

## Modèle OSI (1/4)

### Développé par l'ISO

Modèle de référence OSI (Open Systems Interconnection)

Modèle général de conception

### Couche physique :

Se charge de la transmission des bits à l'état brut sur le canal de communication.

Objectif de conception : s'assurer qu'un bit à 1 envoyé sur une extrémité arrive aussi à 1 de l'autre côté, et non à 0  
Concerne le voltage pour représenter les états 0 et 1, la durée d'un bit, la possibilité de transmission dans les deux sens en même temps, l'établissement initial d'une connexion et sa libération lorsque les deux extrémités ont fini, le nombre de broche d'un connecteur et leur rôle, ...

### Couche liaison de données :

Objectif : faire en sorte qu'un moyen de communication brut apparaisse à la couche réseau comme étant une liaison exempte d'erreurs de transmission.

Elle décompose les données en **trames de données** (quelques centaines ou milliers d'octets) et envoie les trames en séquence. S'il s'agit d'un service fiable, le récepteur confirme la bonne réception de chaque trame en envoyant à l'émetteur une trame d'acquiescement

Il est important d'éviter qu'un récepteur lent soit submergé de données par un émetteur rapide.

=> utiliser des mécanismes de régulation pour que l'émetteur connaisse la quantité d'espace disponible dans le tampon du récepteur.

=> intégration de mécanisme de contrôle de flux et de gestion des erreurs

Difficulté supplémentaire dans les réseaux à diffusion : **contrôler l'accès au canal partagé !**

- C'est la sous-couche d'accès au média qui gère ce problème

## Modèle OSI (2/4)

### Couche réseau :

Contrôle le fonctionnement du sous-réseau.

Objectif : déterminer comment les paquets sont routés de la source vers la destination.

- Statiquement avec des tables câblées dans le réseau et rarement modifiées
- Dynamiquement au début du dialogue pour la session ou pour chaque paquet selon la charge actuelle du réseau

Elle doit aussi régler tous les problèmes de qualité de service (délais, temps de transit, gigue, ...)

=> causé par exemple par des congestions (trop de paquets en même temps sur le sous-réseau)

Elle doit aussi gérer les problèmes concernant l'adressage (qui peut être différent entre le réseau d'origine et celui de destination), la taille des paquets (paquets trop grands), les protocoles différents, ...

Sur un réseau à diffusion le problème du routage est simple => peu ou pas de couche réseau

### Couche transport :

Objectif : Accepter des données de la couche supérieure, de les diviser en unités plus petites si nécessaire, de les transmettre à la couche réseau et de s'assurer qu'elles arrivent correctement à l'autre bout.

Détermine le type de service à fournir à la couche session, et au final à l'utilisateur :

- Celui qui a le plus de succès est le canal point-à-point exempt d'erreur (en réalité très faible taux d'erreur) qui remet les messages ou les octets dans l'ordre dans lequel ils ont été envoyés
- Il existe aussi la remise de messages isolés sans garantie de l'ordre d'arrivée ou la diffusion de messages à plusieurs destinataires (multicast)

**La couche transport offre un réel service de bout-en-bout, de la source à la destination.**

=> C'est à dire qu'un programme sur la machine source entretient une conversation avec un programme similaire sur la machine de destination en utilisant les entêtes et les messages de contrôle.

Dans les couches plus basses les protocoles sont échangés entre chaque machine et ses voisins immédiats, et non entre les machines source et de destination qui peuvent être séparés par de nombreux routeurs.

## Modèle OSI (3/4)

### **Couche session :**

Elle permet aux utilisateurs de différentes machines d'établir des **sessions**.

Elle gère divers services comme :

- La gestion du dialogue (suivi du tour de transmission)
- La gestion du jeton (empêchant deux participants de tenter la même opération critique au même moment)
- La synchronisation (gestion de points de reprise permettant aux longues transmissions de reprendre là où elles en étaient suite à une interruption)

### **Couche présentation :**

Elle s'intéresse à la syntaxe et à la sémantique des informations transmises.

Objectif : permettre la communication entre ordinateurs travaillant avec différents représentations de données

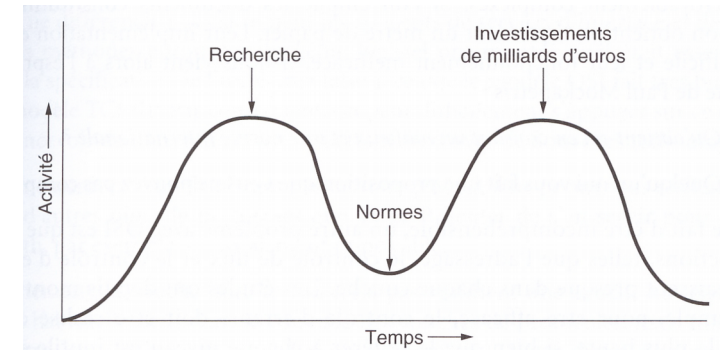
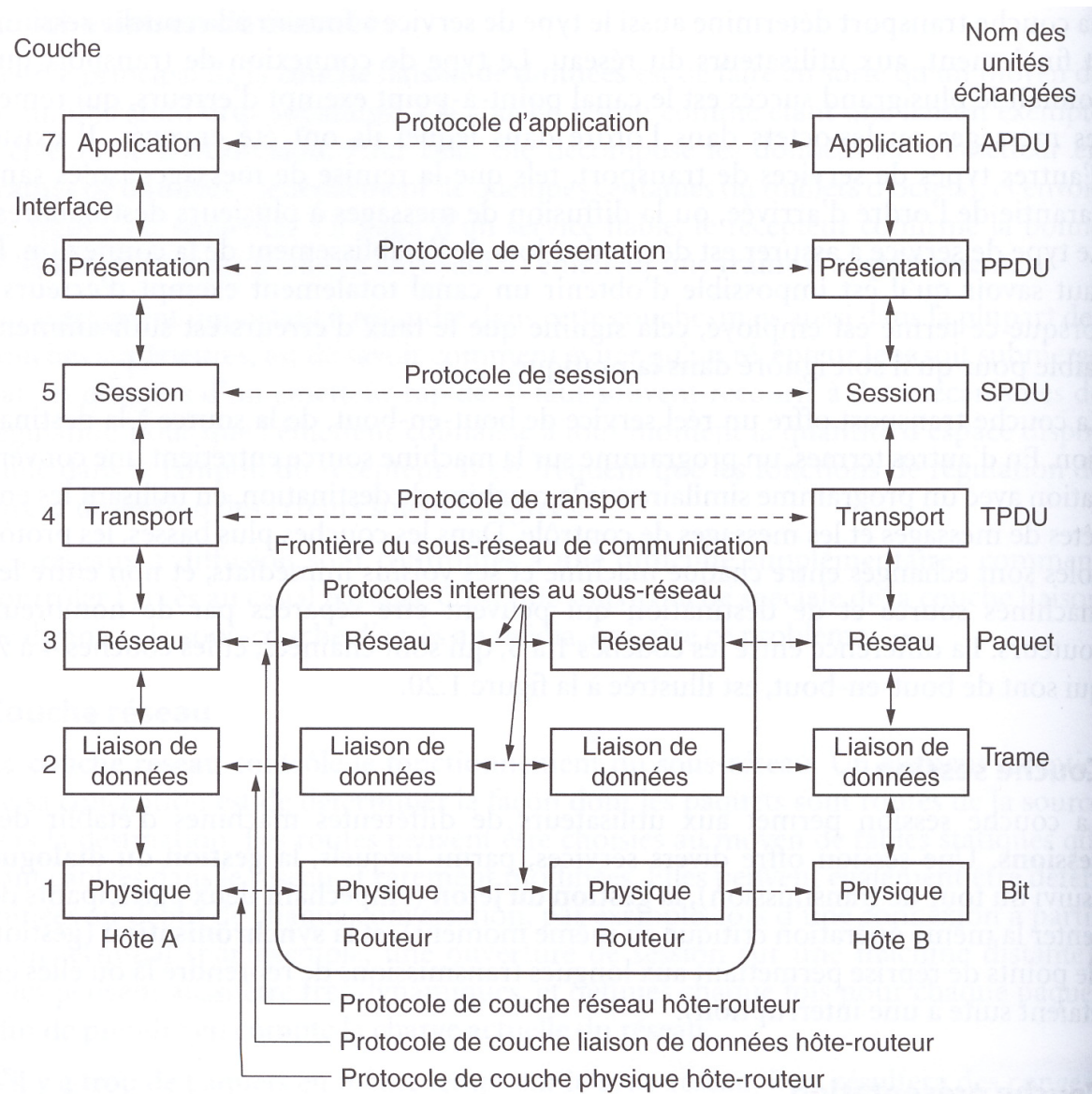
=> définition de structures d'encodage standard.

### **Couche application :**

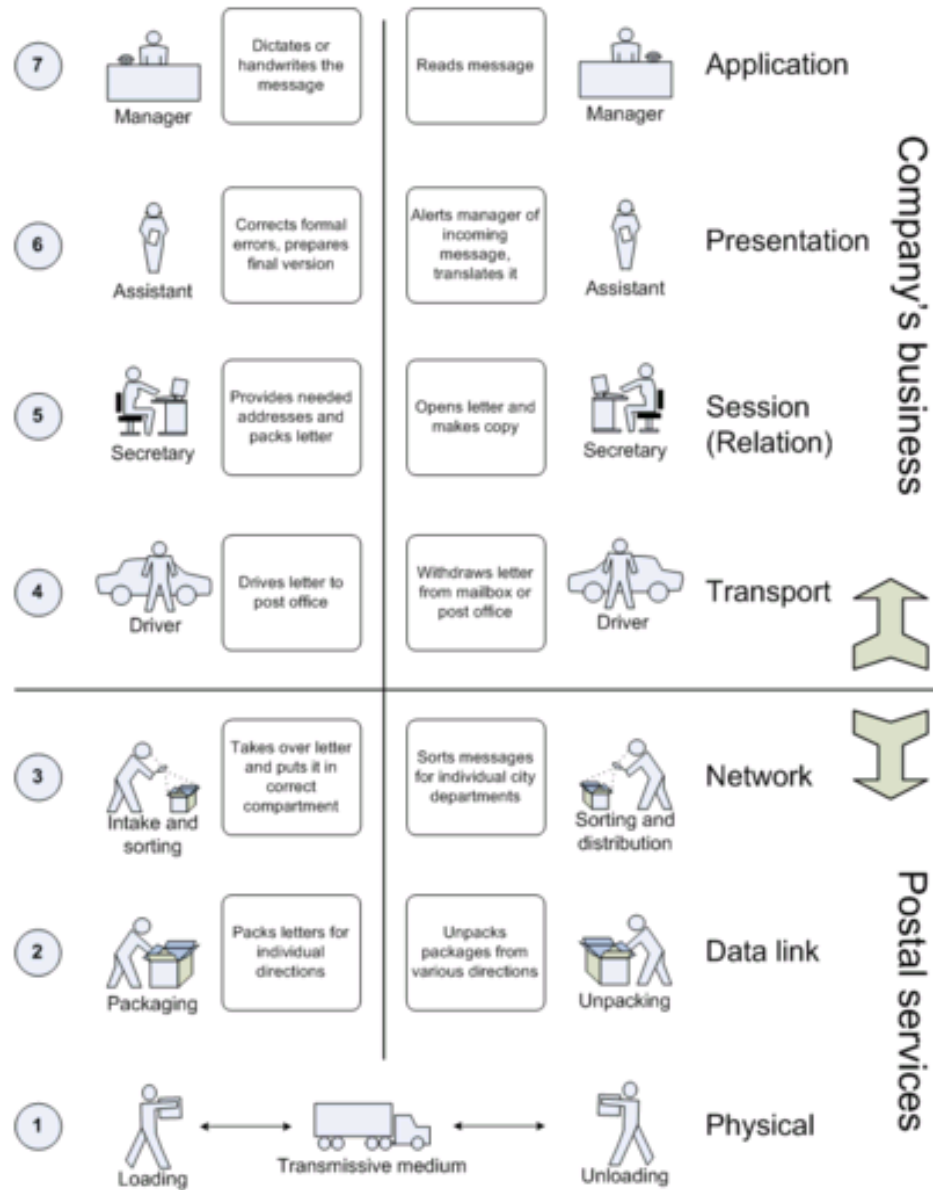
Elle contient une variété de protocoles qui sont utiles aux utilisateurs :

- HTTP => protocole du World Wide Web
- POP/IMAP/SMTP => protocoles pour le courrier électronique
- FTP => protocole pour le transfert de fichiers
- NNTP => protocoles pour les news
- ...

# Modèle OSI (4/4)



# Modèle OSI illustré



RM – OSI and letter communication parallel

## Modèle TCP/IP

### Développé par le DoD (Department of Defense)

Objectifs :

- maintenir la disponibilité du système même en cas de panne de sous-réseaux
- Permettre divers types d'applications (transfert de fichiers, transmission de la parole en temps réel, ...)

### Modèle de référence TCP/IP

Déployé d'abord dans les universités américaines puis maintenant presque partout.

### Couche internet :

Choix : un réseau à commutation de paquet fondé sur une couche d'interconnexion de réseaux **sans connexion**.

Ici le terme internet = inter-réseau

Cette couche permet aux hôtes d'introduire des paquets sur n'importe quel réseau et fait en sorte qu'ils soient acheminés indépendamment les uns des autres vers leur destination. Si les paquets arrivent dans le désordre les couches supérieures se chargeront de les réordonner si cela fait partie des exigences de livraison.

Analogie avec le courrier postal :

- Lorsqu'une personne envoie des lettres pour l'étranger, il y a de forte chance qu'elles arrivent à destination. Elles seront probablement traitées par un ou plusieurs centres de transit internationaux, mais cela reste transparent pour les utilisateurs, qui n'ont pas non plus à se préoccuper du fait que chaque pays (c'est à dire chaque réseau) dispose de ses propres timbres, formats d'enveloppes et règles de distribution.

La couche internet définit un format de paquet officiel et un protocole nommé IP (Internet Protocol). Son rôle étant d'acheminer les paquets IP jusqu'à leur destination, elle s'occupe donc principalement du routage et de l'évitement des congestions.

Semblable à la couche réseau du modèle OSI.

## Modèle TCP/IP

### Couche transport :

À l'instar de la couche transport OSI, son rôle est de permettre à des entités paires sur les hôtes source et destination de mener une conversation.

Deux protocoles ont été définis :

- TCP (Transmission Control Protocol) : protocole fiable avec connexion qui garantit la livraison sans erreur sur n'importe quel hôte de l'interréseau d'un flot d'octets émis par une machine. Il fragmente le flot d'octets entrant en messages qu'il passe à la couche internet. À l'arrivée, le processus TCP destinataire réassemble les messages reçus en flot de sortie (pour la couche application). TCP assure aussi un contrôle de flux.
- UDP (User Datagram Protocol) : protocole non fiable sans connexion qui permet d'assurer elles-mêmes le séquençement et le contrôle de flux plutôt que de faire appel à TCP. Il est utilisé largement par les applications de type demande-réponse dans des environnements client-serveur et pour celles pour lesquelles le plus important est d'avoir des données à temps comme la transmission de son ou de l'image.

### Couche application :

Pas de couche session et de couche de présentation dans ce modèle.

De toute façon la plupart des applications ne les utilisent pas.

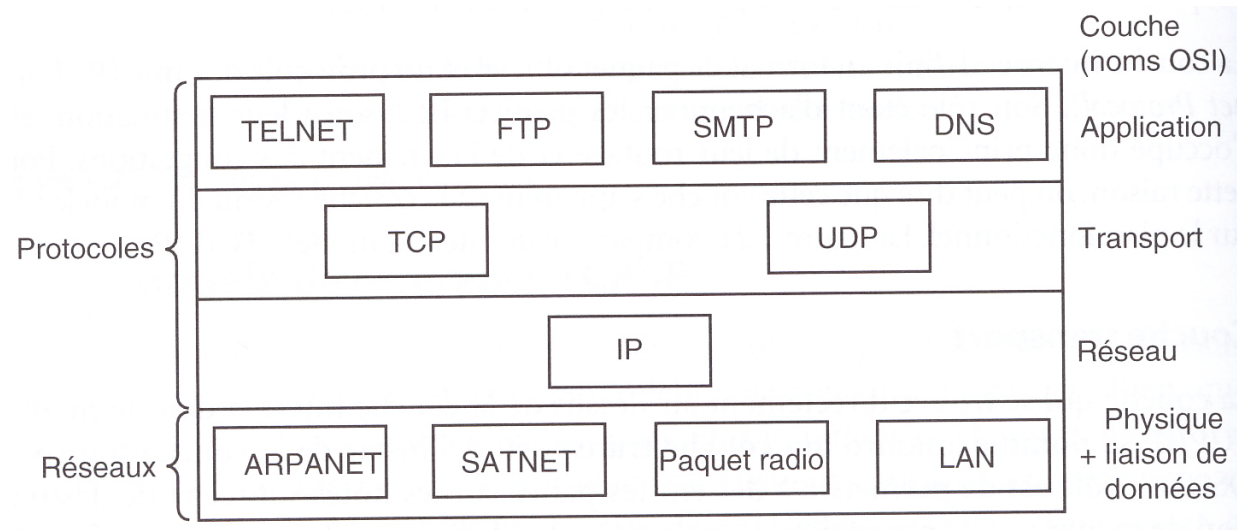
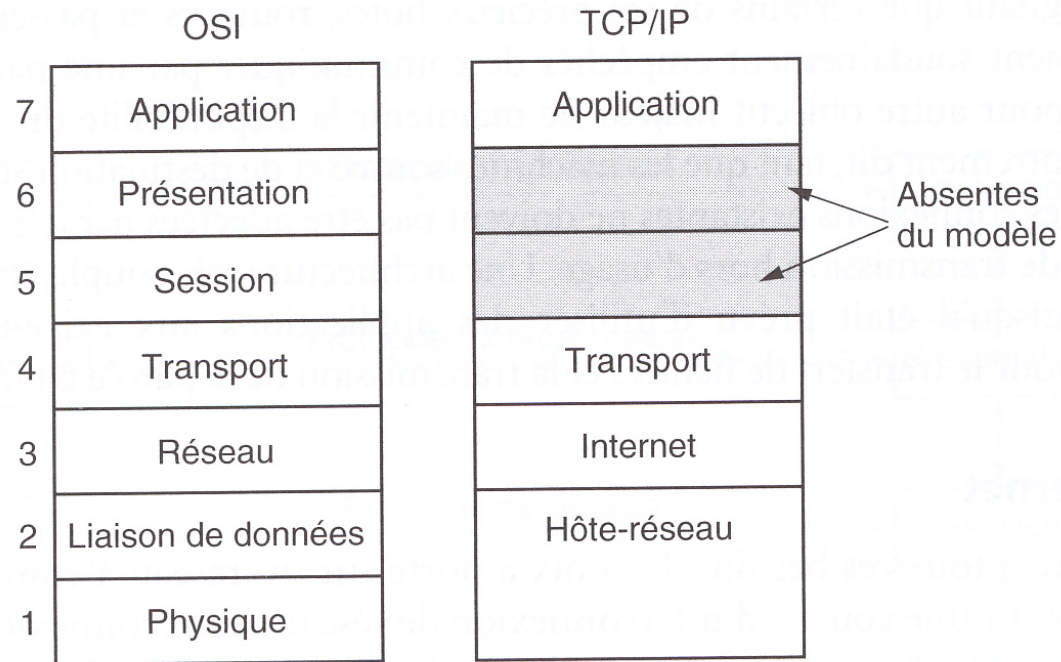
Elle contient de nombreux protocoles de haut niveau : Telnet (protocole de terminal virtuel), FTP, DNS (Domain Name System) pour associer des noms d'hôtes aux adresses de réseau, ...

### Couche hôte-réseau :

Grand vide pas vraiment défini.

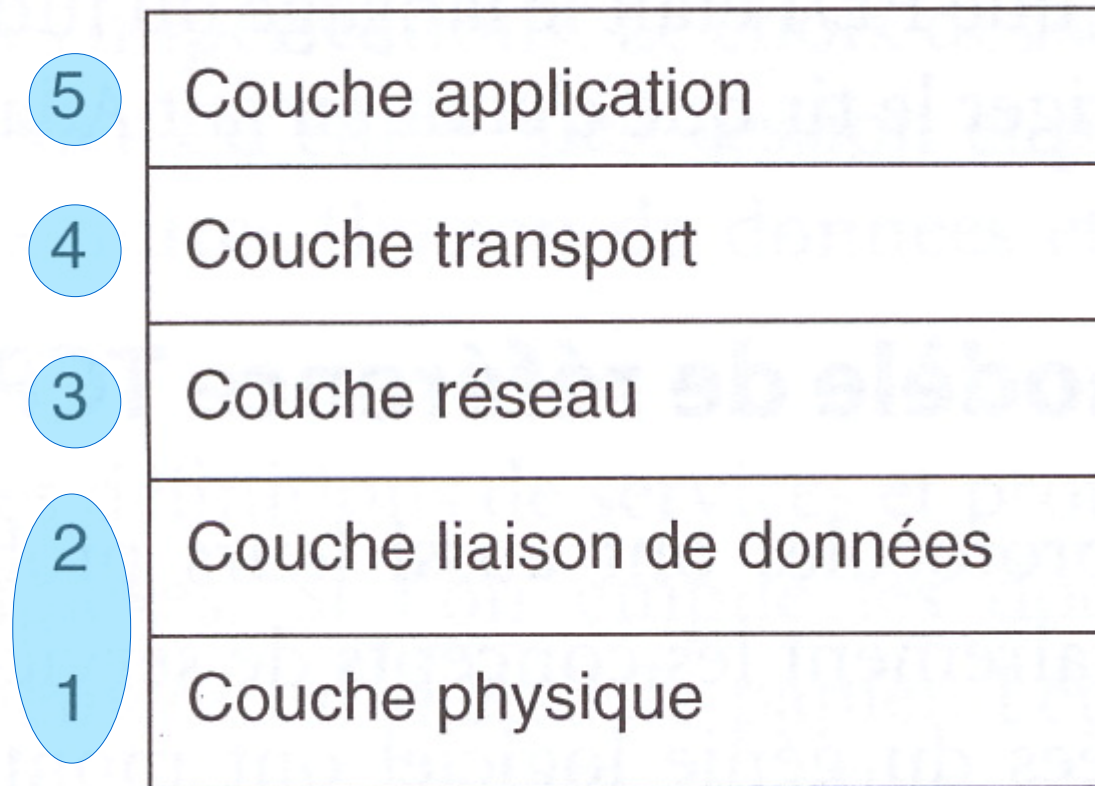
L'hôte doit pouvoir se connecter au réseau en utilisant un protocole pour pouvoir envoyer des paquets.

# Modèle TCP/IP (vs OSI)





## Suite du plan du cours

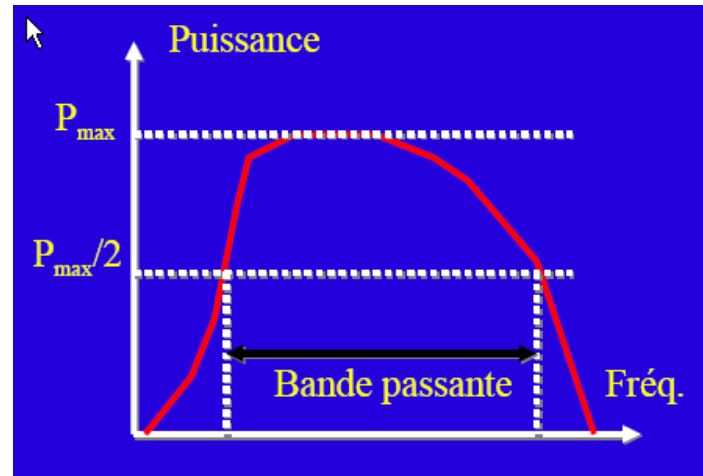
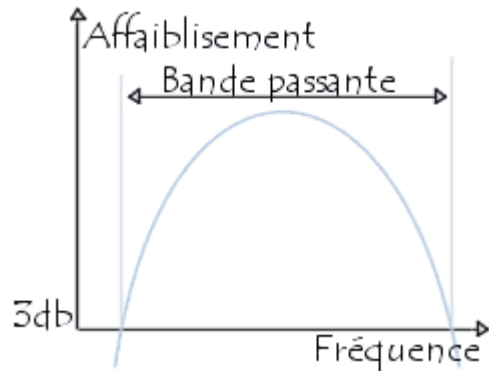




# Couche physique

## Bande passante

La bande passante d'une voie de transmission est l'intervalle de fréquence sur lequel le signal ne subit pas un affaiblissement supérieur à une certaine valeur (généralement 3db, car 3décibel correspondent à un affaiblissement du signal de 50%).



### Notion de bande passante

désigne la différence en Hertz entre la plus haute et la plus basse des fréquences utilisables sur un support de transmission.

Dans la pratique, ce terme désigne le débit d'une ligne de transmission, calculé en quantité de données susceptibles de transiter dans un laps de temps donné (en général exprimé en secondes).

Plus la bande passante est large, plus le volume d'informations qui transitent est important.

On verra qu'il est possible de coder plusieurs bits par Hertz.

Bande passante d'un système de transmission:

- Paire métallique : ~ 10 MHz
- Câble coaxial : ~ GHz
- Fibre optique : ~ 100 GHz

## Support de transmission guidés : la transmission filaire (1/2)

### Support magnétique :

Bande magnétique, DVD, etc.

- Exemple : les sauvegardes d'une banque => réseau pas assez puissant et cher

Coût par bit versus délai de transmission

*Ne sous-estimez jamais la bande passante d'une fourgonnette pleine de bandes magnétiques, lancée à fond sur l'autoroute.*

### Paire torsadée

Deux fils de cuivre isolés d'une épaisseur d'environ 1mm enroulés l'un sur l'autre de façon hélicoïdale pour réduire les radiations électromagnétiques perturbatrices.

=> les ondes rayonnées par chaque torsade s'annulent

Pas besoin d'amplification sur plusieurs kilomètres

=> au delà des répéteurs sont nécessaires

Utilisation : quand une connexion immédiate est requise.

- Exemple : le système téléphonique
- Pour la transmission de signaux analogiques ou numérique

La bande passante dépend de l'épaisseur du câble et de la distance à parcourir => plusieurs Mbit/s sur quelques km



© Pearson Education France

### Câble coaxial (coax)

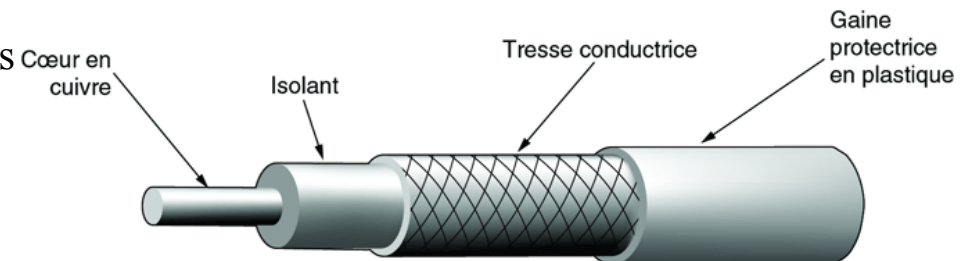
Il se compose d'une âme, un conducteur rigide en cuivre, enfermée dans un matériau isolant, lui-même entouré d'une tresse protectrice. Une gaine plastique protège le tout.

Meilleure protection que la paire torsadée => meilleurs débits

Utilisation :

- Exemple : télévision par câble et réseaux métropolitains
- Principalement pour la transmission numérique

Bande passante proche de 1GHz



© Pearson Education France

## Support de transmission guidés : la transmission filaire (2/2)

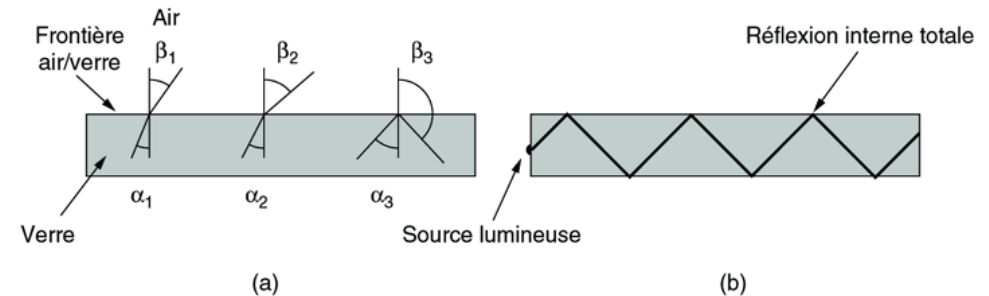
### Fibre optique

Evolutions :

- Processeurs 4,77 MHz (1981) -> 2 GHz (aujourd'hui) => facteur de 20/décennie
- Débits 56kbit/s à 1 Gbit/s (ligne optique moderne) => facteur de 125/décennie et réduction du taux d'erreurs de transmission d'un bit de  $10^{-5}$  à presque zéro

Principe :

- Une source de lumière, le support de transmission et le détecteur de lumière
- Par convention  
la présence de lumière = 1  
son absence = 0
- Conversion optique/électrique aux deux extrémités
- Tout dépend de l'angle du rayon incident et des indices de réfraction  
=> fibre multimode et fibre monomode (guide d'ondes)



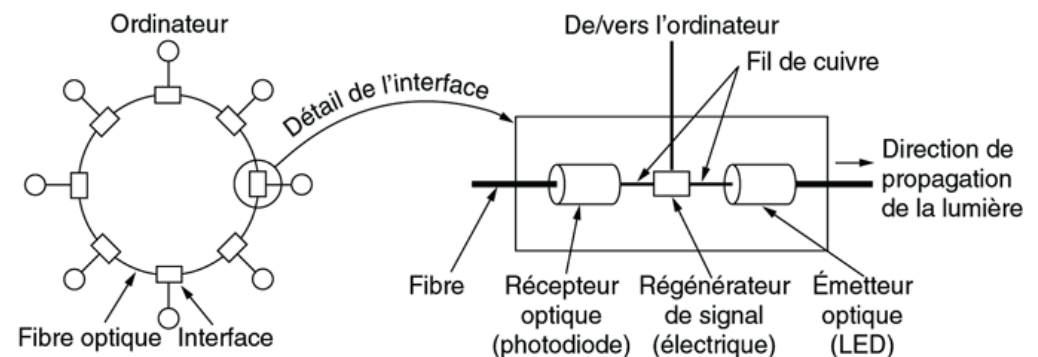
© Pearson Education France

Aujourd'hui limitations dues aux technologies de conversion de signaux électriques et optiques

=> 10 Gbit/s au lieu des 50 Tbit/s « possible »

Exemple de réseau LAN en fibre optique :

- ici un anneau
- Il se utilise des répéteurs actifs  
=> ceux purement optiques sont plus performants
- Les réseaux à diffusion sont aussi possibles



© Pearson Education France

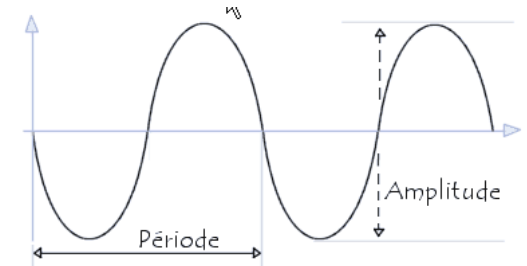
# Supports de transmission non guidés : la transmission sans fil (1/2)

## Perspectives :

Seuls subsisteront la fibre optique et le sans fil ?

## Avantages :

Économique et parfois seule solution possible (exemple Hawaï)



## Spectre électromagnétique :

Lorsque des électrons sont en mouvement, ils créent des ondes électromagnétiques qui peuvent se propager dans l'espace (même dans le vide) => principe de l'antenne.

Identifiées et prévues par James Clerk Maxwell en 1865 et observées par Heinrich Hertz en 1887.

Le nombre d'oscillations par seconde d'une onde et appelée **fréquence**,  $f$ , et se mesure en Hertz

La distance entre deux maxima (ou minima) d'une onde est appelée **longueur d'onde**,  $\lambda$ .

Dans le vide **toutes les ondes** se propagent à la même vitesse, la **vitesse de la lumière**,  $c$ , de 300 000 km/s.

Dans le cuivre ou la fibre optique la vitesse est de 2/3 de celle dans le vide et dépend légèrement de la fréquence

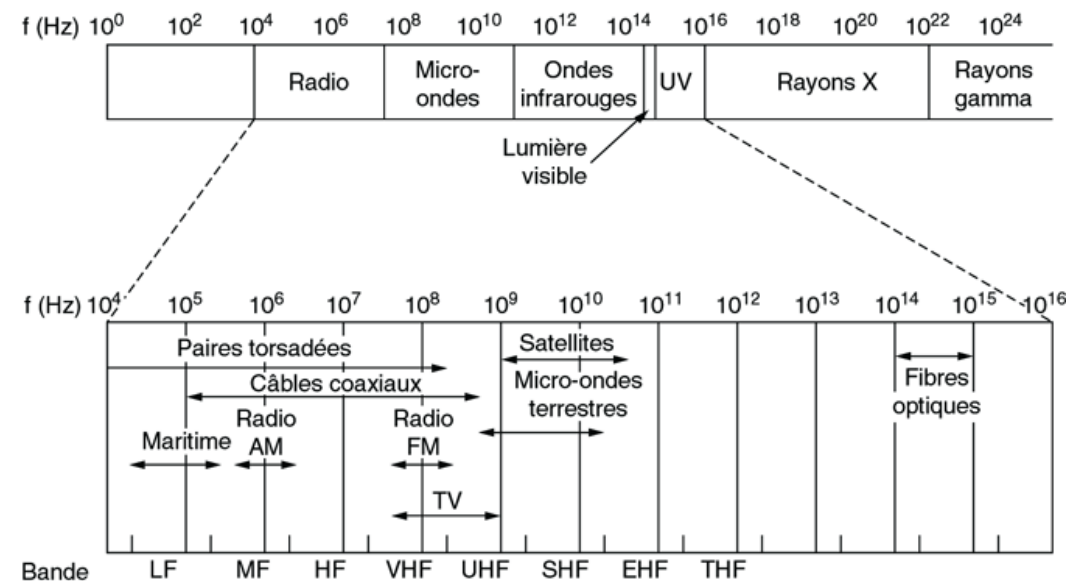
Dans le vide :  $\lambda * f = c$

Remarque : ne pas confondre  $\lambda$  et la période  $T = 1/f$

Partie du spectre utilisable pour la transmission :

- Entre  $10^4$  et  $10^{16}$  Hz.
- Au delà dangerosité pour l'homme

(Very, Ultra, Super, Extremely et Tremendously High Frequency)



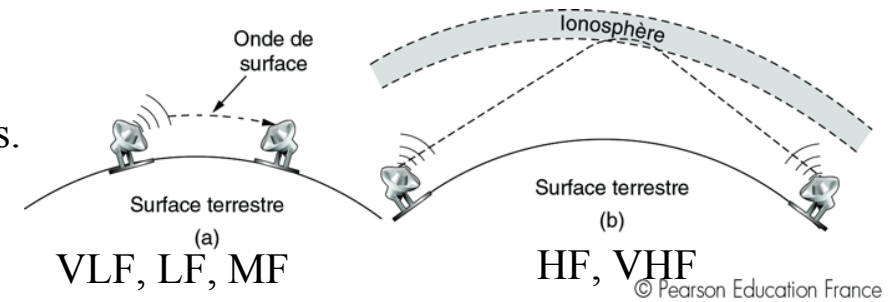
## Supports de transmission non guidés : la transmission sans fil (2/2)

### Transmission d'ondes radio

Facile à générer avec une antenne.

Elles sont omnidirectionnelles => pas d'alignement des antennes.

Se propagent sur de longues distances et traversent très bien les obstacles. => Très réglementé par les gouvernements



General Motor : Cadillac avec frein antiblocage (1970) => Problèmes dans l'Ohio en présence de la police

### Transmission de micro-ondes

Après 100 MHz les ondes se propagent pratiquement en ligne droite et peuvent être étroitement concentrées.

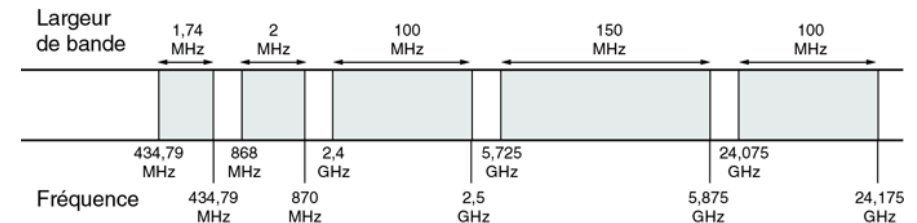
Ces ondes ne traversent pas les murs.

Utilisation : téléphonie mobile, diffusion TV, etc.

Le spectre est très encombré.

Bande ISM (Industrial, Scientific, Medical)

- WiFi, Bluetooth
- Tout le monde peut émettre avec une puissance limitée



### Transmission d'ondes infrarouges et millimétriques

Très directif => télécommande

Ne traversent pas les objets solides. (=> pas de licence d'exploitation)

Avantage et inconvénient : pas d'interférence avec le voisin

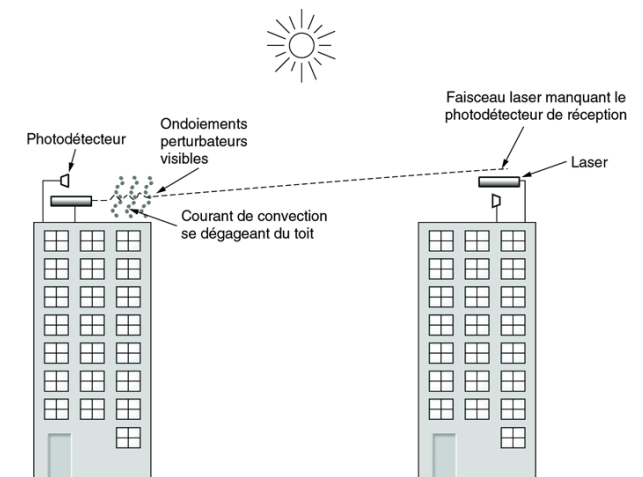
### Transmission d'ondes lumineuses

Large bande passante à faible coût.

Pas de licence d'exploitation.

Très directif.

Inconvénient : perturbé par la pluie, par le brouillard, par de fortes chaleurs



# Réseau téléphonique public commuté

## Réseau téléphonique commuté (RTC)

Objectif : transmettre la parole humaine sous une forme plus ou moins reconnaissable.

Développement de son utilisation pour faire communiquer des ordinateurs sur de longues distances.

- Car moins cher que de faire courir un câble entre les machines ;
- mais il est moins rapide : 56 kbit/s contre 1 Gbit/s avec un LAN => facteur de 20000 (1000 à 2000 avec l'ADSL)

## Structure du réseau téléphonique :

1876, Graham Bell dépose un brevet

Au départ téléphones vendus par paires !

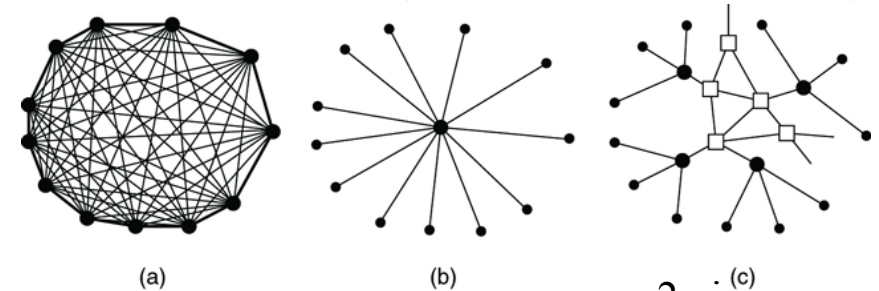
=> toiles d'araignés dans les villes sur les toits, les arbres, ...

1878 Bell Telephone Company invente le central téléphonique

Une opératrice faisait les branchements

Développement d'un second niveau de central pour permettre d'interconnecter les villes.

Il y a aujourd'hui 5 niveaux.



2 niveaux

© Pearson Education France

Desserte locale au moyen de paire de fils de cuivre torsadés : de 1 à 10 km. Aussi appelée **boucle locale**.

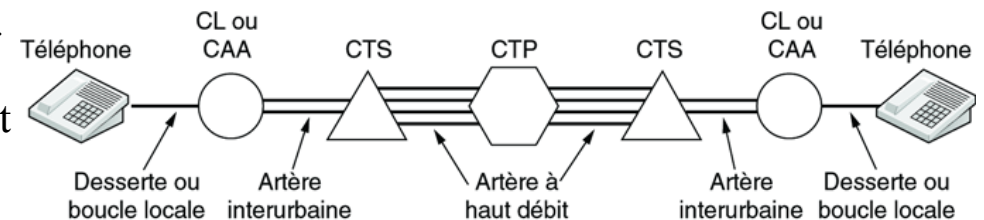
Toutes les boucles locales du monde = 1000 fois la distance terre-lune.

80% de la valeur du capital d'AT&T était sa boucle locale.

Lorsque deux abonnés du même CL se téléphonent ils sont mis en contact directement.

Les commutateurs routent les appels

Possibilité de faire passer plusieurs appels sur les artères interurbaines grâce au multiplexage.



Légende

CL ou CAA = Commutateur Local ou Commutateur à Autonomie d'Acheminement  
CTS = Centre de Transit Secondaire  
CTP = Centre de Transit Primaire

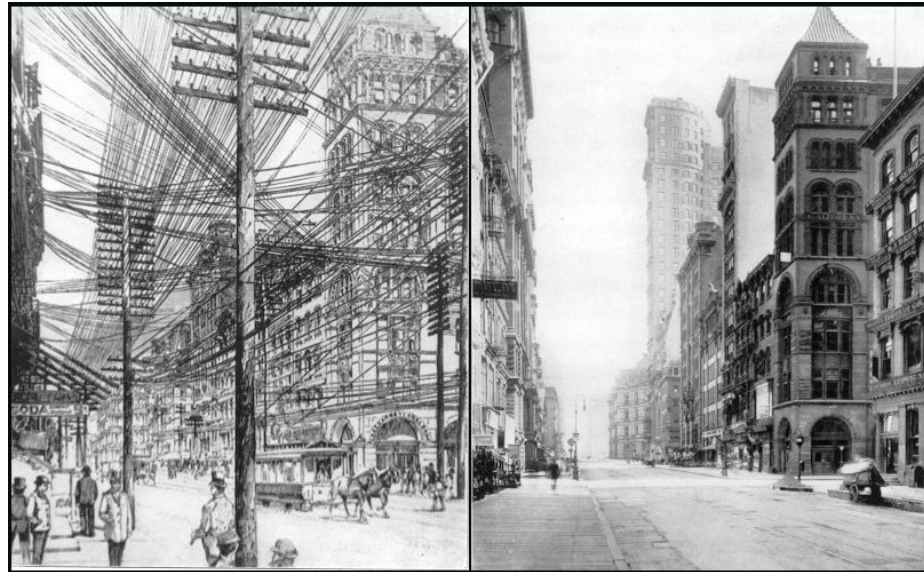
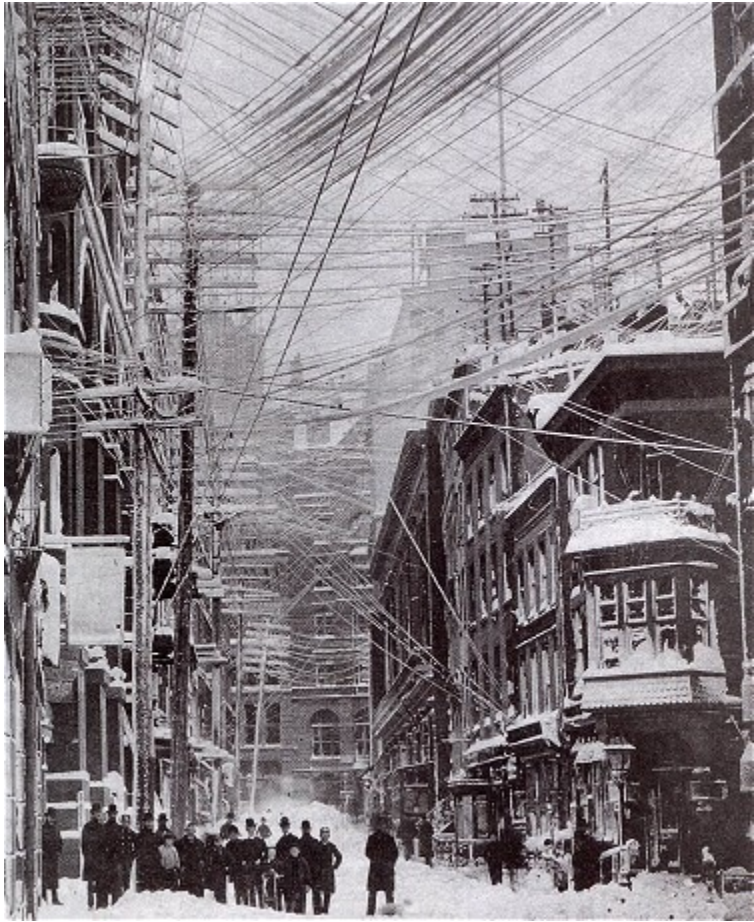




funlok.com



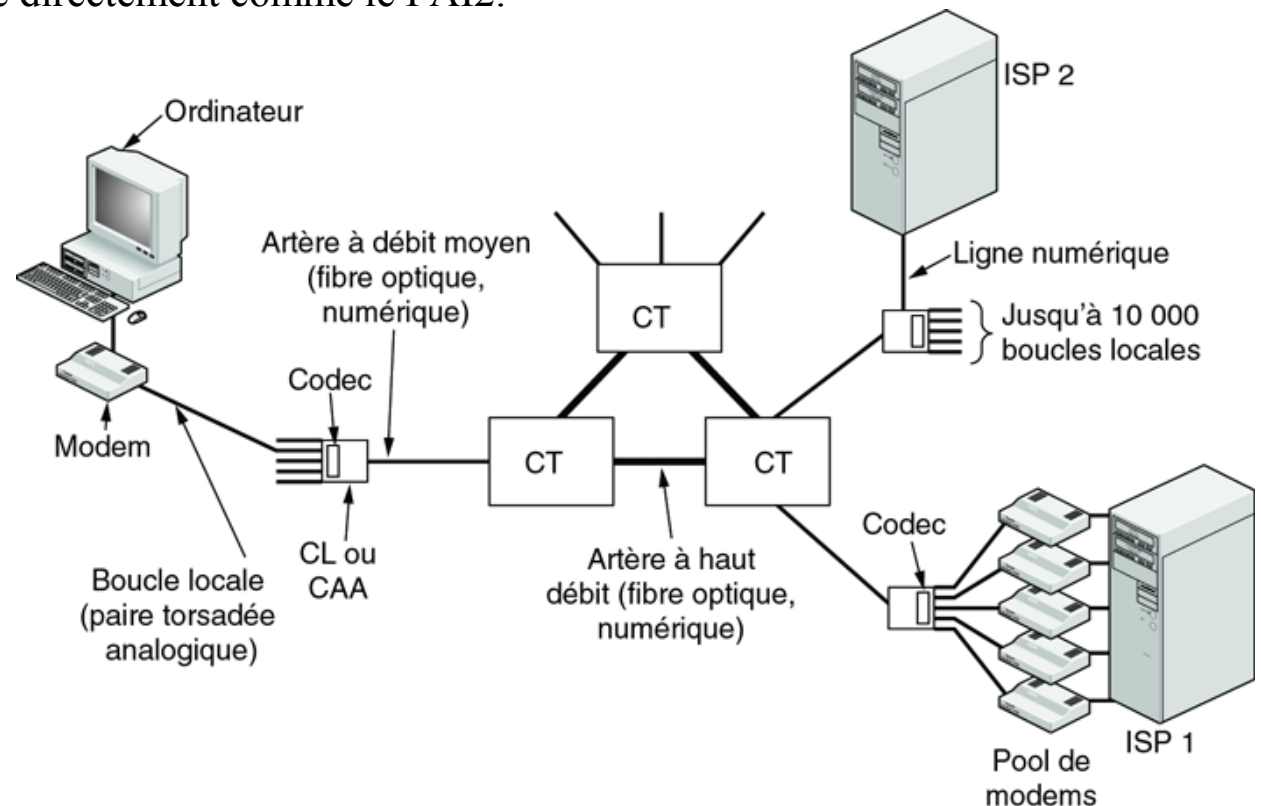
funlok.com



## Desserte locale : modems, ADSL et boucle locale radio (BLR)

La desserte locale est analogique depuis plus d'un siècle et le restera surement encore longtemps. Lorsqu'un ordinateur souhaite envoyer des données (numériques) sur une liaison commutée analogique, celles-ci doivent d'abord être converties dans une forme analogique pour être transmises sur la boucle locale. => modem  
Dans le central téléphonique ce signal analogique est converti dans une forme numérique par un codec pour transiter sur les artères numériques longue distance.

Le FAI (ISP = Internet Service Provider) à l'autre extrémité de la liaison dispose de modems pour faire la conversion inverse (analogique -> numérique). Le FAI1 gère autant de connexion qu'il a de modems. Maintenant on utilise une ligne numérique directement comme le FAI2.  
=> moins de bruit => plus de débit



# Modem (Modulateur-démodulateur)

Pour résoudre les difficultés associées à la transmission de signaux numériques sur les lignes téléphoniques, on recourt aux signaux analogiques.

On introduit un signal sinusoïdal : la **porteuse** (entre 1000 et 2000Hz)

On module pour représenter le **0** et le **1** :

- Modulation d'amplitude (AM)
- Modulation de fréquence (FM)
- Modulation de phase (PM) à 180°

Si on module à 45°, 135°, 225°, 315° on peut transmettre 2 bits par intervalle de temps.

Le nombre de modulation par seconde se mesure en **bauds**.

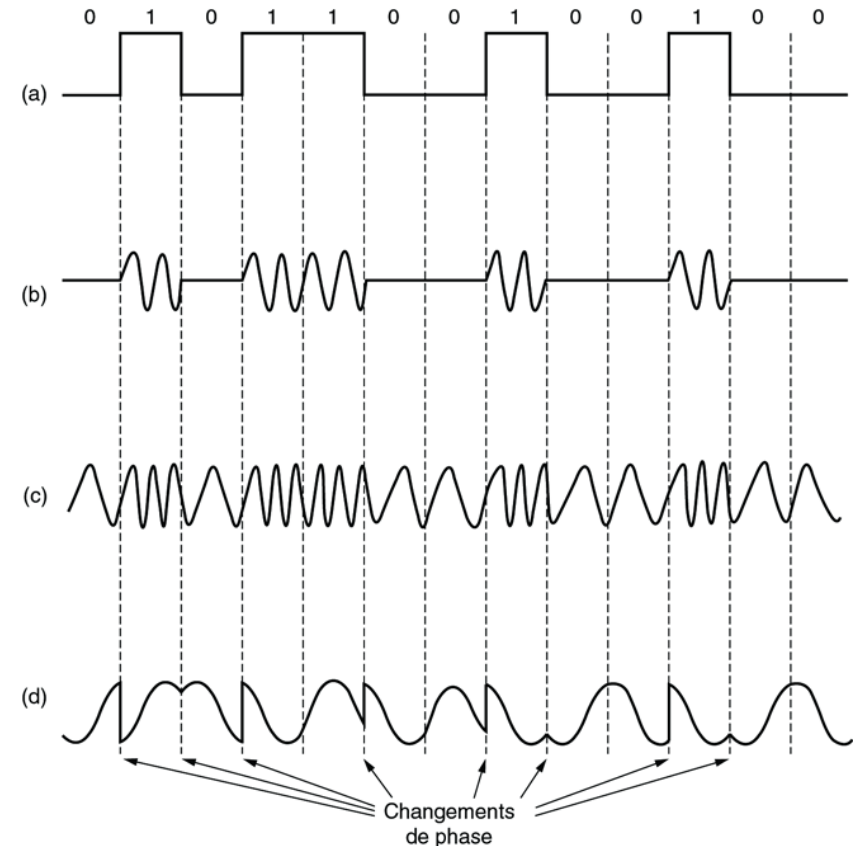
Durant chaque baud, un symbole est envoyé.

2400 bauds => 1 symbole toutes les 416,667 µs.

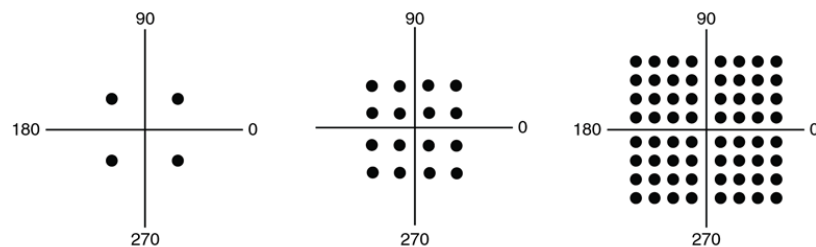
Si on représente le 0 par 0 volt et le 1 par 1 volt le débit binaire est de 2400 bit/s.

Si on utilise 4 tensions (0, 1, 2 et 3 volts) chaque symbole se compose de 2 bits et on a un débit de 4800 bit/s

Modulation de phase en quadrature (QPSK)



© Pearson Education France

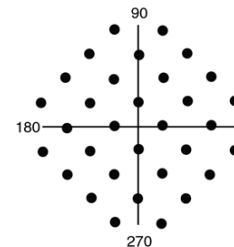


(a) QPSK

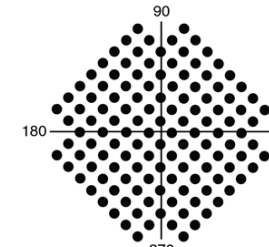
(b) QAM-16

(c) QAM-64

© Pearson Education France



(b) V32 pour 9600 bit/s



(c) V.32bis pour 14400 bit/s

© Pearson Education France

# DSL

Les opérateurs téléphoniques tentent de concurrencer les câblo-pérateurs et les sociétés de communication via satellite en proposant des services large bande. *Ils doivent coexister avec le téléphone.*

## ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)

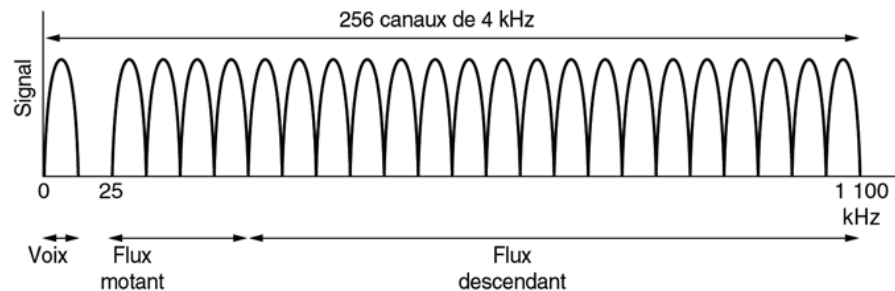
Le réseau téléphonique est optimisé pour la voix. Aussi lorsque la boucle locale arrive au central téléphonique, le câble passe par un filtre qui ne gardent que les fréquences entre 300 Hz et 3400 Hz (coupure à 3dB pour les 2) => bande passante = 3100 Hz

Idee : utiliser le reste de la BP car la bande passante théorique de la ligne est d'environ 1MHz s'il n'y avait pas le filtre (suivant la distance et la qualité du câble) => problème de choix du débit et de l'étendu de l'offre (installation de DSLAM).

Une solution de partage du spectre fréquentiel : le multinomialité discrète (DMT)

Canal 0 pour la voix. Canal 1-5 inutilisé et les 250 autres pour les données (1 pour le contrôle de flux montant et le contrôle de flux descendant) => *Asymmetric* à cause des capacités des flux.

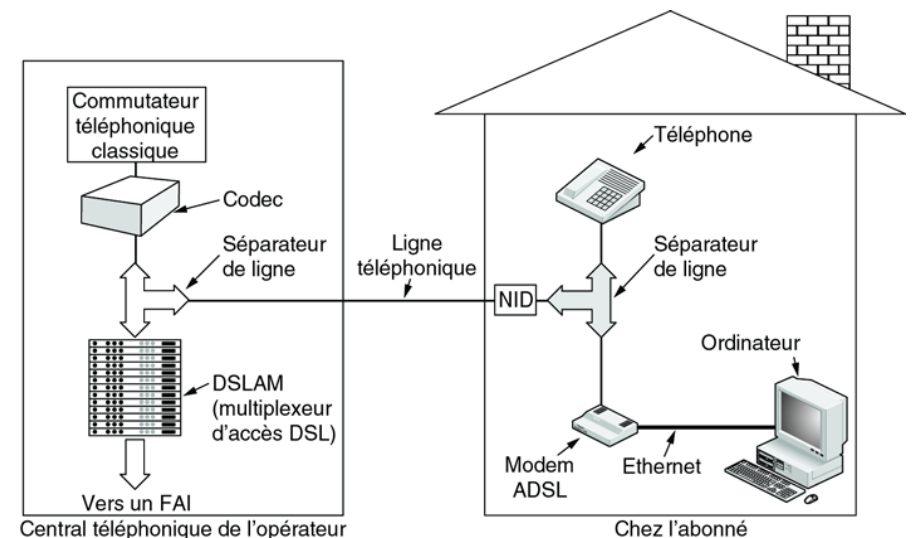
Pour chaque canal une technique de modulation semblable à V.34 est utilisée.



© Pearson Education France

## NID (Network Interface Device)

Le séparateur de ligne se remplace maintenant par un filtre passe-bas (à 3400Hz pour le téléphone) et un filtre passe haut (à 26kHz pour le modem) intégré dans la prise.



© Pearson Education France

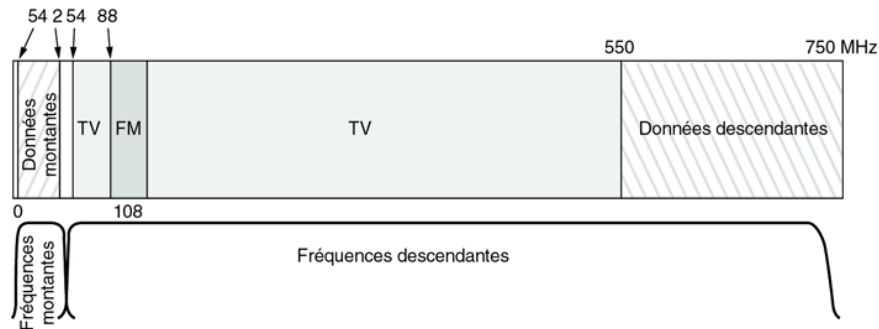
# L'internet par le câble

Développement de liaison hybride HFC (Hybrid Fiber Coax) avec à la jonction des convertisseurs électro-optiques (les centres de distributions)

Inconvénient : le même câble est partagé par plusieurs abonnés  
=> problèmes de bande passante

Solution : diviser les longs câbles en segment connecté au centre de distribution (car BP de la tête de réseau est quasiment infinie).  
Entre 500 et 2000 abonnés par câble.

Avantage : pour la diffusion de programmes TV qu'il y ait 10 ou 10000 téléspectateurs.



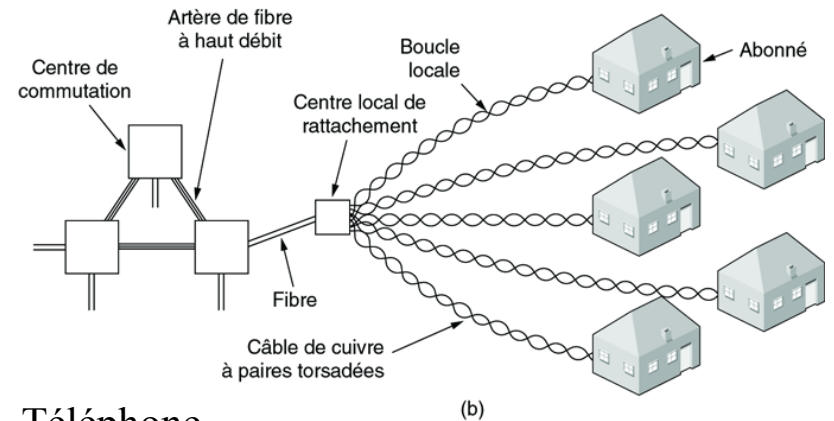
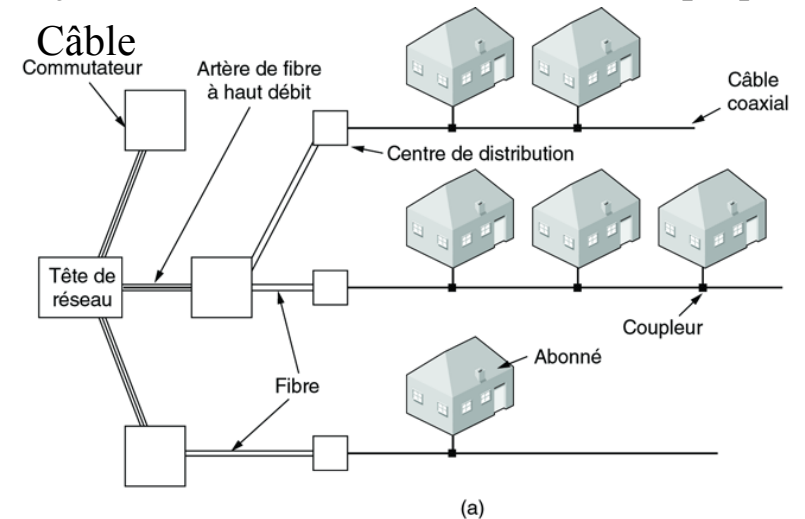
© Pearson Education France

1 canal fait de 6 à 8 MHz

On constate une asymétrie dans les flux montant et descendant.

Comme les signaux TV ne sont que descendant il a fallu employer des amplificateurs opérants dans la plage montante des 5-42 MHz et d'autre opérant uniquement dans la plage descendante au dessus de 54 MHz.

Pour les canaux montant on utilise QPSK => grande asymétrie.



Téléphone

© Pearson Education France

## Boucle locale radio (BLR)

### MMDS (Multichannel Multipoint Distribution Service)

Utilisation de micro-ondes : portée d'environ 50 km. Traverse relativement bien la végétation et la pluie.

Avantages : technologie bien connue, équipement est disponible

Inconvénient : bande passante totale disponible est limitée et partagé par plusieurs utilisateurs sur une zone géographique assez étendue.

### LMDS (Local Multipoint Distribution Service)

Utilisation d'ondes millimétriques avec une largeur de bande de 1,3GHz : très directives. Portée d'environ 2 à 5km.

Sensible à la pluie et à la végétation.

=> il faut de nombreuses tours

=> on augmente la puissance selon les conditions (pluie, ...)

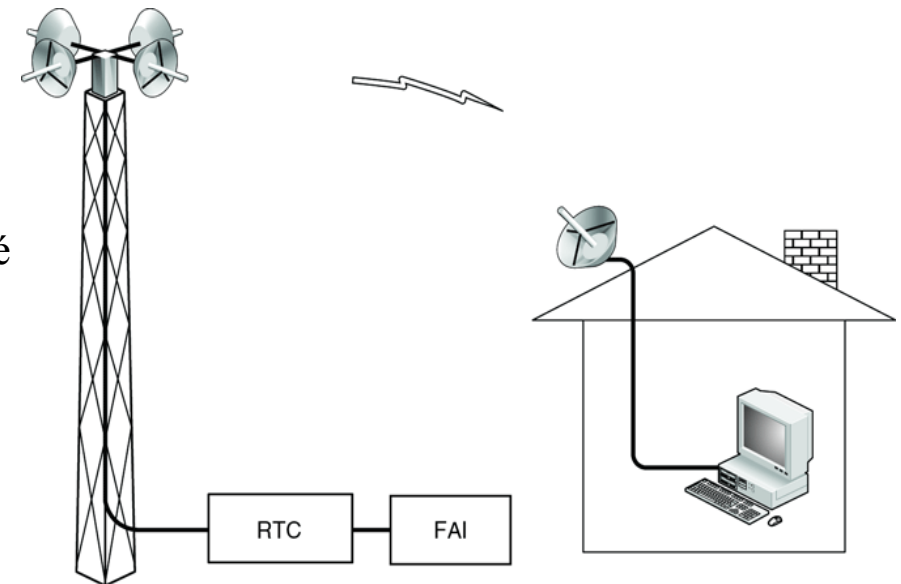
Actuellement : 36Gbit/s en descendant et 1 Mbit/s en montant

1 tour avec 4 antennes => 100000 clients si 1 sur 3 est connecté

#### A noter :

Ces installations nécessitent l'intervention d'un technicien

Normalisé sous IEEE 802.16 : MAN sans fil (WMAN)



© Pearson Education France



# Couche liaison de données



## Le contrôle de flux

Lorsqu'un émetteur émet systématiquement plus de trames que le récepteur ne peut en accepter, il se pose un problème.

- quand l'émetteur est sur un ordinateur rapide (ou peu chargé)
  - quand le récepteur est sur une machine lente (ou très chargé)
- => Il faut un mécanisme pour éviter cette situation

Il existe deux approches pour résoudre ce problème :

- un contrôle de flux avec retour d'information (rétroaction) pour contraindre l'émetteur à ne pas envoyer plus de trames que le récepteur peut en accepter.
- un contrôle de flux basé sur le débit : mécanisme intégré au protocole pour limiter le débit de transmission des données sans exploiter de retour d'information (jamais utilisé dans la couche liaison de données)

Il existe de nombreuses variantes de contrôle de flux avec rétroaction.

En général, il est interdit d'envoyer des trames s'il n'y a pas eu auparavant une permission explicite ou implicite du récepteur

- exemple : « Tu peux m'envoyer maintenant  $n$  trames, mais après ces  $n$  émissions, suspend tes envois jusqu'à ce que je te dise de continuer ».

## Détection et correction d'erreurs

### Selon leur nature les supports de transmission sont sujet à l'apparition d'erreurs dans les messages transportés

Elles peuvent intervenir par rafales ou de façon isolés (dépend de la nature du support)

=> il faut donc mettre en place des mécanismes pour détecter ces erreurs, voir les corriger

- **code correcteur d'erreurs** : inclure dans les blocs de données suffisamment de redondance pour que le récepteur soit capable de restituer les données originales
- **code détecteur d'erreurs** : ajouter juste assez de redondance dans les données à transmettre pour que le récepteur puisse détecter les erreurs et redemander la transmission.

L'utilisation de ces codes dépend du canal de transmission

- fiable (exemple : la fibre optique) : le code détecteur d'erreurs est moins lourd. On retransmettra seulement l'éventuel bloc défectueux.
- non fiable (exemple : réseau sans fil) : il est préférable d'ajouter suffisamment de redondance à chaque bloc pour permettre au récepteur de trouver le bloc d'origine, au lieu de se baser sur la retransmission, qui peut également être erronée

Code détecteur d'erreurs simple : le **contrôle de parité**

- On ajoute aux bits de données **un bit de parité**.
- Celui-ci est choisi de façon que le nombre de bits 1 dans le mot de code soit pair (ou impair).
- exemple : pour envoyer 1011010 en parité paire, on ajoute un bit à la fin pour obtenir 10110100. En parité impaire, 1011010 devient 10110101.
- Il permet de détecter UNE erreur simple.

Il y a des codes détecteurs d'erreur bien plus puissants.

## PPP (le protocole point-à-point)

L'essentiel de l'architecture de l'Internet repose sur des liaisons louées point-à-point.

- par exemple entre les routeurs de différents backbones (LAN fédérateur d'un FAI).

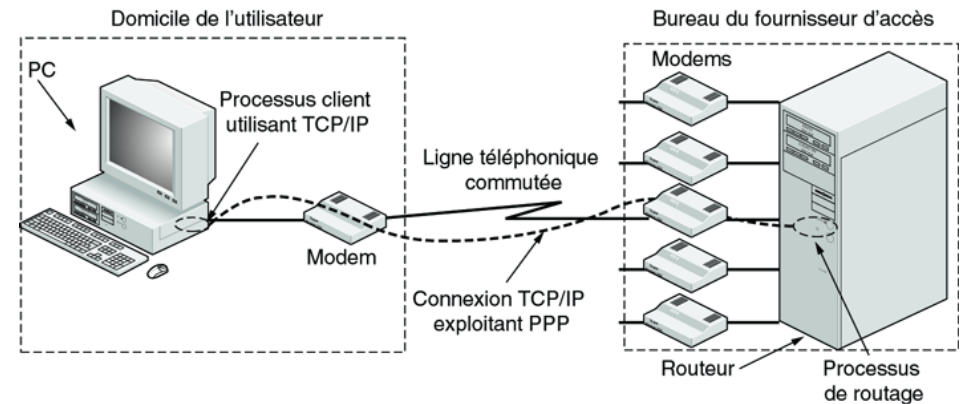
On retrouve les connections point-à-point pour les millions d'utilisateurs qui accèdent à l'internet en utilisant les liaisons téléphoniques et des modems.

PPP est donc nécessaire pour :

- le trafic routeur routeur
- le trafic domestique à un fournisseur d'accès

Il gère la détection d'erreurs

Il permet la négociation d'adresses IP à la connexion

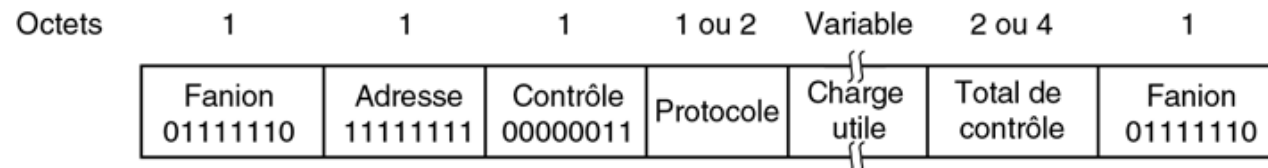


© Pearson Education France

PPP fournit trois choses :

- une méthode qui délimite sans ambiguïté la fin de trame et le début de la suivante. Le format de trame permet également la détection des erreurs.
- un protocole de contrôle de la liaison qui active la ligne, la teste, négocie les options et la désactive proprement lorsqu'on n'en a plus besoin.
- un moyen de négocier les options de la couche réseau indépendamment du protocole de couche réseau à utiliser.

Une trame PPP :



## Ethernet (1/3)

### Protocole utilisé dans les réseaux à diffusion (LAN)

#### 1970 : ALOHANET

Dans un archipel hawaïen ne disposant pas d'un système téléphonique Norman Abramson tente de relier à l'ordinateur central de l'université (Honolulu) des utilisateurs d'îles éloignées.

- impossible de tirer des câbles (trop cher)
- => utilisation d'onde radio de faible portée

Chaque terminal disposait d'un dispositif radio à 2 fréquences : une montante (vers l'ordinateur central) et une descendante.

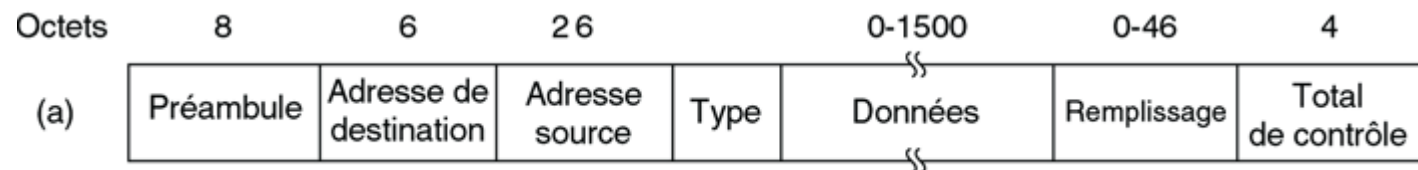
Quand un utilisateur voulait contacter le central il transmettait simplement le paquet de données sur le canal montant. Si personne ne transmettait en même temps le paquet était acheminé vers sa destination et acquitté par voie descendante. Lorsque un conflit se produisait, il n'y avait pas d'acquiescement et le terminal essayer d'émettre à nouveau.

Il ne pouvait pas y avoir de collision sur le canal descendant car seule l'ordinateur central émettait.

Le système fonctionnait assez bien lorsqu'il y avait de faible fréquentation

- Bob Metcalfe après son doctorat à Harvard va travailler avec Abramson pendant les vacances puis il est embauché au centre de recherches de Palo Alto (PARC) de Xerox. Il conçoit un système pour les ordinateurs personnels basé sur ALOHANET et le nomme Ethernet (éther lumineux). Il fonde 3Com (plus de 100 millions de cartes vendues)

La trame Ethernet :

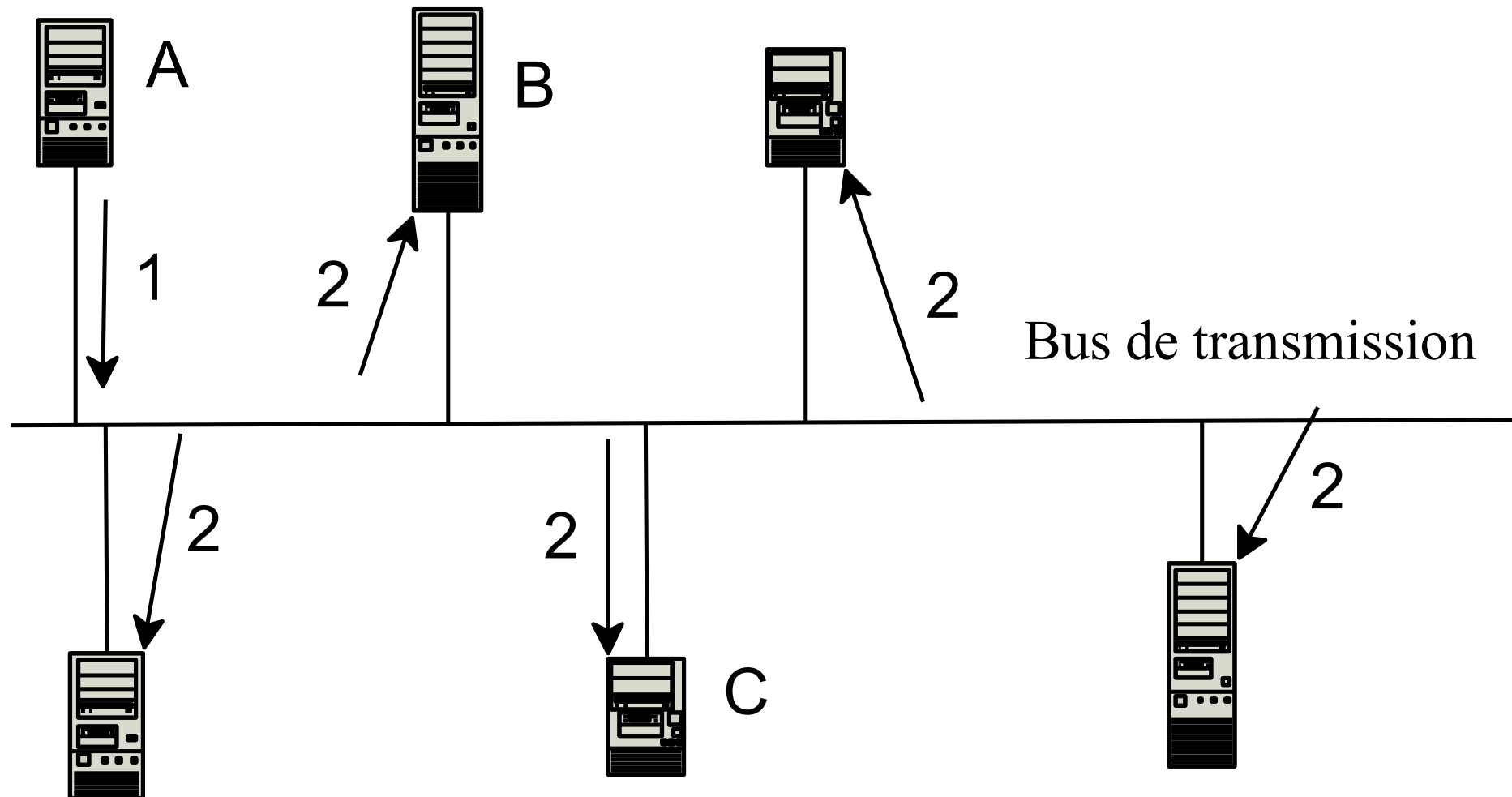


## Ethernet (2/3)

### La transmission de l'information

A veut communiquer avec B :

- elle transmet en (1) son message sur le bus de transmission ;
- en (2), toutes les machines connectées au bus reçoivent le message (B comme C) !



## Ethernet (3/3)

### Comment se passe la communication dans un réseau à diffusion ?

#### CSMA/CD

- Carrier Sense (Détection de porteuse);
- Multiple Access (accès multiple);
- with Collision Detection (avec détection de collision).

Les ordinateurs peuvent transmettre lorsqu'ils le désirent :

- si deux paquets (ou plus) entrent en **collision**, chaque ordinateur attend un temps aléatoire et réémet son paquet.

## L'adressage dans Ethernet

Chaque carte réseau possède une adresse matérielle appelée adresse MAC (*Medium Access Control*).

Cette adresse est unique par rapport à toutes les cartes réseaux existantes !

Elle est exprimée sur 48 bits ou **6 octets**.

Syntaxe :                                   08:22:EF:E3:D0:FF

Adresse de Broadcast :               FF:FF:FF:FF:FF:FF

Des tranches d'adresses sont affectées aux différents constructeurs :

00:00:0C:XX:XX:XX **Cisco**

08:00:20:XX:XX:XX **Sun**

08:00:09:XX:XX:XX **HP**

Avantage : impossible de trouver deux fois la même adresse dans un même réseau.

## Bilan : adressage du réseau et communication avec une machine distante

### Nous avons vu que :

pour pouvoir communiquer avec une machine distante celle-ci doit avoir une adresse

### On sait que :

Ethernet est déployé partout ou presque.

chaque machine possède une adresse MAC via sa carte réseau

Ethernet fonctionne par diffusion

### Problème 1 :

Dans des gros réseaux on ne peut pas diffuser un message sur la totalité car il y aurait beaucoup trop de collisions et il serait impossible d'utiliser le réseau.

### Solution 1 :

Il faudrait faire du point à point entre le sous réseau de la machine source et celui de la machine cible.

### Problème 2 :

Ethernet ne permet pas de localiser une machine dans un sous-réseau.

- L'adresse MAC ne donne aucune information sur la **localisation** d'une machine  
(dans quel réseau est la machine avec qui je veux parler ?)

### Solution 2 :

Mettre une couche supplémentaire pour assurer le routage point à point (**c'est le travail de la couche réseau**) puis diffuser une fois le sous réseau atteint.

Une des solutions inventées et utilisées sur l'Internet est le **protocole IP** !