

Rappels réseaux

LPSIL ADMIN

Marie-Agnès Peraldi-Frati
Maître de Conférences en Informatique

Déroulement du module

- 2x5h heures de cours
- 2 x5h de TP
- Contenu cours
 - Rappel réseau - Organisation TCP-IP
 - Différences hub-switch-routeur
 - Protocoles MAC-IP- TCP
 - Adresse IP - Routage
 - Administration réseau
- TPs :
 - Simulateur réseau Packet Tracer Cisco
 - Analyseur de trames réseau Wireshark

Bibliographie

Titre	Auteur	Année	Editeur
Computer Networking: A Top-Down Approach, 6th ed.,	J.F. Kurose and K.W. Ross	2012	International Edition
Réseaux	Guy Pujolle	2005	Eyrolles
Réseaux - 4ème édition	Andrew Tanenbaum	2003	Pearson Education
Réseaux et Internet	Douglas E. Comer	08/2000	Campus Press

Outils utilisés

- Simulateur Packet Tracer Cisco
- Simulateur réseau développé par CERTA (logiciel libre équivalent)
 - "© Réseau CERTA - Ministère de l'Éducation Nationale - www.reseaucerta.org"
 - <http://www.reseaucerta.org/outils/outils.php?num=236>
- Analyseur de trames réseaux : Wireshark
 - <http://www.wireshark.org/>

Plan du module

- I. Qu'est ce qu'un **réseau** ?
- II. Le modèle OSI, le modèle TCP/IP
- III. **Equipements réseaux** : Différences entre Hub Switch Routeur
- IV. **La couche physique** : techniques de codage et de transmission de données
- V. **Couche liaison - Adresse MAC – Protocole Ethernet**
- VI. **La couche réseau** : adressage, routage IP...
- VII. Protocoles **applicatifs et d'administration** réseaux

I – Qu'est ce qu'un réseau ?

Définitions

Réseau (Network) informatique : Ensemble d'ordinateurs et de périphériques connectés les uns aux autres.

- Un **réseau informatique** vise à fournir les moyens **matériels** et **logiciels** pour faire communiquer et permettre l'échange d'informations entre plusieurs équipements informatiques de manière souple et fiable.

<http://www.reseaucerta.org/outils/simulateur/notiondereseau.swf>

Dates spéciales

- 1969 : Arpanet a été fondé en connectant quatre ordinateurs situés dans quatre universités américaines
- 1972 : plusieurs pays participant à une conférence de communication à Washington ont défini un protocole de communication commun pour faire connecter les différents réseaux émergents
- 1984 : tous les réseaux émergents se sont connectés entre eux et après une très courte période, ces réseaux ont communiqué avec le 'même langage' TCP/IP et le nouveau nom des réseaux devient l'INTERNET

Protocoles de communications

- **Protocole** : Un protocole réseau est **un ensemble de règles et de procédures de communication** utilisées de part et d'autre par toutes les stations qui échangent des données sur le réseau pour satisfaire des objectifs bien déterminés
- **Objectifs** : utiliser du canal de communication permettant le transfert fiable de données de bout en bout , etc.
- **Ex** : Ethernet, IP, ARP, TCP, UDP ...

Pile de protocoles

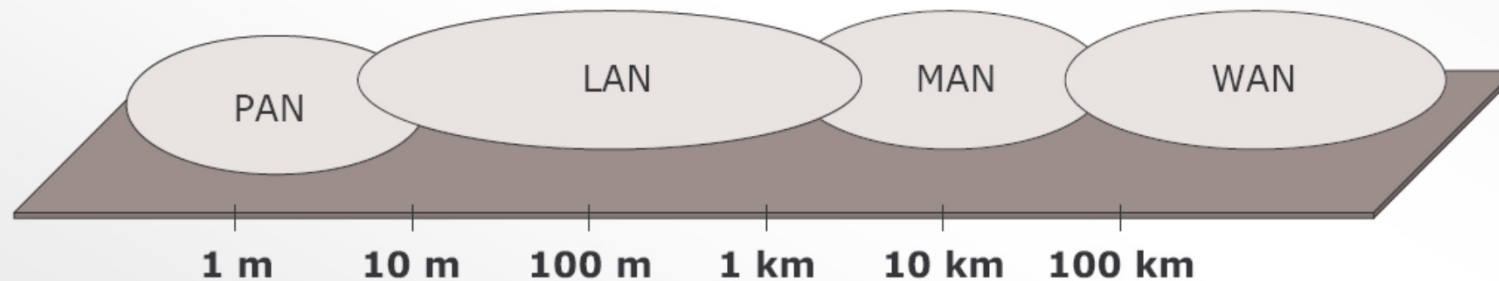
- **Pile de Protocole** : combinaison de plusieurs protocoles qui collaborent . Dans une pile de protocole, les différents protocoles sont organisés, ordonnés, hiérarchisés, les uns à la suite des autres, afin d'accomplir un ensemble de
- **Objectifs** :
 - La communication dans des environnements **hétérogènes : ordinateurs** différents sur le même réseau
 - La coopération de **systèmes** d'exploitation différents sur le même réseau
 - La jonction de réseaux utilisant des **protocoles** différents :
- **Ex** : modèle OSI, TCP-IP

Classification des réseaux (1)

- Distinction selon la **couverture géographique** :
 - **LAN**, *Local Area Network*, réseau local, étendue géographique peu importante.
 - **MAN**, *Metropolitan Area Network*, réseau métropolitain ou de campus, étendue de quelques km.
 - **WAN**, *Wide Area Network*, couverture géographique importante, réseau grande distance (nationale, ou internationale)
- Distinction selon l'**infrastructure** :
 - Réseaux fixes
 - Réseaux mobiles
- Distinction selon le **type de service** offert :
 - Réseau de support, offre des moyens de transport de l'information (Télépac)
 - Réseau de service, offre un ensemble de téléservices (messagerie, vidéotext, etc.)

Classification par taille

PAN	<i>Personal Area Network</i>	(réseau personnel)
LAN	<i>Local Area Network</i>	(réseau local)
MAN	<i>Metropolitan Area Network</i>	(réseau métropolitain)
WAN	<i>Wide Area Network</i>	(réseau étendu)



Topologie des réseaux

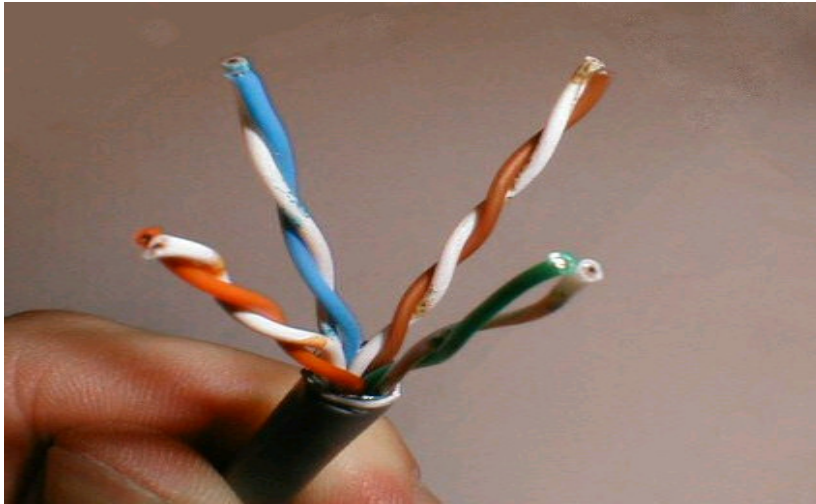
- **Topologie physique**

- Supports de transmission (câbles, optique, hertzien)
- Equipements d'interconnexion (routeurs, hub, switch, bridge)
- Equipements terminaux (stations, serveurs, périphériques, capteurs, automates ...)
- Mode d'interconnexion (étoile, bus, anneau, arbre...)
- Mode de diffusion (point-à-point, diffusion)

- **Topologie logique**

- Types de communication (uni – bidirectionnelle)
- Mode d'interconnexion émulation (étoile, bus, anneau, arbre...)
- Modes de transmission / Protocole (commutation paquets, circuits, messages)

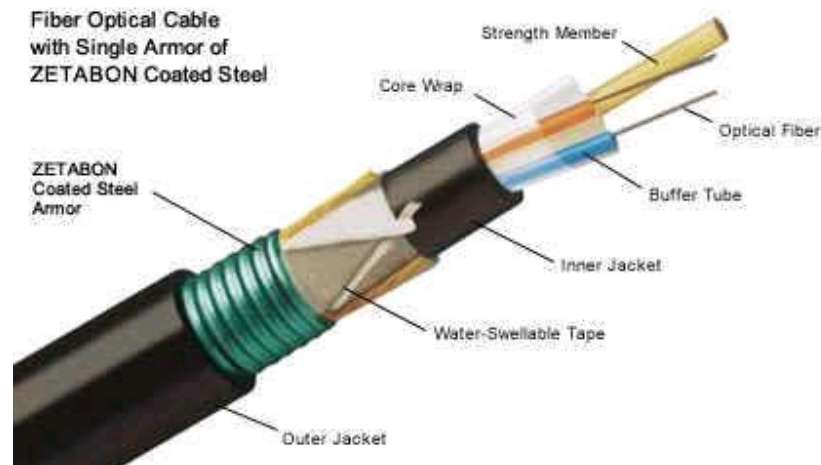
Les supports de transmission



Paire torsadée / électrons



Cable coaxial / électrons



Cable optique / lumière



Ondes hertziennes / air

Comparaison des supports de transmission

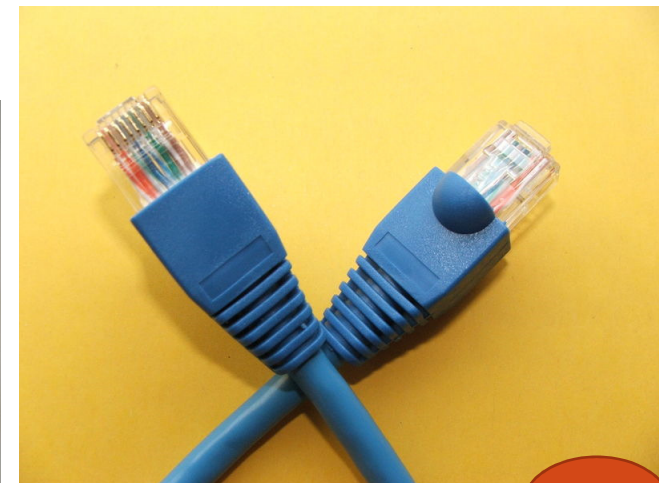
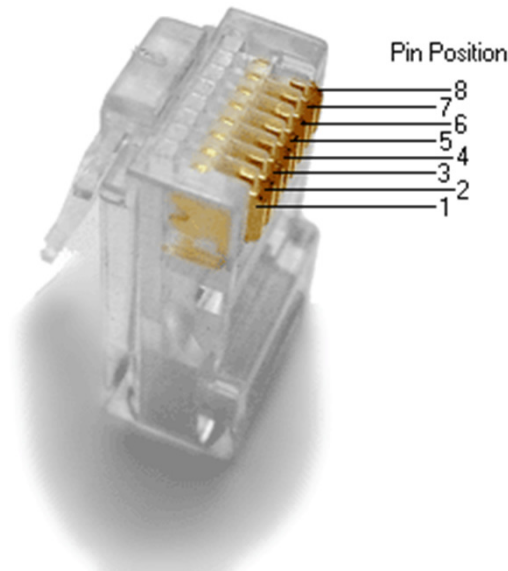
	Paire Torsadée	Câble coaxial (bande de base)	Câble coaxial (large bande)	Fibre Optique	Ondes
connecteur	RJ11 (6b) , RJ45 (8b)	Prise vampire - BNC	Prise vampire - BNC	BNC	
Vitesse de transmission	4 Mb/s à 1 Gb/s	10Mb/s	10Mb/s	1 Tb/s	1 Mbit/s (BT) 11 à 54mb/s (WiFi) 100kb/s à 2Mb/s (GPRS)
Distance	10BASE-T Max 100m	10KM à 70km	10KM à 70km	>100km -> 3000km	qq mètres 60 mètres 3km
Plus	s'adapte facilement à l'existant coût de maintenance faible, coût faible	Grande immunité face au bruit, facile à installer, faible coût de maintenance	Supporte la transmission image, voix , données. Grande immunité au bruit. Physiquement résistant.	Supporte la transmission de l'image, voix et données. Très large bande passante. Grande immunité face au bruit. Très sécurisé.	Pas de support, facilité de déploiement Supporte la transmission de l'image, voix et données. Capacité dépend de la bande de fréquence
Moins	Peu résistant physiquement. vitesse et distance limitée, faible immunité au bruit et au crosstalk	Peu résistant physiquement. vitesse et distance limitée, plus coûteux que la paire torsadée	Très difficile à installer, coût de maintenance très élevé, cout globalement plus élevé que les deux précédents	Très difficile à installer Coût élevé	Sécurisation plus importante Qualité du signal dépend de l'environnement

Connecteur RJ45

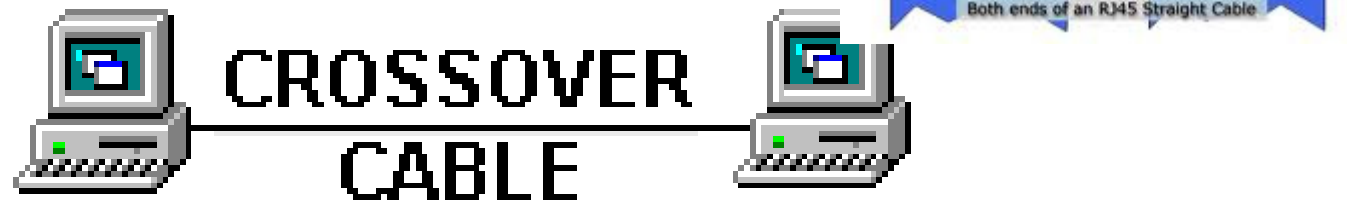
Un connecteur **RJ45** est une *interface physique* souvent utilisée pour terminer les câbles de type paire torsadée. « RJ » vient de l'anglais *Registered Jack* (prise jack enregistrée)

Il comporte 8 broches de connexions électriques.

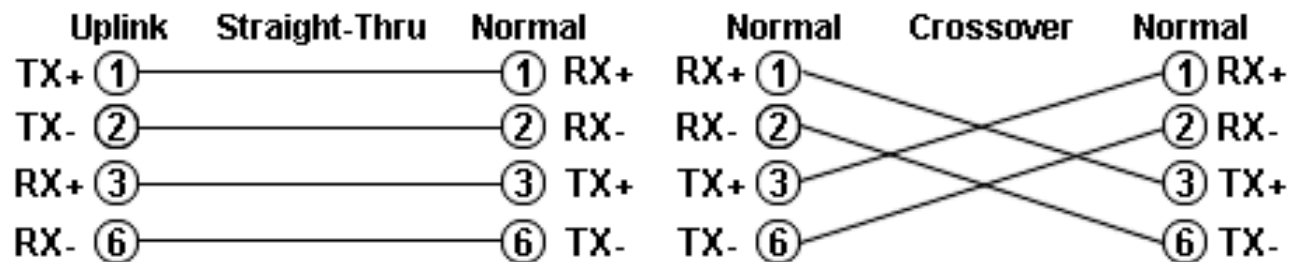
Une utilisation très courante est le câblage Ethernet qui utilise habituellement 4 broches (2 paires). D'autres applications sont par exemple les connecteurs des téléphones de bureaux ou les application de réseaux informatiques comme l'ISDN.



Cable Croisé



- Les données ne peuvent pas être envoyées simultanément des deux cotés par un cable ethernet.
- Le cable croisé permet de connecter deux machines et évite le problème de collision
- Il interconnecte le transmetteur Ethernet d'une machine au receveur de l'autre machine
- La bande passante totale maximum est 200 Mbps => 100 Mbps sur chaque brin



Câblage RJ45 et entre équipements

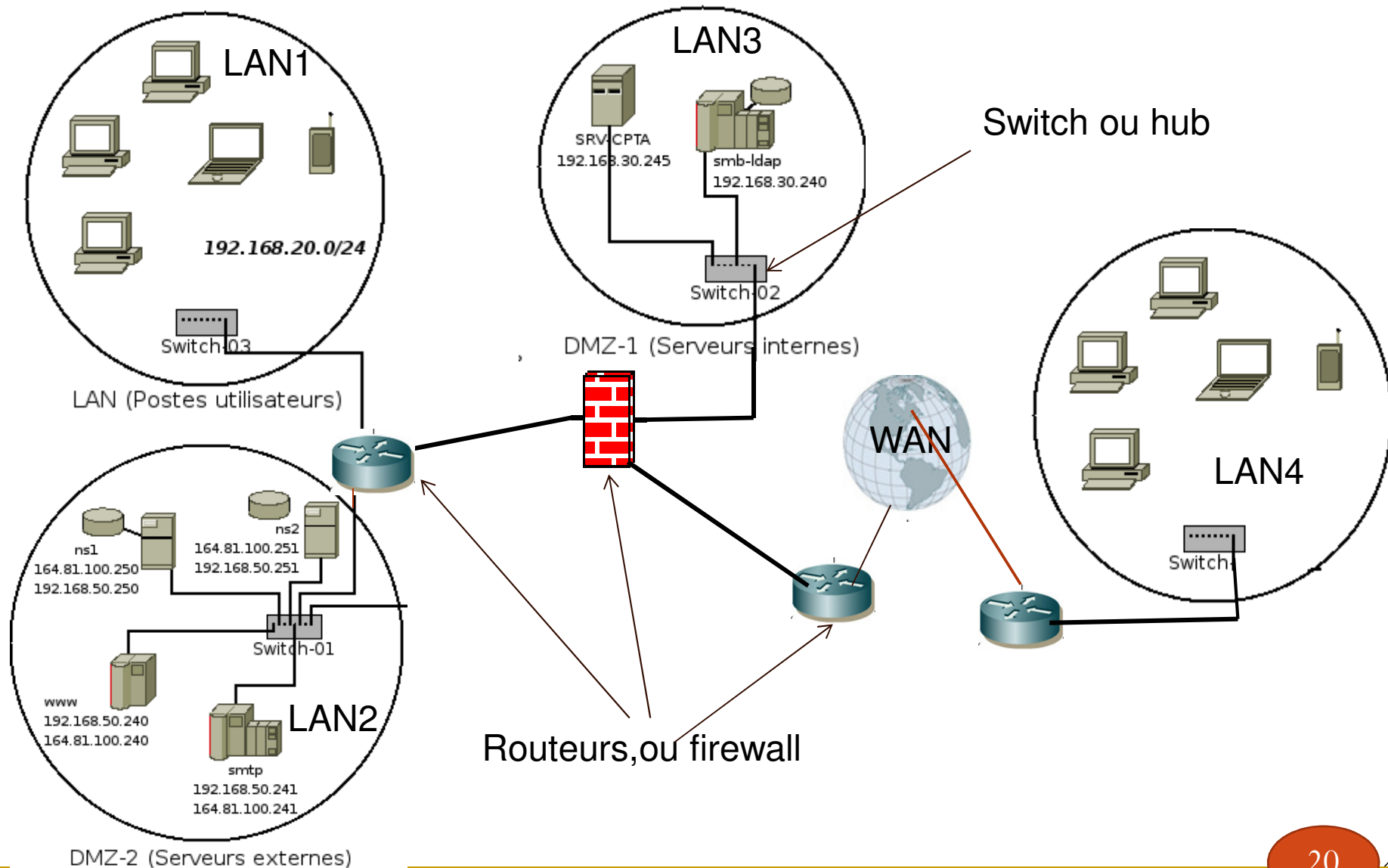
RJ-45 Connector Pinout	
Pin	Signal
1	TX+
2	TX-
3	RX+
6	RX-

	Hub	Switch	Router	Workstation
Hub	Crossover	Crossover	Straight	Straight
Switch	Crossover	Crossover	Straight	Straight
Router	Straight	Straight	Crossover	Crossover
Workstation	Straight	Straight	Crossover	Crossover

Equipements d'interconnexion et terminaux

- Les ordinateurs
- Les concentrateurs ou *Hubs*
- Les commutateurs ou *Switchs*
- Les routeurs ou passerelles (*Gateways*)
- Les Pont réseau ou *bridges*
- Les coupe-feux ou *Firewall*

Architecture des réseaux



Hub

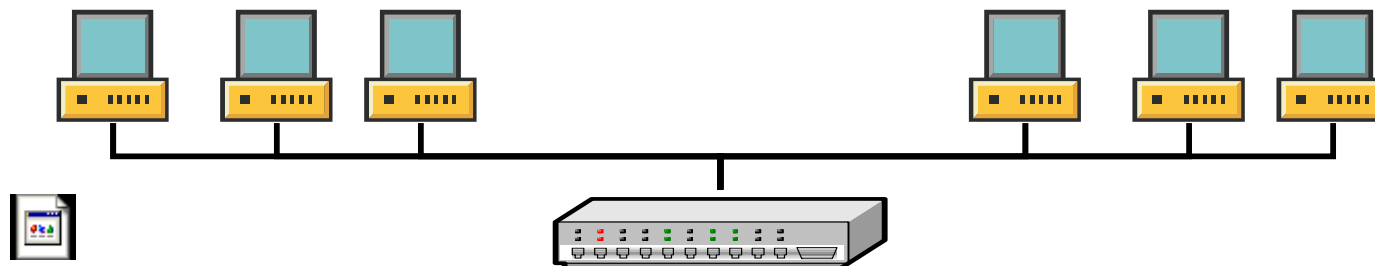
- Equipement au niveau physique (1)
- Reçoit les trames (paquets de la couche liaison) d'un port et les diffusent (broadcast) sur toutes ses sorties
- Mauvais du point de vue sécurité
- Cet équipement est équivalent au répéteur multiport
- Obsolète



Ethernet Hub



- Un **hub Ethernet** ou **concentrateur Ethernet** est un équipement permettant de concentrer les flux Ethernet de plusieurs équipements sur un même support dans un réseau informatique local.
- chaque équipement attaché à celui-ci partage le même domaine de diffusion ainsi que le même domaine de collision.
- Si la bande passante est de 100Mbps, elle sera partagée par tout les PCs connectés au hub
- Travaille au **niveau 1**



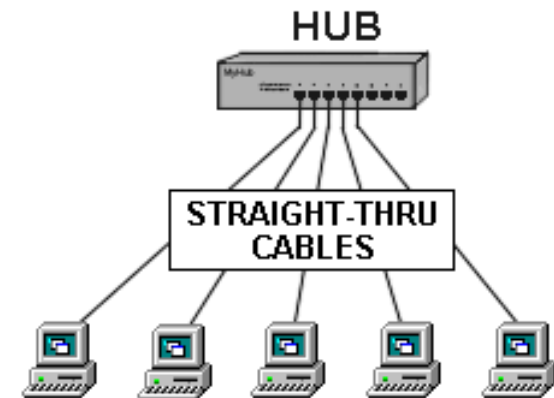
HUB when pinging broadcast (2).swf

Ethernet Hub

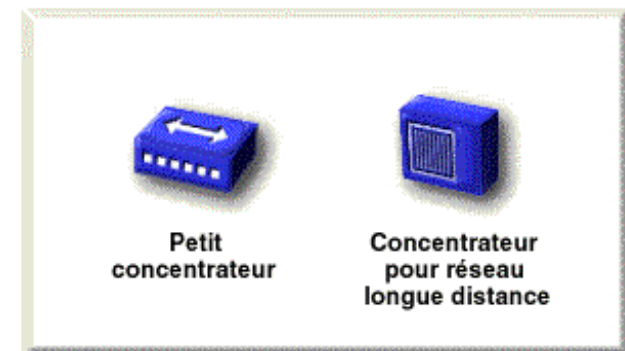
- same ethernet segment
- Si un équipement envoie une trame le hub répète la trame sur chacun de ses ports (c-a-d aux équipements connectés sur ses ports)
- Si deux trame circule sur le même brin → *collision*
 - hosts must resolve the conflict
 - Each Ethernet Adapter has both a receiver and a transmitter
 - Ethernet Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (**CSMA/CD**) protocol



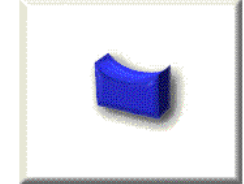
HUB when pinging broadcast (2).swf



Types de concentrateur



Pont ou routeur



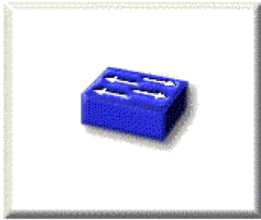
- Pont == **lien entre deux segments d'un réseau utilisant le même protocole de niveau 1 ou pas**
 - (e.g. eth \leftrightarrow eth, eth \leftrightarrow token ring , ...)
- **Transparent or Learning time...**
- Il réalise cela en maintenant une table de correspondance entre son interface et les adresses destination. ("Forwarding Table")
- Travaille au **niveau 2**
- Les équipements ne nécessitent pas d'avoir une adresse IP



Switch

- Equipement au niveau liaison (2)
- Permet d'offrir plus de la bande passante par rapport au cas où les nœuds partagent le même canal de communication
- Reçoit les trames d'un port et l'envoie juste vers la porte (entrée/sortie) connectant avec la destination correspondante en se basant sur l'adresse MAC
- Utilise la table de contenant les adresses MAC et les sorties correspondantes
- Routage au niveau liaison





Ethernet Switch

- Divise automatiquement **le réseau en plusieurs segments**
- **Pont sélectif** entre les segments
- Supporte des connections multiples et simultanées entre plusieurs équipements.
- La bande passante n'est pas divisée par le nombre de segments.
- Le switch maintient une table des adresses PC connectés à chacun de ses ports.
- Attention aux boucle lors du cablage d'un switch
 - Standard → **Spanning Tree protocol**
 - Proprietary → **Hirschmann HyperRing**
http://www.industrialnetworking.com/Flash/Ring_Redundancy.html
- Travaille au **niveau 2**



Fonctionnement d'un Ethernet Switch

- A la reception d'un paquet
 - Il lit la destination dans le header du paquet
 - Établit une connexion temporaire entre le destinataire et le source
 - Envoi le packet par cette connexion
 - Coupe la connexion
- Il peut opérer en full –duplex et utiliser une bande passante de au plus 200 Mbps



Bridge.swf

VLAN (*Virtual Local Area Network*)

- Un VLAN est un ensemble d'unités regroupées quelque soit l'emplacement de leur segment physique
- Le VLAN permet de définir un nouveau réseau au-dessus du réseau physique et à ce titre offre les avantages suivants :
 - Plus de souplesse pour l'administration et les modifications du réseau (e.g. mobilité) car toute l'architecture peut être modifiée par simple paramétrage des commutateurs
 - Gain en sécurité car les informations sont encapsulées dans un niveau supplémentaire et éventuellement analysées
 - Réduction de la diffusion du trafic sur le réseau

Types de VLAN

- VLAN statique : les ports du commutateur sont affectés aux différents VLAN
 - Facilité d'administration
 - Fonctionnent bien dans les réseaux où les déplacements sont contrôlés et gérés
- VLAN dynamique : les ports des commutateurs peuvent automatiquement déterminer leur VLAN d'appartenance. Filtrage basé sur :
 - Les adresses MAC
 - L'adressage IP
 - D'autres paramètres
- Cette méthode est celle qui demande le moins d'administration au niveau du local technique

Types de VLAN

- VLAN de niveau 1
 - Câblage physique sur les ports d'un switch
- VLAN de niveau 2
 - Table de correspondance adresse mac /numero VLAN

Architecture à base de switches

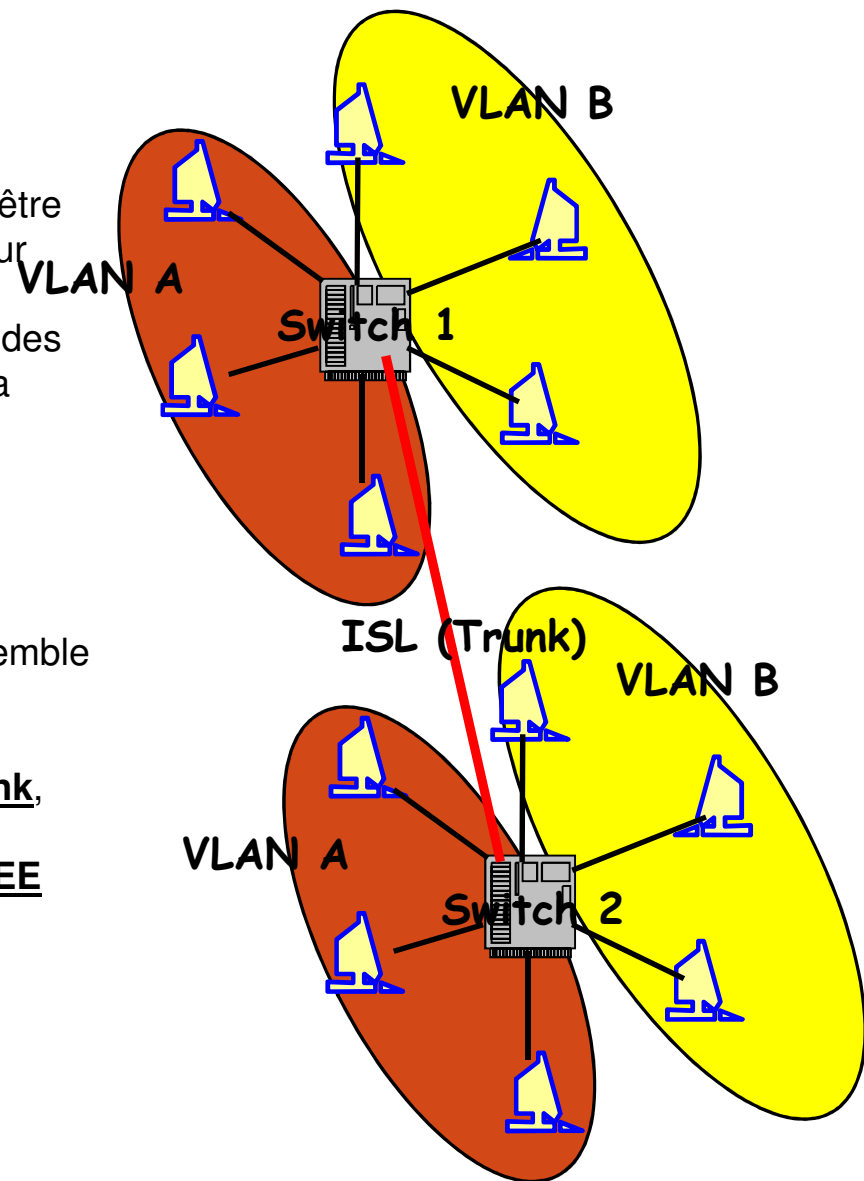
Fonctionne comme un pont transparent et doit donc être configuré en **Spanning Tree** avec ses collègues, pour éviter les boucles.

Permet de définir des groupes de machines formant des LAN arbitraires, changeables par logiciel au gré de la configuration : les « **Virtual LAN** » (**VLAN**)

Il existe plusieurs types de VLAN
→ voir plus loin

Plusieurs switches peuvent supporter un même ensemble de VLAN, on parle de **domaine de commutation**.

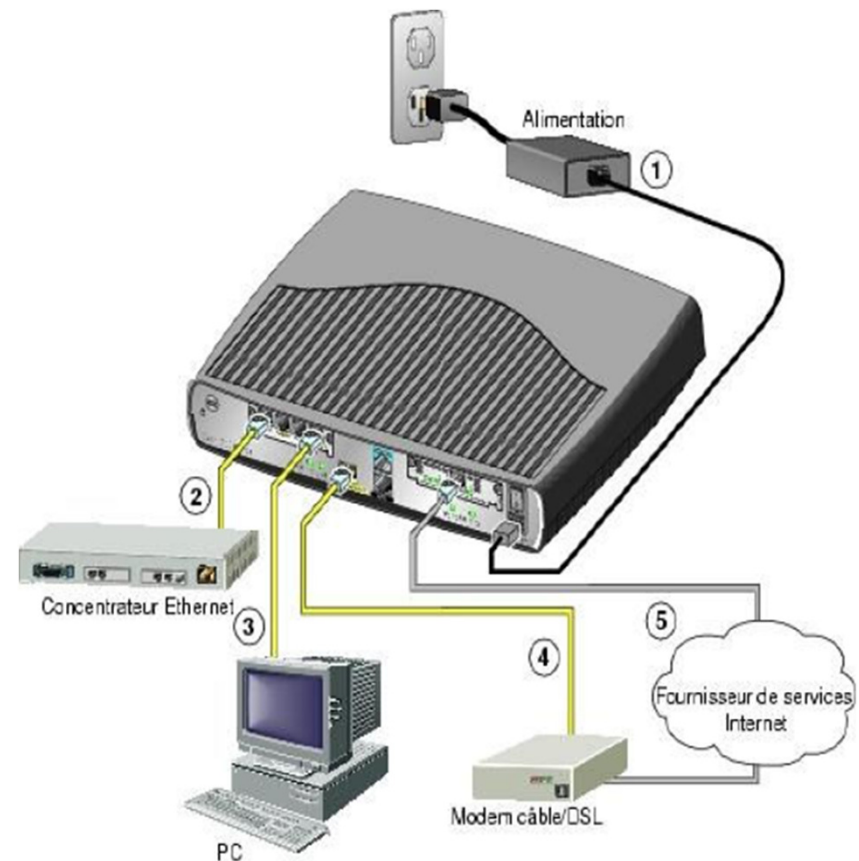
Ils sont alors reliés entre eux par un Inter Switch Link, aussi appelé **Trunk** (Tronçon), qui supporte sans les mélanger les trafics des différents VLANs (norme **IEEE 802.1Q** → voir plus loin)



spanning_tree1.swf

Routeur

- Equipement au niveau réseau (3) destiné au routage
- Permet des interconnexions à travers des réseaux longues distances,
- Détermine le prochain nœud du réseau auquel un paquet de données doit être envoyé, afin que ce dernier atteigne sa destination finale
- le routeur est indépendant des couches physique/liaison et est parfaitement approprié pour interconnecter des réseaux physiques de nature différente (ex. Token Ring / X.25)



Routeur

Routeur



- Un routeur a une **fonctionnalité étendue** par rapport au switch
- Il **externalise sur internet** les paquets si ils ont un destinataire en dehors du réseau local.
- Si le destinataire n'est **pas dans le même réseau local**, le routeur **détermine une route** vers l'endroit destination du paquet.
- Le routeur **utilise l'adresse réseau** contenue dans la paquet pour envoyer le paquet dans la bonne direction.
- Le routeur travaille au **niveau 3**



Router.swf

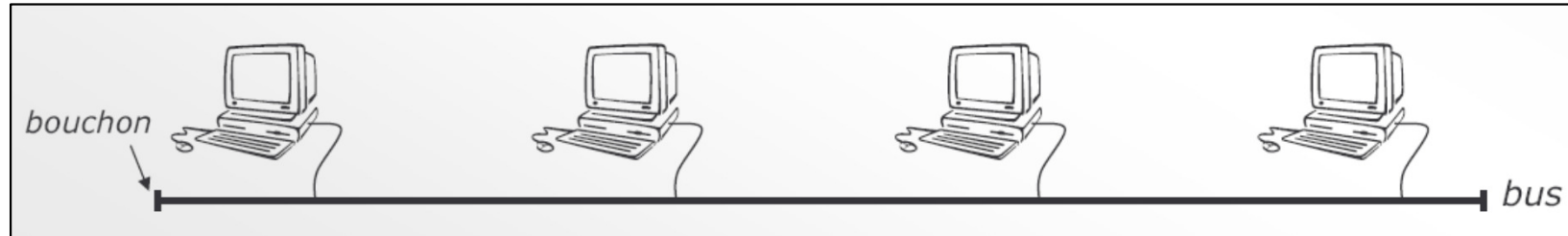
Pare-Feux Firewall

- Routeur aux fonctionnalités étendues,
- permet une sécurité accrue (Access Control List),
- placés en front d'accès extérieur de manière à protéger le(s) réseau(x) interne(s);
 1. filtrage des requêtes FTP, HTTP, et autres services
 2. prévention contre les chevaux de Troie ou virus par filtrage E-mail, etc,
 3. vérification et enregistrement de toutes les communications.

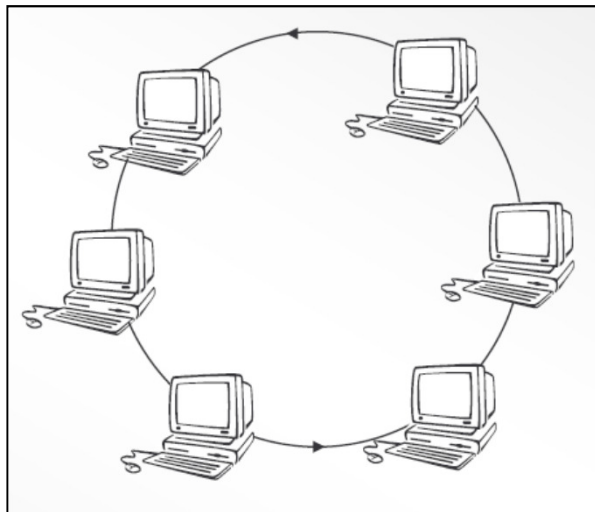
Résumé simplement...

- **HUB**: connecte plusieurs PC, le trafic est partagé. Si PC1 parle à PC3 , PC2 entend la conversation... Généralement PC2 , quand il se rend compte que le message n'est pas pour lui efface le message qui lui est envoyé.
- **BRIDGE**: lie deux réseaux au niveau 2 (Niveau IP) mais maintient deux segments de protocole différents (Ether-token ring) au niveau 1
- **SWITCH**: connecte plusieurs PC entre eux mais si PC1 parle à PC3 PC2 n'entends pas car le switch ne transmet qu'aux bonnes personnes.
- **ROUTER**: fait le lien entre deux ou plusieurs réseaux différents et établit la route qui permet à PC1 sur le réseau IUTinfo.unice.fr de communiquer avec PC3 sur le réseau inria.fr.

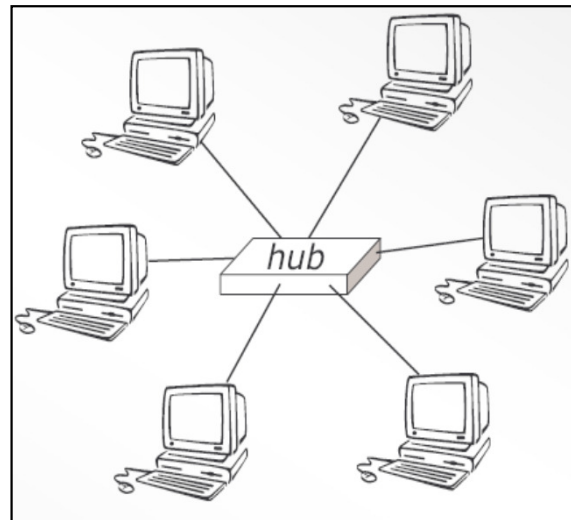
Modes d'interconnexions



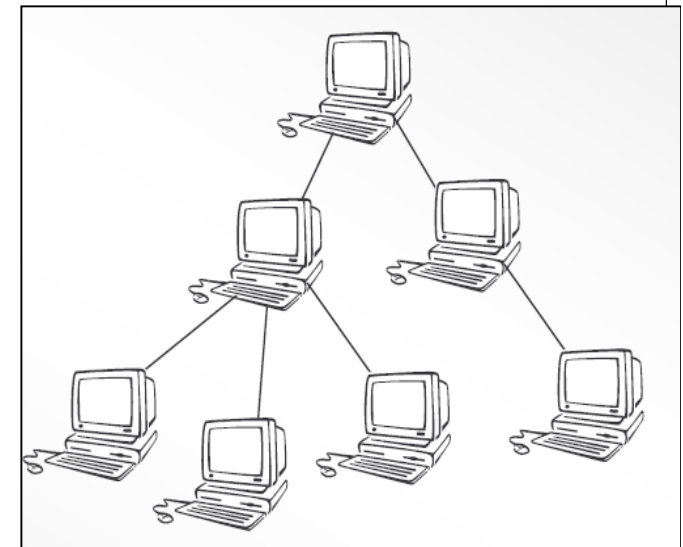
Bus



Anneau



Etoile

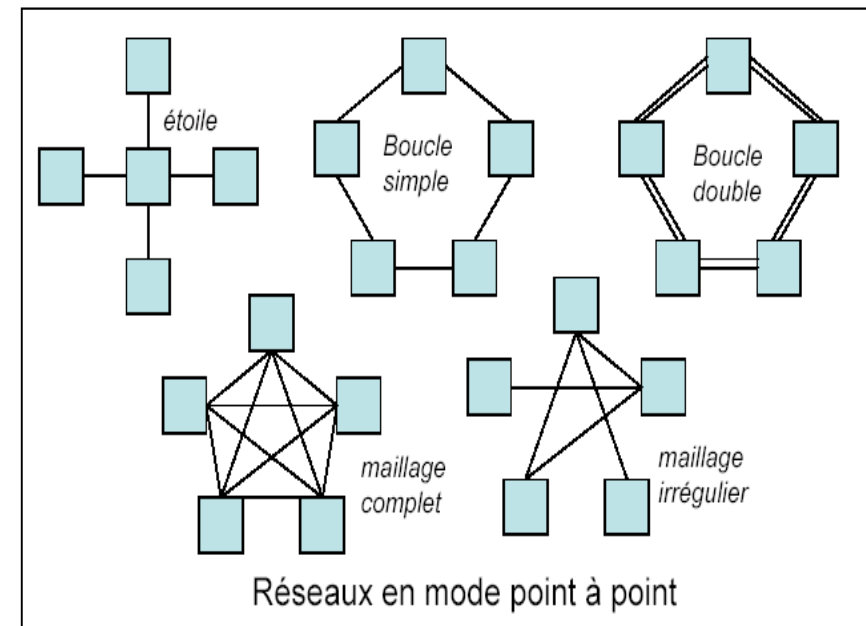
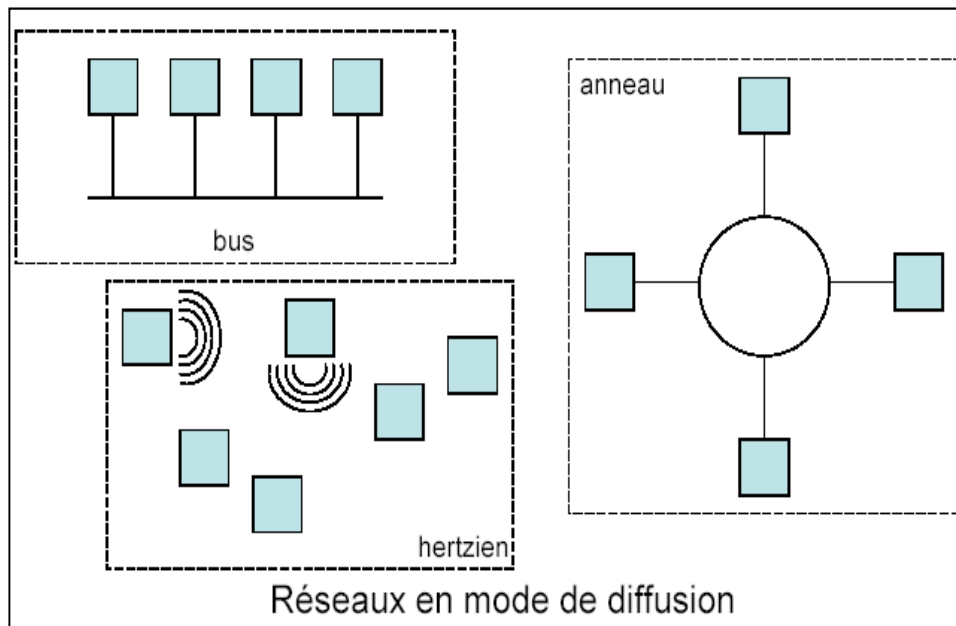


Arbre

Modes de diffusion

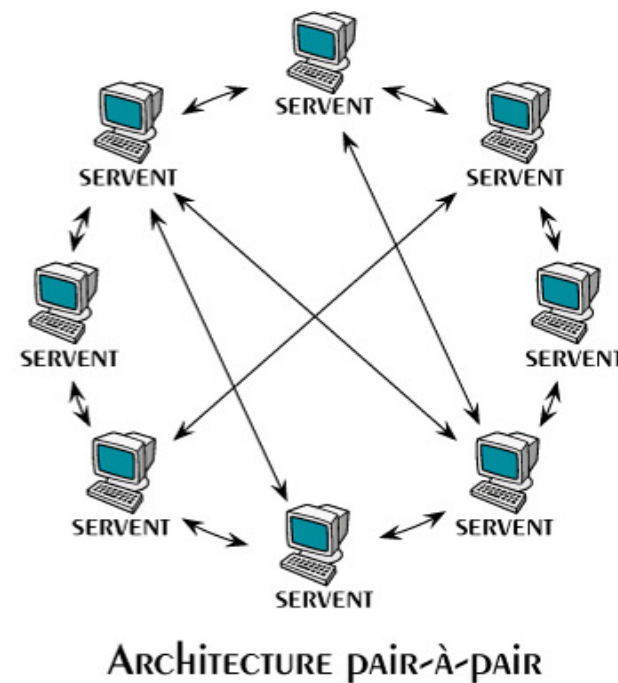
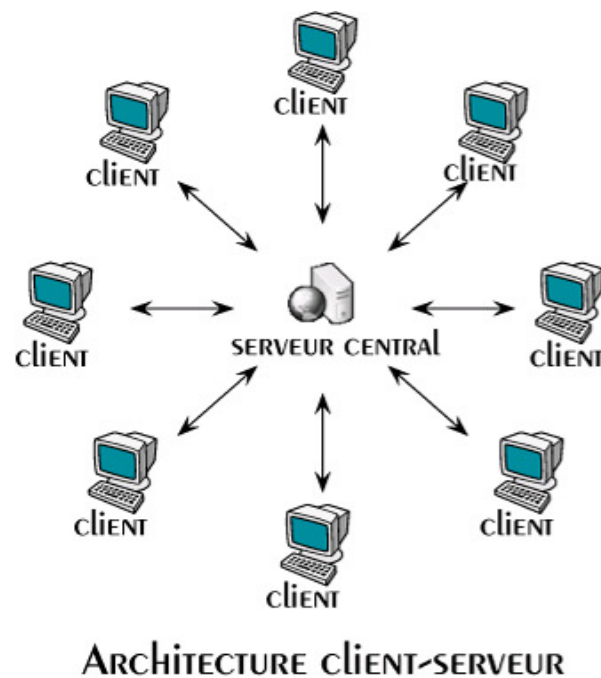
Deux modes de transmission :

- **Réseau de diffusion** : un seul canal de transmission, partagé par tous.
- **Réseau point-à-point** : grand nombre de connexions, chacune faisant intervenir 2 machines

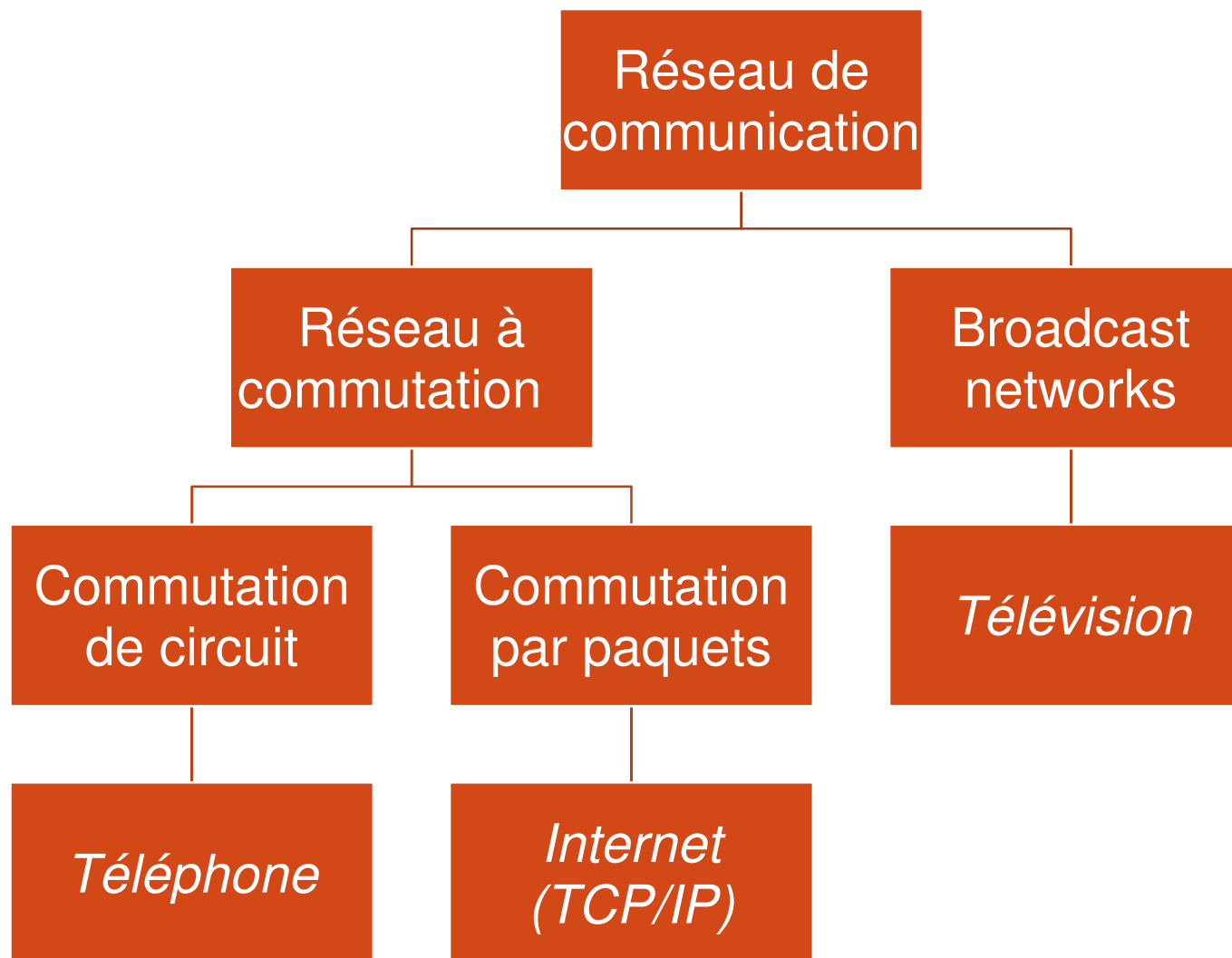


Deux types particuliers de réseaux

- Les réseaux pair à pair (peer to peer)
- Réseaux organisés autour de serveurs (Client/Serveur)



Modes de transmission / Protocole



Pour assurer la communication, il faut...(1)

1. Adresser l'information au bon destinataire et lui indiquer l'identité de l'émetteur
2. Adopter une stratégie commune pour la représentation des données
3. Détecter les erreurs qui peuvent survenir lors de la transmission
4. Décomposer les messages trop longs en plusieurs morceaux

Pour assurer la communication, il faut...(2)

5. Assurer le réassemblage, chez le destinataire, d'un message décomposé
6. Détecter la perte de morceaux qui empêche le réassemblage
7. Coder l'information à transmettre pour l'adapter au support de transmission
8. Gérer les congestions du réseau

Importance de la standardisation

Peu de domaines ont autant besoin de standardisation

- Multiplicité des techniques réseaux
- La communication s'effectue entre systèmes hétérogènes
- Les équipements matériels et logiciels sont fournis par des constructeurs informatiques concurrents

Plusieurs standards sont apparus :

- **standards propriétaires réservés à un constructeur** : SNA d'IBM, NetWare de Novell, DECnet de Digital, ...
- **standards ouverts** : OSI de l'ISO, IEEE 802.*, X.25, ...
- **standards ouverts de facto** : TCP/IP, Ethernet, ...

La normalisation

- Deux organismes de normalisation de droit s'occupent des réseaux informatiques
 - ISO (International Standardization Organization)
 - UIT-T (Union Internationale des Télécommunications)
- La normalisation est menée par
 - ISOC (Internet Society)
 - IETF (Internet Engineering Task Force)

II – Modèle OSI et TCP-IP

Le modèle OSI (Open System Interconnection) de l'ISO

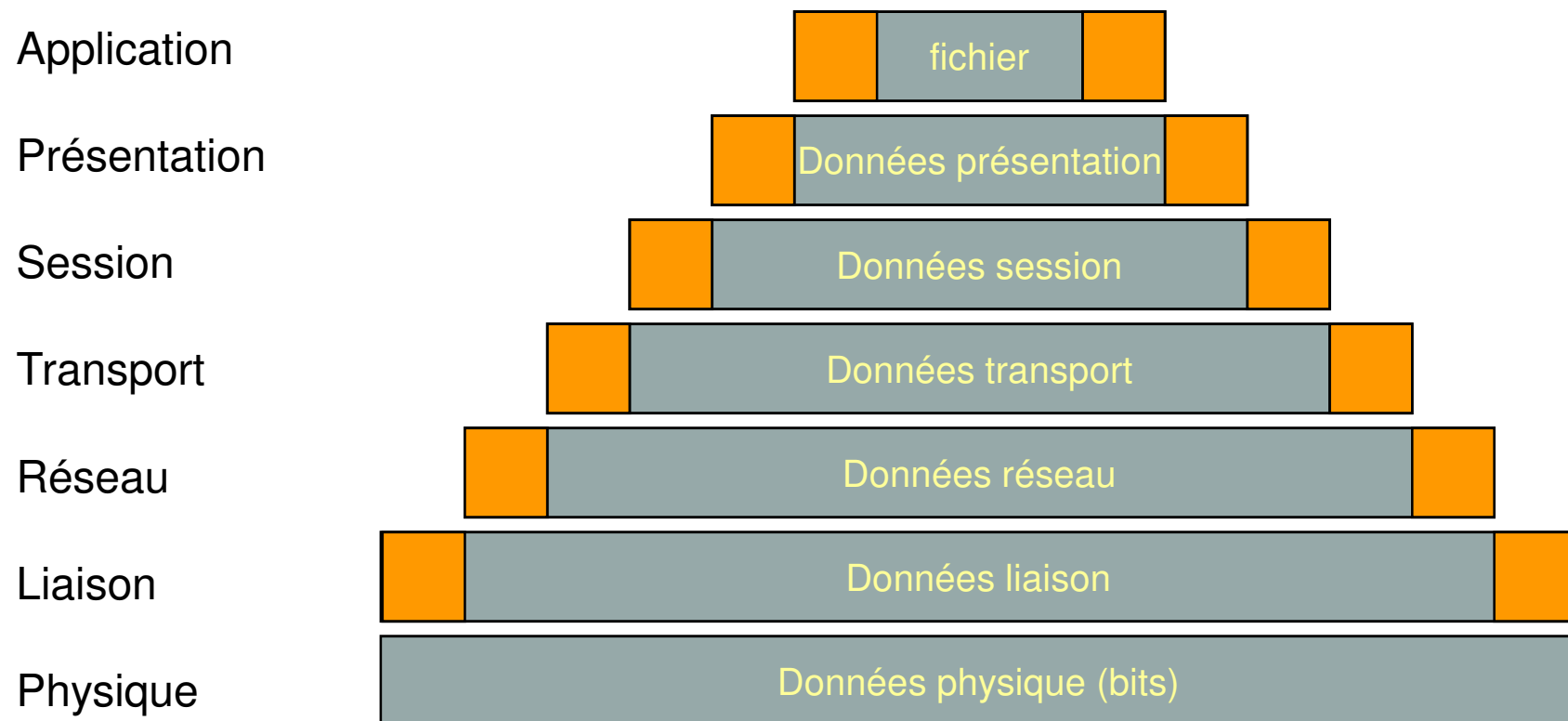
- **But** : régler les problèmes d'interconnexion des systèmes hétérogènes (logiciel et matériel)
- **Principe** : Les fonctions remplies par un système de télécommunication sont segmentées en **couches superposées**
 - permettant de diviser l'ensemble des fonctions en modules,
 - possédant chacune une tâche bien définie.
 - chaque couche (excepté la couche la première) se sert des fonctions remplies par les couches inférieures pour remplir sa propre fonction
- Normalisé au début de 1980

Modèle OSI

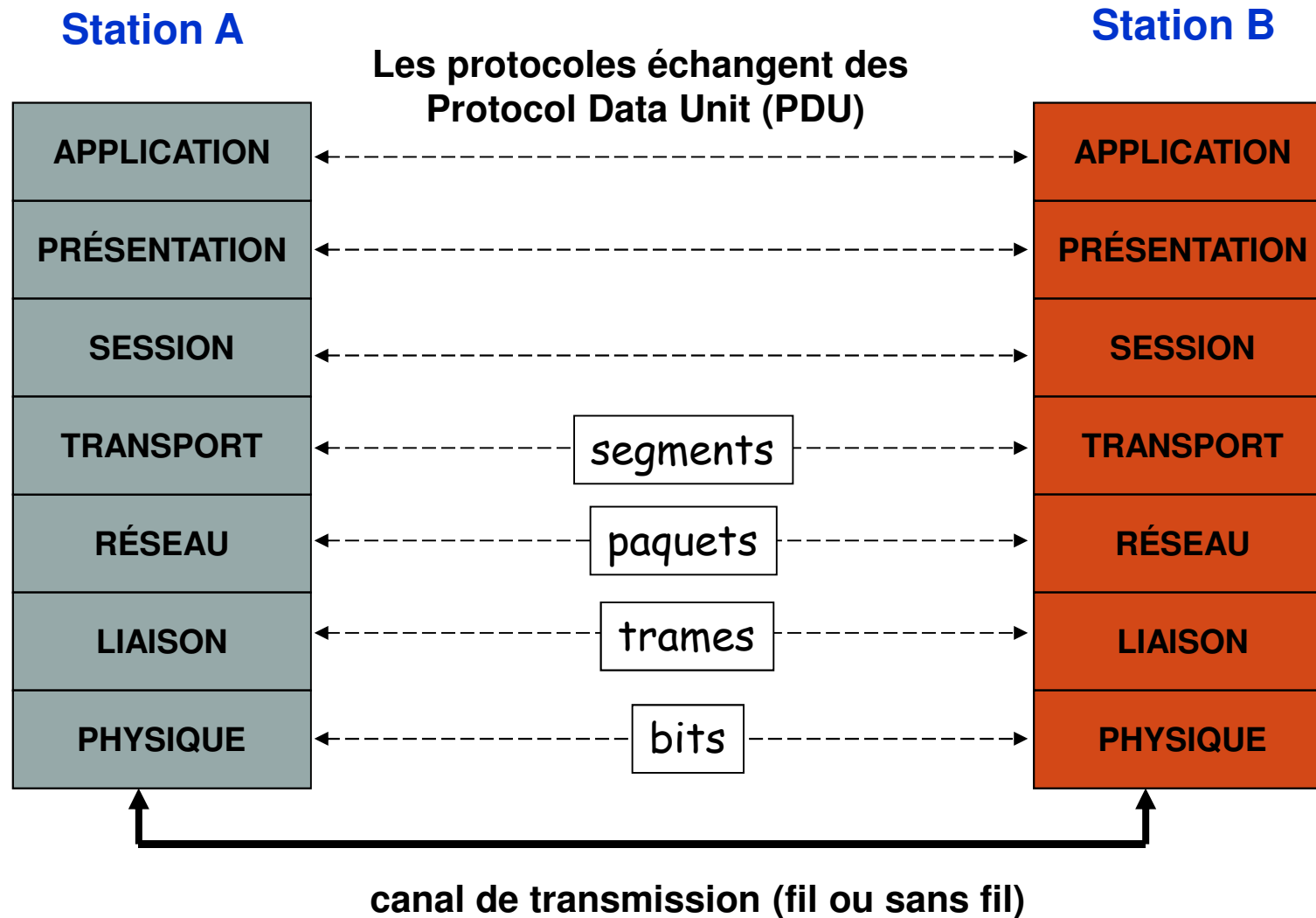
7	Application layer
6	Presentation layer
5	Session layer
4	Transport layer
3	Network layer
2	Data Link layer
1	Physical layer

Les couches dans les paquets

Chaque couche encapsule la précédente



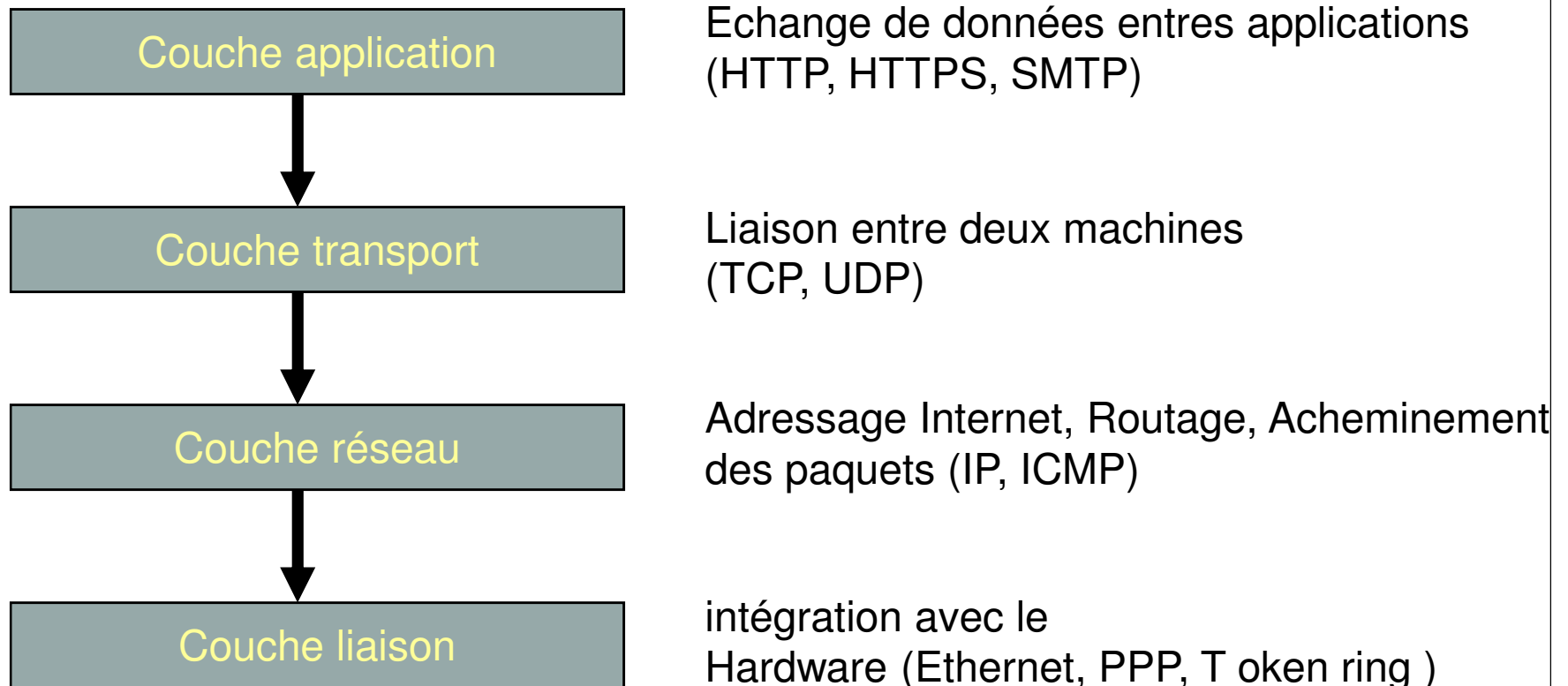
Les couches du modèle OSI



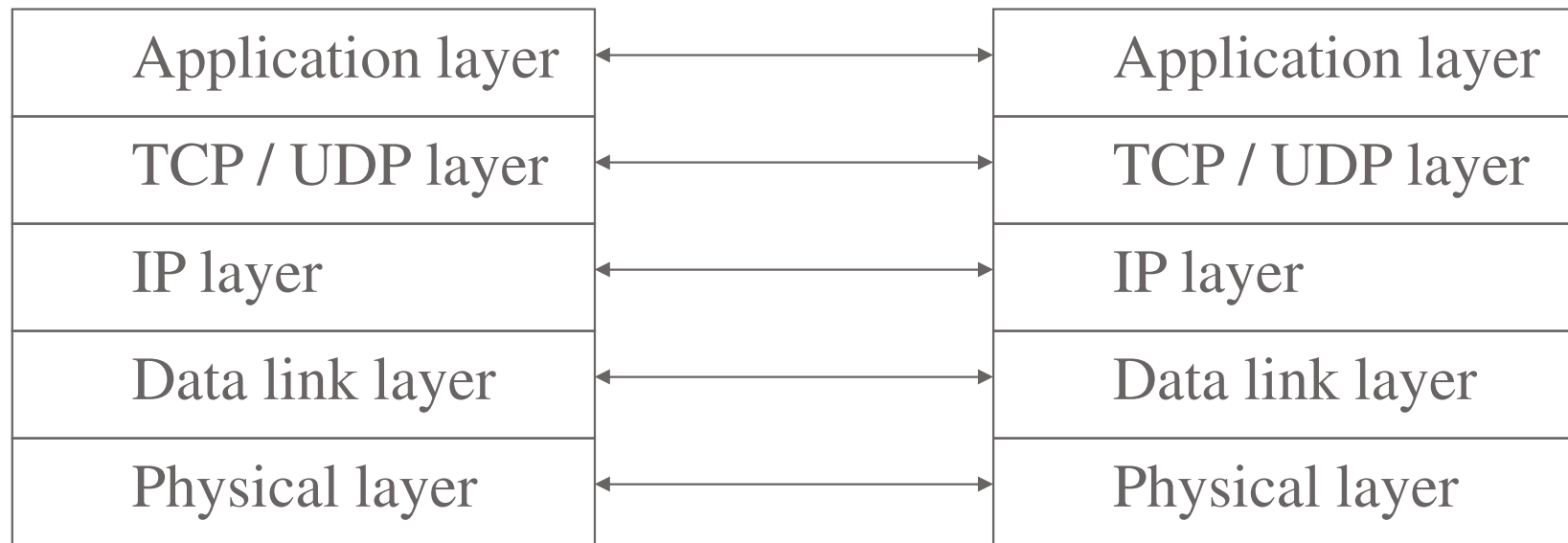
TCP/IP: modèle équivalent

Application layer
TCP / UDP layer
IP layer
Data link layer
Physical layer

Pile de protocoles Internet usuelle



TCP/IP



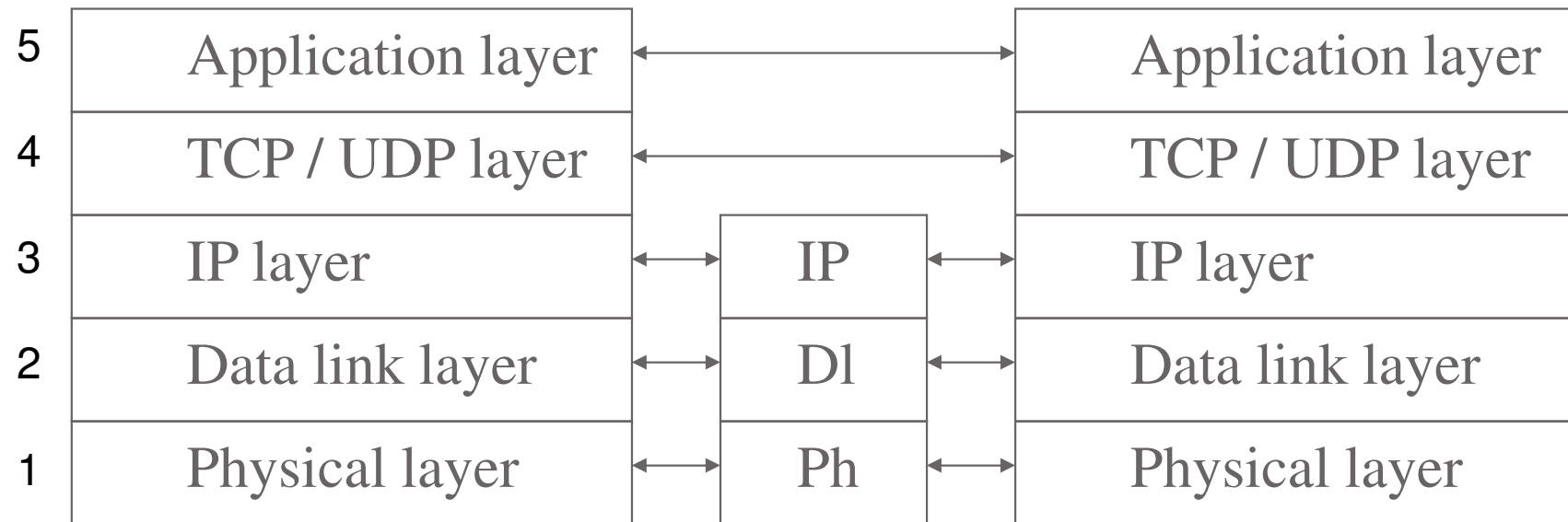
1^{er} et 2^{ème} niveaux (layers)

- Les deux plus bas niveaux (physique et liaison de données - physical and data link) acheminent les PDU entre les machines d'un même LAN
- On trouve plusieurs médias et plusieurs protocoles à cet effet
 - ethernet,
 - token ring,
 - ATM,
 - etc.

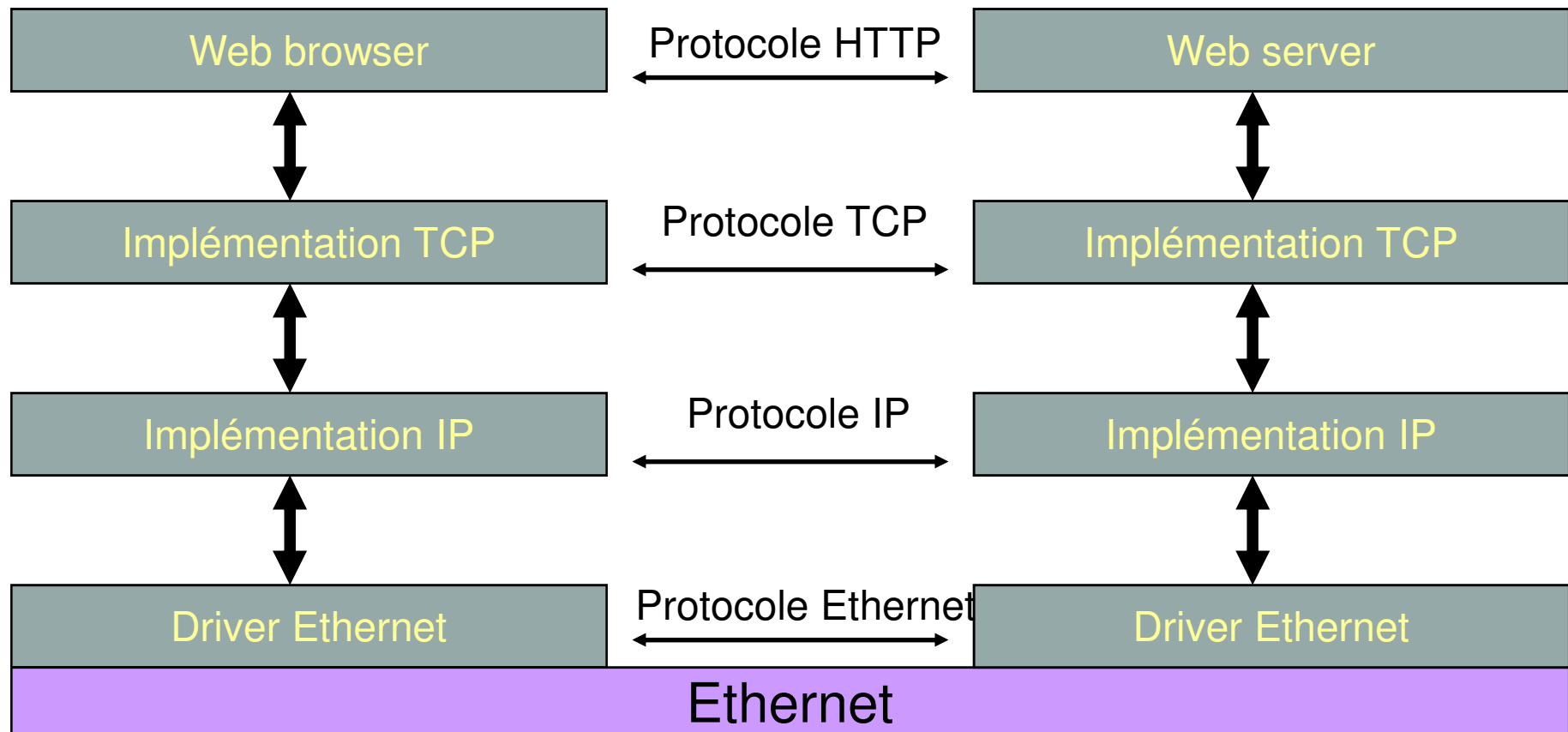
3^{ème} niveau - Internet Protocol

- Internet protocol (IP) achemine les paquets entre des machines au travers de réseaux
- Chaque machine possède une **adresse IP unique** pour l'identifier
- Une **route** doit exister entre la machine source et la machine de destination

TCP/IP



Exemple Web



Ce qui circule sur Internet :

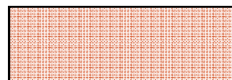
0000	00 04 de 1f 78 0a 00 1c 23 11 2b 5c 08 00 45 00x... #.+\\..E.
0010	00 28 a9 d7 40 00 80 06 b5 cd 8a 60 f1 58 48 0e	.(..@... ..`.XH.
0020	d7 63 05 3e 00 50 92 43 82 a4 cd e5 8b f2 50 10	.c.>.P.CP.
0030	fb 5e a4 fc 00 00	.^....



couche 4 transport : TCP



couche 3 réseau : IP



couche 2 liaison : ethernet

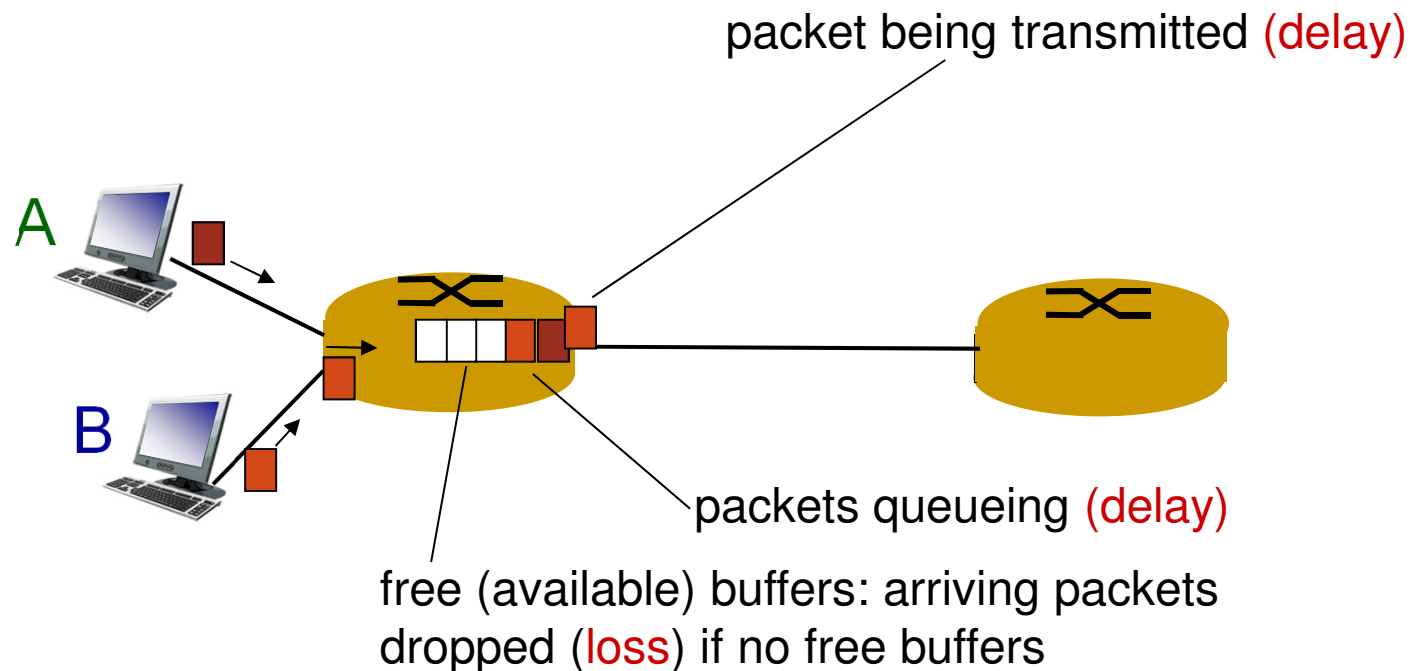
Le temps dans les réseaux :

Perte de paquet ou délai

File d'attente des paquets dans les routeurs

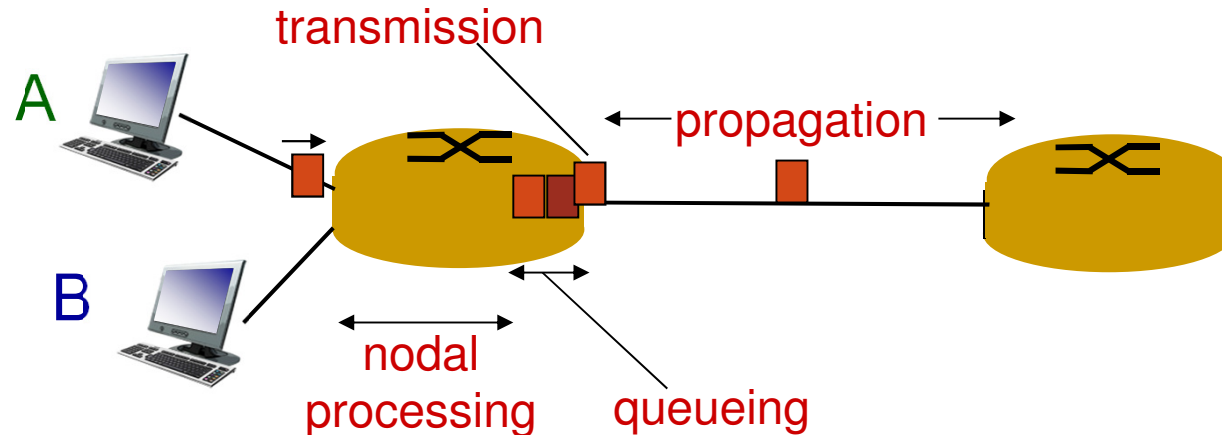
Si le taux d'arrivée des paquets en entrée dépasse le capacité en sortie

Paquets bufferisés, attente de leurs tours



Le temps dans les réseaux :

4 sources de délais



$$T_{\text{nodal}} = T_{\text{proc}} + T_{\text{queue}} + T_{\text{trans}} + T_{\text{prop}}$$

T_{proc} : *nodal processing*

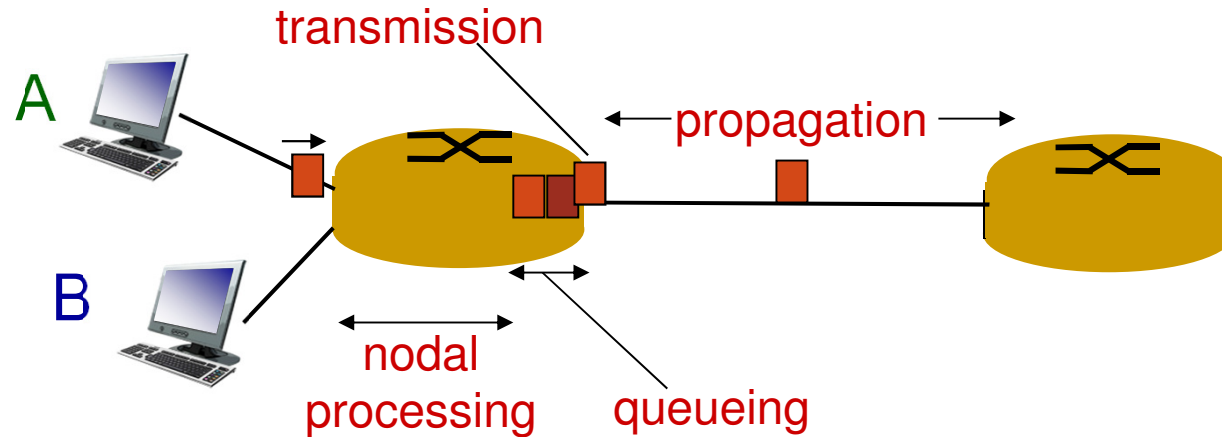
- Verification CRC (Bit errors)
- determine lien de sortie
- Temps moyen < msec

T_{queue} : *delay d'attente*

- Temps pour obtenir le lien de transmission
- dépend de la congestion du routeur

Le temps dans les réseaux :

4 sources de délais



$$T_{\text{nodal}} = T_{\text{proc}} + T_{\text{queue}} + T_{\text{trans}} + T_{\text{prop}}$$

T_{trans} : transmission delay:

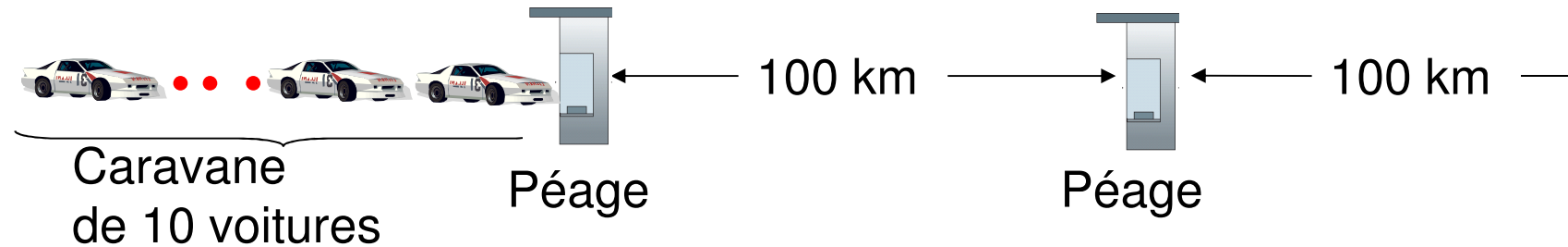
- L : taille du paquet(bits)
- B : bande passante lien(bps)
- $T_{\text{trans}} = L/B$

T_{prop} : propagation delay:

- d : longueur du lien de transmission
- v : vitesse de propagation dans le lien ($\sim 2 \times 10^8$ m/sec)
- $T_{\text{prop}} = d/v$

T_{trans} et T_{prop}
Très différents

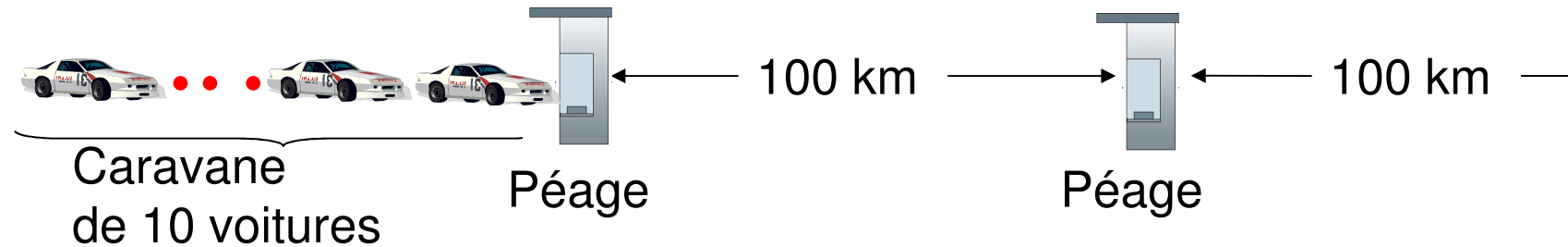
Analogie avec le trafic routier (1)



- Une voiture se “propage” à 100 km/hr
- Cabine péage prend 12 sec pour servir un ticket (bit transmission time)
- Voiture \sim bit; caravane \sim paquet
- **Q: combien de temps avant que la caravane soit présente au second péage ??**

- Temps pour que la caravane complète atteigne la voie rapide = $12 \times 10 = 120$ sec
- Temps pour que la dernière voiture se propage du premier au second péage : $100 \text{ km} / (100 \text{ km/hr}) = 1$ hr
- **R: 62 minutes**

Analogie avec le trafic routier (2)

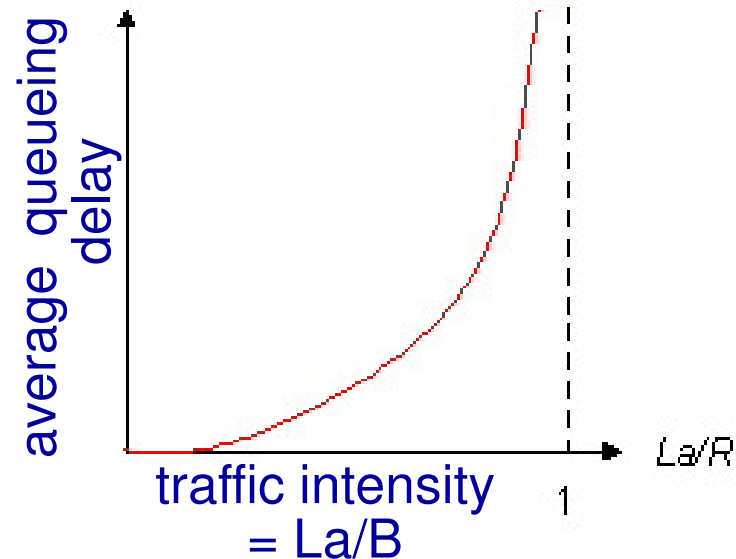


- Supposons que les voitures se “propagent” à 1000 km/hr
- Supposons que le péage prenne une minute pour servir une voiture
- **Q:** Est-ce que des voitures peuvent arriver avant que la dernière ne soit dans le péage 1 ? Au bout de combien de temps la première voiture atteint le second péage ?
- **R :** Oui ! Après 7 min, la première voiture arrive au second péage alors que 3 voitures sont toujours au premier.

Analogie avec le trafic routier (3)

Queueing delay (revisited)

- B : Bande passante lien (bps)
- L : taille du paquet (bits)
- a : taux d'arrivée moyen des paquet



- ❖ $La/B \sim 0$: Délai moyen d'attente faible
- ❖ $La/B \rightarrow 1$: Délai moyen d'attente important
- ❖ $La/B > 1$: plus de débits que ce qui peut être traité délai moyen infini.



$La/B \sim 0$



$La/B \rightarrow 1$