

# Chapitre 1 : Introduction aux réseaux informatiques

Z:\Enseignements2007-2008\REPR\Cours\1.fm - 19 janvier 2008 15:07

## Plan

- 1. Introduction	p16
- 2. Structure des réseaux	p17
- 3. Les supports de communication	p19
- 4. Caractéristiques de la liaison	p27
- 5. Grandeurs caractéristiques	p33
- 6. Conclusion	p37
- 7. Quelques infrastructures françaises de télécommunication	p38

## Bibliographie

- G. Pujolle, Cours réseaux et télécoms, Eyrolles, 2004.
- J. Kurose, K. Ross, Analyse structurée des réseaux, Pearson Education, 2003.
- A. Tanenbaum, Réseaux, InterEditions, 1997.
- H. Nussbaumer, Téléinformatique - tome 1, Presses polytechniques romandes, 1987.

## 1. Introduction

### 1.1. Définition

La **téléinformatique** est la science des méthodes, des techniques, des équipements permettant l'échange d'informations numériques entre plusieurs systèmes informatiques.

- des méthodes
- des techniques
- des équipements
- transmission d'informations numériques
- entre plusieurs systèmes informatiques

Télécommunication :

- domaine où les systèmes communicants ne sont pas nécessairement informatiques : traitement du signal, transmission analogique, etc.

Applications informatiques réparties

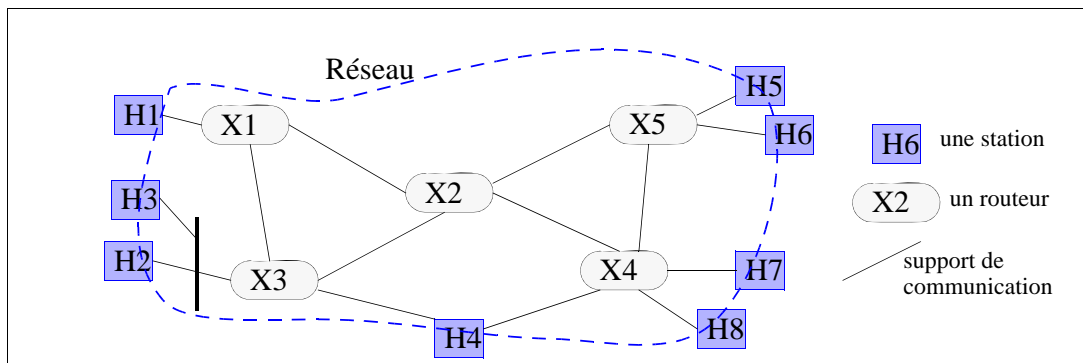
- domaine où les caractéristiques des équipements et des techniques de transmission sont masquées.

## 2. Structure des réseaux

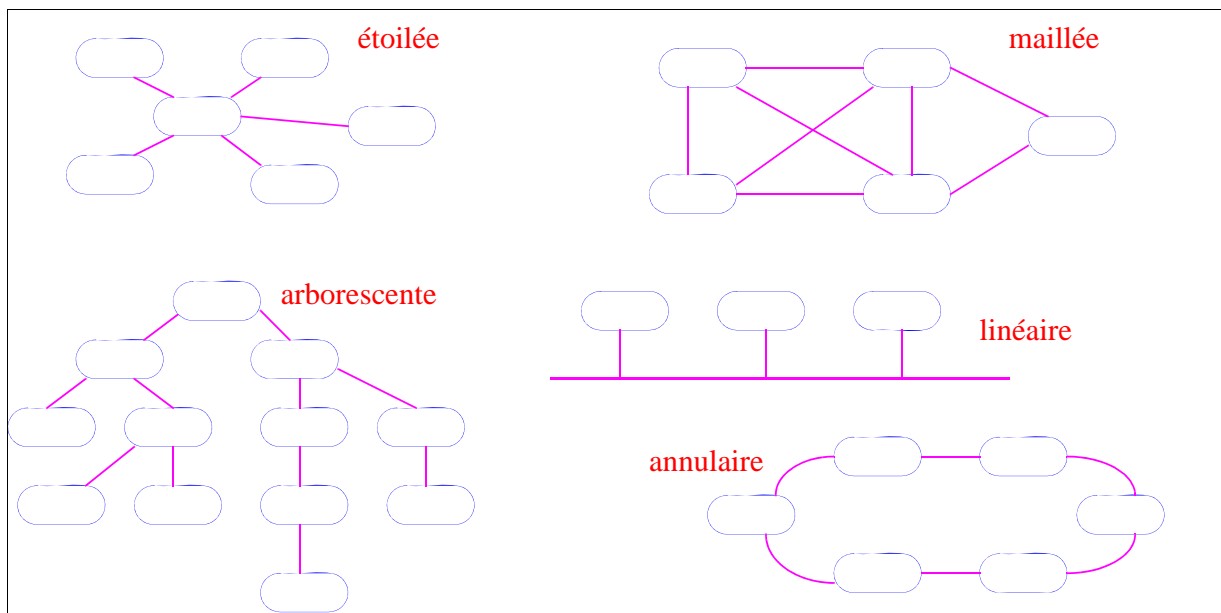
### 2.1. La structuration physique

- Trois types d'éléments :

- les **supports de communication** (câbles, fibres, faisceaux, liaisons physiques, lignes de transmission, médium, etc.) : bipoint ou multipoint.
- les **équipements d'interconnexion** (noeuds, routeurs, ponts, passerelles, etc.)
- les **équipements terminaux** (ordinateurs, stations de travail, serveurs, périphériques, etc.)



### 2.2. Quelques topologies d'interconnexion



Toutes les combinaisons sont possibles !

Quelques critères de sélection des topologies : fiabilité, simplicité, évolutivité, etc.

### 3. Les supports de communication

Trois types d'agents de communication (physique) :

- l'électron
- les ondes électromagnétiques
- le photon

Deux grandes classes de supports de transmission :

- les **supports à guide physique**
  - . les paires torsadées, les câbles coaxiaux, les fibres optiques, etc.
- les **supports sans guide physique**
  - . les ondes hertziennes, radio-électriques, ultraviolettes, lumineuses, infrarouge, ...

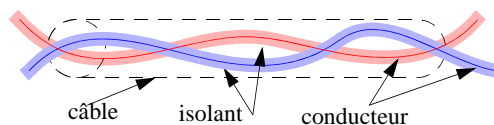
Les supports :

- la paire métallique
- le câble coaxial
- la fibre optique
- les faisceaux hertziens (et autres)

#### 3.1. La paire métallique

Une paire de conducteurs (alliage de Cu) entourés d'un isolant (plastique).

- en paires :
  - . différence de potentiel électrique
- torsadées :
  - . diminution des phénomènes électromagnétiques (atténuation, diaphonie).
- isolées de l'environnement : blindée pour chaque conducteur ou par câble
- diamètres courants du conducteur :
  - . 0,4; 0,6; 0,8; 1 mm
  - . les distorsions croissent en sens inverse du diamètre (circule sur la circonférence) !
- (pupinisées [Pupin]) :
  - . des inductances luttent contre les distorsions du signal



Il existe plusieurs qualités de paires métalliques :

- plus l'impédance est élevée plus l'atténuation est faible.
- 100 Ohm (normalisé EIA/TIA 586A et IEC/ISO 11801), bande passante sur 100 m.
  - . catégorie 3 : 16 Mhz; catégorie 4 : 20 Mhz; catégorie 5 : 100 Mhz.
- 120 Ohm (normalisé par France Télécom et DT : COREL L120)
- 150 Ohm (IBM) :
  - . type 1 : 2 paires torsadées blindées (STP: "shielded twisted pair"), 16 Mbit/s; type 3 : 4 paires torsadées non blindées (UTP : "unshielded twisted pair") équivalent de la catégorie 3; type 2 : type 1+type 3, type 6 : type 1 à conducteurs multibrins.

Les câbles téléphoniques :

- . constitués de multiples paires torsadées
- . paires identifiables grâce à la mise en place d'un système de colorisation de l'isolant de chaque fil de la paire (blanc/rouge, blanc/bleu,...., noir/rouge, noir/bleu,...)

Caractéristiques principales :

- débit : qq 1 Mbit/s sur une longueur d'environ un km.
- prix : faible.
- diamètre : > qq mm.
- impédance : 100, 120 ou 150 Ohm.

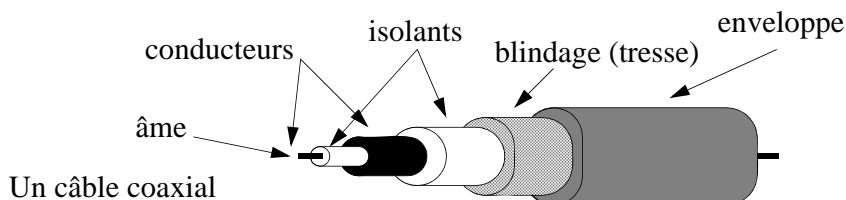
### 3.2. Le câble coaxial

Deux conducteurs ayant le même axe.

- réduit les distorsions électromagnétiques.
- rapport entre les diamètres des 2 conducteurs (Cu) = 3,6.

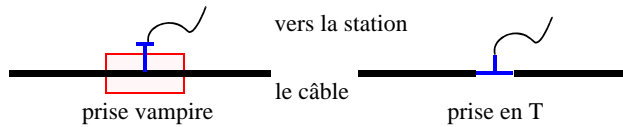
Diamètres courants :

- 2,6/9,5 ou 1,2/4,4 mm.



## Connecteurs :

- prise vampire :
  - . perce le câble.
- prise en T :
  - . nécessite la coupure du câble (prise de type "Bayonet Navy Connector" : BNC)



## Caractéristiques :

- impédance :
  - . 50 Ohm - type Ethernet,
  - . 75 Ohm - type TV (CATV : "Community Antenna TeleVision")
- débit : qq 100 Mbit/s
- encombrant : diamètre > 1 cm, et peu flexible
- coût plus élevé

## 3.3. La fibre optique

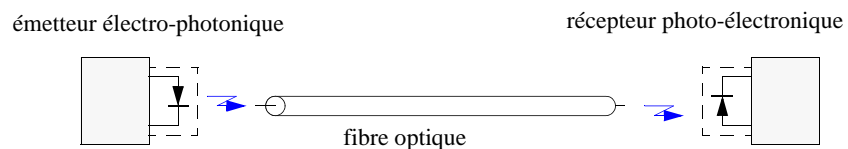
## Fibre de silicium (ou plastique !)

- très grande largeur de bande (fréquentiel)

## Emission optique : 850, 1280 ou 1550 nm

- diode électroluminescente (en AsGa)
- laser (+ puissant, coût + élevé, + faible durée de vie, mono fréquentiel)

## Principe d'émission/réception

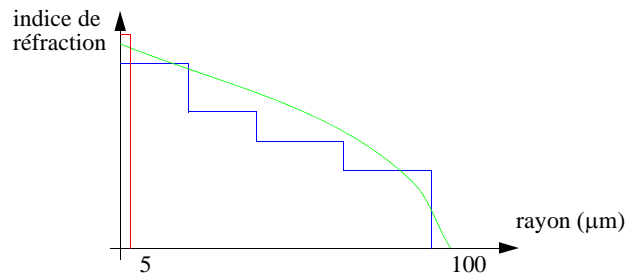


## Caractéristiques :

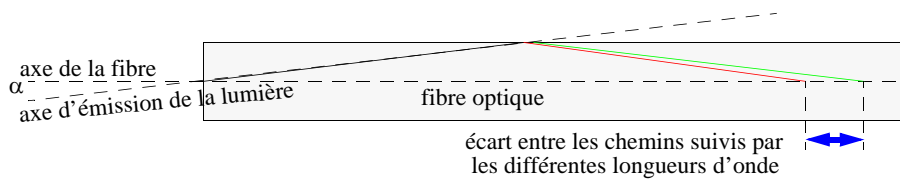
- débit : qq Gbit/s par km
- encombrement d'une fibre : <math><100 \mu\text{m}</math>, <math><5 \text{ g/km}</math>
- les fibres sont rassemblées au sein d'un câble

Trois types de fibres (bande passante):

- multimode à saut d'indice (50 Mhz.km)
- multimode à gradient d'indice (500 Mhz.km) - 65/125  $\mu\text{m}$
- monomode (50 Ghz.km)



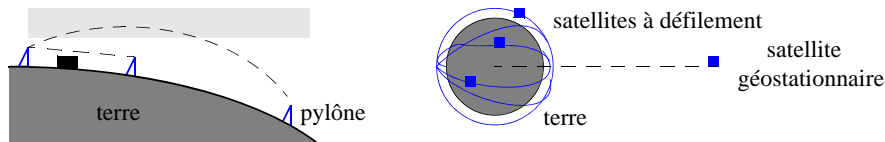
- dispersion : défaut d'alignement + émission non mono-chromatique :



### 3.4. Les faisceaux hertziens

Deux types d'utilisation :

- transmission terrestre (direct ou par réflexion) - portée max. : 50 à 1000 km
  - . ex. : les liaisons d'accès du réseau GSM
- transmission satellitaire - (géostationnaire ou à défilement, hauteur : 36000 ou 800 km)
  - . VSAT ("very small aperture terminal")
  - . LEO ("low earth orbit"), ex : système de satellites Iridium (Motorola)



Visibilité directe :

- sensible aux perturbations atmosphériques

Guide d'onde :

- modulation par transposition en fréquence
- très grande largeur de bande passante : plusieurs Ghz

Diffusion naturelle.

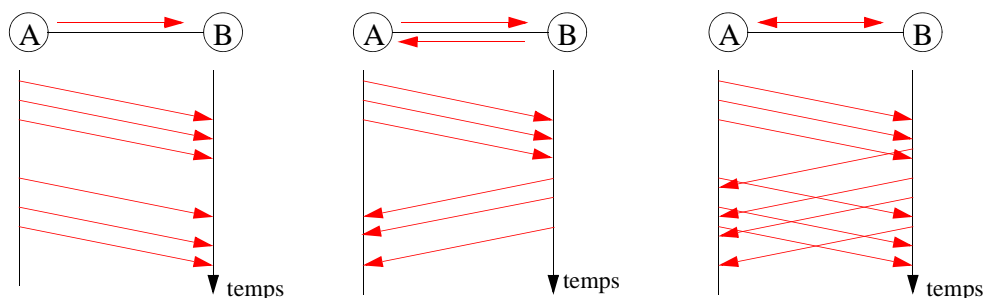
Autres longueurs d'ondes : infrarouge (+ directionnel)

## 4. Caractéristiques de la liaison

Une liaison est une vision logique utilisant un ou plusieurs supports de communication

### 4.1. Type de communication de la liaison

- unidirectionnelle (“simplex”)
- bidirectionnelle à l’alternat (“half duplex”)
- bidirectionnelle (“full duplex”)

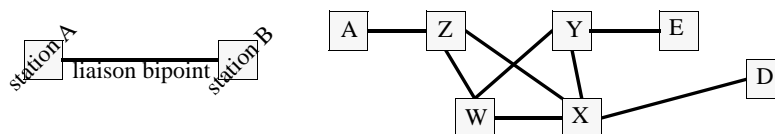


La plupart des liaisons utilisent deux supports de communication : un dans chaque sens, chacun des supports étant utilisé unidirectionnellement (par exemple : 2 paires métalliques).

### 4.2. Le mode de communication de la liaison

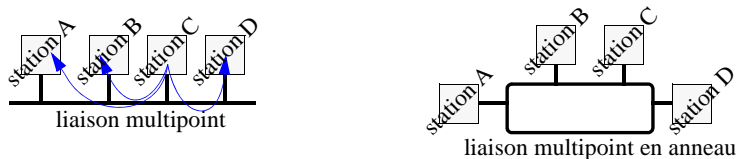
**Mode point-à-point (bi-point)** : les deux équipements sont interconnectés directement via une même et unique liaison.

- l’interconnexion de plus de deux équipements nécessite des équipements intermédiaires



**Mode multipoint** : plusieurs équipements sont interconnectés directement via une même et unique liaison

- les informations envoyées par un équipement sont reçues par tous les autres équipements
- conflit d’accès au support, identification du destinataire
- exemple : les réseaux locaux



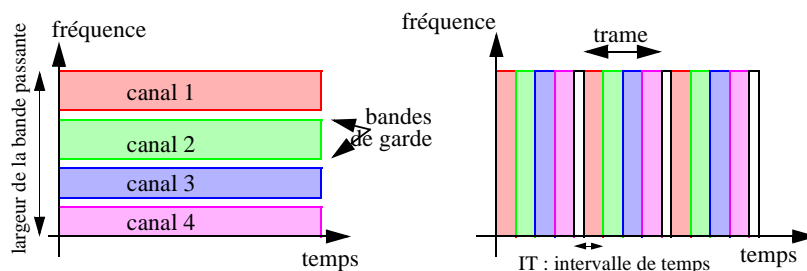
### 4.3. Multiplexage d'une liaison

#### 4.3.1 Fonction :

- Partage d'une même liaison entre plusieurs communications simultanées.

Deux types de multiplexage :

- **Fréquentiel** (FDMA : "Frequency division multiple access") :
  - . répartition en fréquence,
  - . adapté aux transmissions analogiques.
- **Temporel** (TDMA : "Time division multiple access") :
  - . répartition en temps,
  - . plus souple/adaptatif,
  - . uniquement pour les données numériques.



#### 4.3.2 Les trois types de multiplexage temporel

##### - Statique

- . accès réservé - périodique.
- . un intervalle de temps (IT) est implicitement et périodiquement réservé pour chaque canal.
- . une trame est formée d'IT. Un IT au moins pour chacun des canaux.
- . ex : MIC (modulation par impulsions codées)
  - . une trame de 30+2 octets toutes les 125  $\mu$ s
  - . canal = 1 octet toutes les 125  $\mu$ s  $\Rightarrow$  64 Kbit/s

##### - Dynamique

- . multiplexage adaptatif,
- . le nombre d'IT attribués à un canal dépend de la demande (peut être nul !),
- . l'identification IT/canal est souvent explicite.
- . avec pré-réservation : retard et surcoût

##### - Méthode d'accès (?)

- . + souple : contrôle a priori ou a posteriori,
- . sans pré-réservation : **risque de collisions !**
- . employée par les réseaux locaux.



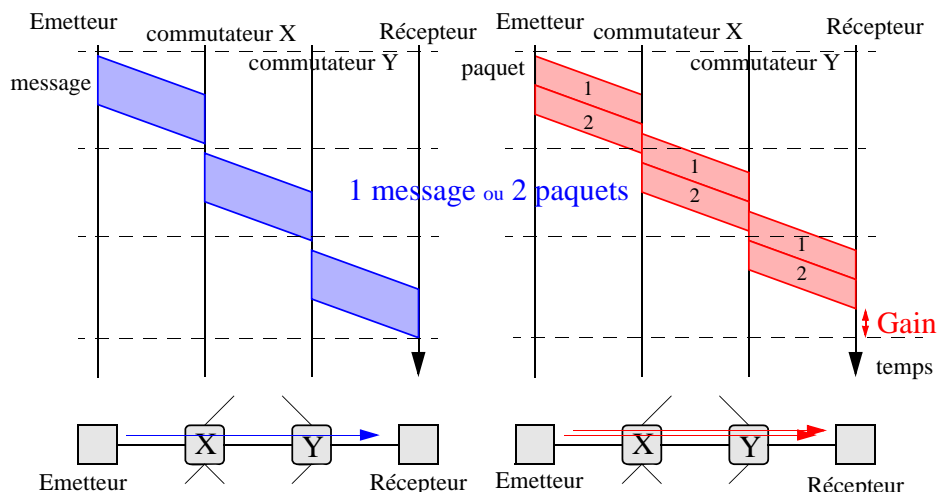
#### 4.4. Techniques de commutation

La commutation est nécessaire lorsqu'une communication emprunte successivement plusieurs liaisons. Les équipements intermédiaires associent une liaison (entrante) à une autre liaison (sortante) parmi celles disponibles.

Trois grandes techniques de commutation (définies par l'unité de commutation) :

- **Commutation de circuits** (procédé analogique) :
  - . l'ensemble des liaisons (le circuit) utilisées pour une communication est réservé à cette communication pendant toute sa durée.
  - . indépendance vis-à-vis de la technique de modulation.
- **Commutation de messages** (procédé numérique) :
  - . la communication est constituée de messages. Une liaison n'est utilisée par une communication que pendant les périodes de transmission de ses messages. D'autres messages appartenant à d'autres communications peuvent utiliser les mêmes liaisons lors de cette communication.
- **Commutation de paquets** (procédé numérique) :
  - . même principe.
  - . cependant les messages sont constitués d'une succession de paquets dont la taille est parfaitement adaptée à la transmission.

- Optimisation :
  - . parallélisation du traitement grâce aux différents équipements intermédiaires
  - . dépend du nombre d'équipements intermédiaires



## 5. Grandeurs caractéristiques

### 5.1. Débit

Unité : bit/s

Débit nominal : vitesse de transmission du support (débit brut)

- exemple : ligne pour transmission asynchrone à 19,2 Kbit/s

Débit utile : débit nominal moins le débit affecté au contrôle de la liaison

- exemple : protocole Start/Stop sur ligne précédente = 8/11 du débit nominal

Evolution actuelle : Mbit/s => Gbit/s

Exemples :

- RTC (+modem) : 9,6, 56 Kbit/s => 8 Mbit/s (avec ADSL)
- Ethernet : 10, 100 Mbit/s => 1Gbit/s
- Token Ring : 1, 4, 16 Mbit/s
- FDDI : 100 Mbit/s
- ATM : 25, 155, 620 Mbit/s => 2,5 Gbit/s

### 5.2. Délai

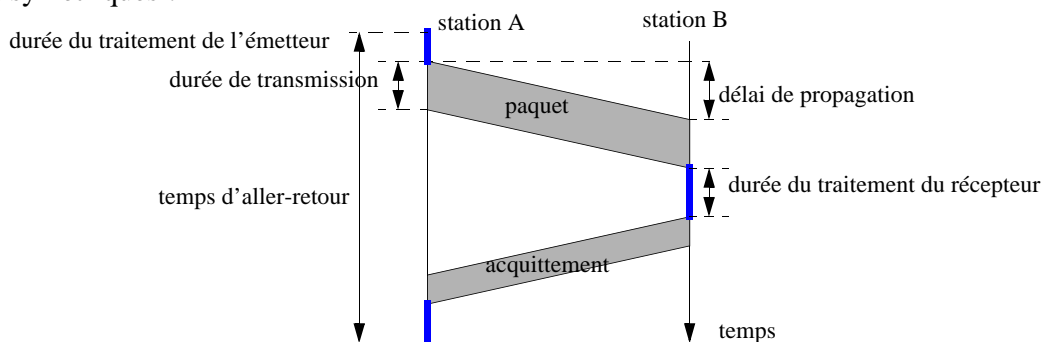
Unité : s

Délai de propagation ( $D_p$ ): éloignement ( $L$ ), délai dûs aux équipements intermédiaires ( $D_i$ ), vitesse de propagation ( $V$ )

Durée de transmission ( $D_t$ ): quantité de données ( $Q$ ), débit ( $D$ )

$$D_p = L/V + \sum_{i \in N} D_i \quad ; \quad D_t = Q/D$$

Temps d'aller-retour = (transmission + propagation + traitements) \*2, si les traitements et la liaison sont symétriques !



Exemples : env. 1 ms sur les réseaux locaux, env. 100 ms sur les réseaux internationaux

### 5.3. Taux d'erreurs

BER ("Bit error rate")

- probabilité qu'un bit soit erroné pendant la transmission

Dépend de la qualité de la transmission, de la charge du réseau, etc.

Exemples :

- $10^{-3}$  = très mauvaise liaison
- $10^{-13}$  = réseau de faible étendue avec un support de très bonne qualité et un environnement contrôlé.

PER ("Packet error rate")

- probabilité qu'un paquet soit erroné lors de la transmission
- dépend du BER, de la longueur des paquets, de la forme des erreurs.

Autres taux d'erreurs :

- taux d'erreurs du message (un message = plusieurs paquets)
- taux d'établissement de la connexion
- taux de disponibilité : MTBF ("Mean Time Between Failure")

### 5.4. Différents types de réseaux

Critères	Bus interne	Réseau local	Réseau d'interconnexion
Utilisation	personnelle (machine)	entreprise (bâtiment)	nationale (internationale)
Mode de commutation	sans	sans (sauf pont)	par paquets (équipements intermédiaires)
Type de transmission	parallèle	série	série
Etendue	10 m	1 km	10000 km
Débit	100 Gbit/s	1 Gbit/s	10 Mbit/s
Délai	1 ns	1 ms	100 ms
Taux d'erreurs (BER)		$10^{-10}$	$10^{-6}$

Ces valeurs ne sont données qu'à titre indicatif, l'évolution des techniques les fait progresser tous les jours

- Quelques acronymes : LAN, MAN & WAN ("Local, Metropolitan or Wide area networks")

## 6. Conclusion

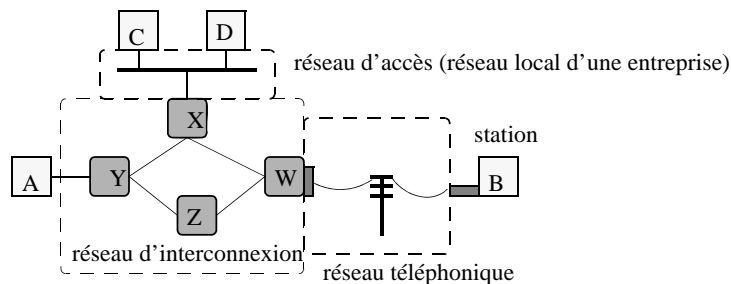
Le but de la téléinformatique est de masquer les caractéristiques de la communication : la topologie, les équipements intermédiaires, les limitations des supports physiques, l'hétérogénéité des stations et celle des applications, etc.

La téléinformatique ne se limite pas uniquement aux caractéristiques physiques de la communication, elle propose des services de traitements répartis et de communication de données : fiabilité, cohérence, chiffrement (cryptage), authentification, intégrité, etc.

- Quelques problèmes à résoudre :
  - adaptation du signal au support
  - contrôle des erreurs de transmission
  - accès au support de communication
  - contrôle de flux
  - technique de routage
  - préservation de l'ordre
  - contrôle de congestion
  - représentation des informations
  - etc.

## 7. Quelques infrastructures françaises de télécommunication

- Transpac (1978) : réseau de données à commutation de paquets - 2,4 Kbit/s à 2 Mbit/s, norme X25. [quantité de données]
- Numéris (1990) : réseau à intégration de service (données informatiques + téléphone numérique) - T0 : 2 canaux B<sub>64</sub> Kbit/s (+1 canal D<sub>16</sub> Kbit/s), norme (HDLC) LAB-D [durée]
- Transfix (1985) : liaison spécialisée numérique (jusqu'à 2 Mbit/s), norme X21 [forfaitaire]
- Réseaux téléphoniques + modem (jusqu'à 8 Mbit/s), norme ADSL [durée et/ou forfaitaire]



- Ethernet, Frame Relay, Internet, ADSL, etc. : des technologies !
- FranceTelecom, AT&T, etc. : des opérateurs !
- Transpac, AOL, etc. : des fournisseurs de services, par ex. d'accès à l'Internet (les FAI) !