

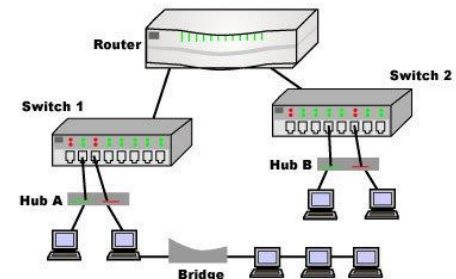
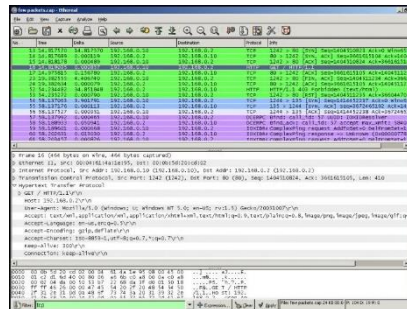
R2.04 : Communication et Fonctionnement Bas Niveau

R2.05 : Services Réseaux

Lucas Picasarri-Arrieta

lucas.picasarri-arrieta@inria.fr

(slides: Joanna Mouliercac)



Plan du module

PARTIE Réseaux

- Introduction aux réseaux, classification des réseaux
- Le modèle réseau en couches
- **La couche liaison** : structures de trames. Les réseaux locaux (LAN) : le standard Ethernet, VLAN
- **La couche réseau** : adressage IPv4, ARP, ICMP

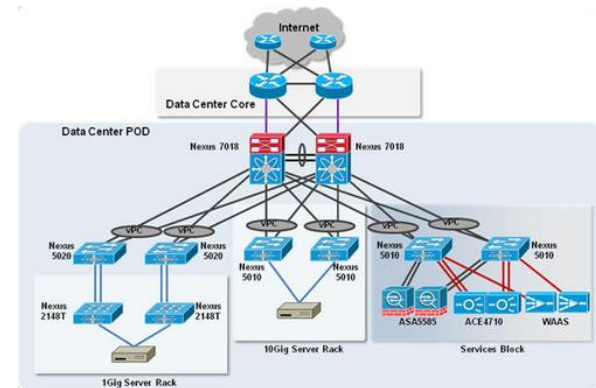
PARTIE Service réseaux

- Installation et étude services réseaux DNS, DHCP, http
- Architecture Client-serveur
- Utilisation Applications clientes réseaux

Concept réseau

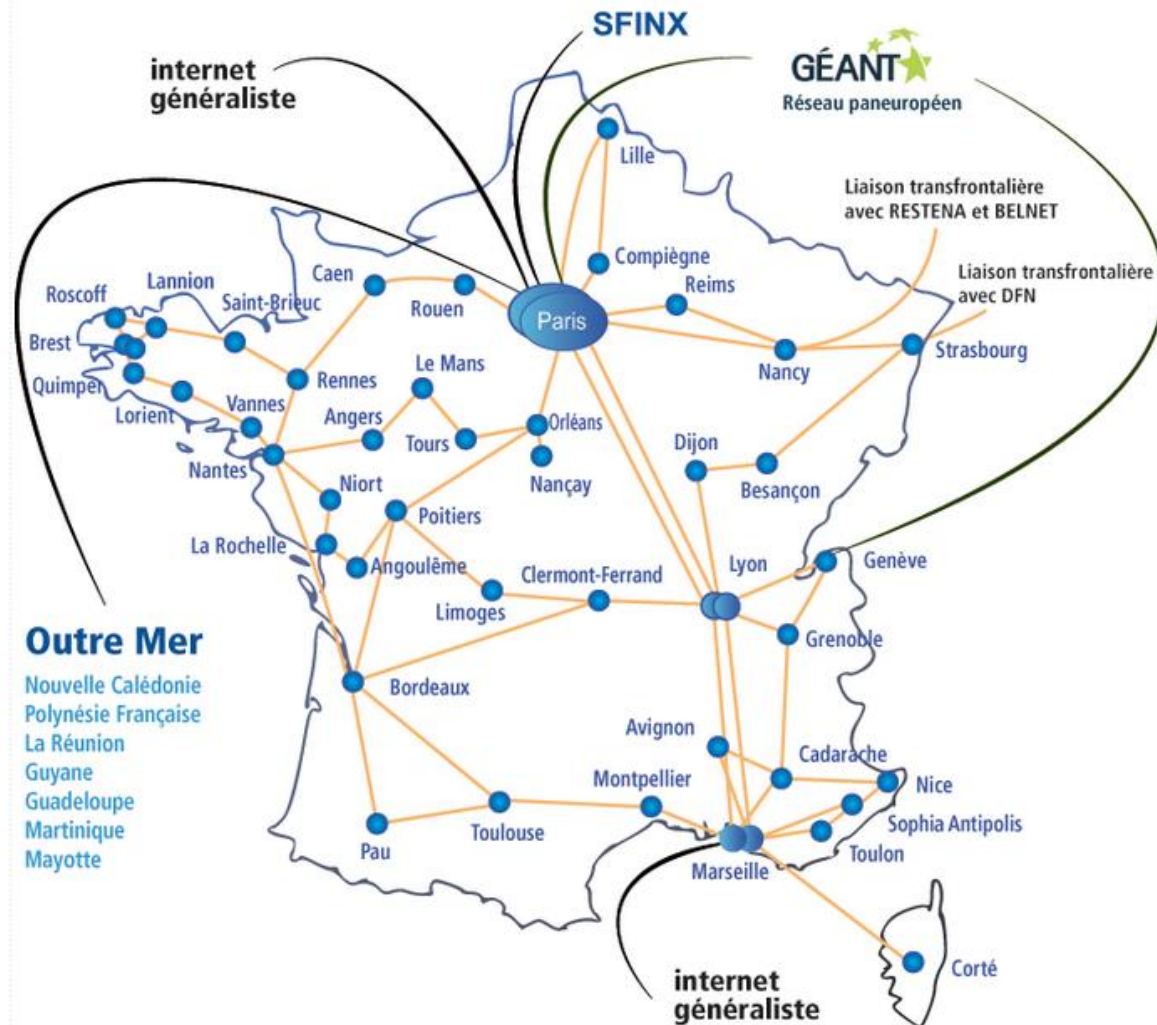
Définition : Un réseau est un ensemble **d'objets interconnectés** les uns avec les autres. Il permet de **faire circuler des éléments** entre chacun de ces objets selon des **règles bien définies**.

- réseau de transport
- réseau téléphonique
- réseau de distribution
- réseau de neurones
- réseau informatique



En France : Renater

- 11 900 km de fibres optiques,
- 72 points de présence (NR)
- Réseau : 125 longueurs d'onde 10G



Applications réseaux

L'accès à des informations distantes

Accès à distance à une base de données, transfert de fichiers, bibliothèque numérique, ...

La communication entre personnes

Courrier électronique, vidéoconférence, télé médecine, ...

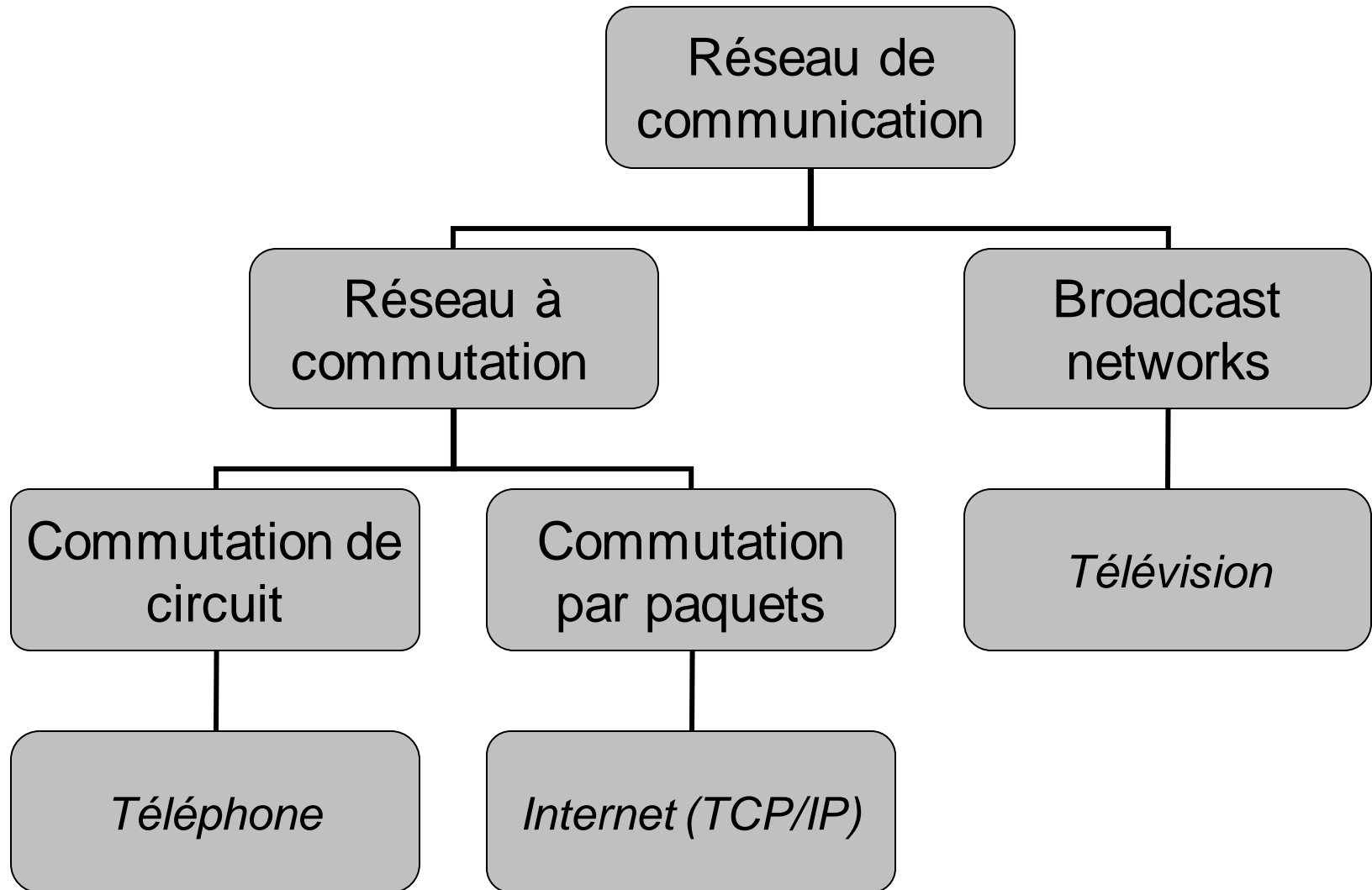
Les divertissements interactifs

Vidéo à la demande, jeux interactifs distribués, émissions télévisées, ...

Le commerce électronique

Consultation de catalogues, achat en ligne, enchères, commande à un fournisseur, ...

Types de réseaux de communications

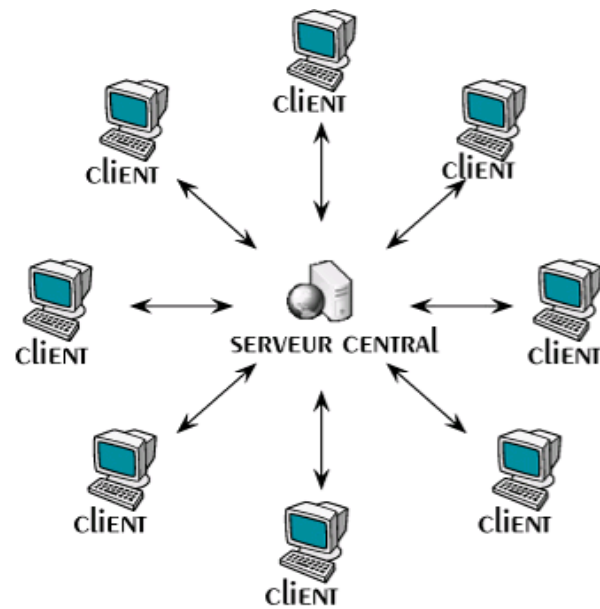


Diversité des réseaux

- Il n'existe pas un seul type de réseau
- Types d'ordinateurs différents, communiquant selon des **langages divers et variés**
- **Supports physiques** de transmission les reliant peuvent être très **hétérogènes** :
 - au niveau du transfert de données
 - circulation de données sous forme d'impulsions électriques,
 - sous forme de lumière, ou bien
 - sous forme d'ondes électromagnétiques
 - au niveau du type de support
 - lignes en cuivres,
 - câble coaxiaux,
 - fibre optiques,
 - air

Deux types particuliers de réseaux

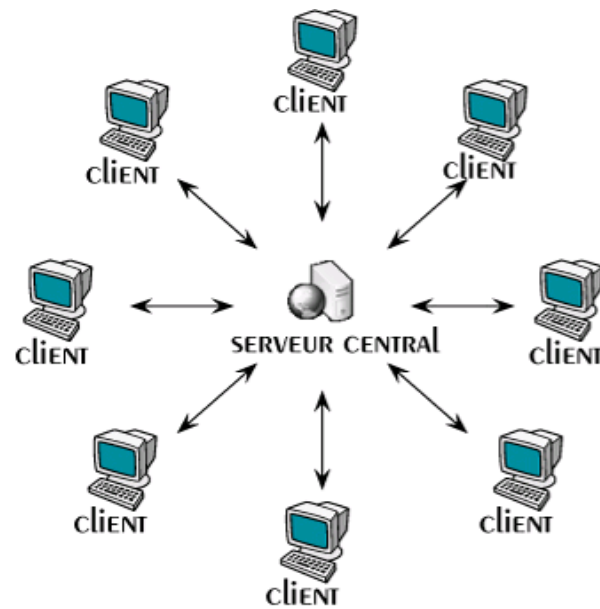
- Réseaux organisés autour de serveurs (Client/Serveur)



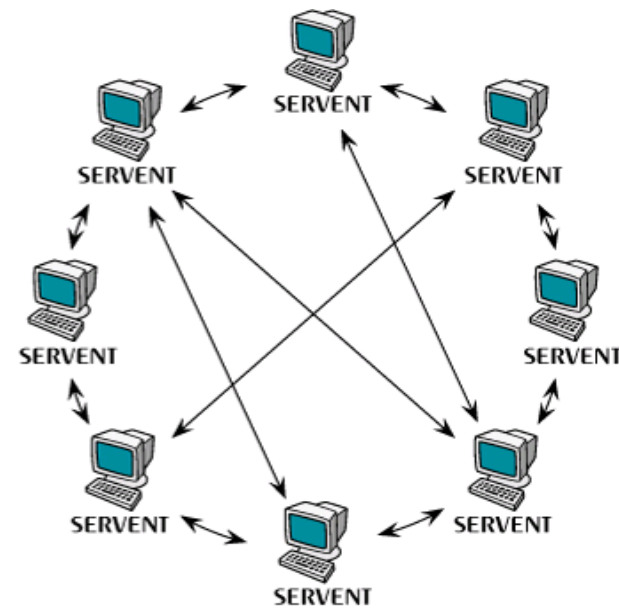
ARCHITECTURE CLIENT-SERVEUR

Deux types particuliers de réseaux

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



ARCHITECTURE CLIENT-SERVEUR



ARCHITECTURE PAIR-À-PAIR

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

Protocole de communications

- **Protocole** : ensemble des règles à suivre pour satisfaire des objectifs bien déterminés
- **Objectifs** : utiliser le canal de communication en évitant les collisions, en assurant le transfert fiable de données de bout en bout, etc.
- **Exemple de règles** :
 - le format des messages (nature des informations qu'il contient, leur emplacement dans le message)
 - le contrôle et l'envoi de données
 - les algorithmes de réaction à un événement
 - Etc.

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 de jure** : OSI de l'ISO, IEEE 802.*, X.25, ...
- **standards ouverts de facto** : TCP/IP, Ethernet, ...

II - Modèle de conception OSI

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

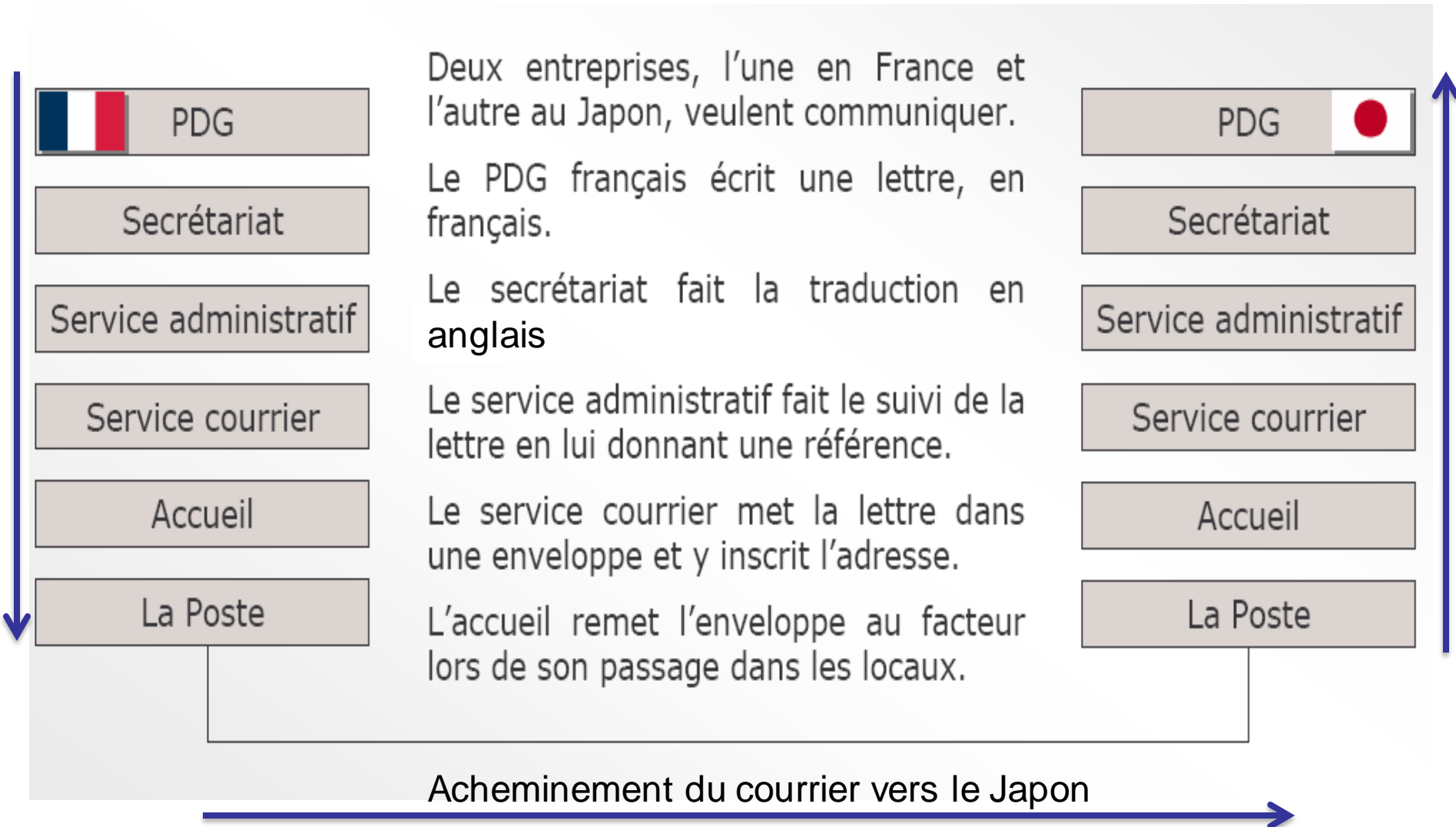
Conception du modèle OSI

- Découpage fonctionnel en **7 couches hiérarchiques** distinctes communicantes (entre couches adjacentes)
- Chaque couche a une fonction réseau spécifique et bien définie
- La structure en couche et la modularité facilitent la **maintenance et la mise à jour** des systèmes : la modification d'une couche reste transparente au reste du système
- On peut trouver plusieurs standards applicables pour une (ou plusieurs à la fois) couche OSI.

Pourquoi des couches ?

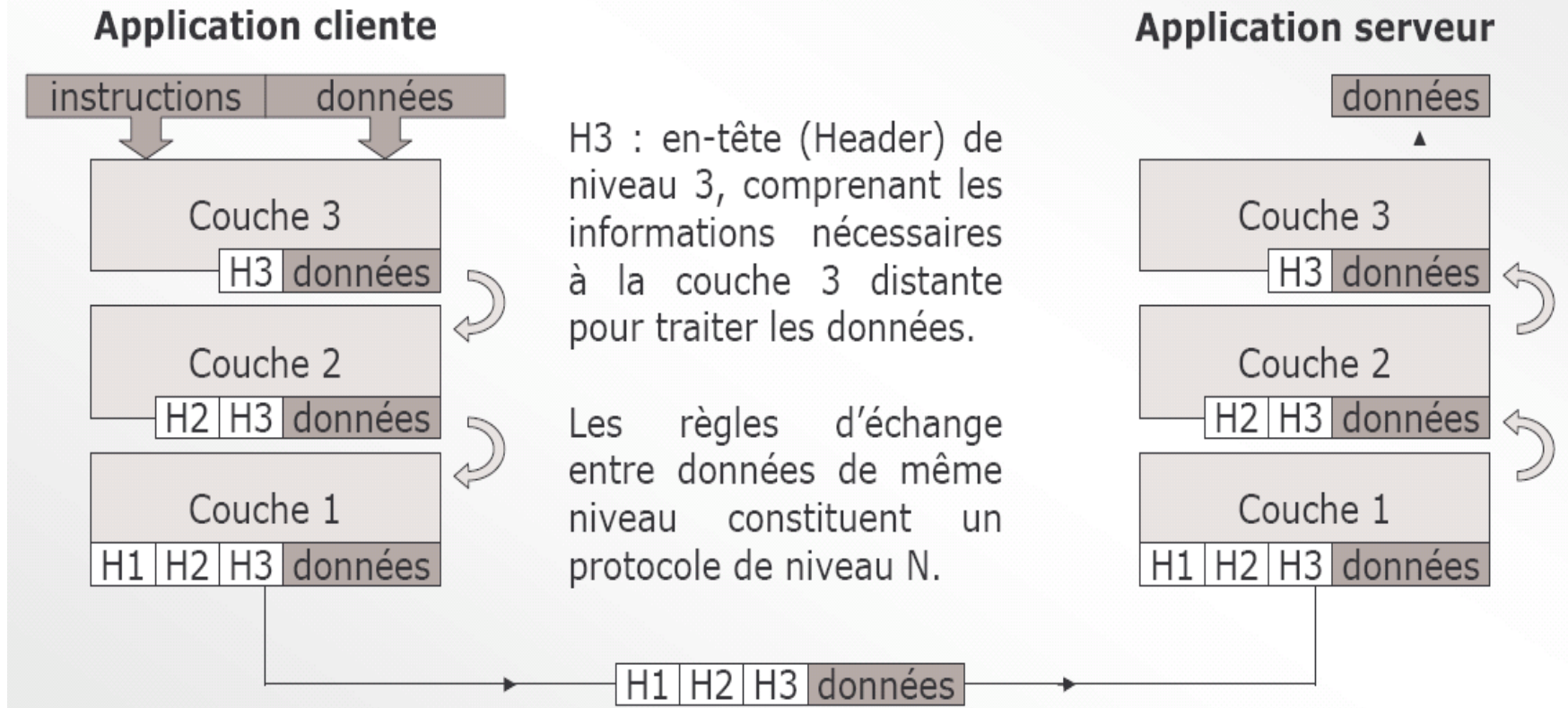
- Une couche doit être créée lorsqu'un nouveau niveau d'abstraction est nécessaire,
- Chaque couche a des fonctions bien définies, les fonctions de chaque couche doivent être choisies dans l'objectif de la normalisation internationale des protocoles,
- Les frontières entre couches doivent être choisies de manière à minimiser le flux d'information aux interfaces,
- Le nombre de couches doit être tel qu'il n'y ait pas cohabitation de fonctions très différentes (homogénéité dans les fonctions de chaque couche) au sein d'une même couche et que l'architecture ne soit pas trop difficile à maîtriser,
- Restriction du nombre de couches fonctionnelles à une valeur raisonnable.

Analogie

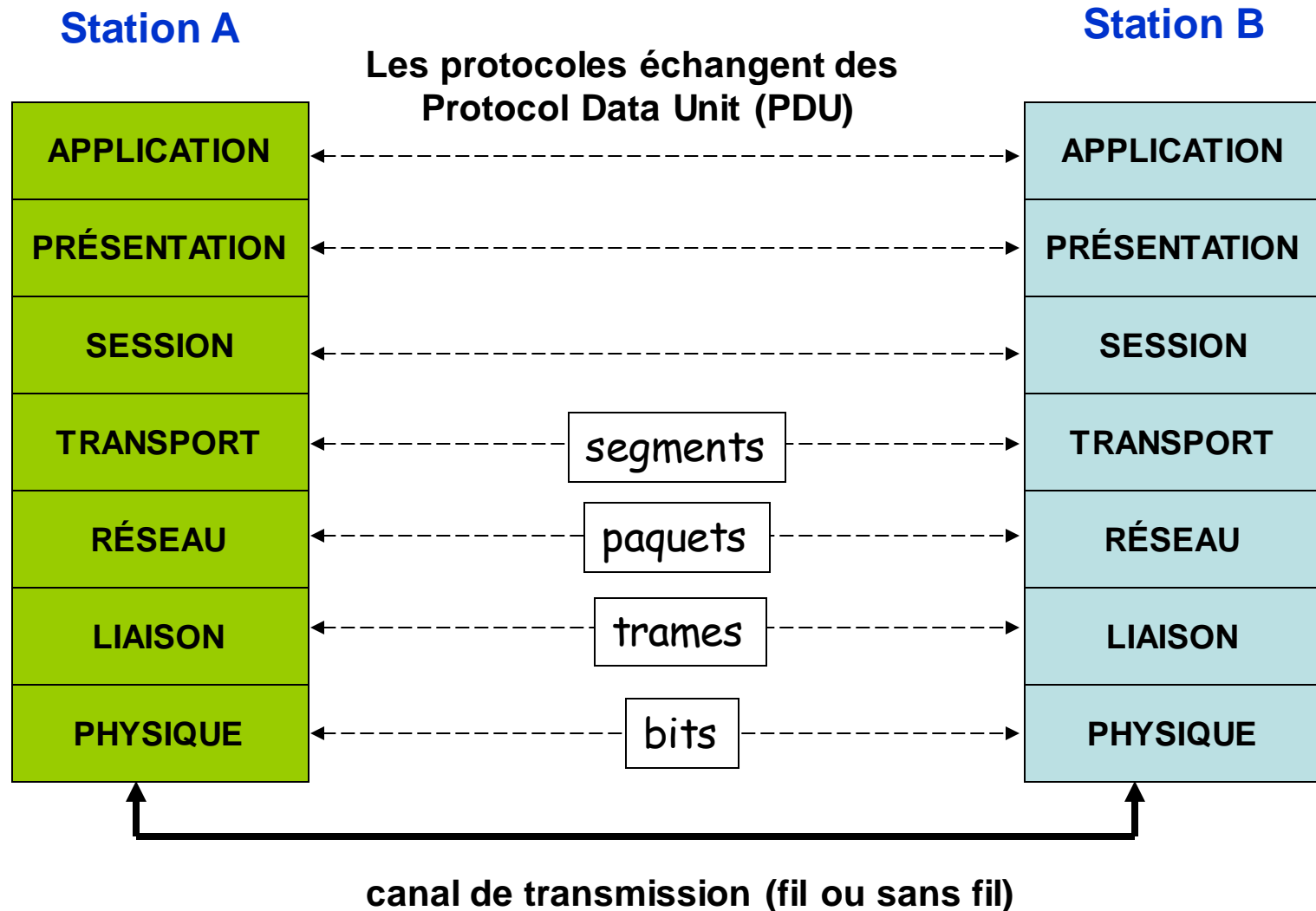


Modèle simplifié à 3 couches

Exemple : modèle simplifié à trois couches



Les couches du modèle OSI



Les couches du modèle OSI

Deux moyens mnémotechniques pour se souvenir des 7 couches :

- **A**près **P**lusieurs **S**emaines **T**out **R**espire **L**a **P**aix
- **P**artout **L**e **R**oi **T**rouve **S**a **P**lace **A**ssise

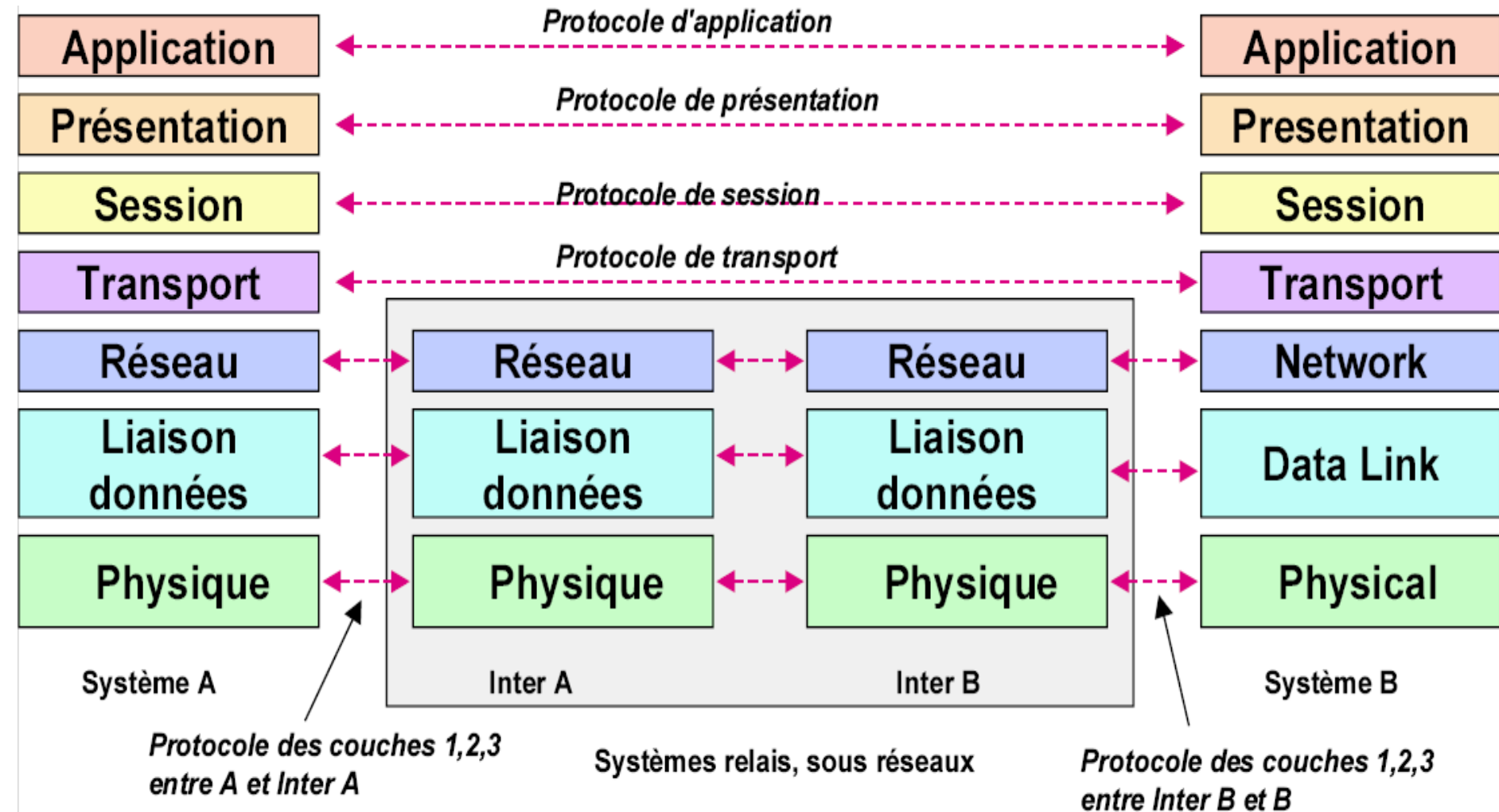
Fonctions des 7 couches

- **Couche 1 - Physique** : transmet des bits de façon brute sur un support. Détermine la nature des signaux, la durée des bits, les connecteurs physiques.
- **Couche 2 – Liaison** : transfert de l'information sous forme de trames, détection et correction d'erreurs, échange entre nœuds voisins.
Adressage physique des nœuds.
- **Couche 3 – Réseau** : achemine des paquets de bout à bout : routage à travers les réseaux et nœuds intermédiaires. Contrôle le flux.
Adressage logique des nœuds.

Fonctions des 7 couches

- **Couche 4 – Transport** : assure le transport de l'information de bout en bout de la connexion, procédure de connexion et déconnexion.
- **Couche 5 – Session** : organise l'échange de données et structure le dialogue entre les applications.
- **Couche 6 – Présentation** : gère les différences de syntaxe de l'information (alphabet, présentation de graphiques etc.). Offre des mécanismes de sécurité d'accès à l'information, de cryptage, de compression.
- **Couche 7 – Application** : protocoles applicatifs pour le dialogue entre applications. Les applications accèdent aux services réseaux par les services de cette couche.

Systeme terminal vs. intermédiaire



Fonctionnement du modèle

- Lors d'une transmission, les données traversent chacune des couches au niveau de la machine émettrice.
- A chaque couche, une information est ajoutée au paquet de données, il s'agit d'un **en-tête**, ensemble d'informations qui garantit la transmission.
- Au niveau de la machine réceptrice, lors du passage dans chaque couche, l'en-tête est lu, puis supprimé. Ainsi, à la réception, le message est dans son état originel...

Fonctionnement du modèle

- Chaque couche est programmée comme si elle était vraiment horizontale, c'est à dire qu'elle **dialoguait directement avec sa couche paire réceptrice**.
- A chaque niveau, le paquet de données change d'aspect, car on lui ajoute une en-tête, ainsi les appellations changent suivant les couches :
 - **Physique** : bit
 - **Liaison** : trames
 - **Réseau** : paquets
 - **Transport** : messages

Ce qui circule sur Internet :

0000	00 1c 23 11 2b 5c 00 1a 70 47 9b 3d 08 00	45 00	..#.+\\.pG.=..E.
0010	01 5b 22 a8 40 00 72 06 88 33 86 3b 14 79 c0 a8		.[\".@.r..3.;.y..
0020	01 65	00 50 07 8f 0c 19 4d 88 a5 b7 6d 68 50 18	e.P....M...mhP.
0030	3e df 4f 01 00 00	48 54 54 50 2f 31 2e 31 20 32	>.O...HTTP/1.1 2
0040	30 30 20 4f 4b 0d 0a 44 61 74 65 3a 20 54 75 65	00 OK..Date: Tue	
0050	2c 20 30 34 20 4d 61 72 20 32 30 30 38 20 30 38	, 04 Mar 2008 08	
0060	3a 35 32 3a 31 33 20 47 4d 54 0d 0a 53 65 72 76	:52:13 GMT..Serv	
0070	65 72 3a 20 41 70 61 63 68 65 0d 0a 4c 61 73 74	er: Apache..Last	
0080	2d 4d 6f 64 69 66 69 65 64 3a 20 54 68 75 2c 20	-Modified: Thu,	
0090	30 35 20 44 65 63 20 32 30 30 32 20 31 31 3a 31	05 Dec 2002 11:1	
00a0	36 3a 31 36 20 47 4d 54 0d 0a 45 54 61 67 3a 20	6:16 GMT..ETag:	
00b0	22 30 2d 32 62 2d 33 64 65 66 33 35 38 30 22 0d	"0-2b-3def3580".	

.....
.....

Entête ethernet

Entête IP

Entête TCP

Entête http

Commentaires sur le modèle OSI

- Le modèle OSI est juste un **modèle de référence**
- Il n'est pas nécessaire que les systèmes soient implantés suivant la description du modèle de référence
- Le système n'est pas forcément organisé en 7 modules ou tâches assurant chacune les fonctions de l'une des 7 couches !
 - **Exemple** : le modèle TCP/IP est constitué de 5 couches
- Une couche peut exister et être vide car une couche peut regrouper un ensemble de fonctions qui ne sont pas mises en oeuvre !
- Dans ce dernier cas, soit le service n'est pas nécessaire à la couche supérieure, soit il est déjà rendu par la couche inférieure

Critique du modèle OSI

- Structure réseau la plus étudiée et la plus unanimement reconnue et pourtant ce n'est pas le modèle qui a su s'imposer !
- **Pas le bon moment** : lorsque le modèle OSI est sorti, les universités américaines utilisaient déjà largement TCP/IP et les industriels n'ont pas ressenti le besoin d'investir dessus.
- **Trop complet et trop complexe** : peu de programmes peuvent utiliser ou utilisent mal l'ensemble des 7 couches du modèle, les couches session et présentation sont fort peu utilisées et à l'inverse les couches liaison de données et réseau sont très souvent découpées en sous-couches tant elles sont complexes.

Modèle hybride finalement utilisé

		Protocoles étudiés en cours	Equipements
5	APPLICATION	HTTP – FTP – SMTP – POP – IMAP – TELNET – DNS – DHCP	
4	TRANSPORT	TCP – UDP	
3	RESEAU	IP (v4 ou v6) – ICMP – ARP @IP	ROUTEUR
2	LIAISON	ETHERNET – WIFI – CSMA/CD et CSMA/CA – VLAN – @mac	SWITCH
1	PHYSIQUE		HUB

La couche physique

- La couche physique est chargée de la transmission des signaux électriques ou optiques entre les interlocuteurs.
- Emission et la réception d'un bit ou d'un train de bits continu.
- Elle transmet un flot de bits sans en connaître la signification ou la structure.
- Elle code l'information pour l'adapter au support de transmission et effectue la conversion entre bits et signaux électriques, électromagnétiques ou optiques.
- Elle normalise les signaux envoyés sur le support (analogique / numérique, voltage, optique etc...) ainsi que le type et la longueur des câbles, les connecteurs utilisés...

Supports physiques de transmissions

- Circulation des informations entre les équipements de transmission.
- Trois catégories principales, selon le type de grandeur physique qu'ils permettent de faire circuler :
 - **Les supports filaires** permettent de faire circuler une grandeur électrique sur un câble généralement métallique
 - **Les supports aériens** désignent l'air ou le vide, ils permettent la circulation d'ondes électromagnétiques ou radioélectriques diverses
 - **Les supports optiques** permettent d'acheminer des informations sous forme lumineuse

Hub (concentrateur)

- Equipement au niveau physique
- Il reçoit les trames d'un port et les diffuse (broadcast) sur toutes ses sorties → toutes les stations connectées au hub reçoivent tous les messages
- Mauvais du point de vue sécurité
- Cet équipement est équivalent au répéteur multiport



Obsolète

III - Couche Liaison : Ethernet

Couche liaison

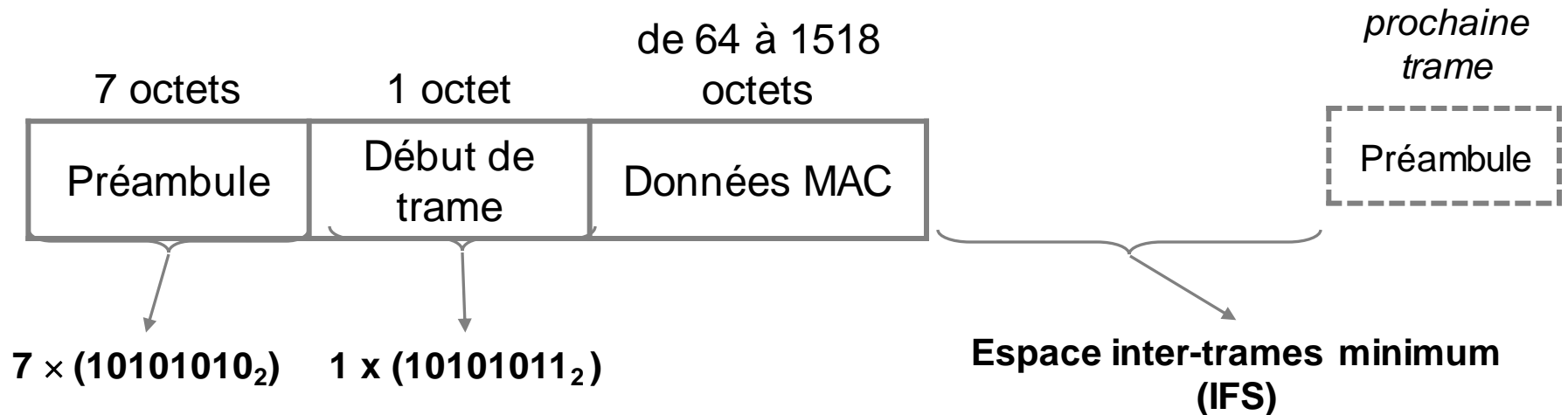
- Découpage des données en trames.
- Donne une signification aux bits qui sont transmis sur le réseau
- Elle doit acheminer sans erreur des blocs d'information utilisateur sur la liaison physique :
 - **Contrôle d'intégrité** : détection et de correction d'erreurs élémentaires dues au support physique imparfait et signale à la couche réseau les erreurs irrécupérables.
- Reconnaissance des débuts et fin de trames réceptionnées.
- Spécifications des tailles et moyens d'adressage des paquets.
- Elle s'assure que deux ou plusieurs nœuds n'essaient pas de transmettre des données sur le canal (partagé) de transmission en même temps.
- **Exemples :**
 - HDLC (High Data Link Protocol), PPP (Point to Point Protocol), Ethernet (IEEE 802.3).

Réseaux locaux / Local Area Network

- Support de transmission partagé par plusieurs équipements (en général) : **réseau à diffusion**.
- Un nœud peut vouloir envoyer à une, plusieurs ou tous les nœuds
- Un nœud peut vouloir émettre à tout moment
- Si support partagé, alors il faut :
 - Une manière d'identifier chaque nœud : des adresses (au niveau de la couche Liaison : **@ MAC**)
 - Des règles pour gérer le « droit de parole » : méthodes d'accès au support

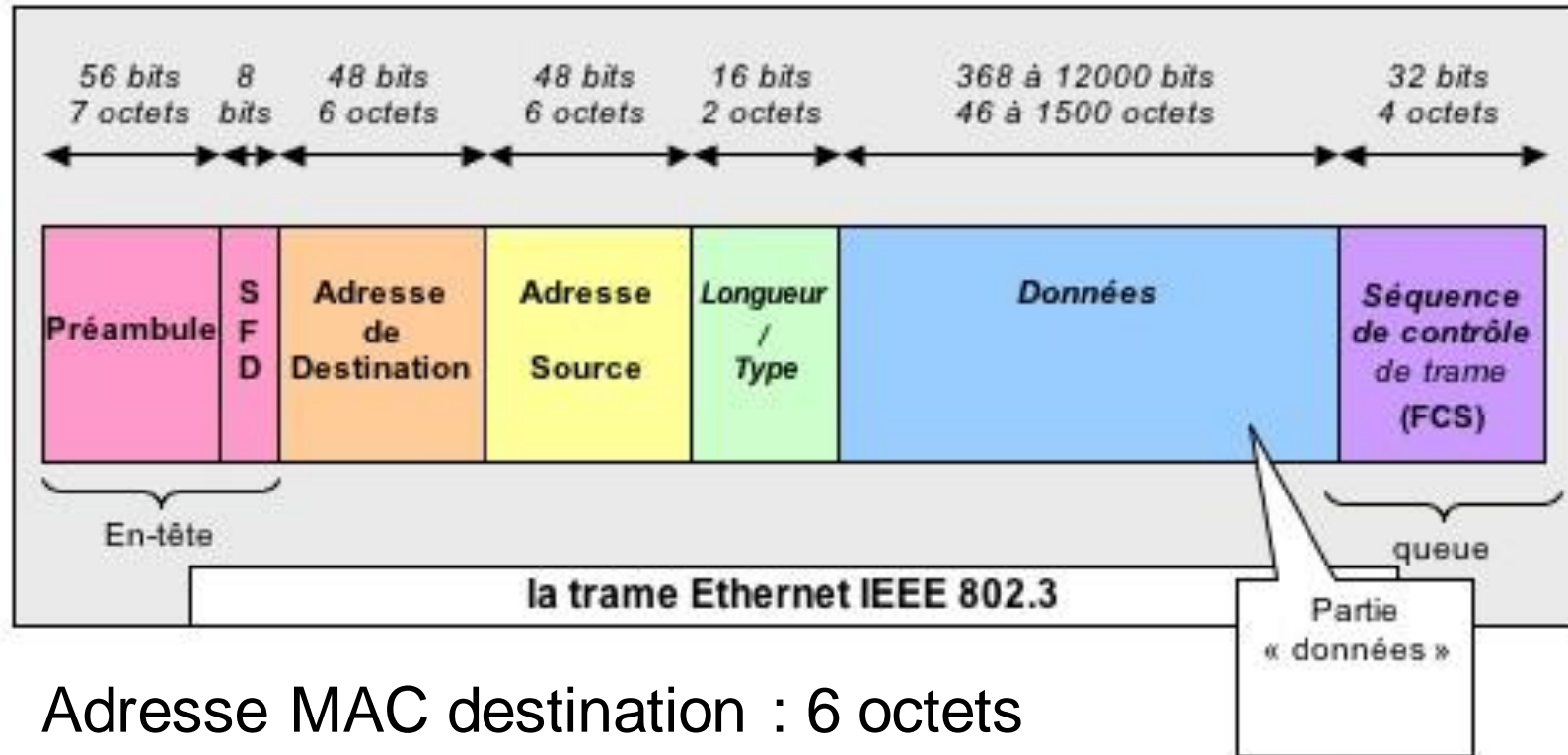
Encapsulation des trames Ethernet et 802.3 au niveau physique

Les trames sont précédées d'un préambule et suivies d'un temps de repos



- Préambule : permet la synchronisation du récepteur (10101010_2 = signal carré, en codage Manchester)
- Espace inter-trames : permet de bien séparer les trames successives
⇒ **802.3 / Ethernet à 10 Mbit/s : IFS = 9,6 μ s**

Structure d'une frame ethernet



- Adresse MAC destination : 6 octets
- Adresse MAC source : 6 octets
- Type : 2 octets
 - Indique le protocole situé sur la couche de niveau supérieur

Ethernet : valeur du champ type

Champ Type (hexadécimal)	Protocole couche supérieure (encapsulé dans la trame)
0x0800	IPv4
0x0806	ARP
0x809B	AppleTalk
0x86DD	IPv6
0x8864	PPPoE

source : <http://www.iana.org>

Entête Ethernet


```
ff ff ff ff ff ff ac bc 32 9b 12 73 08 00 45 00
00 4e 8d 15 00 00 40 11 38 dc 8a 60 cf ed 8a 60
cf ff 00 89 00 89 00 3a 7f 2b 48 12 01 10 00 01
00 00 00 00 00 00 20 46 48 45 50 46 43 45 4c 45
48 46 43 45 50 46 46 46 41 43 41 43 41 43 41 43
41 43 41 43 41 42 4e 00 00 20 00 01
```

Entête Ethernet

@mac destination	@mac source	Type
ff ff ff ff ff ff	ac bc 32 9b 12 73	08 00
00 4e 8d 15 00 00	40 11 38 dc 8a 60	cf ed 8a 60
cf ff 00 89 00 89	00 3a 7f 2b 48 12	01 10 00 01
00 00 00 00 00 00	20 46 48 45 50 46	43 45 4c 45
48 46 43 45 50 46	46 46 41 43 41 43	41 43 41 43
41 43 41 43 41 42	4e 00 00 20 00 01	

Entête Ethernet

0800 = IPv4



@mac destination	@mac source	Type
ff ff ff ff ff ff	ac bc 32 9b 12 73	08 00 45 00
00 4e 8d 15 00 00	40 11 38 dc 8a 60	cf ed 8a 60
cf ff 00 89 00 89	00 3a 7f 2b 48 12	01 10 00 01
00 00 00 00 00 00	20 46 48 45 50 46	43 45 4c 45
48 46 43 45 50 46	46 46 41 43 41 43	41 43 41 43
41 43 41 43 41 42	4e 00 00 20 00 01	

Paquet IP encapsulé

Taille des trames ethernet / IEEE 802.3

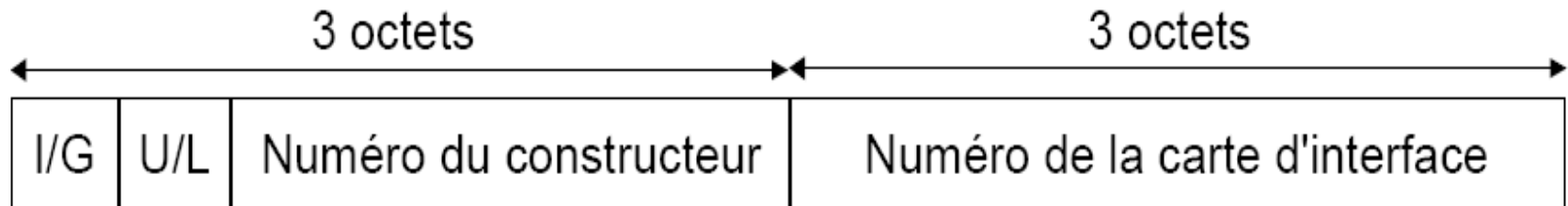
- Taille maximale = 1518 octets
 - Empêche une station de monopoliser le canal pendant trop longtemps
 - Valeur arbitraire
- Taille minimale = 64 octets
 - Détection des collisions
 - 64 octets (MAC, CRC inclus) + 8 octets (en-tête trame physique - préambule) = 72 octets au total sur la ligne = plus petite trame correcte
 - Si la quantité de données transportées ne permet pas de remplir une trame, il faut ajouter des octets de bourrage (padding)

Les adresses MAC

- Chaque machine est identifiée par une clé globalement **unique**, appelée **adresse MAC**, pour s'assurer que toutes les machines (plus précisément interfaces Ethernet) sur un réseau Ethernet ont des adresses distinctes
- Une adresse MAC est une adresse matérielle, c'est-à-dire une adresse unique stockée sur une mémoire morte (ROM) de la carte réseau.
- Adressage standardisé par l'IEEE 802

Les adresses MAC

- Les adresses MAC comportent 48 bits (6 octets) et sont exprimées sous la forme de 12 chiffres hexadécimaux :
 - 6 chiffres sont administrés par l'IEEE et identifient le fabricant de la carte
 - 6 chiffres forment le numéro de série de la carte
- **Exemple** : 00-00-0c-12-34-56



Format des adresses MAC : adresses uniques et de groupes

Interprétation du début des adresses MAC : exemples

(source : <http://standards.ieee.org>)

Code fabricant (OUI) sur 3 octets, en hexadécimal	Vendeur / fabricant
00 - 00 - 0C	Cisco
00 - 03 - 93	Apple
02 - 80 - 8C	3Com
08 - 00 - 20	Sun
08 - 00 - 5A	IBM

Adresses de groupe (bit I/G à 1)

Adresse(s) MAC	Type	Description
FF-FF-FF-FF-FF-FF	<i>Broadcast</i>	Diffusion généralisée
01-00-5E-00-00-00 à 01-00-5E-7F-FF-FF	<i>Internet multicast</i> (RFC 1112)	Diffusion restreinte

Liste des constructeurs de carte réseau : <http://www.frameip.com/ethernet-oui-ieee/>

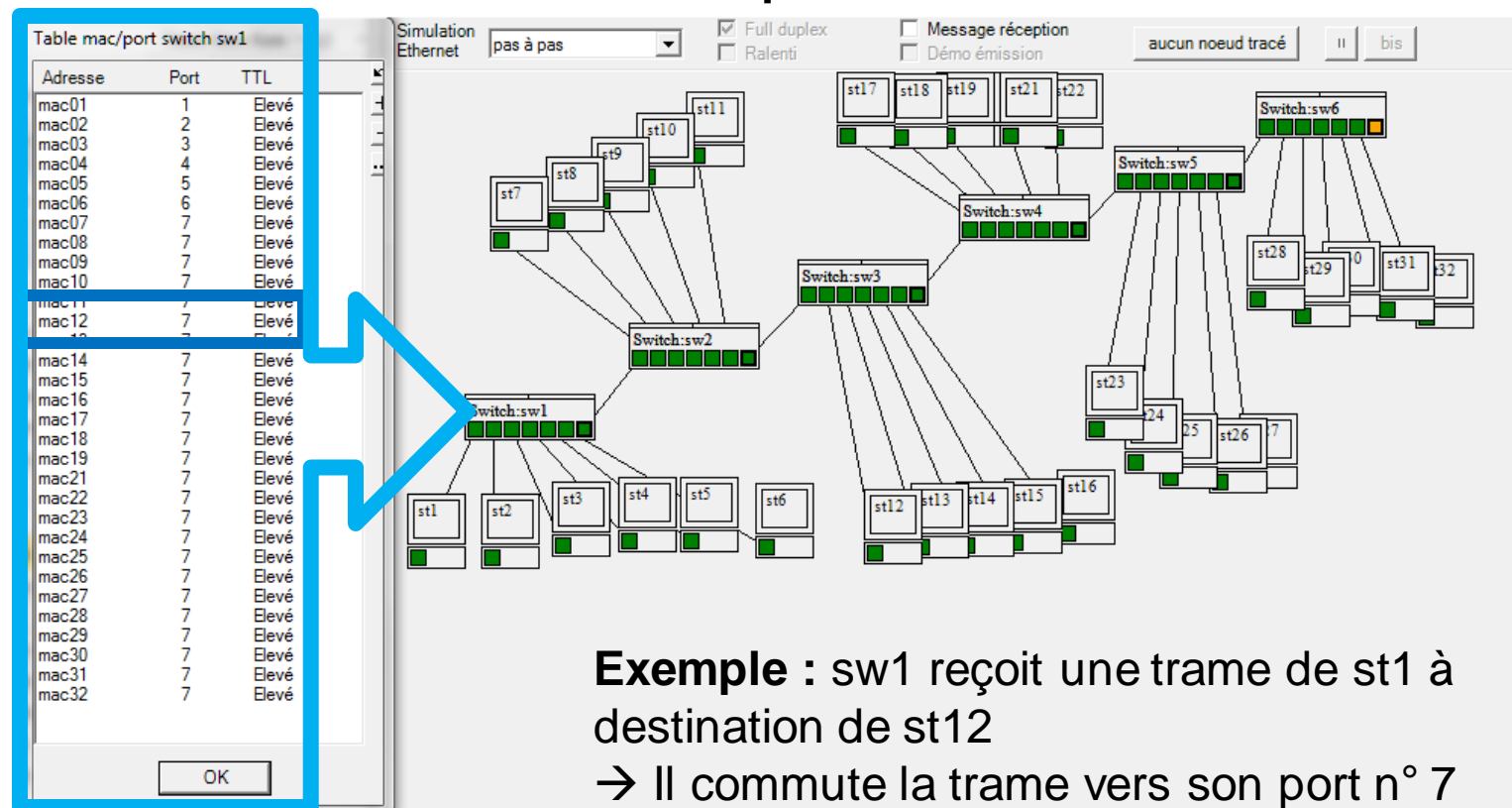
Switch (Commutateur)

- Equipement au niveau liaison
- Permet d'offrir plus de 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 une table contenant les adresses MAC et les sorties correspondantes



Commutation

- Le switch choisit pour chaque frame reçue un port de sortie menant à sa destination finale en fonction de la table mac/port



Le commutateur

- Inspecte les adresses de source et de destination des messages.
- Connaissant le port du destinataire, le commutateur ne transmettra le message que sur le port adéquat, les autres ports restants dès lors libres pour d'autres transmissions pouvant se produire simultanément.
- Chaque échange peut s'effectuer sans collisions, avec pour conséquence une augmentation très sensible de la bande passante du réseau.
- Comme le trafic émis et reçu n'est plus transmis sur tous les ports, il devient beaucoup plus difficile d'espionner (sniffer) ce qui se passe : Sécurité accrue