

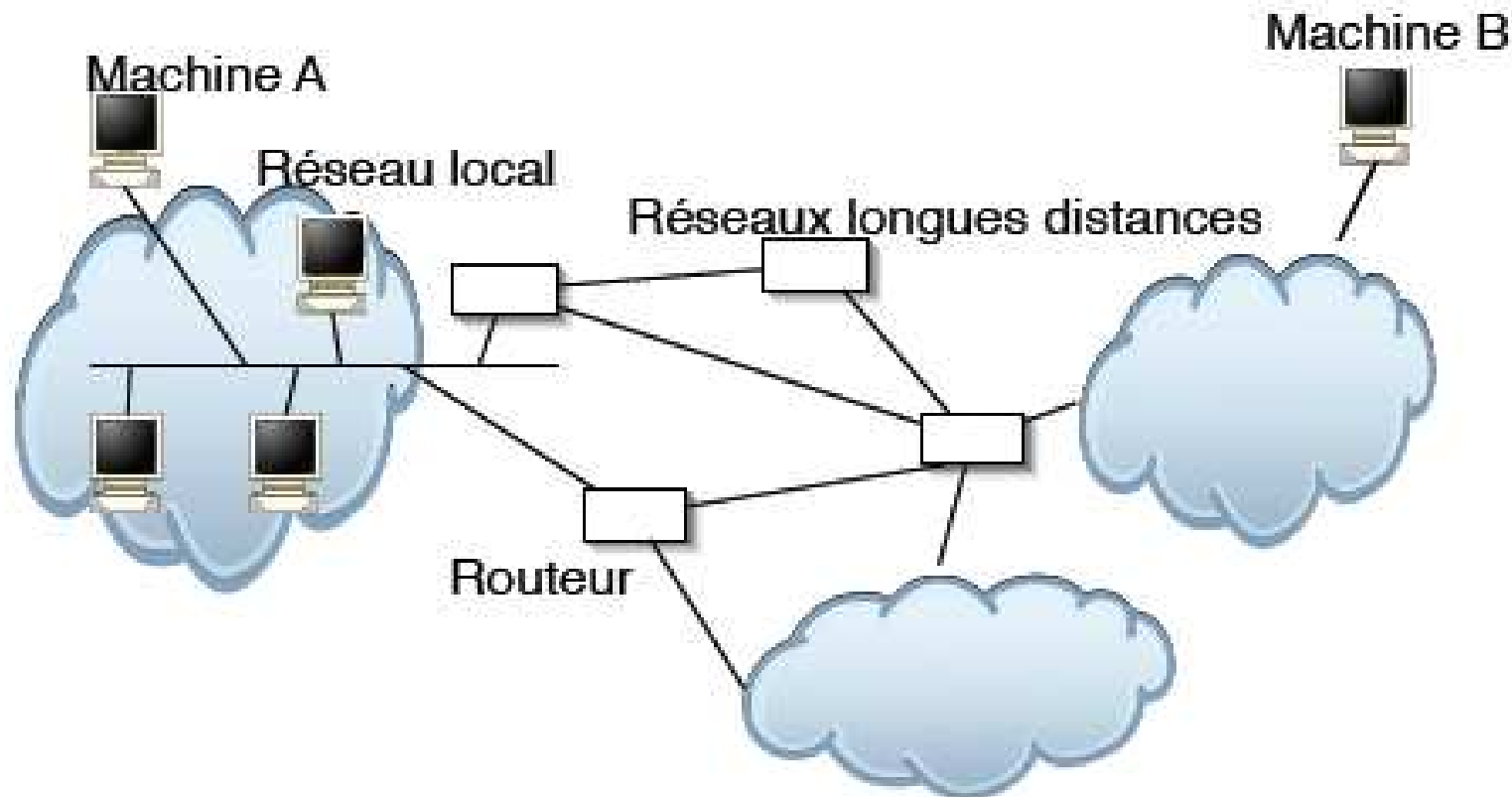
LES RESEAUX

DEFINITION ET OBJECTIFS DES RESEAUX

- Définition : un ensemble de machines communiquant grâce à une technique commune de transmission
- Objectifs :
 - Partager des ressources : fichiers, applications, équipements, indépendamment de leur localisation géographique
 - Assurer une grande fiabilité par duplication des ressources
 - Réduction des coûts par utilisation du modèle client-serveur : micro-ordinateurs puissants (et bon marchés) et stockage des données dans serveurs de fichiers
 - Augmentation de la capacité par adjonction de processeurs
 - Offrir un puissant moyen de communication pour travail partagé

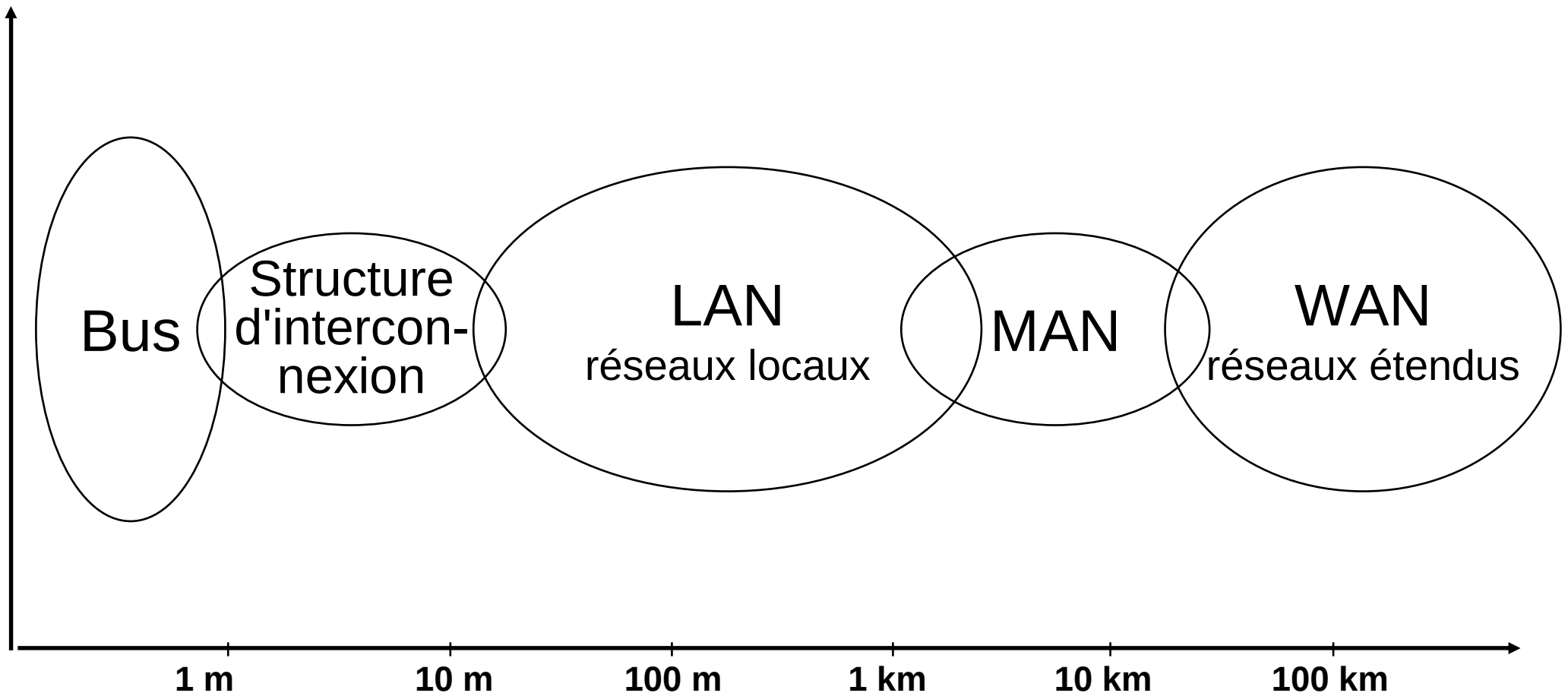
Structure physique d'Internet

- **Des machines utilisateurs (hosts)**
- **Des réseaux locaux reliant les hosts**
- **Des machines spécialisées (gateway, routeurs) reliant des réseaux locaux et des réseaux étendus**



CLASSIFICATION PAR LA TAILLE

Réseau Internet : interconnexion de réseaux



CLASSIFICATION PAR LA TAILLE

- Bus : relie en interne à l'ordinateur les processeurs, mémoires, entrée-sortie
- Systèmes d'interconnexion : relie, dans une même pièce, différentes machines entre elles
- LAN (RLE) : réseaux privés reliant les stations de travail à des ressources partagées (Le plus connu : Ethernet / 802.3)
- MAN (Réseaux Métropolitains) : réseaux privés (ou publics) de technologie aussi simple que les LAN (ou plus sophistiquées), de la taille d'une ville ou d'un campus, Les CAN (Campus Area Network)
- WAN (Réseaux Etendus) : réseaux privé ou public utilisant des technologies complexes de transmissions et de commutations
- Internet : interconnexion de réseaux

Fonctionnement du réseau

Analogie réseau routier

- **Passagers:** Information à échanger
- **Voitures:** ondes (électriques, optique, radio...) se propageant sur les supports
- **Domiciles:** machines utilisateurs
- **Routes:** Différents supports (câbles, fibre optique, ondes radio...)
 - Différents débits possibles (nombre de passagers à l'heure)
 - Différentes vitesses possibles (vitesse des voitures)
- **Carrefours:** routeurs:
 - Mémorisation de l'information dans des files d'attente
 - Fonctionnent comme un carrefour à feux ou stop : la voiture s'arrête avant de repartir (avec une vitesse pouvant être différente)

TOPOLOGIE PHYSIQUE ET LOGIQUE

■ Topologie : disposition du réseau

■ Topologie physique :

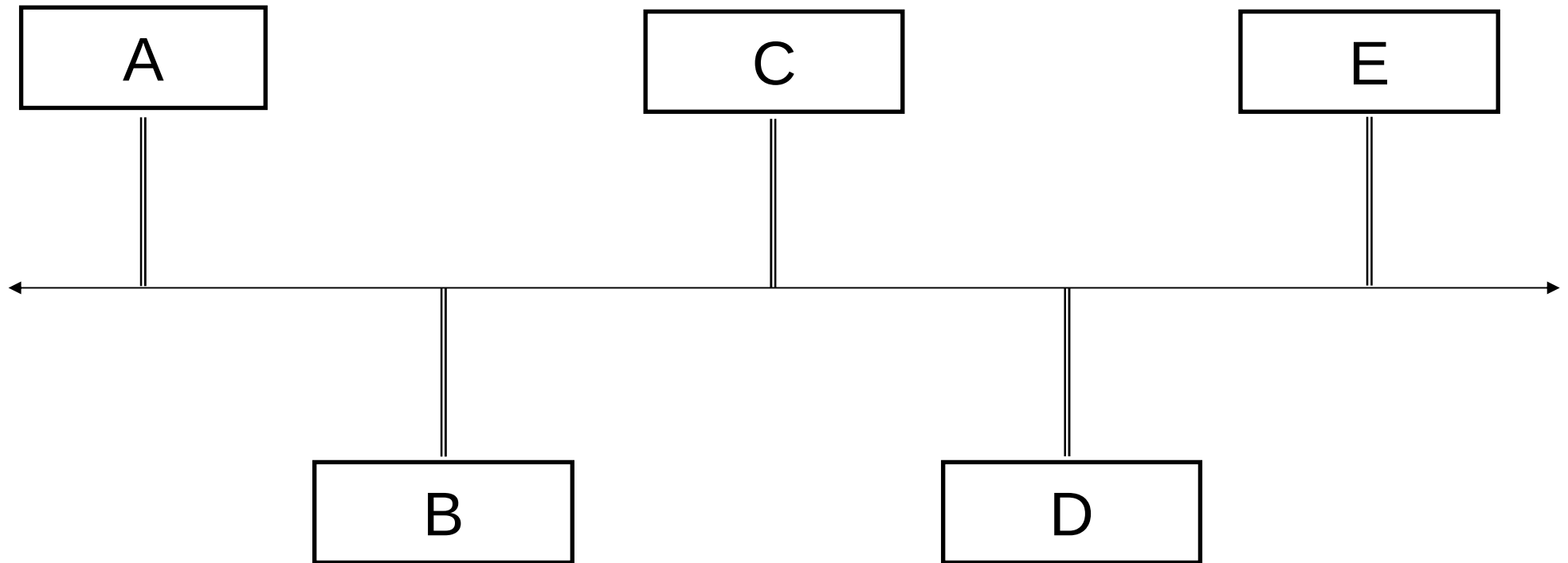
- disposition des hôtes et équipements sur le lien physique du réseau :
- un problème de câblage impliquant les composants physiques : cartes réseaux, hubs, ordinateurs, câbles

■ Topologie logique :

- définie par les règles de transmission des données entre utilisateurs
- problème de dialogue sur le même support dans le cas des LAN
- fait référence au protocole : ensemble des règles pour l'émission et la réception des données sur le réseau

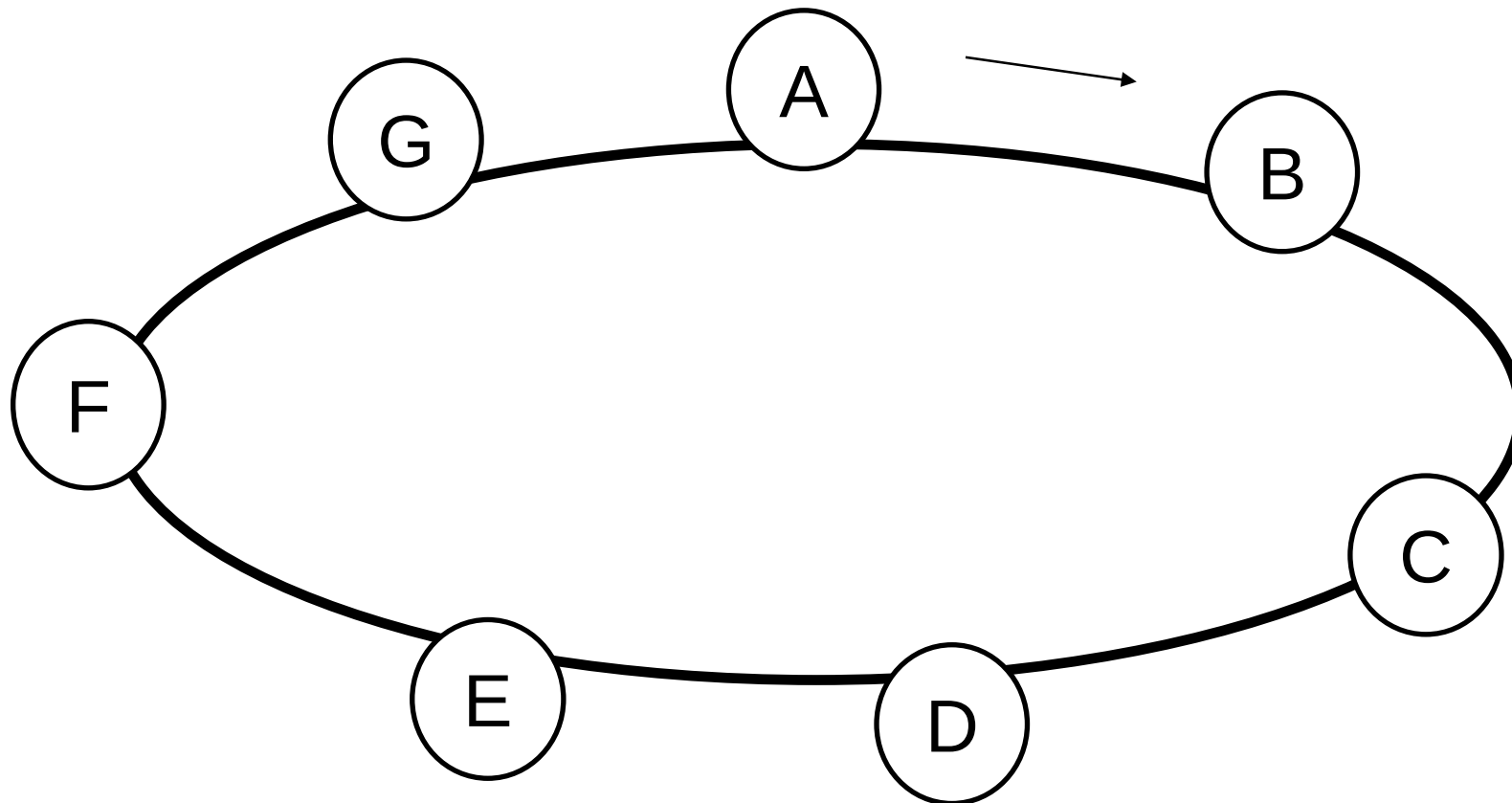
TOPOLOGIE PHYSIQUE EN BUS

Un réseau à diffusion à contrôle décentralisé et allocation dynamique du canal de transmission



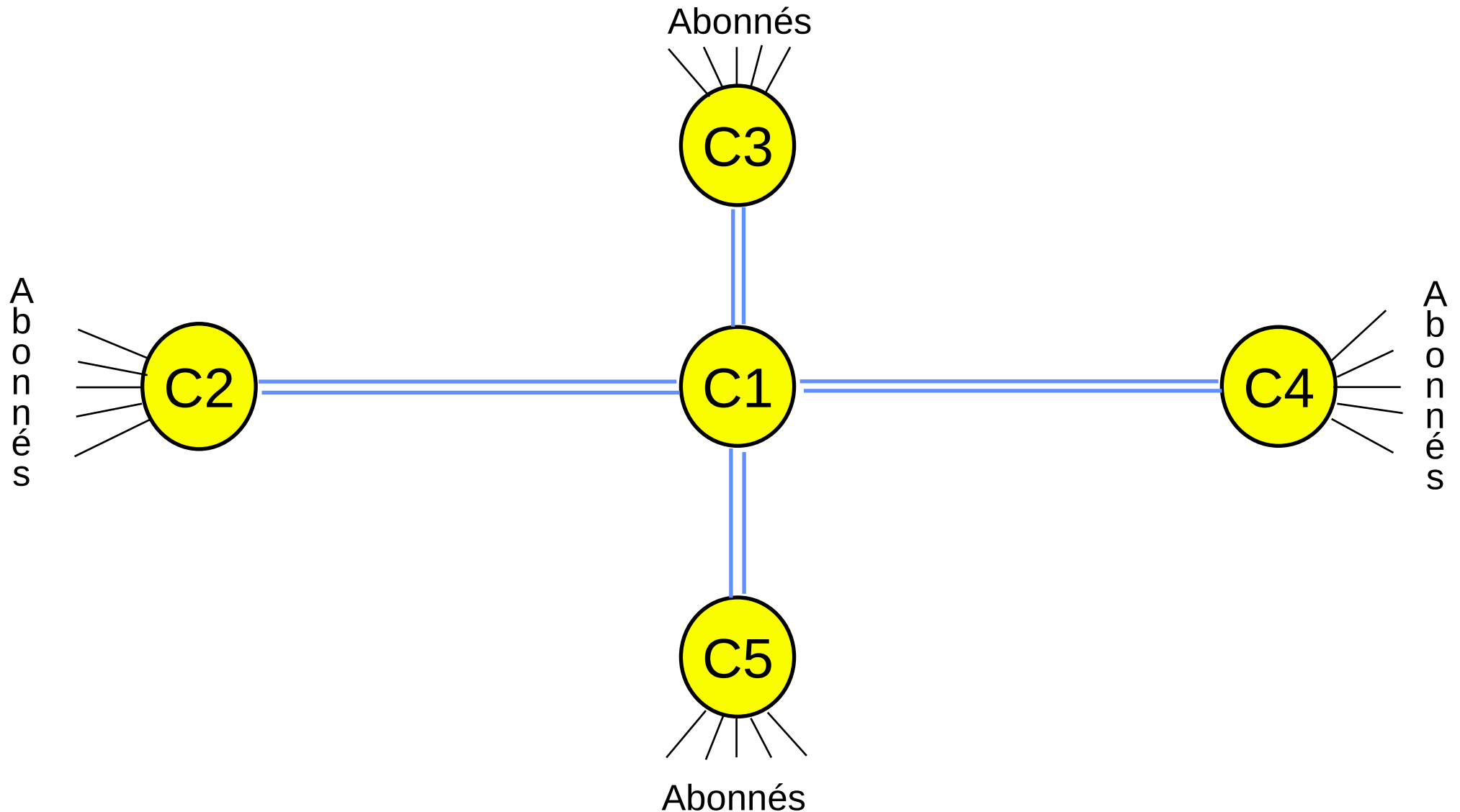
TOPOLOGIE PHYSIQUE EN ANNEAU

Un réseau en anneau avec allocation contrôlée du canal de transmission



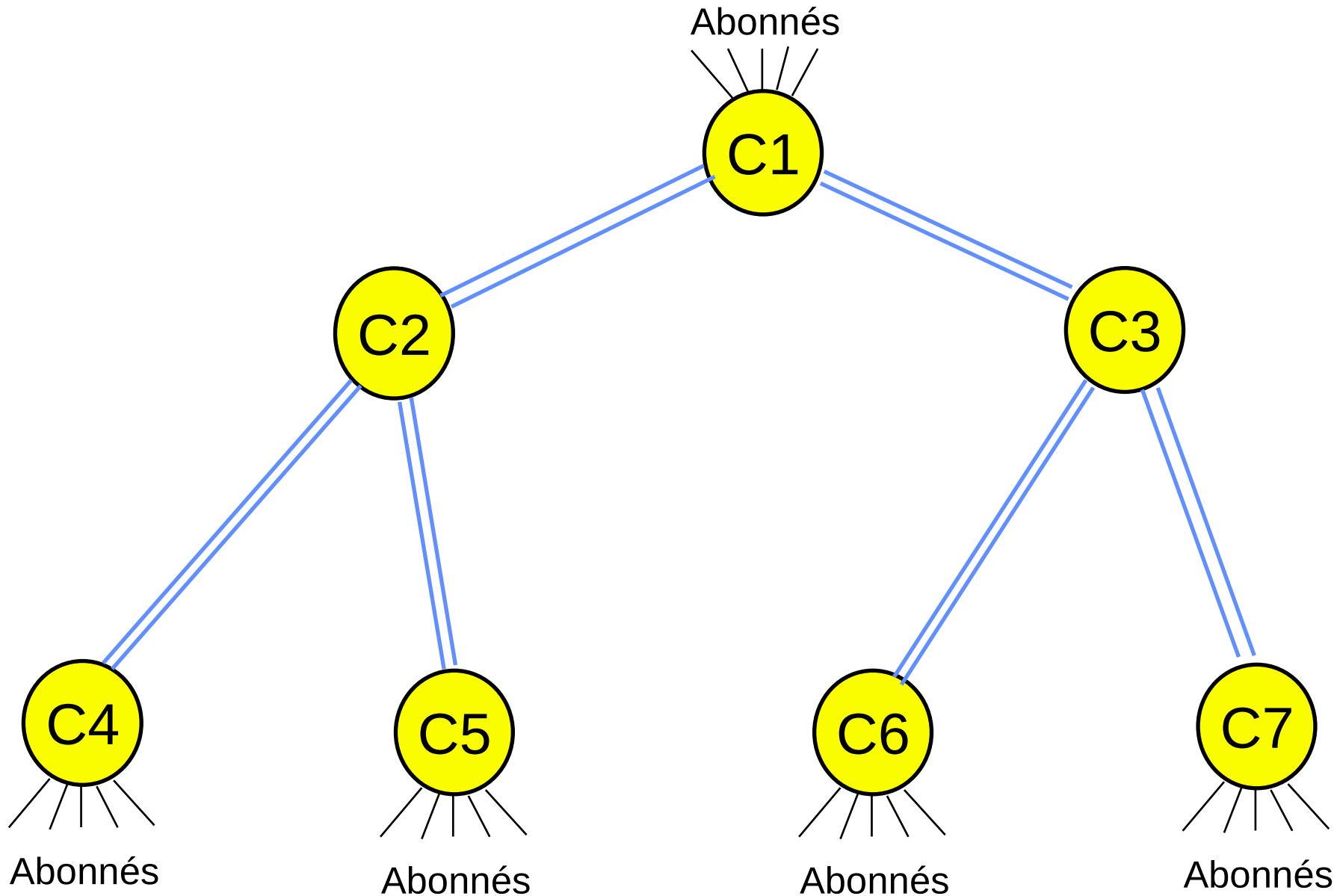
TOPOLOGIE PHYSIQUE EN ETOILE

Interconnexion de nœuds d'un sous-réseau



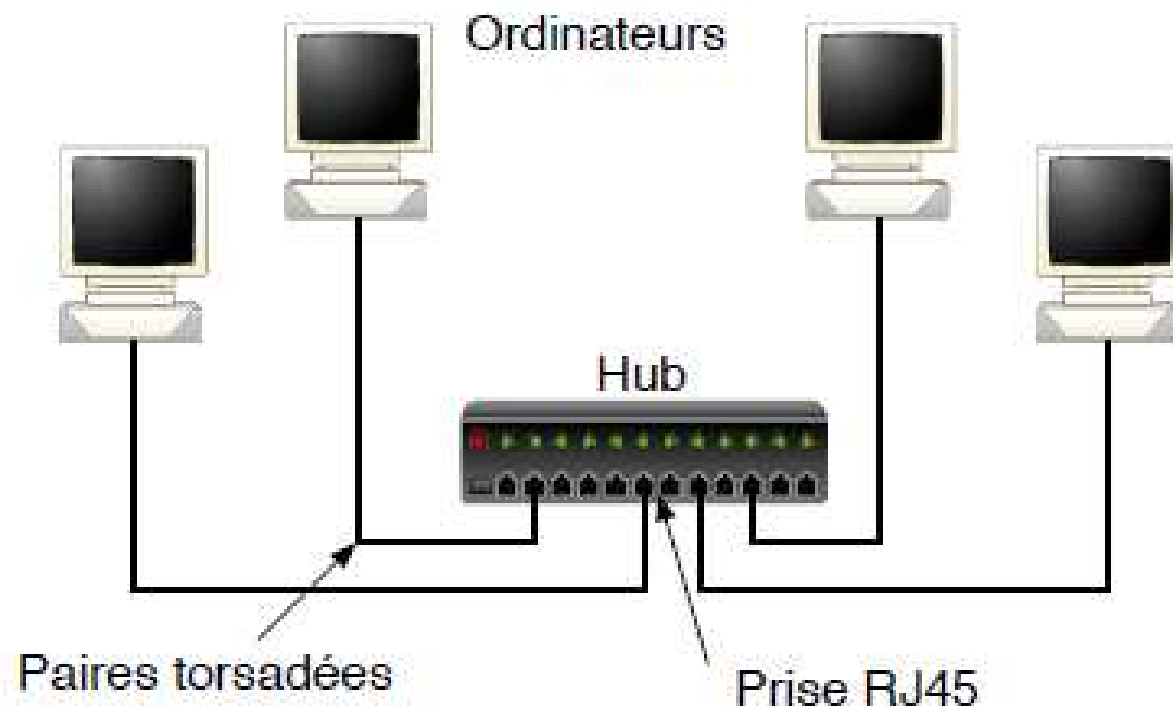
TOPOLOGIE PHYSIQUE EN ARBRE

Interconnexion de nœuds d'un sous-réseau



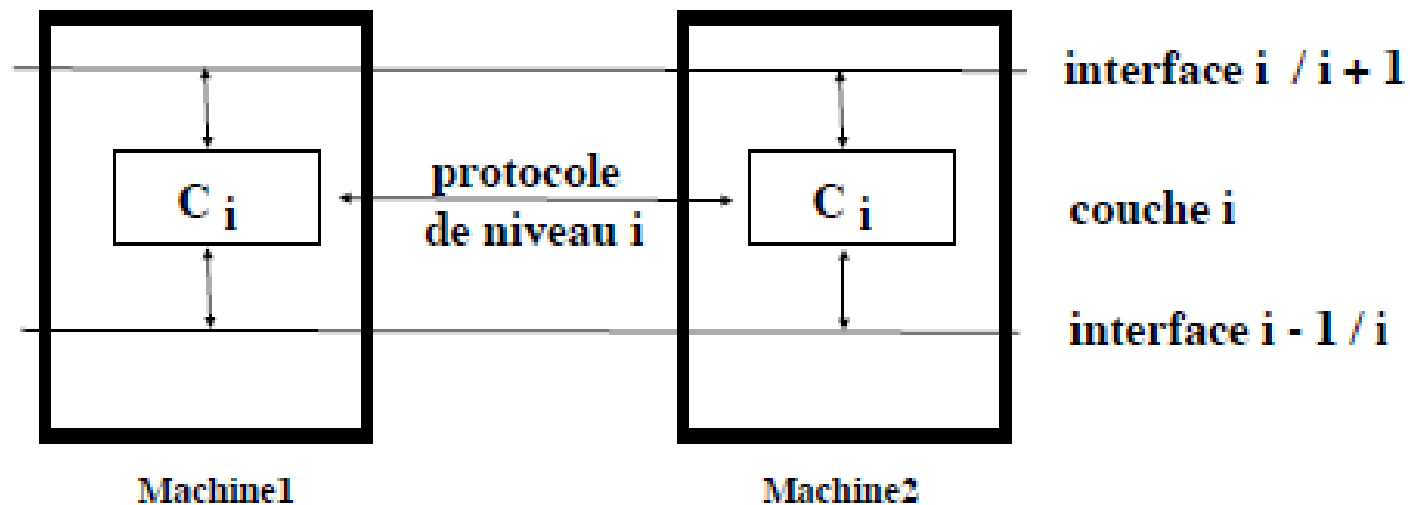
Un exemple topologie physique étoile: le réseau Ethernet (en topologie logique) avec des paire torsadée

- Câble UTP5: 1 paire utilisée en entrée, 1 paire en sortie
- Concentrateurs (ou Hub) centralisés dans une armoire de brassage pour faciliter l'administration et la maintenance
- Réseau en étoile mais à diffusion: le hub retransmet sur toutes les paires de sorties ce qu'il reçoit sur une paire d'entrée



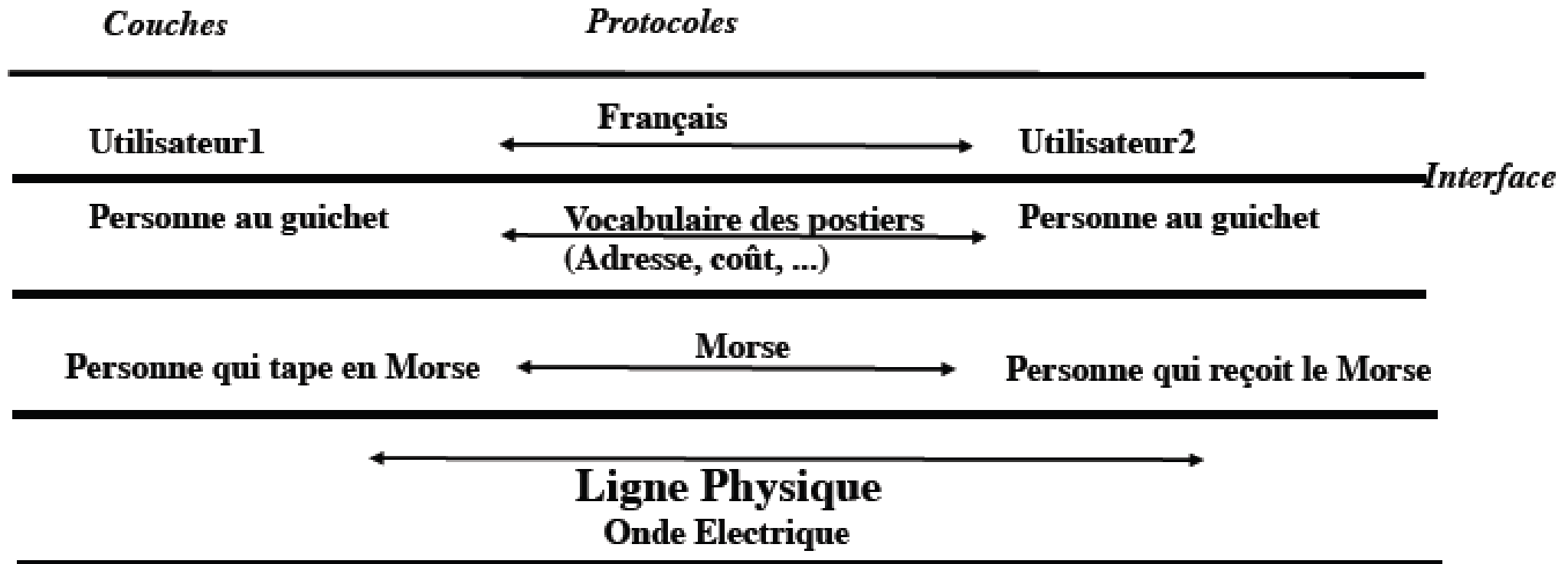
LOGICIELS DE RESEAU

- Organisation en couches (ou niveaux, architecture en couche):
 - La couche i fournit des *services* à la couche $i+1$ en s'appuyant sur les services de la couche $i-1$
 - Deux couches de même niveau (sur deux entités) utilisent un ensemble de règles pour communiquer appelé *protocole*



EXEMPLE D'ARCHITECTURE EN COUCHE

- Le télégraphe:



Entête Morse	Mr Durand - Grenoble - urgent	Il fait beau.
--------------	-------------------------------	---------------

Architecture des réseaux : Définitions

- *Service*: Ensemble des fonctions offertes par une ressource
 - » Exemple: Couche personne au guichet: Envoi d'un télégramme
 - » Une couche i utilise les services de la couche $i-1$ afin de réaliser les services pour la couche $i+1$
- *Interface*: Ensemble des règles et des moyens physiques nécessaires pour accéder à un service.
 - » Exemple: interface utilisateur/personne au guichet: guichet, papier portant le texte écrit du télégramme, le nom et l'adresse du destinataire
 - » Interface entre deux couches sur une même entité pour accéder à un service
- *Protocole*: Ensemble de conventions réglant les échanges entre des entités qui coopèrent pour rendre un service.
 - » Exemple: le morse pour la couche Morse. Dire au téléphone "allo", attendre un "allo" puis parler est un protocole souvent utilisé
 - » Protocole entre deux couches de même niveau sur des entités distinctes

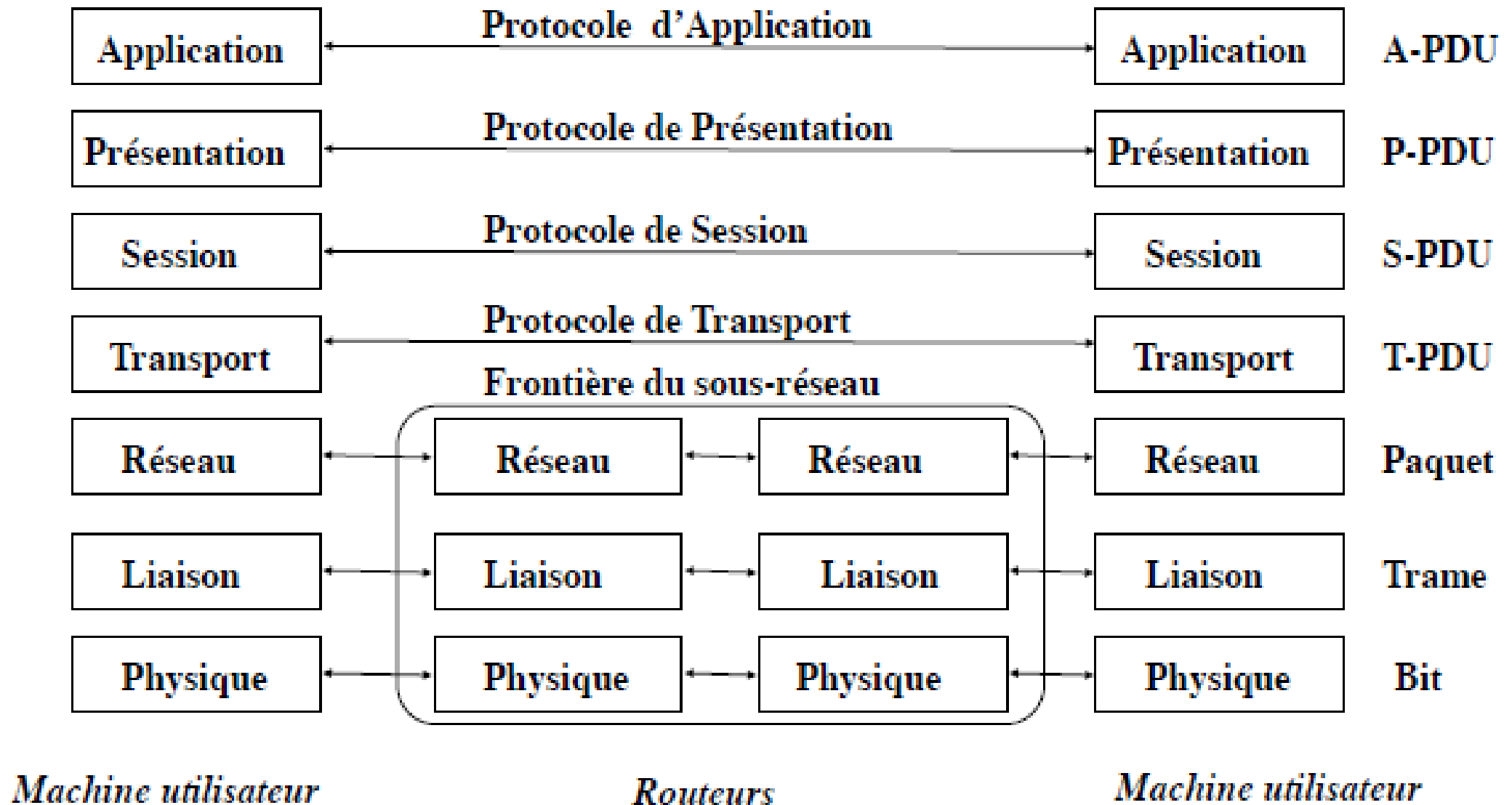
LES PROTOCOLES RESEAU

- Suite de protocoles : ensemble de règles (standards) et de procédures permettant à une machine informatique de communiquer avec le monde extérieur
- Définissent les modalités de communication sur le réseau, le format des données, les informations à adjoindre pour interprétation par le destinataire
- Se chargent de la translation des données entre les applications et la topologie logique
- Plusieurs architectures de protocole :
 - Modèle de référence OSI
 - Modèle de référence TCP/IP
 - Modèle de référence ATM

Architecture du réseau

- Norme OSI (Open System Interconnection) composée de 7 couches pour que les protocoles soient universels
- Gros travail qui n'est quasiment pas utilisé mais qui sert de référence (nomenclature)
- D'autres protocoles développés en parallèle se sont imposés par leur utilisation (protocoles actuels utilisés dans Internet)
- Différentes solutions existent pour toutes les couches sauf celle où est défini l'adressage universel
- Grâce à l'indépendance des couches, on peut combiner ces différentes solutions à volonté
- Des incohérences peuvent apparaître : par exemple la détection d'erreur peut être effectuée par plusieurs couches, ce qui est inutile.

Le modèle OSI (Open System Interconnection): l'architecture en couches



Les couches du modèle OSI

■ *Application*

- c'est le programme qui gère l'application proprement dite
- Ex: ftp : prendre le fichier sur le disque local et le passer au "réseau"...

■ *Présentation*

- Mise en forme et représentation des informations
- Ex: Cryptage, représentation des entiers ...

■ *Session*

- Gestion du dialogue
- Ex: synchronisation d'un dialogue (à qui est ce le tour de parler?)

■ Elles sont réunies la plupart du temps en une seule couche: application

■ Couches “Réseau” proprement dit (acheminement des informations): transport, réseau, liaison de donnée et physique

Les couches du modèle OSI

■ La couche *transport*

- Etablissement et rupture des connexions multiples.
- Dialogue de bout en bout (on ne s'occupe pas des noeuds intermédiaires)
- Découpage des trames : segmentation/réassemblage
- Contrôle de flux
- Contrôle de congestion

■ La couche *réseau*

- Routage des paquets à travers le réseau
- Segmentation/réassemblage
- Contrôle de congestion
- Garantie de qualité de service: débit, taux d'erreur, temps de transport...

Les couches du modèle OSI

■ La couche liaison de données

- * La mise en paquet de l'information
- * La détection et la reprise des erreurs
- * Le contrôle de flux visant à asservir la vitesse de l'émetteur à celle du récepteur.

■ Sous couche liaison de donnée: le partage des voies physiques

- * Partage des voies à diffusion (très utilisé dans les réseaux locaux).

MAC : Multiple Acces Chanel

- * Illustration détaillée: Le protocole Ethernet

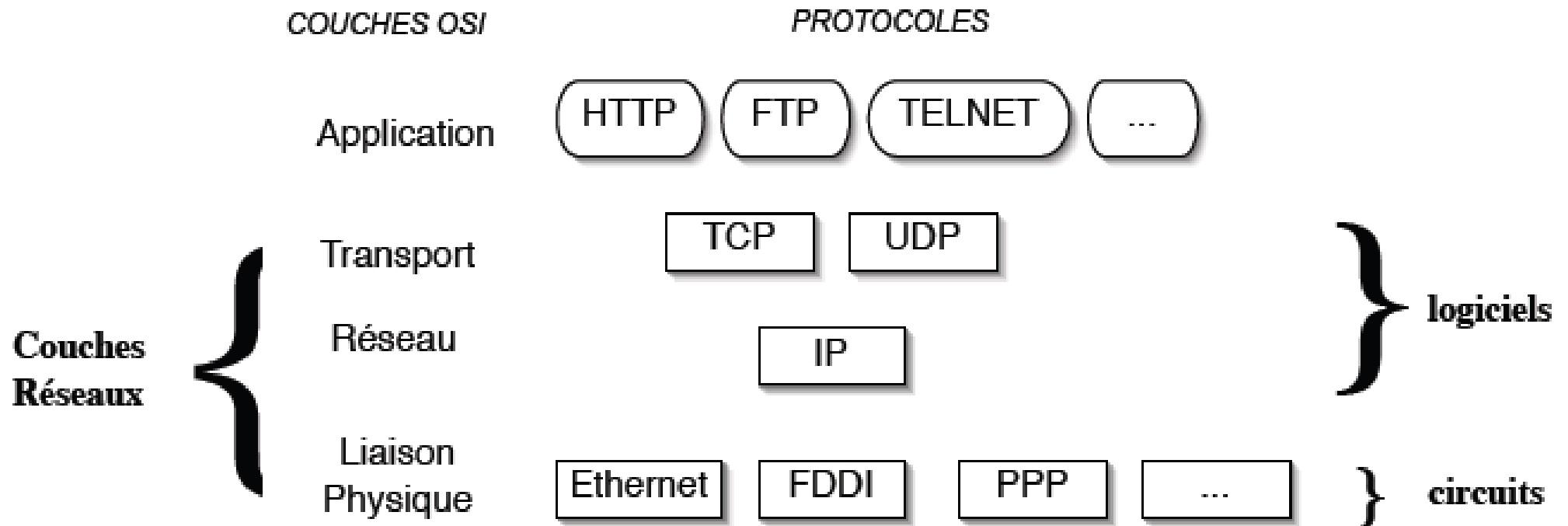
■ La couche *physique*

- * Principales caractéristiques des voies physiques
- * Passage de l'information binaire aux ondes électriques, ondes lumineuses, ondes radio...
- * Traitement du signal

ANALOGIE AVEC UNE CONVERSATION TELEPHONIQUE

7 Application	Traitement sémantique	Conversation
6 Présentation	Syntaxe	En français
5 Session	Synchronisation	Ordonnancement des phrases
4 Transport	Contrôle de bout en bout	Etablissement, maintien et libération de la communication
3 Réseau	Relayage (routage) et acheminement	Commutation, adressage, numérotation
2 Liaison	Transfert entre deux nœuds	Maillage - redondance
1 Physique	Acheminement des bits	Modulation – numérisation - multiplexage

Les protocoles de l'Internet

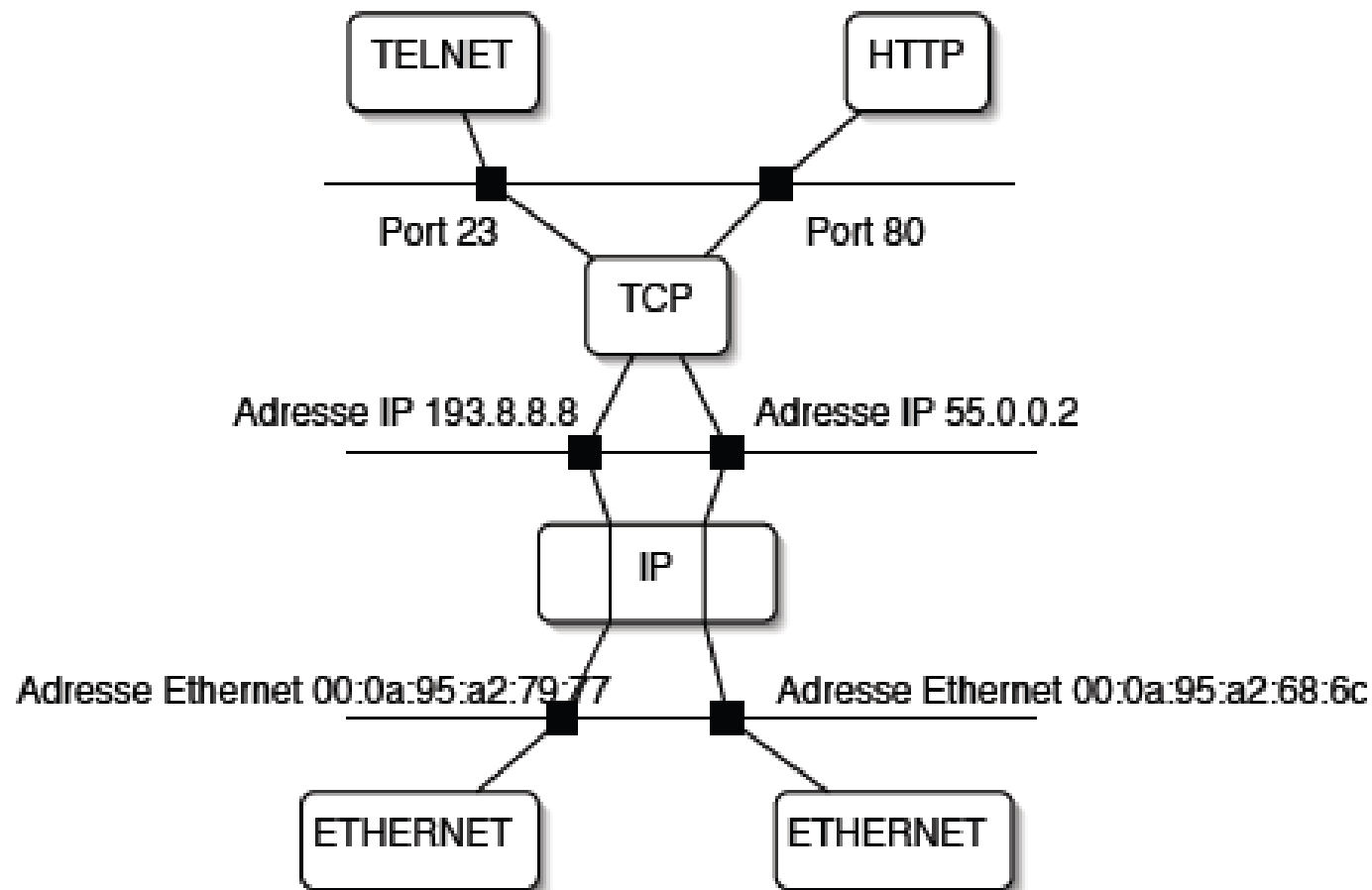


- **TCP : Transmission Control Protocol**
- **UDP : User DataGram Protocol**
- **IP : Internet Protocol**
- **PPP : Point to Point Protocol**
- **FDDI: Fiber Distributed Data Interface**
- **Protocoles décrits dans les RFC(Request For Comments) disponible sur le web**

Points d'accès et adresses

- **Point d'accès au service ou I-SAP**
- **Les services fournis par le niveau i sont accessibles aux entités de niveau $i+1$ en des points appelés I-SAP (Service Access Points du niveau i).**
- **Chaque SAP possède une adresse qui l'identifie de façon unique.**
- **Exemple : Les prises de téléphones et numéro, les boîtes postales et les adresses PTT , les cartes et adresses Ethernet ...**
- **Chaque niveau à son type d'adresse:**
 - **Application: adresse liée à une application. Exemple: adresse électronique pour le mail**
 - **Transport: numéro de port (2 octets)**
 - **Réseau: adresse Internet (4 octets, bientôt 16 octets IPv6)**
 - **Liaison de donnée: adresse "physique". Exemple: adresse Ethernet (6 octets)**

Adressage



- **Numéro de port particulier attribué aux applications “standards” (/etc/services)**
- **Adresse IP attribuée de façon unique à une “interface réseau” sur une machine**
- **Adresse physique attribuée de façon unique aux “cartes réseaux”**

Types de services

- **Service orienté connexion**

- Trois phases de communication :

- 1- établissement ou ouverture de la connexion

- permet de savoir si l'entité distante est prête
 - échange des paramètres de connexion

- 2- la communication proprement dite (échange des données)

- 3- la rupture ou fermeture de la connexion

- Facilite certains services comme le contrôle de flux

- Exemple : TCP

- **Service sans connexion**

- On envoie et on reçoit les données sans préalable

- Exemple : UDP, IP

MODE AVEC CONNEXION

■ Etablissement d'un chemin entre l'émetteur et le récepteur avant l'émission des données par envoi d'un paquet d'appel pour ouverture de connexion :

- Association bidirectionnelle de deux adresses réseaux
- Paquet d'appel négocie les options permises par le protocole
- Création d'un circuit virtuel tracé par le paquet d'appel
- Circulation ordonnée des données

■ Caractéristiques :

- Sécurité de la transmission : contrôle d'erreur, contrôle de flux
- Séquencement des paquets garanti
- Lourdeur du protocole pour de faibles quantités de données

MODE SANS CONNEXION

■ Acheminement des datagrammes indépendamment les uns des autres :

- Contiennent adresses complètes source et destination
- Chemin peut être différent de paquet à paquet : choix des nœuds à traverser en temps réel
- Pas de renseignement sur disponibilité du destinataire avant émission
- Reséquencement à l'arrivée nécessite numérotation des datagrammes

■ Caractéristiques :

- Diffusion et communications en multipoint facilitées
- Simplicité du protocole : meilleures performances pour messages courts
- Meilleures fiabilité en cas de panne de nœuds
- Pas de garantie sur la remise des datagrammes

REMARQUES SUR LE MODELE DE REFERENCE OSI

- Couches orientées traitement : application, présentation, session
- Couches orientées transmissions : transport, réseau, liaison de données, physique
- Un modèle de référence permettant d'appréhender les réseaux :
 - assemblage logique des éléments du réseau
 - compréhension de leur fonctionnement
- Modèle OSI jamais implémenté en tant que protocole réseau, mais :
 - a fortement influencé l'implémentation d'autres protocoles
 - a marqué le monde réseau par ses concepts et sa terminologie

ADRESSE MAC

I/G	U/L	Numéro IEEE (22 bits)	Numéro de série (24 bits)
-----	-----	-----------------------	---------------------------

- Adresse physique sur 6 octets : indépendante de la position de la machine (adressage absolu), non hiérarchique, « à plat »
- Bit I/G :
 - 0 : adresse individuelle (adresse unique)
 - 1 : adresse de groupe de stations (même adresse pour plusieurs coupleur)
- Bit U/L :
 - 0 : adresse universelle fournie par l'IEEE
 - 1 : adresse locale (signification uniquement sur le RLE)
- Numéro IEEE : attribué par l'IEEE à un fabricant
- Numéro de série : identifie le coupleur (la machine)
- DA tout à 1 : diffusion à tout le réseau

ADRESSE MAC

I/G	U/L	Numéro IEEE (22 bits)	Numéro de série (24 bits)
-----	-----	-----------------------	---------------------------

- Adresse physique sur 6 octets : indépendante de la position de la machine (adressage absolu), non hiérarchique, « à plat »
- Bit I/G :
 - 0 : adresse individuelle (adresse unique)
 - 1 : adresse de groupe de stations (même adresse pour plusieurs coupleur)
- Bit U/L : 0 : adresse universelle fournie par l'IEEE
 - 1 : adresse locale (signification uniquement sur le RLE)
- Numéro IEEE : attribué par l'IEEE à un fabricant
- Numéro de série : identifie le coupleur (la machine)
- DA tout à 1 : diffusion à tout le réseau

ADRESSE IP

- Une adresse IP est une adresse de 32 bits, séparées en groupe de 4 octets par des points.
- Chaque octet peut donc aller de 0 à 255. On l'écrit d'habitude en décimal mais il est toujours codé en binaire.
- Chaque adresse IP est formée d'une partie réseau et d'une partie hôte.
- Exemple: IPV4: XXX.XXX.XXX.XXX
192.168.0.1 (adresse IP LAN d'un routeur type Livebox)

CLASSE D'ADRESSE IP

- Pour différencier différentes tailles de réseau et permettre de mieux identifier des adresses, on a séparé les adresses IP en 5 classes.
- **Classe A:** Cette classe est faite pour les très grands réseaux. Seul le premier octet est utilisé pour la partie réseau, ce qui laisse donc 3 octets pour la partie hôte. Ce premier octet est compris entre 1 et 126. Cette classe peut accueillir plusieurs millions d'hôtes.
- **Classe B:** Cette classe est faite pour les moyens et grands réseaux. Les 2 premiers octets sont utilisés pour la partie réseau et les 2 suivants pour la partie hôte. Le premier octet est compris entre 128 et 191. Cette classe peut accueillir plusieurs dizaines de milliers d'hôtes.
- **Classe C:** Cette classe est faite pour les petits réseaux puisqu'elle ne peut accueillir que 254 hôtes. Les 3 premiers octets.
- **Classe D:** C'est une classe utilisée pour le multicasting. Le premier octet de cette classe est compris entre 224 et 239.
- **Classe E:** Cette classe a été définie comme étant une classe pour les ordinateurs de recherches. Le premier octet de cette classe est compris entre 240 et 255.

PRINCIPE DU RESEAU INTERNET

- TCP (ou UDP) isole les applications de la réalité du réseau (frontière télécom/traitement) : place les flots d'octets des applications dans des blocs (segments) de longueurs maxi 65 536 octets
- IP isole TCP des différents sous-réseaux et transmet les segments dans des datagrammes
- Datagrammes transportés dans trames du réseau sous-jacent (encapsulation) :
 - MTU (Maximum Transfer Unit) : taille maxi des informations pouvant être insérées dans une trame
 - fragmentation des datagrammes

TCP/IP

■ Principe et architecture d 'un internet :

- interconnexions de réseaux hétérogènes
- architecture du réseau et des protocoles

■ Internet Protocol (IP) :

- rôle de la couche Internet
- fonction des champs du protocole IP

■ Internet Control Message Protocol (ICMP) :

- rôle d 'ICMP

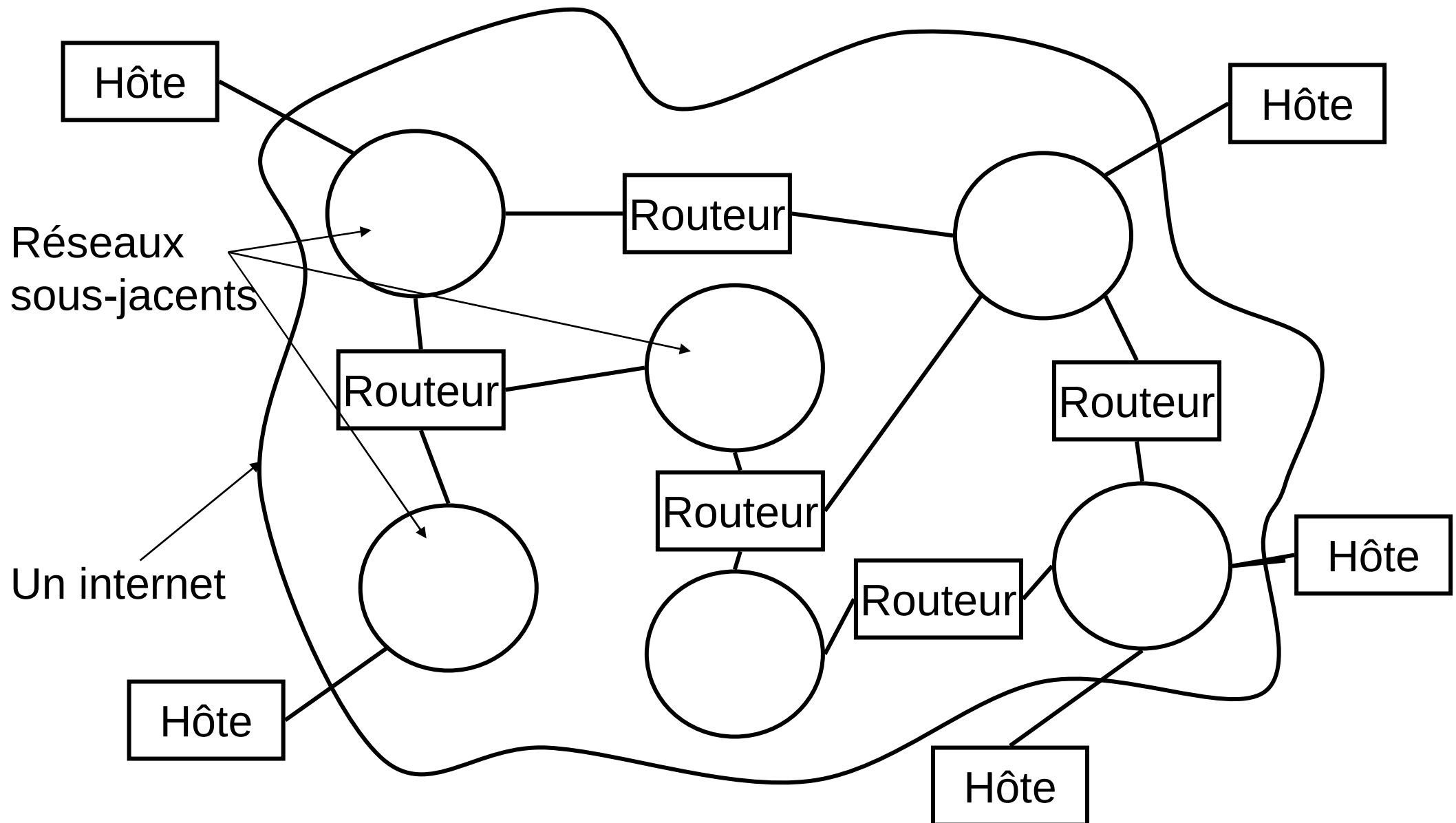
■ Transmission Control Protocol (TCP) :

- fonction de TCP
- fonction des champs du protocole TCP

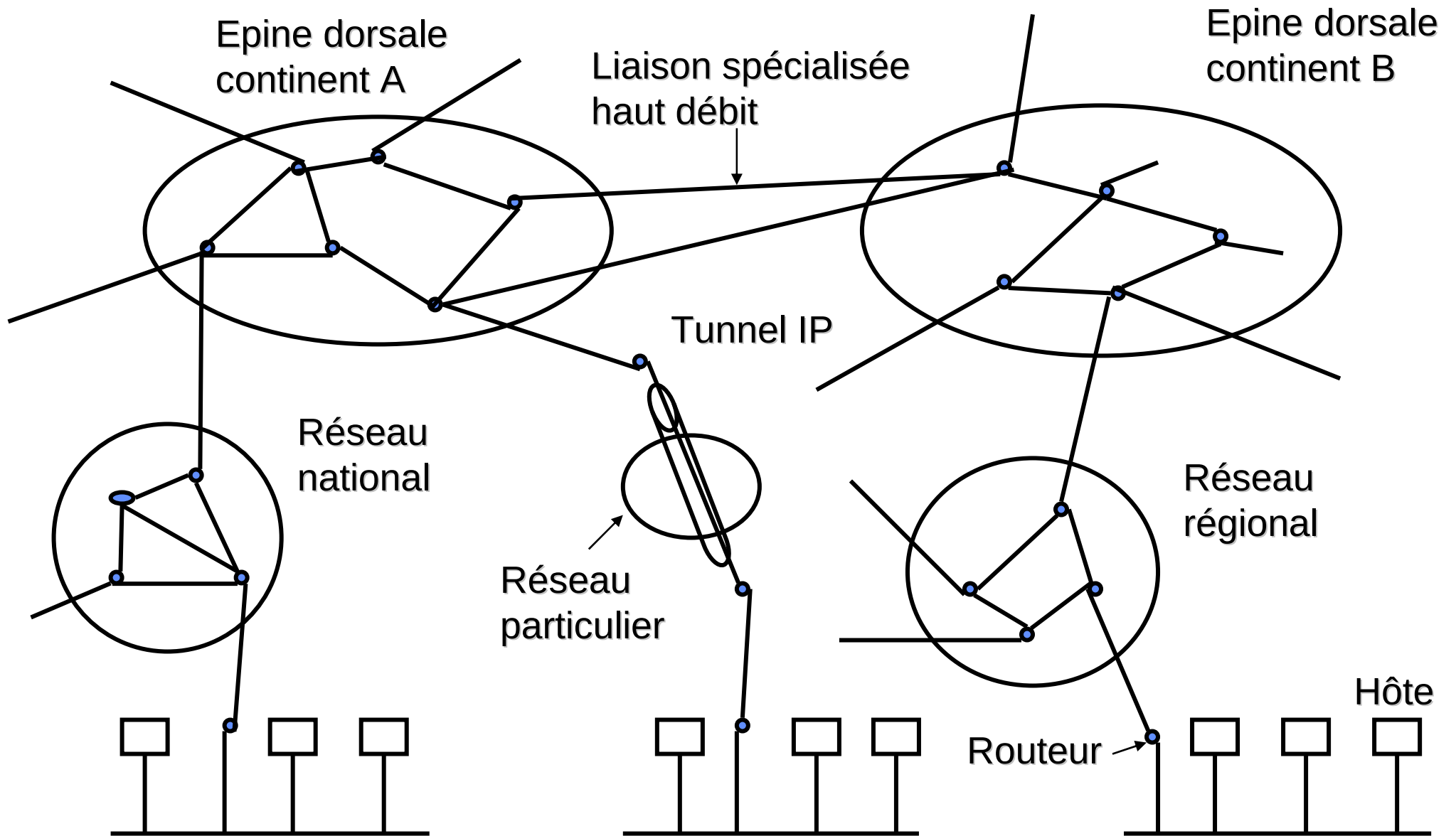
INTERCONNEXION DES RESEAUX HETEROGENES

- Internet : système d'interconnexion de réseaux :
 - Ensemble des moyens et mécanismes de communication (TCP/IP) pour interconnecter les réseaux hétérogènes
 - Ensemble de réseaux fédérés utilisant la suite de protocoles TCP/IP
- Interconnexion des réseaux physiques par des routeurs :
 - Mode paquets sans connexions
 - Transport des paquets par réseaux physiques sous-jacents
 - IP cache le réseau de transport aux utilisateurs

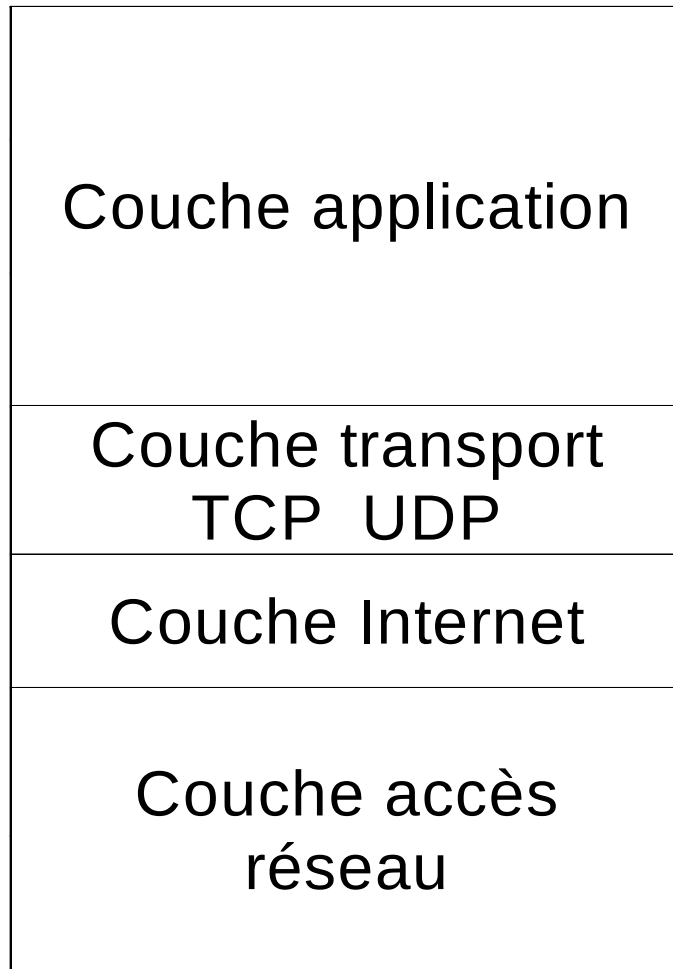
COMPOSITION D'UN INTERNET



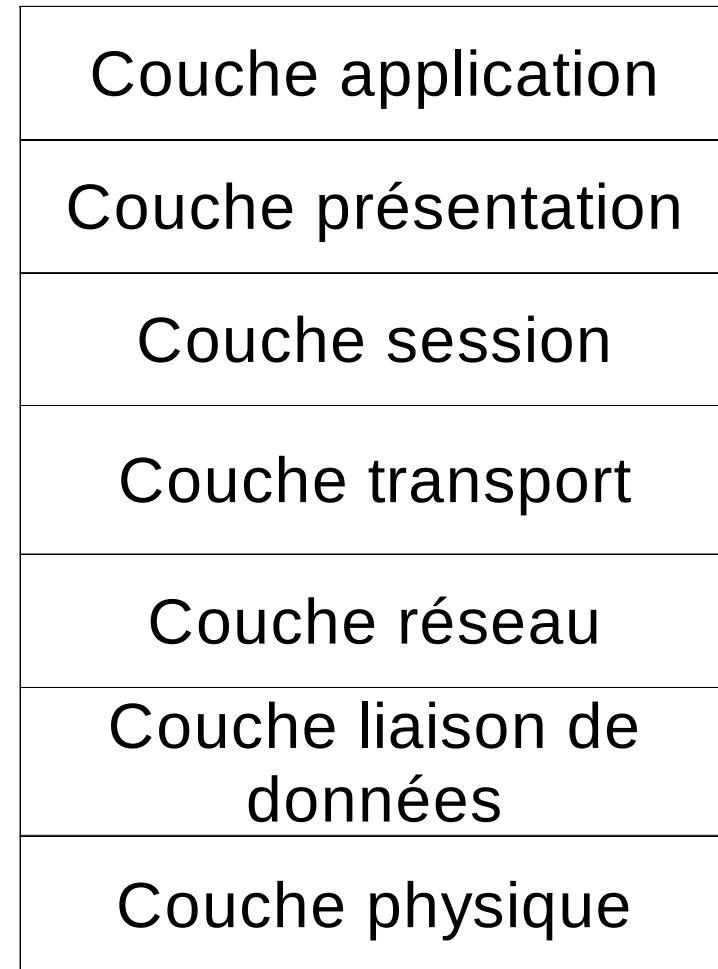
ARCHITECTURE D'INTERNET



MODELE DE PROTOCOLE TCP/IP



Modèle TCP/IP



Modèle OSI

FONCTIONS DU PROTOCOLE IP

- Protocole de couche réseau conçu pour l'interréseautage
- Acheminement/routage des datagrammes en « best effort »:
 - Couche réseau d'Internet
 - Mode non connecté
 - Sans garantie de service (non fiable)
 - Fragmentation (éventuelle) si limitations logicielles ou matériels
- Détections/corrections d'erreurs reportées sur couches supérieures
- Format du datagramme IP :



EN-TETE DATAGRAMME IPv4

32 bits

[illegible]

EN-TETE DATAGRAMME IPv4

Nom du champ	Description	Nombre de bits
Version	Numéro de version	4
Header Length	Taille du header	4
Priority	Priorité du paquet	8
Total Length	Longueur du paquet, header + data	16
Identification	Valeur unique du paquet	16
Flags	Spécifie la fragmentation du paquet	3
Fragments offset	Fragmentation des paquets pour découper un gros message en plusieurs paquets.	13
TTL	Time To live, c'est à dire nombre de fois qu'il peut être lu avant d'être détruit	8
Protocole	Protocoles de destination du paquet, UDP, TCP, ICMP, IPv6, ...	8
Header Checksum	Intégrité du paquet	16
Source IP Address	Adresse de la source	32
Destination IP address	Adresse du destinataire	32
IP Options	Test, debug et autres	0 ou 32
Data	Les données du paquet	Variable

EXEMPLE DE FAMILLE DU PROTOCOLE IP

■ **ICMP: Internet Control Message Protocol** Ce protocole est implémenté sur chaque hosts TCP/IP.

- Il dépend du protocole IP pour envoyer les paquets.

- Il définit un petit nombre de messages utilisé pour le diagnostic et le management. Le Ping est son utilisation la plus connue.

- Le message ICMP est encapsulé dans un paquet IP, il contient le type de messages, le code de l'erreur et la somme de contrôle.

■ **ARP: Adress Resolution Protocol** Ce protocole permet la résolution des adresses MAC à partir de l'adresse IP..

EXEMPLE DE FAMILLE DU PROTOCOLE IP

■ **ICMP: Internet Control Message Protocol** Ce protocole est implémenté sur chaque hosts TCP/IP.

- Il dépend du protocole IP pour envoyer les paquets.

- Il définit un petit nombre de messages utilisé pour le diagnostic et le management. Le Ping est son utilisation la plus connue.

- Le message ICMP est encapsulé dans un paquet IP, il contient le type de messages, le code de l'erreur et la somme de contrôle.

■ **ARP: Adress Resolution Protocol** Ce protocole permet la résolution des adresses MAC à partir de l'adresse IP..

COUCHE TRANSPORT TCP/IP

- Cette couche est le coeur du protocole TCP/IP. C'est une couche très importante du protocole TCP/IP. Il y a 2 protocoles qui oeuvrent sur cette couche. Voici quelques applications du TCP/IP :
- FTP (File Transfert Protocol) : Emploi du TCP pour envoyer des fichiers
- TFTP (Trivial File Transfert Protocol): Emploi de l'UDP pour envoyer des fichiers, c'est un peu plus rapide que le FTP, et c'est donc employé dans les cas où ce n'est pas trop grave de perdre un paquet.
- Telnet : Permet de se connecter à distance sur un autre périphérique.
- SMTP (Simple Mail Transfer Protocol): Permet l'envoi de mail.

TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL

- Protocole de transport fiable : orienté connexion avec contrôle d 'erreur et de flux
- Traitement orienté flot d 'octets : traite octet par octet
- Remise en séquence : restauration du séquençement initial
- Segment TCP :
 - En-tête de 20 octets+partie optionnelle
 - Zéro ou plusieurs octets de données
 - Taille maxi définie par les 65 535 octets de la charge utile IP et/ou le MTU (Maximum Transfert Unit) du réseau
 - Unité de transfert maximale d 'information : quelques centaines d 'octets
- Routeur fragmente le segment : nouveaux segments avec en-têtes IP et TCP propres

EN-TETE SEGMENT TCP

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Port source																Port destination															
Numéro de séquence																															
Numéro d'accusé de réception																															
Décalage		Réservé				U R G	A C K	P S H	R S T	S Y N	F I N	Fenêtre																			
Total de contrôle																Pointeur d'urgence															
Options																										Bourrage					
Données																															

EN-TETE SEGMENT TCP

Nom du champ	Description	Nombre de bits
Source port	Numéro du port sortant	16
Destination port	Numéro du port entrant	16
Sequence Number	Numéro utilisé pour remettre les paquets dans le bon ordre	32
Acknowledgments Number	Prochain octet	32
Header Length	Taille du header	4
Reserved	Réservé pour un usage futur, doit être 0	6
Code bits	Fonctions pour terminer ou commencer une session	6
Window	Nombre d'octet que le périphérique peut accepter	16
Checksum	Somme du header et des champs de données	16
Urgent		16
IP Options	Longueur maximale du segment TCP	Variable
Padding	Ce champ est utilisé pour être sûr que le header se termine dans un multiple de 32 bits.	Variable
Data	Les données du paquet	Variable

UDP/USER DATAGRAM PROTOCOL

- Service de remise non fiable en mode non-connecté : encapsulation dans datagrammes IP pour acheminement
- Contrôle d 'erreur rudimentaire
- Pas de remise en séquence des données, pas de contrôle de flux, pas d 'accusé de réception
- Applications :
 - Client/serveur : évite établissement/libération connexion pour chaque question/réponse
 - Multidiffusion : évite l 'encombrement du réseau par les ACK de TCP
 - Applications temps-réel, VoIP

EN-TETE UDP

32 bits

Port source	Port destination
Longueur UDP	Total de contrôle UDP
Données	

Nom du champ	Description	Nombre de bits
Source port	Numéro du port sortant	16
Destination port	Numéro du port entrant	16
Length	Longueur du header et des données	16
Checksum	Somme du header et des champs de données	16
Data	Les données du paquet	Variable