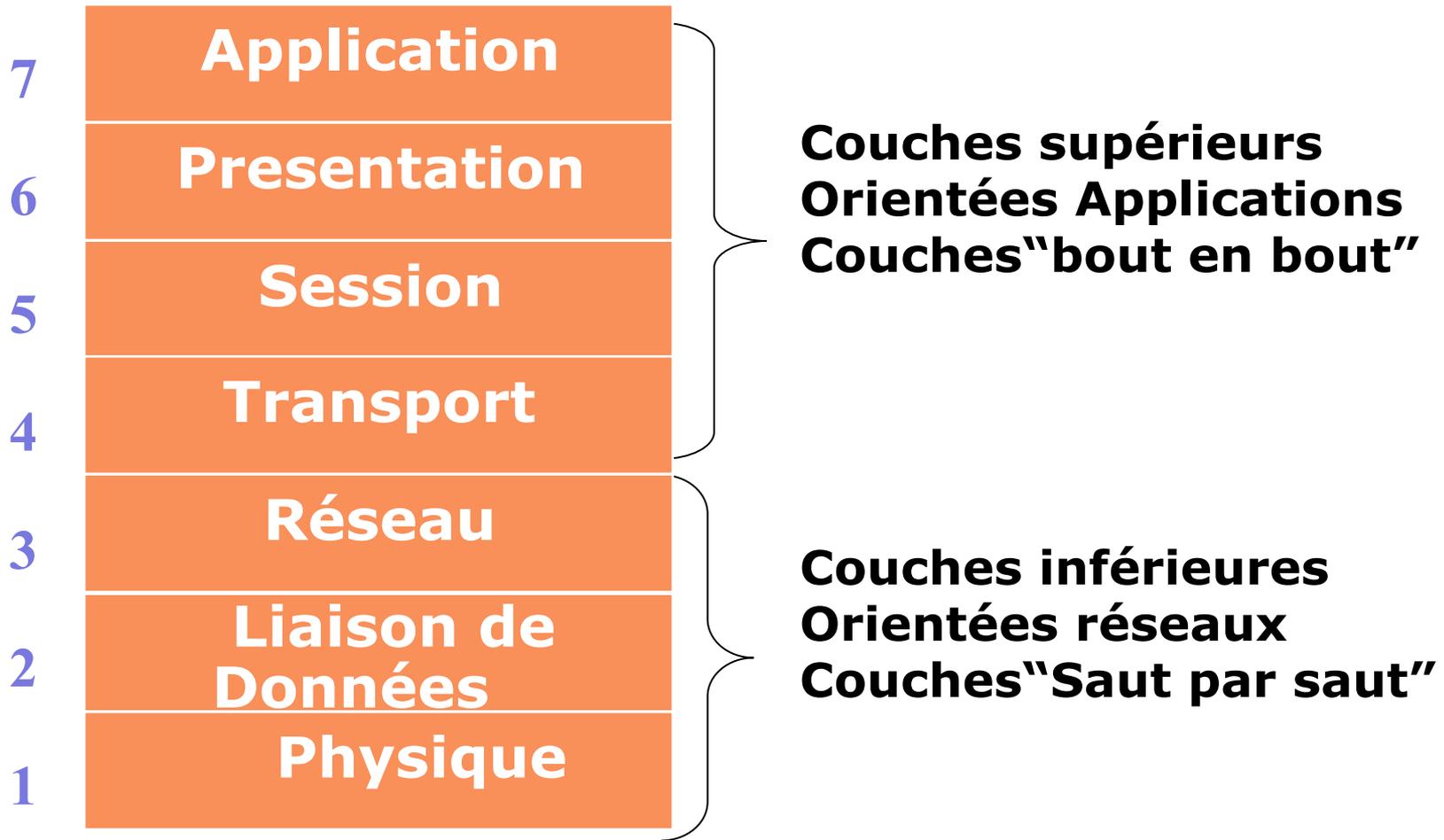
**Couche Physique et Liaison de Données**

# Le modèle “Hourglass” d’IP



# Le modèle OSI

---



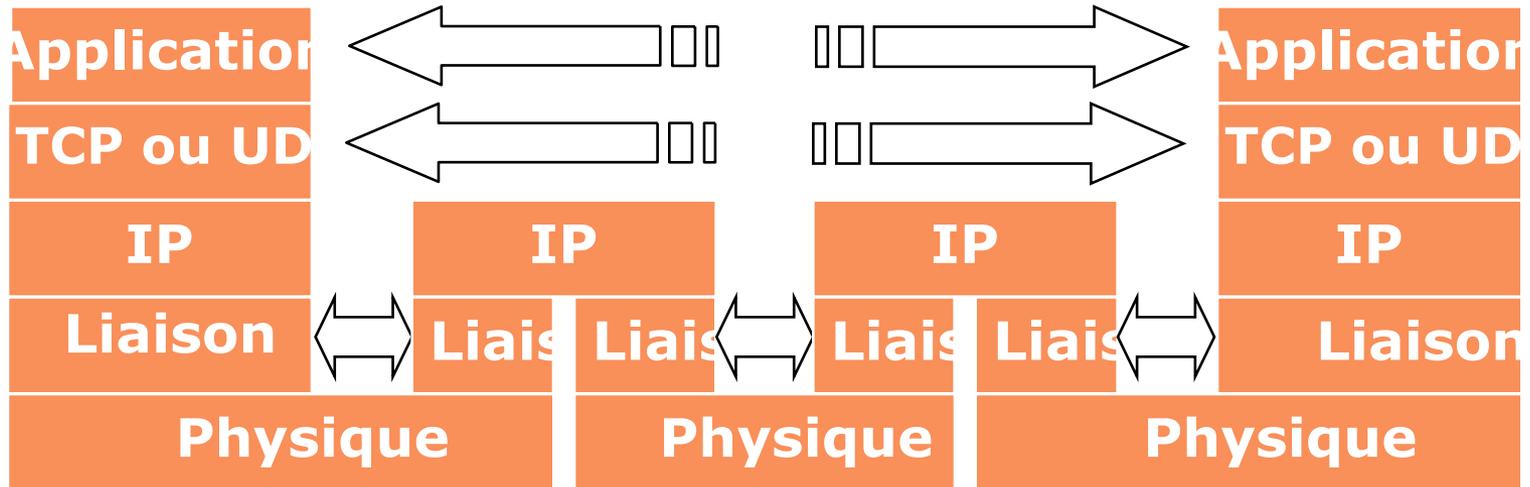
# Le modèle OSI et l'Internet

- Les protocoles de l'Internet ne sont pas directement basés sur le modèle OSI
- Néanmoins, nous utilisons souvent le système de numérotation du système OSI. Vous devez vous rappeler d'au moins de ceci:
  - Couche 7: Application
  - Couche 4: Transport (e.i. TCP, UDP)
  - Couche 3: Réseau (IP)
  - Couche 2: Liaison de données
  - Couche 1: Physique

# Interaction entre couches: Modèle TCP/IP

**Bout  
en  
bout**

**Saut  
par  
saut**



# Couches bout en bout

---

- Les couches supérieures sont de type “bout en bout”
- Les applications aux deux extrémités se comportent comme si elles peuvent se parler directement
- Elles ne se préoccupent pas des détails qui se passent entre elles.

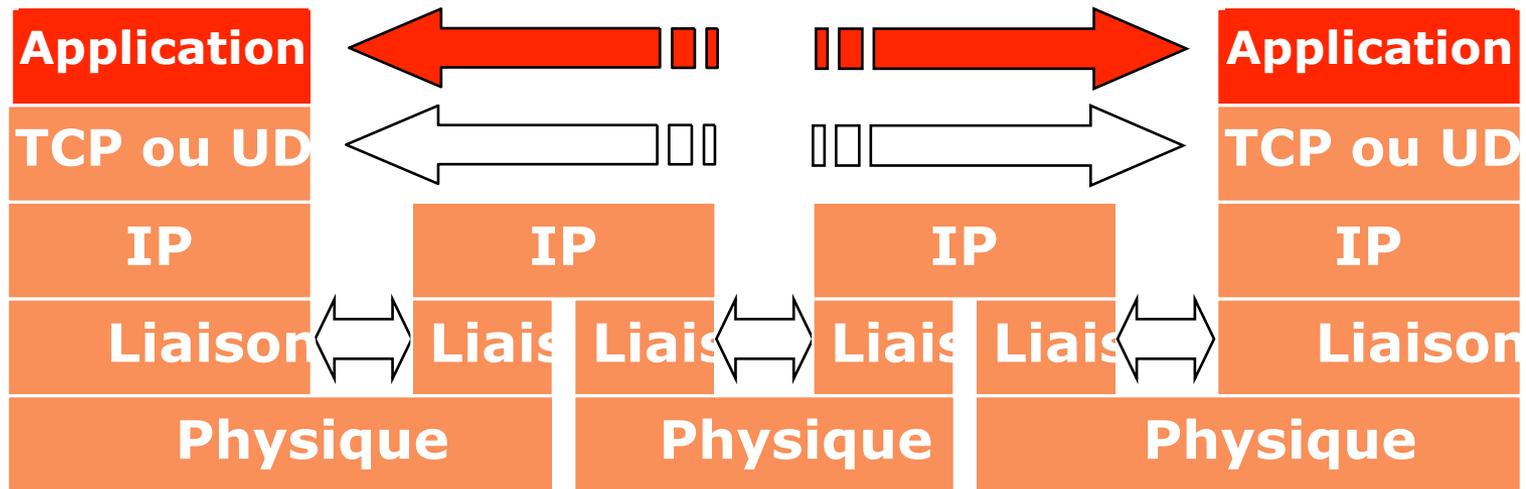
# Couches saut par saut

---

- Au niveau des couches inférieures, les périphériques partagent l'accès à travers le même média physique
- Les périphériques communiquent directement entre eux
- La couche réseau (IP) a une certaine connaissance du nombre de petits réseaux interconnectés pour créer un large réseau internet
- L'information se déplace d'un saut à un autre, se rapprochant ainsi de la destination finale à chaque saut

# Interaction entre couches: Modèle TCP/IP

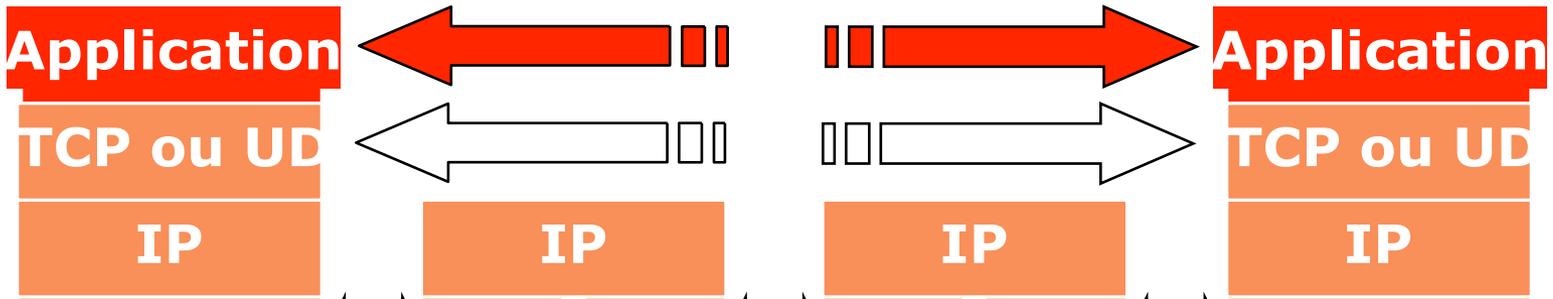
---



# Interaction entre couches:

## La couche Application

**Les applications se comportent comme si elles peuvent se parler, mais en réalité l'application de chaque côté communique avec le service TCP ou UDP service juste en dessous d'elle.**



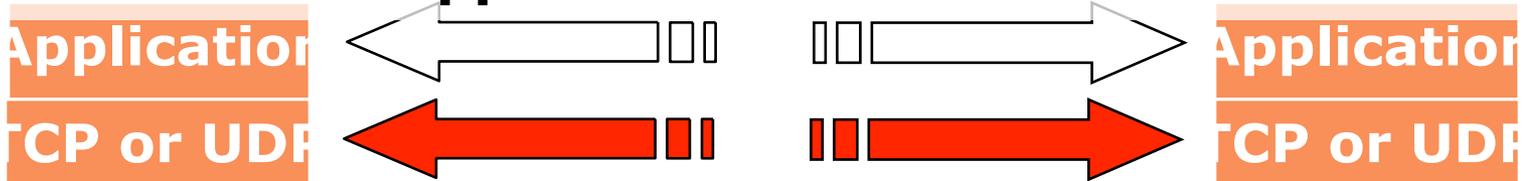
**La couche application ne se préoccupe pas de ce qui se passe au niveau des couches inférieures, mais fournit à la couche transport les données d'application de façon sûre d'une extrémité à une autre**



# Interaction entre couches:

## La couche transport

- Les instances de la couche transport aux deux extrémités font comme si elles communiquaient entre elles, mais en réalité chacune d'elles communique avec la couche IP immédiatement inférieure. La couche transport ne se préoccupe pas de ce que la couche application au dessus d'elle fait.



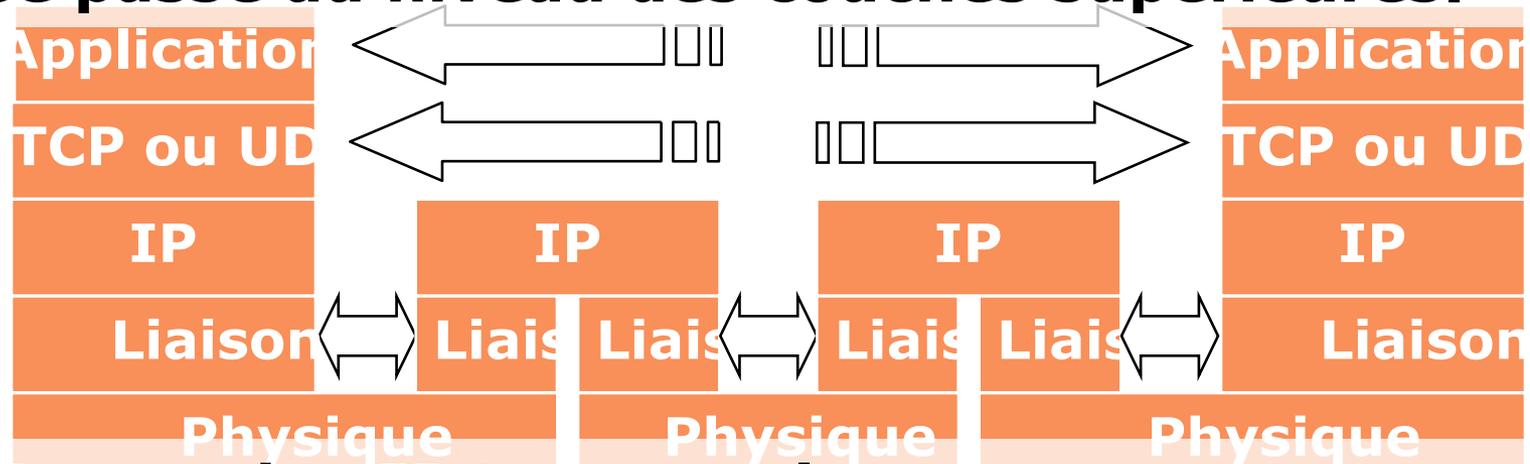
La couche transport ne se préoccupe pas non plus de ce qui se passe au niveau de la couche IP et des couches en dessous, aussi longtemps que la couche IP peut déplacer les datagrammes d'un bout à un autre



# Interaction entre couches:

## La couche Réseau(IP)

**La couche IP doit beaucoup en connaître sur la topologie du réseau (quel hôte est connecté à quel routeur, comment les routeurs sont connectés les uns aux autres), mais elle ne se préoccupe pas de ce qui se passe au niveau des couches supérieures.**

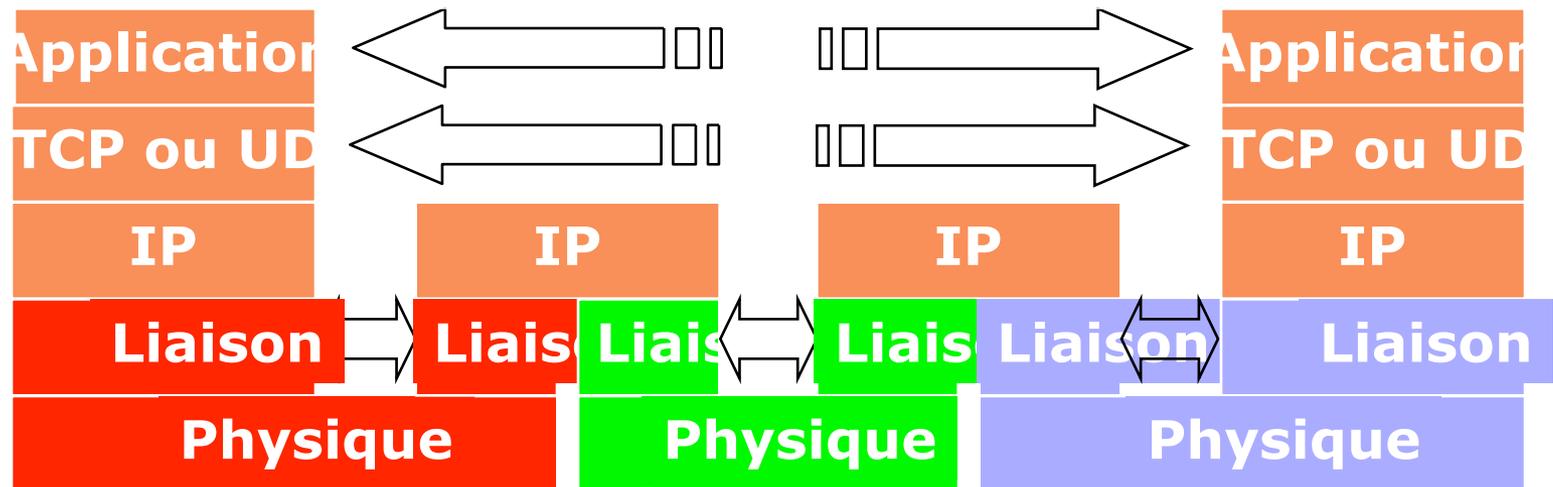


**La couche IP transmet les messages saut par saut d'une extrémité à une autre.**

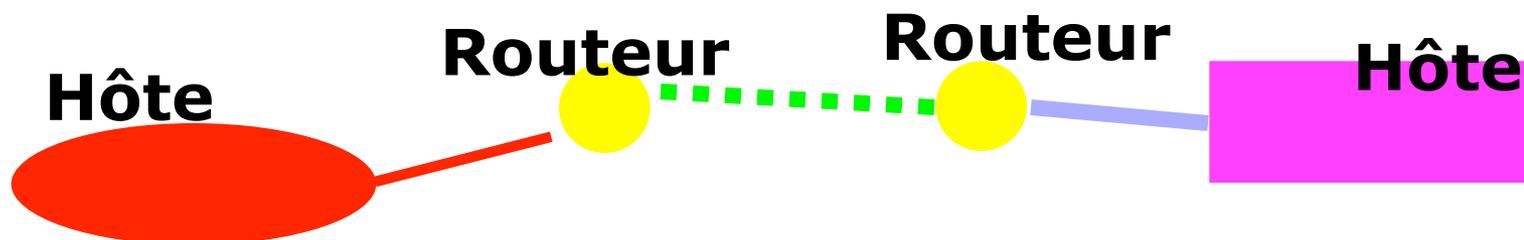


# Interaction entre couches: Les couches Liaison de données et Physique

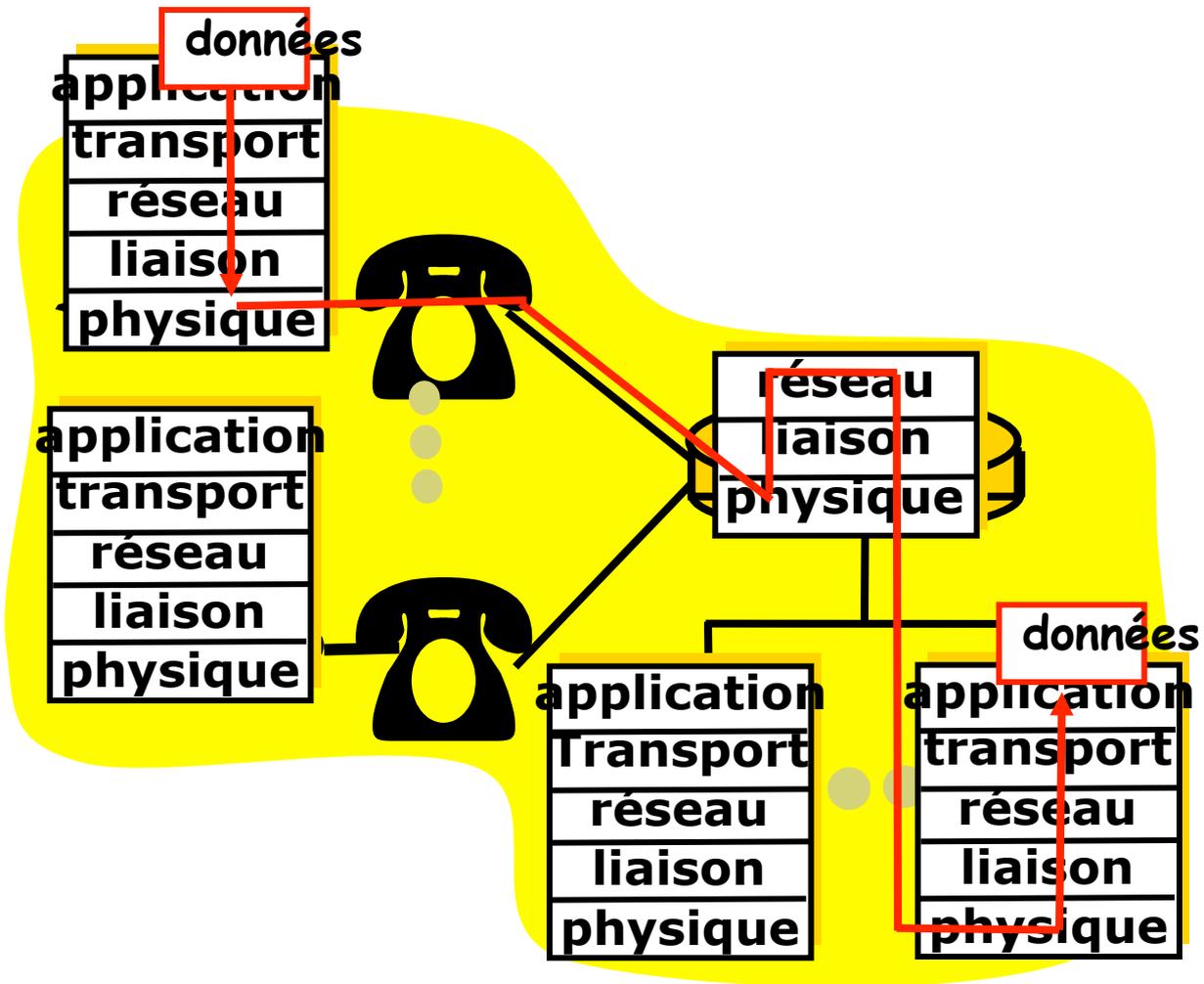
**La couche liaison de données ne se préoccupe pas de ce qui se passe au dessus d'elle, mais est très étroitement liée à la couche physique en dessous d'elle.**



**Tous les liens sont indépendants les uns les autres, et n'ont aucun moyen de communiquer entre eux**



# Modèle en couches: la communication physique



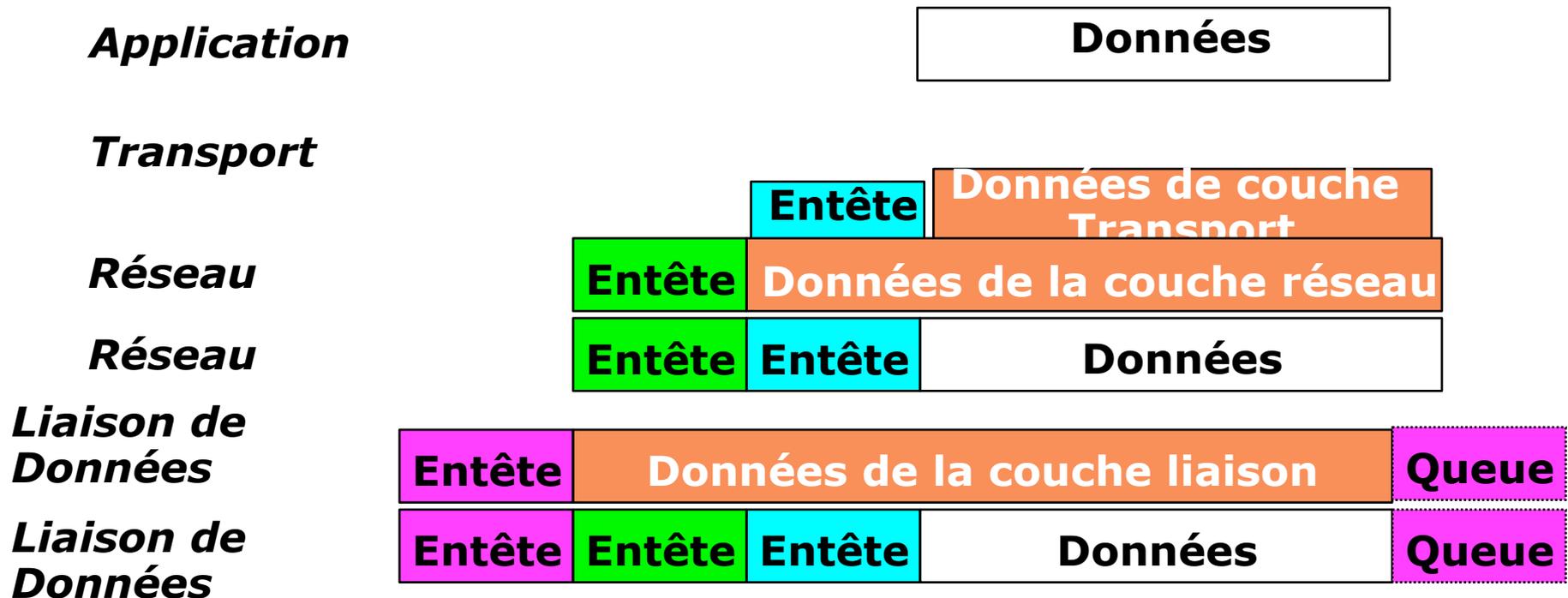
# Terminologie: Trame, Datagramme, Segment, Paquet

---

- Différents noms sont utilisés pour les paquets aux différentes couches
  - Ethernet (couche liaison de données) trame
  - IP (couche réseau) datagramme
  - TCP (couche transport) segment
- La terminologie n'est pas strictement respectée
  - Nous utilisons souvent le terme "paquet" à chaque couche

# Encapsulation & Désencapsulation

- Les couches inférieures ajoutent des entêtes (et parfois des queues) aux données reçues des couches supérieures



# Couche 2 – Trame Ethernet

---

<b>Preamble</b>	<b>Dest</b>	<b>Source</b>	<b>Type</b>	<b>Data</b>	<b>CRC</b>
	6 octets	6 octets	2 octets	46 à 1500 octets	4 octets

- ❑ Destination et source sont des adresses MAC de 48-bit (e.i., 00:26:4a:18:f6:aa)
- ❑ Type 0x0800 signifie que la portion "data" de la trame Ethernet frame contient un datagramme IPv4. Type 0x0806 de l'ARP et Type 0x86DD de l'IPv6.
- ❑ La portion "Data" de la trame de niveau 2 contient un datagramme de niveau 3..

# Couche 3 – datagramme IPv4

<b>Versio</b>	<b>IHL</b>	<b>ToS</b>	<b>Total Length</b>	
<b>Identification</b>			<b>Flags</b>	<b>Fragment Offset</b>
<b>Time to Live</b>		<b>Protocol</b>	<b>Header Checksum</b>	
<b>Source Address (32-bit IPv4 address)</b>				
<b>Destination Address (32-bit IPv4 address)</b>				
<b>Options</b>				<b>Padding</b>
<b>Data (contient un segment de la couche 4)</b>				

Version = 4

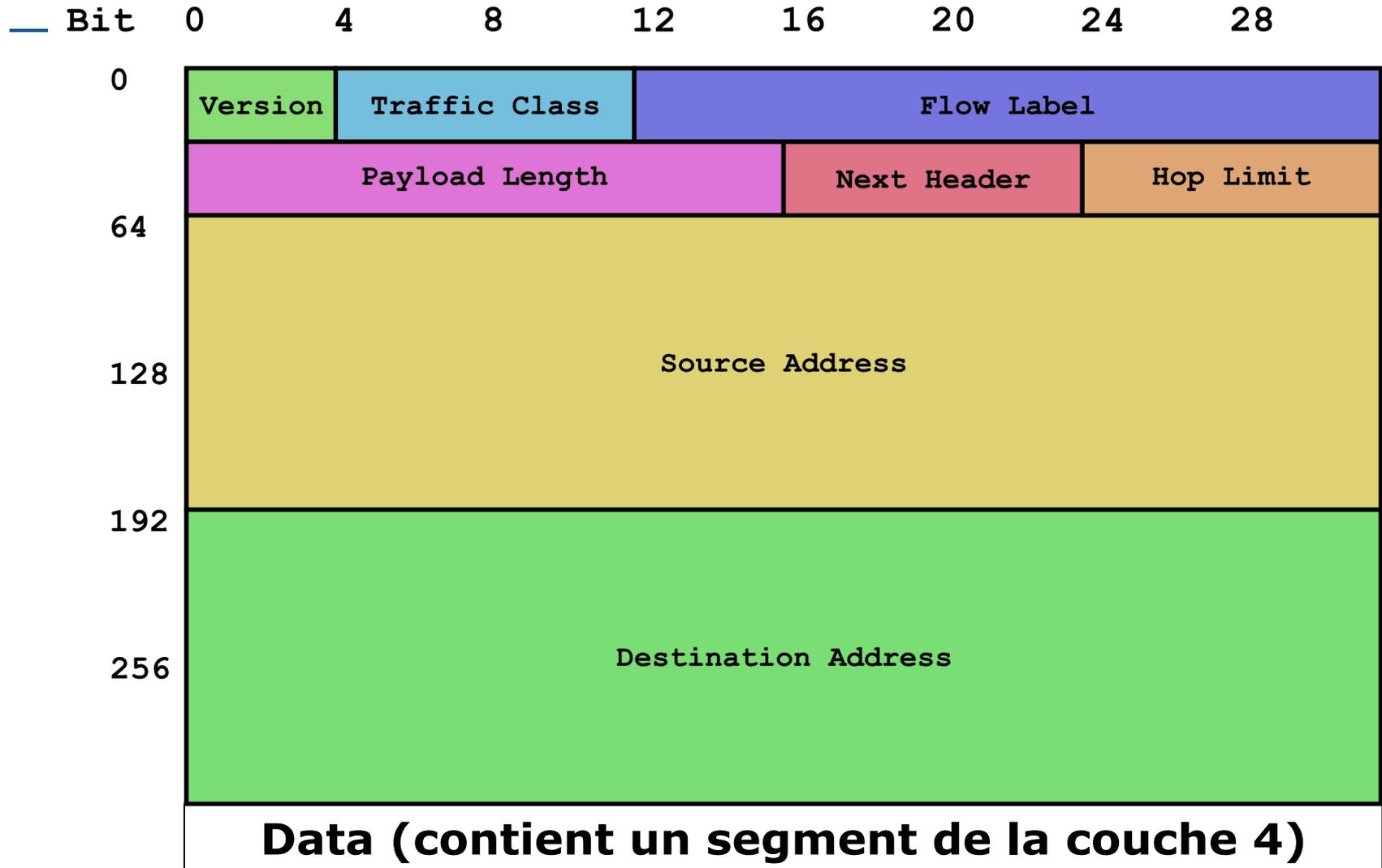
S'il n'y en pas d'options,

IHL = 5

Source et Destination sont des adresses IPv4 sur 32-bit

- Protocol = 6 signifie que la portion data est un segment TCP
- Protocol = 17 signifie que cette portion contient de l'UDP.

# Couche 3– Datagramme IPv6



# Couche 4 – Segment TCP

<b>Source Port</b>				<b>Destination Port</b>				
<b>Sequence Number</b>								
<b>Acknowledgement Number</b>								
<b>Data Offset</b>	<b>Reserved</b>	<b>U</b>	<b>A</b>	<b>E</b>	<b>R</b>	<b>S</b>	<b>F</b>	<b>Window</b>
		<b>R</b>	<b>C</b>	<b>O</b>	<b>S</b>	<b>Y</b>	<b>I</b>	
		<b>G</b>	<b>K</b>	<b>L</b>	<b>T</b>	<b>N</b>	<b>N</b>	
<b>Checksum</b>				<b>Urgent Pointer</b>				
<b>Options</b>						<b>Padding</b>		
<b>Data (contient les données application )</b>								

- Source et Destination sont des numéros de ports TCP sur 16 bits (Les adresses IP dépendent de l'entête IP)
- S'il n'y a pas d'options, Data Offset = 5 (ce qui signifie 20 octets)

---

# Bases IP et OSI

**Atelier SI-F**  
**AfNOG 2014, Djibouti**