

Réseaux informatiques

Objectifs du cours

- ✓ Connaître les différents composants et principes de base des réseaux informatiques
- ✓ Focaliser sur les concepts et principes de fonctionnement des réseaux (modèle de communication en couches OSI et TCP/IP)
- ✓ Identifier les caractéristiques et les types de réseaux
- ✓ Examiner les technologies LAN: Ethernet et WiFi
- ✓ Comprendre les fonctions de routage et d'acheminement des données sur les grands réseaux
- ✓ Configurer et mettre en place un réseau local
- ✓ Mettre en place une infrastructure réseau pour une organisation

PLAN

I. Fondamentaux des réseaux informatiques

- 1.1. Importance et avantages des réseaux informatiques
- 1.2. Classification des réseaux
- 1.3. Composants d'un réseau informatique
- 1.4. Modèles et protocoles de communication: OSI

II. La couche physique

- 2.1. Principes de la transmission des informations
- 2.2. Codage des informations
- 2.3. Supports de transmission

III. Les protocoles d'accès

- 3.1. Mécanisme de contrôle des erreurs
- 3.2. Mécanisme de contrôle de flux
- 3.3. Protocole WAN: HDLC
- 3.4. Protocoles LAN : Ethernet IEEE802.3, WiFi IEEE802.11

IV. La couche réseau

- 4.1 Rôle et importance de la couche réseau
- 4.2. Principe d'adressage
- 4.3. Concepts de routage: les algorithmes de routage

Evaluation du module

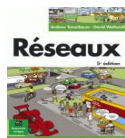
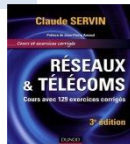
Devoir et Participation en classe(10%)

Contrôle (30%)

Examen(60%)

Bibliographie

1. C. Servin. Réseaux & Télécoms. 4^{ème} Edition. Dunod 2013.
2. Jean-Luc Mantagnier. Réseaux d'entreprise par la pratique. 3^{ème} Edition. Eyrolles 2011
3. A.Tanenbaum. Réseaux, architectures, protocoles, applications. Inter Editions 2011
4. S. Lohier & D. Présent. Transmissions et réseaux. 5^{ème} Edition. Dunod 2010.



Bibliographie & webographie

Cisco system et all. Technologies des interconnexions réseaux. Campus Press 2001.

P.Rolin, G. Martineau, L. Toutain et A. Léroy. Les réseaux principes fondamentaux. Hermès 1997

G. Pujolle. Initiation aux réseaux. Cours et exercices. Eyrolles 2002.

<http://cisco.ofppt.info/ccna1/course/module1>

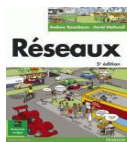
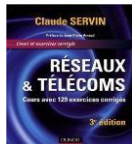
www.prism.uvsq.fr

<http://sandyetadrien.free.fr/Adrien>

www.lipn.univ-paris13.fr

Bibliographie

1. C. Servin. Réseaux & Télécoms. 4^{ème} Edition. Dunod 2013.
2. Jean-Luc Mantagnier. Réseaux d'entreprise par la pratique. 3^{ème} Edition. Eyrolles 2011
3. A.Tanenbaum. Réseaux, architectures, protocoles, applications. Inter Editions 2011
4. S. Lohier & D. Présent. Transmissions et réseaux. 5^{ème} Edition. Dunod 2010.



C'est quoi un réseau informatique?

Définition

Un réseau informatique est l'ensemble de machines informatiques reliées entre elles via un support de transmission et des équipements d'interconnexion pour le partage de ressources.

- Ressources= –matérielles: imprimante, scanner, unité de stockage,...
–logicielles: fichier de données, application, information

Réseau: on appelle réseau (de données) tout système téléinformatique formé d'équipements reliés entre eux par des voies de communication grâce auxquelles ces divers éléments peuvent communiquer.

Téléinformatique: c'est l'association du traitement et du transport de l'information.

Traitement: domaine de l'informatique.

Transport: domaine des télécommunications.

APPORTS DES RÉSEAUX ?

APPORT DES RÉSEAUX

Un réseau permet:

- Le partage de fichiers, d'applications, des Bases de données...,
- Le transfert de données: parole, données informatiques, images, vidéo, etc
- La communication entre utilisateurs internes et externes de l'entreprises (grâce au courrier électronique, les forums de discussion, ...)
- La communication entre processus industriels(entre des machines industrielles)
- Le travail collaboratif, réseaux sociaux,...
- Cloud, big data
- ...

Critères de Classification?

Critères de Classification

- Flux d'information transporté: voix, vidéo, images, données informatiques → **obsolète!!**
- Constructeur des équipements: homogène ou hétérogène
→ (SNA d'IBM, Apple Talk d'Apple,...) **obsolète!!**
- Étendue ou couverture du réseau: LAN, MAN et WAN
 - Support de transmission: filaire ou sans fil
 - Ethernet; Wifi, Bluetooth,...
 - Topologie:
 - maillé, bus, étoile, anneau,...
 - Technique de commutation:
 - de circuit, de messages, de paquet, de trames, de cellules ou labels

Quelques réseaux

- 1865: Télégraphe
- 1876: Téléphone
- 1920: Radio
- 1930: TV
- 1963: Télex, LS(Liaison Spécialisée)
- 1964: Transmission des données sur RTC
- 1969: Arpanet (Internet)
- 1970: Réseaux locaux
- 1978: Réseau public de données(X.25)
- 1984: Réseaux à intégration de services (RNIS)
- 2010: Réseaux convergents

Evolution des réseaux



Autrefois les réseaux étaient séparés



Aujourd'hui on a des réseaux convergents (un réseau global)

Composants d'un réseau informatiques ?

COMPOSANTS D'UN RESEAU

En règle générale, tous les réseaux ont en commun un certain nombre d'éléments et de caractéristiques:

- Serveurs : ce sont des ordinateurs qui fournissent des ressources partagées aux utilisateurs du réseau.
- Clients : ce sont des ordinateurs qui accèdent aux ressources partagées fournies par un serveur.
- Support de connexion et de transmission: ce sont les câbles qui relient physiquement les ordinateurs.
- Equipements d'interconnexion: Hub (**obsolète**), commutateur, routeur,...
- Equipements de sécurité: Pare-feu, proxy, IDS & IPS,...
- Données partagées : il s'agit de fichiers fournis aux clients par les serveurs du réseau.
- Des ressources: ce sont les services ou les éléments (baies de stockage, imprimantes...) qui sont accessibles aux membres du réseau.

LA TOPOLOGIE D'UN RESEAU?

LA TOPOLOGIE D'UN RESEAU

Un réseau informatique est constitué d'ordinateurs reliés entre eux grâce à du matériel (câblage, cartes réseau, ainsi que d'autres équipements permettant d'assurer la bonne circulation des données). L'arrangement physique de ces éléments est appelé topologie physique. Les principales topologies sont:

- La topologie en bus
- La topologie en étoile
- La topologie en anneau
- La topologie maillée
- La topologie hybride

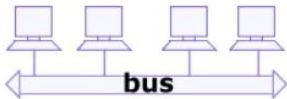
On distingue la topologie physique (la configuration spatiale, visible, du réseau) de la topologie logique.

La topologie logique représente la façon avec laquelle les données transitent dans les câbles. Les topologies logiques les plus courantes sont Ethernet (CSMA/CD ou CSMA/AD), Token Ring (jeton) et FDDI.

TOPOLOGIE EN BUS

Une topologie en bus est l'organisation la plus simple d'un réseau. En effet dans une topologie en bus tous les ordinateurs sont reliés à une même ligne de transmission par l'intermédiaire de câble, généralement coaxial. Le mot "bus" désigne la ligne physique qui relie les machines du réseau.

Cette topologie a pour avantages d'être facile à mettre en œuvre et de fonctionner facilement, par contre elle est extrêmement vulnérable étant donné que si l'une des connexions est défectueuse, c'est l'ensemble du réseau qui est affecté.



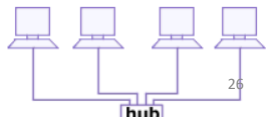
TOPOLOGIE EN ETOILE

Dans une topologie en étoile, les ordinateurs du réseau sont reliés à un système matériel appelé switch (hub ou concentrateur avant).

Il s'agit d'une boîte comprenant un certain nombre d'interfaces (ports) auxquelles on peut connecter les câbles en provenance des ordinateurs.

Celui-ci a pour rôle d'assurer la communication entre les différentes interfaces. Contrairement aux réseaux construits sur une topologie en bus, les réseaux suivant une topologie en étoile sont beaucoup moins vulnérables car on peut aisément retirer une des connexions en la débranchant du commutateur ou concentrateur sans pour autant paralyser le reste du réseau.

En revanche un réseau à topologie en étoile est plus onéreux qu'un réseau à topologie en bus car un matériel supplémentaire est nécessaire (le hub ou le switch).

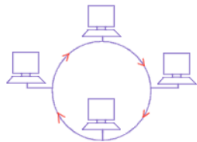


TOPOLOGIE EN ANNEAU

Dans un réseau en topologie en anneau, les ordinateurs communiquent chacun à leur tour, on a donc une boucle d'ordinateurs sur laquelle chacun d'entre-eux va "avoir la parole" successivement.

En réalité les ordinateurs d'un réseau en topologie anneau ne sont pas reliés en boucle, mais sont reliés à un répartiteur (appelé MAU, Multistation Access Unit) qui va gérer la communication entre les ordinateurs qui lui sont reliés en impartissant à chacun d'entre-eux un temps de parole.

Les deux principales topologies logiques utilisant cette topologie physique sont Token ring(anneau à jeton) et FDDI.



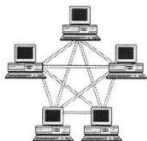
TOPOLOGIE MAILLE

Un réseau maillé comporte des connexions point à point entre toutes les unités du réseau.

Avant, la topologie maillée n'est pas considérée comme très pratique. En revanche, elle présente une extrême tolérance aux pannes et chaque liaison garantit une capacité donnée.

En règle générale, on utilise cette topologie dans un réseau hybride dans lequel seuls les sites les plus grands ou les plus importants sont interconnectés.

Supposons par exemple le cas d'une entreprise qui gère un réseau étendu constitué de 4 ou 5 sites principaux et d'un grand nombre de bureaux à distance. Les grands systèmes qui équipent les sites principaux doivent communiquer, afin de gérer une base de données répartie. Dans ce cas, il est possible d'envisager une topologie maillée hybride avec des liaisons redondantes entre les sites principaux afin d'assurer des communications continues entre les grands systèmes.

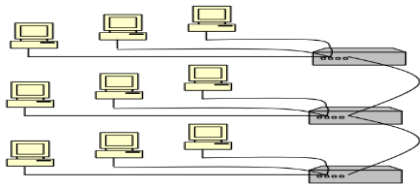


TOPOLOGIE HYBRIDE

De nombreuses topologies sont des combinaisons hybrides de bus, d'étoile d'anneaux et de maillages.

BUS D'ÉTOILE:

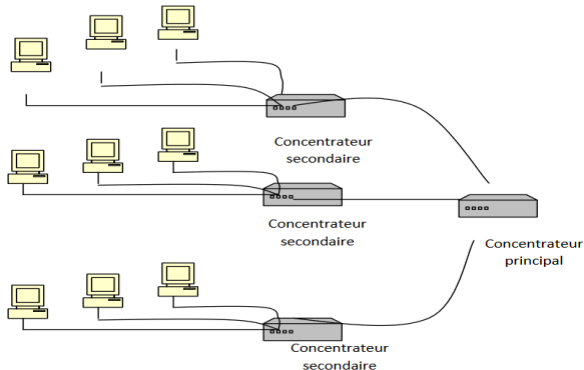
C'est la combinaison des topologies bus et étoile. Un bus d'étoile se compose de plusieurs réseaux à topologie en étoile, relié par des tronçons de type bus linéaire. Si un ordinateur tombe en panne, cela n'a pas d'incidence sur le reste du réseau. Les autres ordinateurs continuent de communiquer. Si un concentrateur tombe en panne, aucun ordinateur connecté à ce concentrateur ne peut communiquer. Si ce concentrateur est relié à d'autres concentrateurs, ces connexions sont également interrompues.



TOPOLOGIE HYBRIDE

ANNEAU D'ÉTOILE :

Dans un bus d'étoile, les concentrateurs sont reliés par des tronçons de type bus linéaire, alors que dans un anneau d'étoile, les concentrateurs sont reliés à un concentrateur principal.



LE CHOIX D'UNE TOPOLOGIE

Pour choisir la topologie qui répondra le mieux à nos besoins, on doit prendre en compte plusieurs facteurs.

Topologie	Avantages	Inconvénients
Bus	<p>Economie de câblage.</p> <p>Support économique et facile à manipuler.</p> <p>Système simple et fiable.</p>	<p>Ralentissement possible du réseau lorsque le trafic est important.</p> <p>Problèmes difficiles à isoler. La coupure du câble peut affecter de nombreux utilisateurs.</p>
Anneau	<p>Accès égal pour tous les ordinateurs.</p> <p>Performances régulières même si les utilisateurs sont nombreux.</p>	<p>La panne d'un ordinateur peut affecter le reste du réseau.</p> <p>Problème difficile à isoler. La reconfiguration du réseau interrompt son fonctionnement.</p>

LE CHOIX D'UNE TOPOLOGIE

Pour choisir la topologie qui répondra le mieux à nos besoins, on doit prendre en compte plusieurs facteurs.

Topologie	Avantages	Inconvénients
Etoile	<p>Il est facile d'ajouter des ordinateurs et de procéder à des modifications.</p> <p>Possibilité de centraliser la surveillance et l'administration.</p> <p>La panne d'un ordinateur n'a pas d'incidence sur le reste du réseau.</p>	<p>Si le point central tombe en panne le réseau est mis hors service.</p>
Maillage	<p>Redondance, fiabilité et facilité de dépannage</p>	<p>Coûteux en câblage</p>

Cas des réseaux LAN et WAN d'aujourd'hui

LES DIFFERENTS TYPES DE RESEAUX

On distingue différents types de réseaux selon leur taille (en terme de nombre de machine), leur vitesse de transfert des données ainsi que leur étendue.

Les réseaux privés sont des réseaux appartenant à une même organisation. On distingue généralement trois catégories de réseaux:

LAN(local area network)

MAN(metropolitan area network)

WAN(wide area network)

Il existe d'autres types de réseaux : les TAN (Tiny Area Network) identiques aux LAN mais moins étendus(2 à 3 machines) et les CAN (Campus Area Network) identiques au MAN (avec une bande passante maximale entre tous les LAN du réseau).

LES RSEAUX LOCAUX (LAN)

LAN signifie Local Area Network (en français Réseau Local).

Opèrent sur une étendue géographique limitée (maison, bâtiment, campus)

- Permettent l'accès multiple au media
- Contrôle Local du réseau (privé)
- Permettent un accès complet aux ressources locales
- Connectent des équipements physiquement adjacents
- EX: Ethernet, Token Ring

Les Réseaux Locaux (LAN)

LAN signifie Local Area Network (en français Réseau Local).

Opèrent sur une étendue géographique limitée (maison, bâtiment, campus)

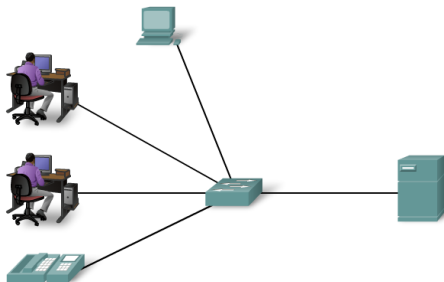
Permettent l'accès multiple au media

Contrôle Local du réseau (privé)

Permettent un accès complet aux ressources locales

Connectent des équipements physiquement adjacents

EX: Ethernet, Token Ring



LES RSEAUX LOCAUX (LAN): suite

Il s'agit d'un ensemble d'ordinateurs appartenant à une même organisation et reliés entre eux dans une petite aire géographique par un réseau, souvent à l'aide d'une même technologie (la plus répandue étant Ethernet).

Un réseau local est donc un réseau sous sa forme la plus simple. La vitesse de transfert de donnée d'un réseau local peut s'échelonner entre 10 Mbps (pour un réseau Ethernet par exemple) et 1 Gbps (en FDDI ou Gigabit Ethernet par exemple).

La taille d'un réseau local peut atteindre jusqu'à 100 et même 1000 utilisateurs.

Les Réseaux Métropolitains (MAN)

Les MAN (Metropolitan Area Network) interconnectent plusieurs LAN géographiquement proches (au maximum quelques dizaines de km) à des débits importants.

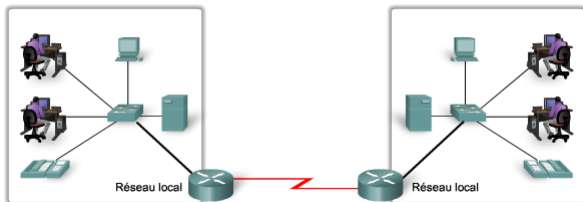
Opèrent sur une étendue géographique d'une ville

l'accès multiple au media

Interconnexion de LAN

Privé ou public

Ex: FDDI d'IBM



Les Réseaux Métropolitains (MAN): suite

Ainsi un MAN permet à deux nœuds distants de communiquer comme si ils faisaient partie d'un même réseau local.

Un MAN est le maillage de plusieurs commutateurs ou routeurs interconnectés par des liens hauts débits (en général en fibre optique).

Les Réseaux Distants (WAN)

Un WAN (Wide Area Network ou réseau étendu) interconnecte plusieurs LAN à travers de grandes distances géographiques.

Opèrent sur une étendue géographique large (un pays)

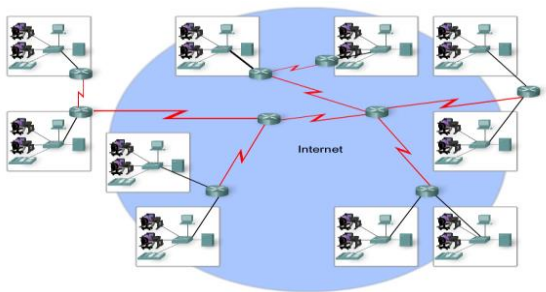
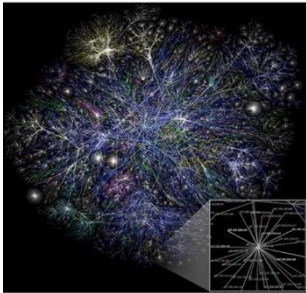
Contrôle du réseau , en général, par l'opérateur Télécom

Permettent un accès complet ou limité aux ressources distantes

Connectent des équipements physiquement distants

Service public

Ex: RTC, MARNIS(RNIS), Internet.

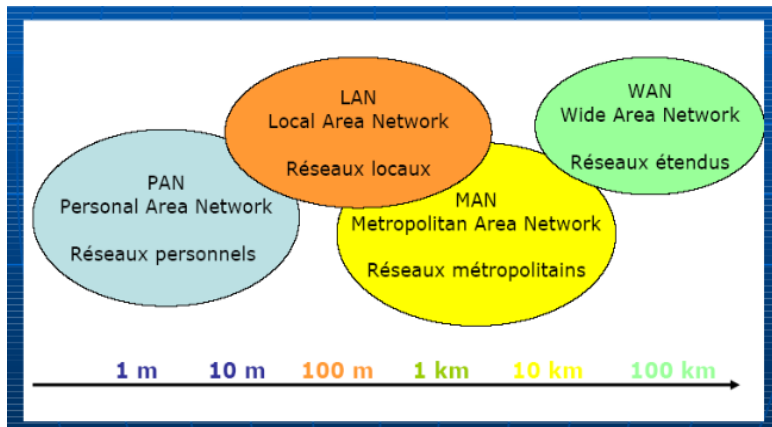


Les Réseaux Distants (WAN): suite

· Les débits disponibles sur un WAN résultent d'un arbitrage avec le coût des liaisons (qui augmente avec la distance) et peuvent être faibles.

Les WAN fonctionnent grâce à des routeurs qui permettent de "choisir" le trajet le plus approprié pour atteindre un nœud du réseau. Le plus connu des WAN est Internet.

Classification des réseaux selon leur taille



Critères de Classification

Étendue ou couverture du réseau: LAN, MAN et WAN

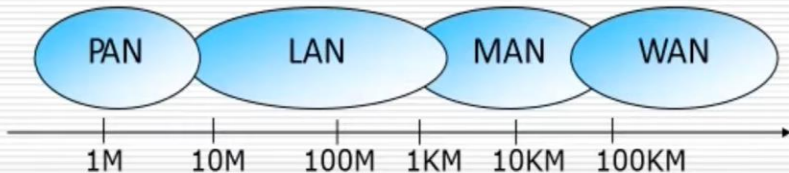
Support de transmission: filaire ou sans fil

Ethernet; Wifi, Bluetooth,...

Topologie:

maillé, bus, étoile, anneau,...

Type d'utilisation de service: Intranet, Extranet et Internet

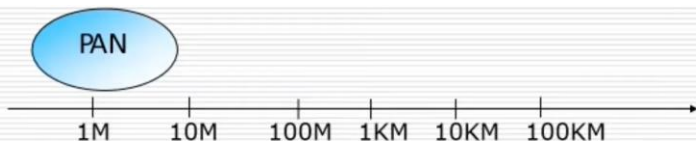


PAN(Personal Area Network)

Liaison sans fil entre des équipements personnels:

La technologie Bluetooth; Zigbee, Z-wave, NFC, WUSB,...

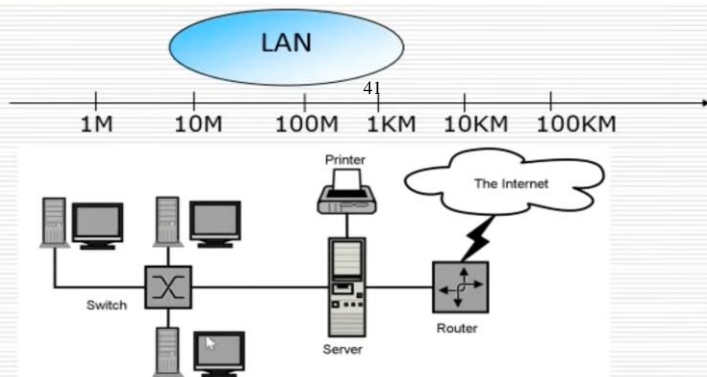
Utilisation domotique ou industrielle



LAN (Local Area Network)

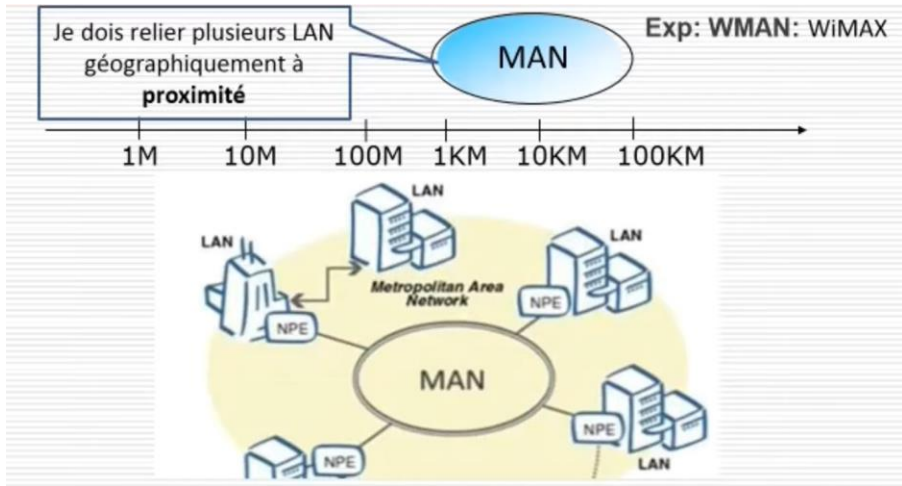
Réseau d'entreprise sur une salle, un étage, un bâtiment ou un campus.

Privé (installation & maintenance par l'entreprise et services dédiés pour ses utilisateurs).



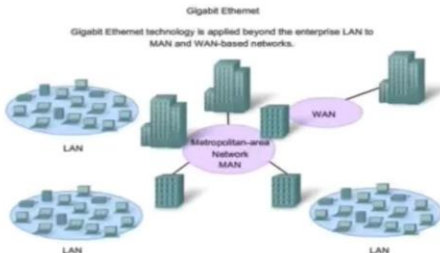
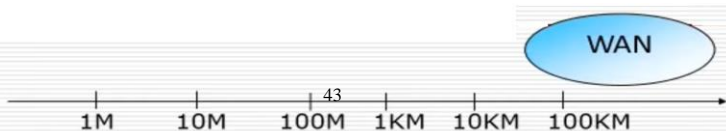
MAN(Metropolitan Area Network)

Réseau utilise pour interconnecter plusieurs LANs sur une ville



WAN(Wide Area Network)

Généralement, ces reseaux sont gérés par des opérateurs télécoms(publics ou privés). Par exemple le reseau téléphonique, l'accès à Internet, une liaison spécialisée pour connecter deux sites distants



Types de reseau: par utilisation

Les réseaux informatiques peuvent être classés en fonction de leurs utilisations et des services qu'ils offrent. Ainsi, pour les réseaux utilisant la famille des protocoles TCP/IP, on distingue :

Intranet : le réseau interne d'une entité organisationnelle

Extranet : le réseau externe d'une entité organisationnelle

Internet : le réseau des réseaux interconnectés à l'échelle de la planète

Composants d'un réseau

Un réseau est formé d'un ensemble d'équipements, appelés nœuds reliés par des supports de transmission(arc) selon une topologie/architecture donnée.

Les types de nœuds

Nœud d'extrémité ou nœud terminal: équipement qui envoie ou reçoit les informations. Ils utilisent le réseau pour communiquer.

⇒ PC, TE, serveur, imprimante, Smartphone, ...

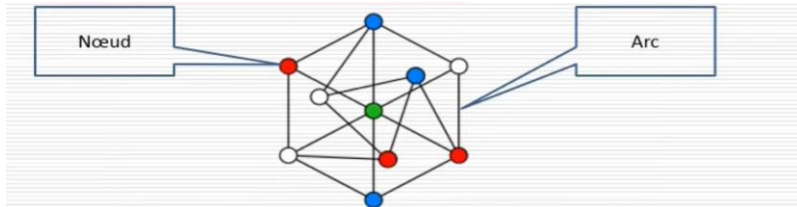
Nœud intermédiaire: équipement du réseau qui assure les fonctions de communication.

⇒ Switch, Routeur, Modem,...

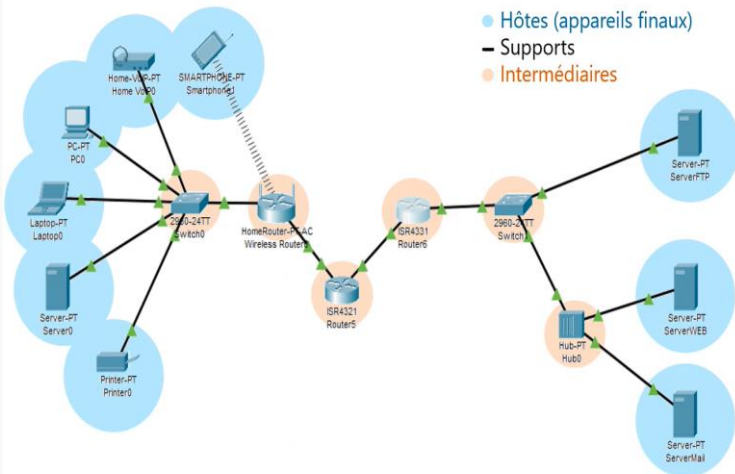
• Les supports de transmission

- Câbles

- Ondes hertziennes



Composants d'un réseau



Composants d'un réseau

Equipement intermédiaire permettant de relier les hôtes entre eux ou d'interconnecter des réseaux entre eux.



Supports de transmission

Définition: les supports de transmission sont tous les moyens par lesquels on peut transporter l'information d'un hôte source vers un hôte destination.

Types : on distingue deux catégories de support de transmission:

- Les supports filaires : un câble physique relie les hôtes

- Les supports sans fils: on utilise des ondes pour transporter l'information

Modélisation des réseaux: Le modèle OSI

Normalisation

Avant, chaque constructeur a développé sa propre solution réseau: SNA d'IBM, DNA de DEC, AppleTalk d'Apple. Un réseau propriétaire est constitué de machines d'un même constructeur.

Les technologies de communication représentent un domaine complexe et en évolution constante...

⇒ Besoin de se baser sur un modèle :

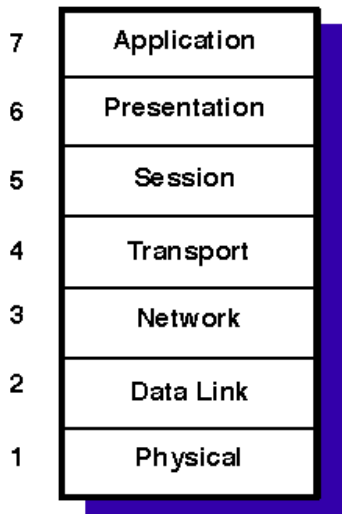
- Établir des spécifications et des tests

- Comparer des solutions équivalentes

- Simplifier la description d'un système complexe

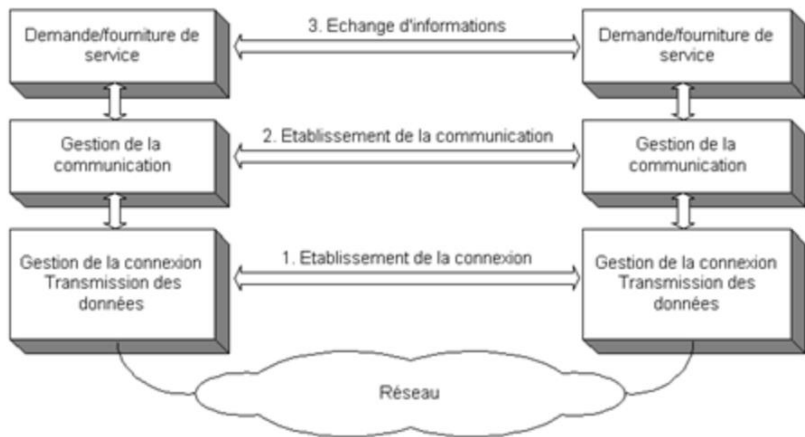
Le modèle de OSI d'ISO se base sur plusieurs couches simples à vocation précise, afin d'en faciliter la compréhension et l'implémentation.

L'OSI : Pourquoi un modèle en Couches?



Réduit la Complexité
Standardise les Interfaces
Facilite la Conception
Assure l'interopérabilité
Accélère l'évolution
Simplifie l'apprentissage

Modèle de communication



Modèles de communication et normes de l'industrie

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

Le Modèle OSI

OSI: Open System Interconnexion, modèle basé sur 7 couches : qui peuvent être distinguées en 2 blocs:

- Les couches hautes: organisation du dialogue entre applications

- Les couches basses: organisation du transfert de l'information

Les échanges de données entre équipements sont basés sur une communication logique qui se définit par les principes généraux suivants :

- Les protocoles qui définissent les règles qui régissent l'échange des données entre les équipements.

- L'adressage qui permet d'identifier de manière unique les équipements en communication

- L'architecture qui définit les rôles endossés par les équipements.

La communication

Deux types de communication:

Verticales: entre les couches adjacentes d'un même système

Invocation des services

Horizontales: entre couches homologues d'un même niveau sur des systèmes différents . Cette communication est définie par un ensemble de règles syntaxiques et sémantiques qui régissent la communication, appelées protocole.

On s'intéresse à la mise en pratique d'un service

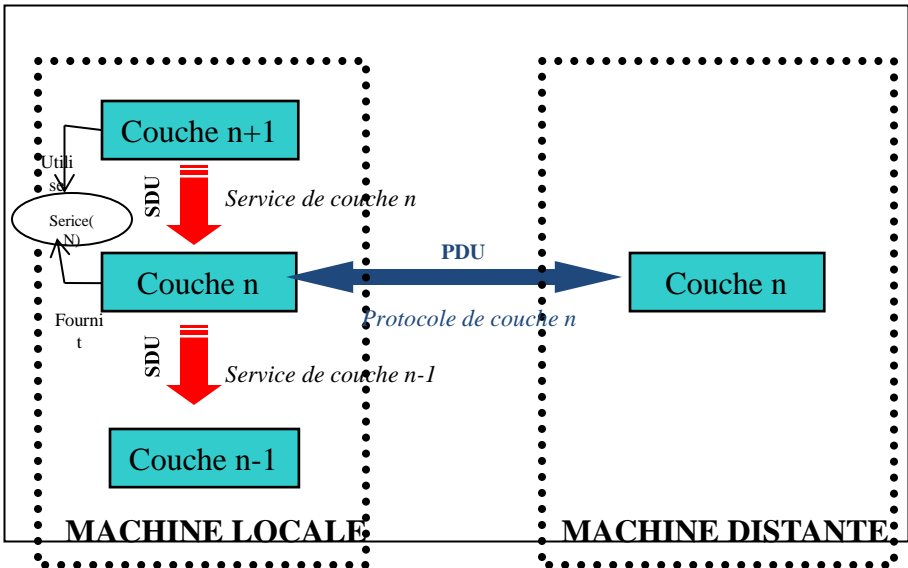
On précise le format des données échangées

Une communication entre couches homologues est virtuelle

Excepté pour la couche la plus basse, connecté au support

Exemple: le protocole IP de niveau 3, le protocole TCP de niveau 4

Modèle de communication entre couches



Les couches hautes

Dans le modèle OSI, les couches hautes réalisent des fonctions orientées "traitement" (certaines couches peuvent être vides) :

- La couche application va apporter les services de base offerts par le réseau pour les logiciels « applicatifs »
- La couche présentation met en forme les informations échangées pour les rendre compatibles avec l'application destinatrice, dans le cas de dialogue entre systèmes hétérogènes. Elle peut comporter des fonctions de traduction, de compression, de cryptage, ...
- La couche session établit une communication entre émetteur et récepteur en assurant l'ouverture et la fermeture des sessions.
- La couche transport est responsable du transport des données de bout en bout (c'est-à-dire de processus à processus) au travers du réseau.

Les Fonctions des Couches

⑦ APPLICATION

⑥ PRÉSENTATION

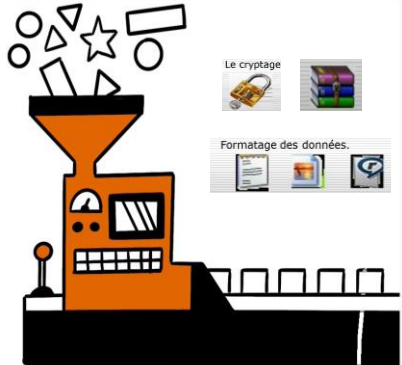
⑤ SESSION

④ TRANSPORT

③ RÉSEAU

② LIAISON

① PHYSIQUE



Cette couche encode, compresse, convertit et reformate les données

Les Fonctions des Couches



Cette couche établit, maintient et termine les sessions d'échange.

Les Fonctions des Couches

⑦ APPLICATION

⑥ PRÉSENTATION

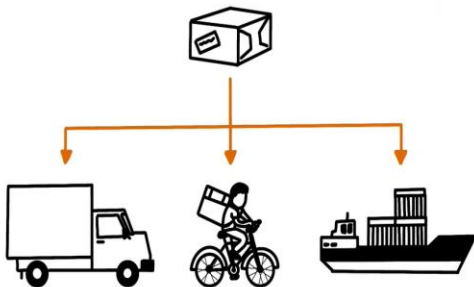
⑤ SESSION

④ TRANSPORT

③ RÉSEAU

② LIAISON

① PHYSIQUE



Cette couche choisit la meilleure façon d'envoyer une information

Les couches basses

Dans le modèle OSI, les trois couches basses assurent des fonctions orientées "transmission" :

- La couche physique décrit les caractéristiques physiques de la communication, comme le média utilisé (câbles cuivre, fibre optique ou radio), et tous les détails associés comme les connecteurs, les types de codage, le niveau des signaux, ... et les distances maximales. Elle assure la transmission des bits de la trame de la couche supérieure sur le réseau physique.
- La couche de liaison de données spécifie comment les paquets de la couche supérieure seront transportés. Elle assure la mise en trames, leurs acheminements sans erreurs et la méthode d'accès au réseau physique.
- La couche réseau résout le problème de l'acheminement des paquets à travers un réseau. Elle permet de transférer des données pour de nombreux protocoles de plus haut niveau.

Les Fonctions des Couches

⑦ APPLICATION

⑥ PRÉSENTATION

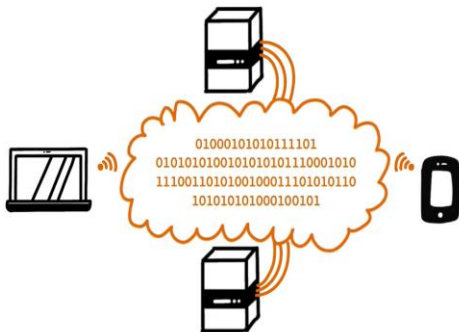
⑤ SESSION

④ TRANSPORT

③ RÉSEAU

② LIAISON

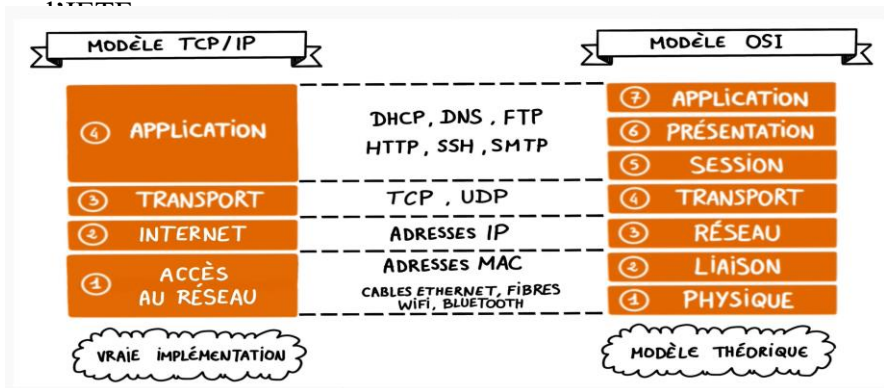
① PHYSIQUE



Cette couche correspond à la connexion physique sur le réseau pour l'émission et la réception de bits

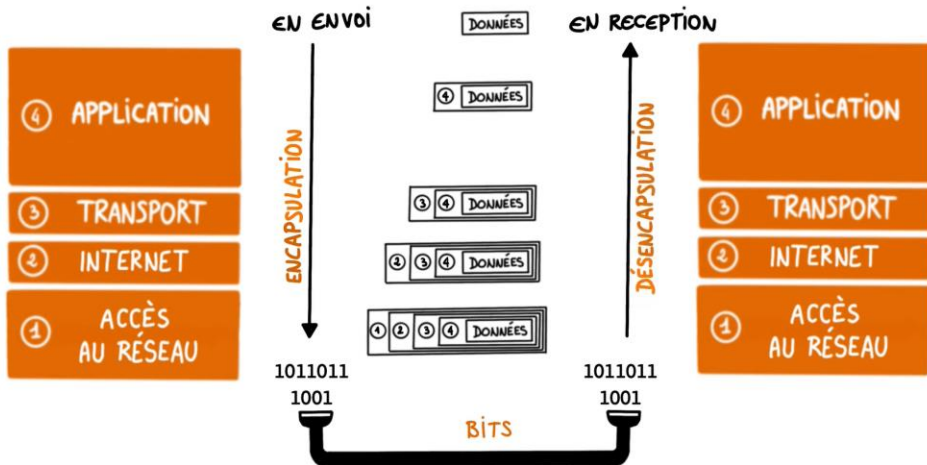
Le Modèle TCP/IP(Internet)

Le modèle TCP/IP est un standard industriel normalisé par l'IEEE

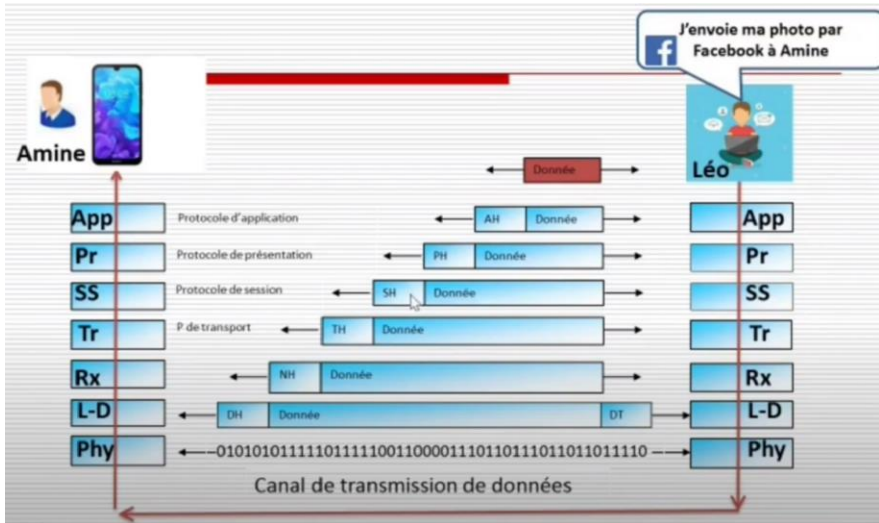


- la couche application est une partie logicielle regroupant les services réseaux accessibles par l'utilisateur final
- Les couches TCP et IP forment la partie système d'exploitation réseau (IOS)
- La couche accès est le matériel (carte réseau) qui définit le réseau physique.

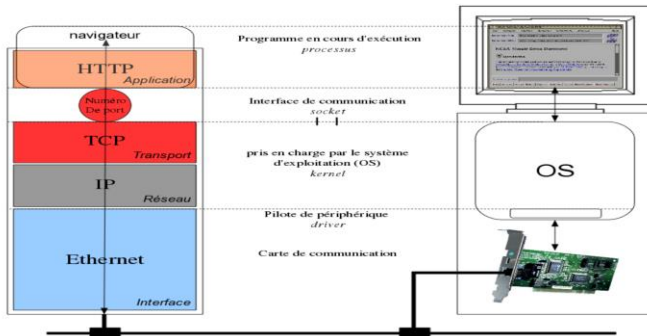
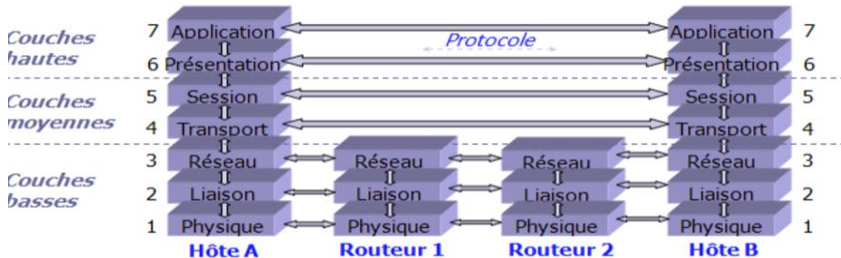
Encapsulation/désencapsulation



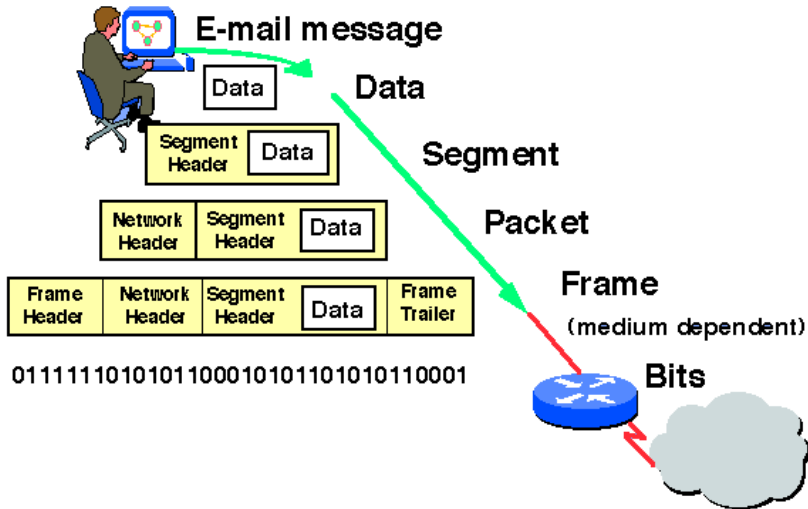
Exemple d'envoi d'une photo via Facebook



Implémentation des couches



Encapsulation – TCP/IP



Méthodes d'adressage et d'accès aux réseaux

Toute entité sur le réseau, ainsi que ses services, est identifiée par une adresse (au sens large)

Une carte réseau (NIC) → une adresse physique : @ MAC

Une station sur le réseau → une adresse logique : @ IP4/IP6

Une application en environnement TCP/IP → un numéro de port (TCP ou UDP)

Une page HTML sur le Web → une URL (nom de domaine) ou @ mail,...