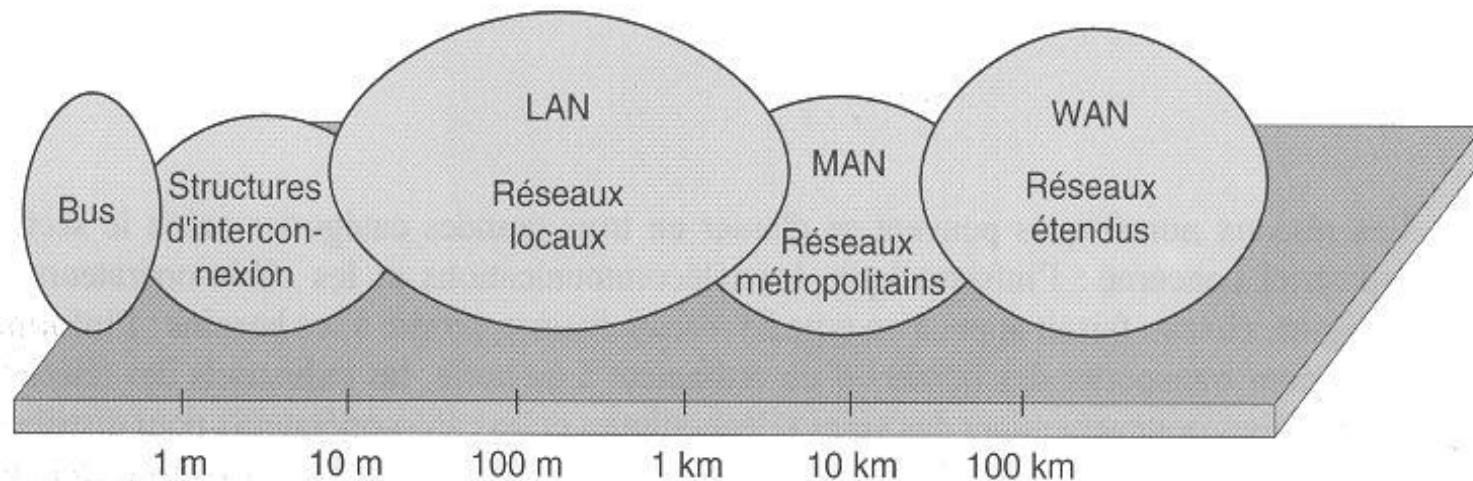


Les réseaux

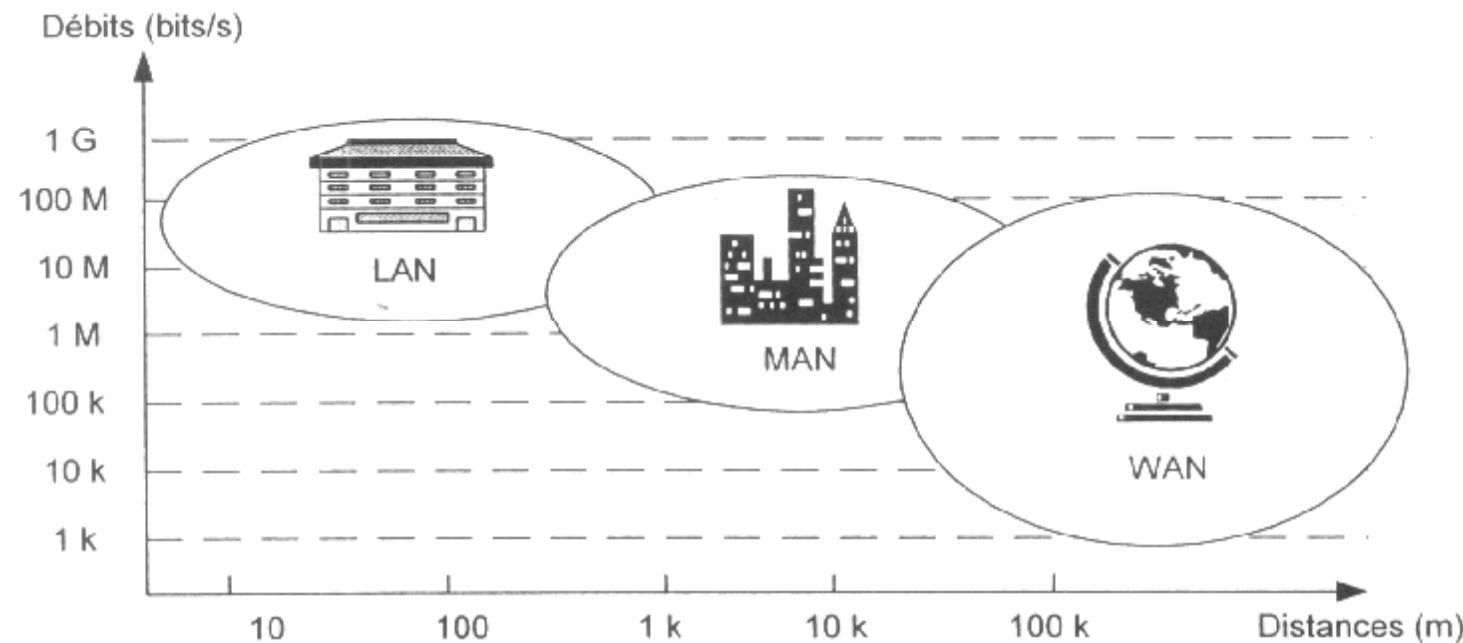
Différents types de réseau

- n **Un réseau est un ensemble de machines permettant la capture ou le traitement d'informations, reliées entre elles afin de pouvoir échanger/ partager ces informations**



Types de réseau et débits

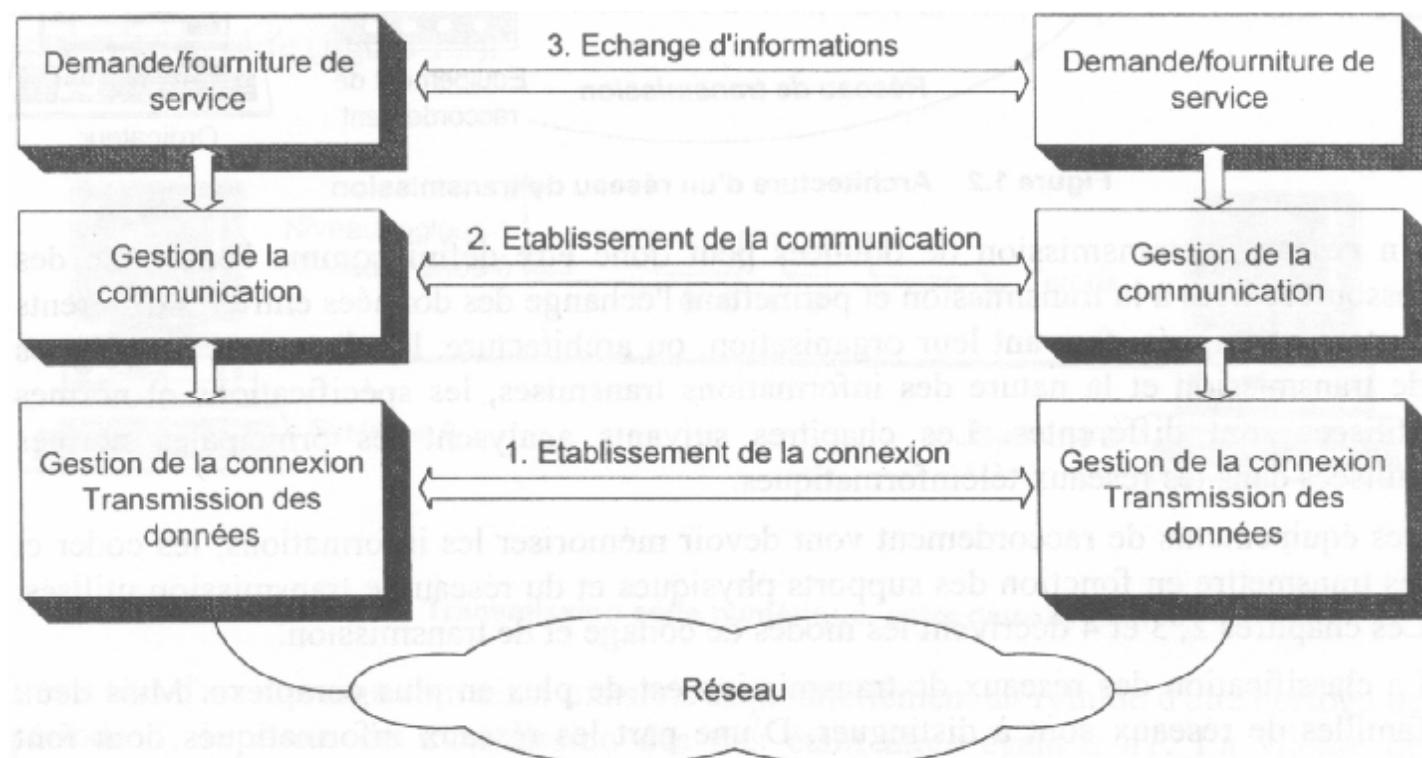
- LAN (Local Area Network)
- MAN (Metropolitan Area Network)
- WAN (Wide Area Network)



Concepts de base

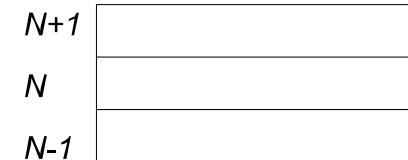
n Architecture des systèmes de communication

- n Pour communiquer les systèmes disposent de trois blocs fonctionnels
 - n Les applications qui échangent les données
 - n Les fonctions destinées à établir la communication
 - n Les fonctions assurant la transmission des données

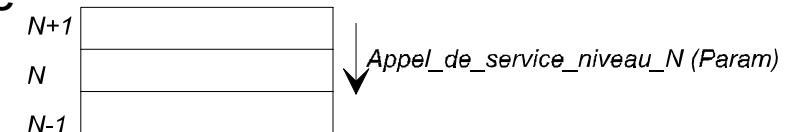


Principes de base des architectures réseau

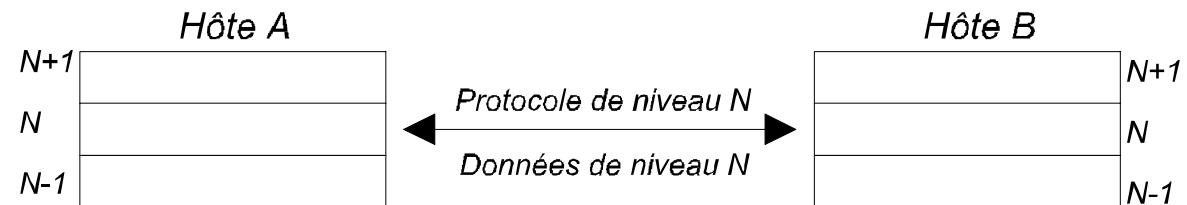
- Couches : tous les systèmes ouverts sont fondés sur une hiérarchie de couches.



- Services : chaque couche a pour rôle de fournir un ensemble de services à la couche immédiatement supérieure.

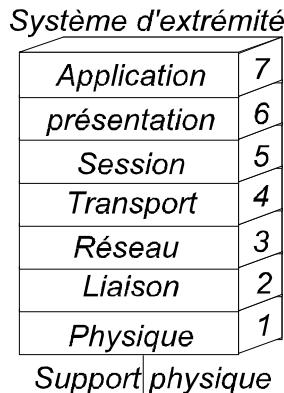


- Protocoles : les échanges entre couches de même niveau sont réglés par des protocoles . Un protocole est un ensemble de règles et de procédures à respecter pour émettre et recevoir des données.

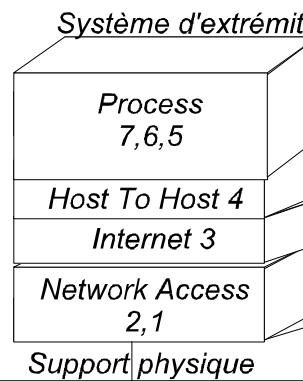


Organisation des modèles actuels

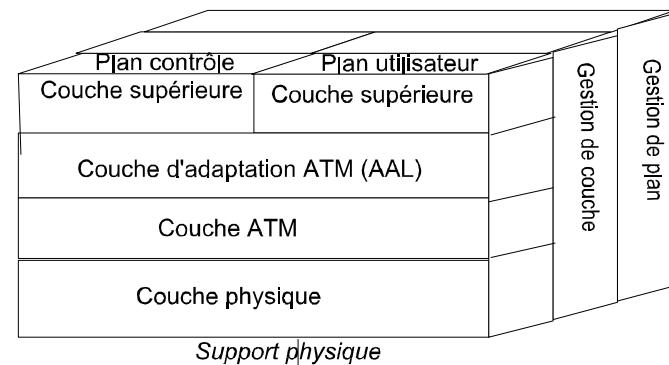
Modèle OSI



Modèle TCP/IP



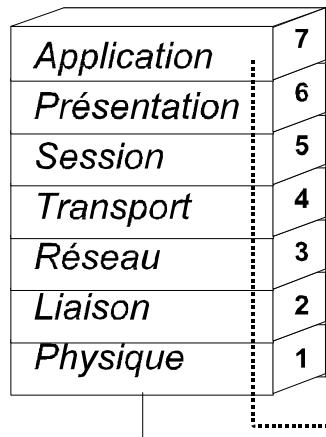
Modèle ATM



- Le modèle OSI, apparu trop tard, est aujourd'hui un échec face au modèle TCP-IP plus ancien mais efficace.

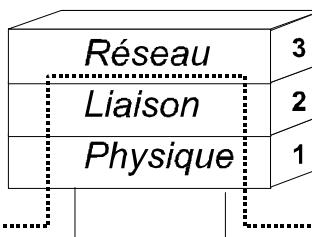
LE MODÈLE OSI

Système d'extrémité A



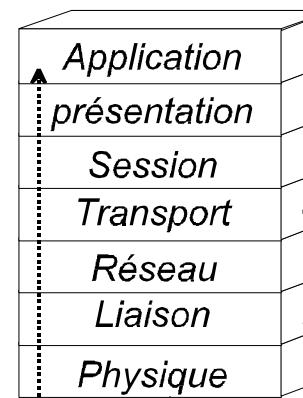
Réseau 1

Exemple de système intermédiaire d'interconnexion de réseaux: le routeur



Réseau 2

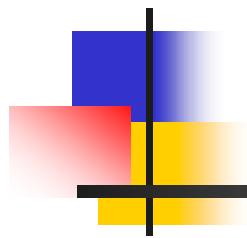
Système d'extrémité B



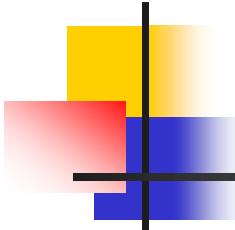
↑ Traitement des infos
 ↓ gestion de la communication de bout en bout
 ↑ Acheminement des infos de point à point

- Les couches 1 à 3 correspondent aux fonctions d'acheminement des informations et concernent tous les équipements.
- Les couches 6 et 7 correspondent aux traitements répartis à effectuer sur les informations échangées et ne concernent que les équipements d'extrémités.
- Les couches 4 et 5 assurent la gestion de la communication de bout en bout et constituent une frontière stable entre le monde des transmissions et le monde des traitements (informatique, automatique, robotique..).
- Un message est transféré de A vers B en descendant toutes les couches du côté de A puis en remontant du côté de B après avoir parcouru la distance séparant A et B par le canal de transmission (réseau 1 puis réseau 2).

Modèle OSI : couche 1

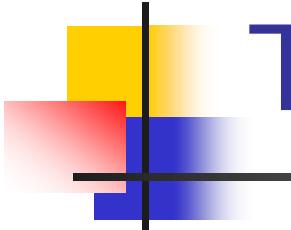


La couche physique



La couche physique

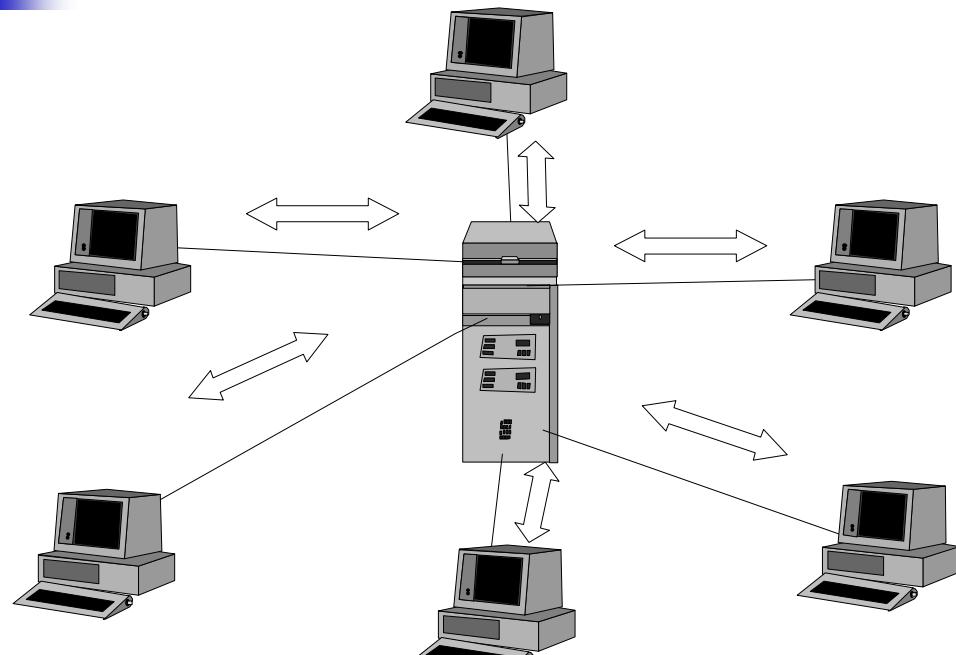
- La couche 1 décrit les interfaces mécaniques et électriques et les protocoles d'échanges des bits. On distingue :
 - La topologie
 - Le support de transmission
 - Modes d'exploitation
 - Modes de transmission (asynchrone, synchrone)
 - Modes de transmission (bande de base, large bande)
 - Les codages de l'information électrique
 - La détection et/ou correction d'erreurs



Topologie des réseaux

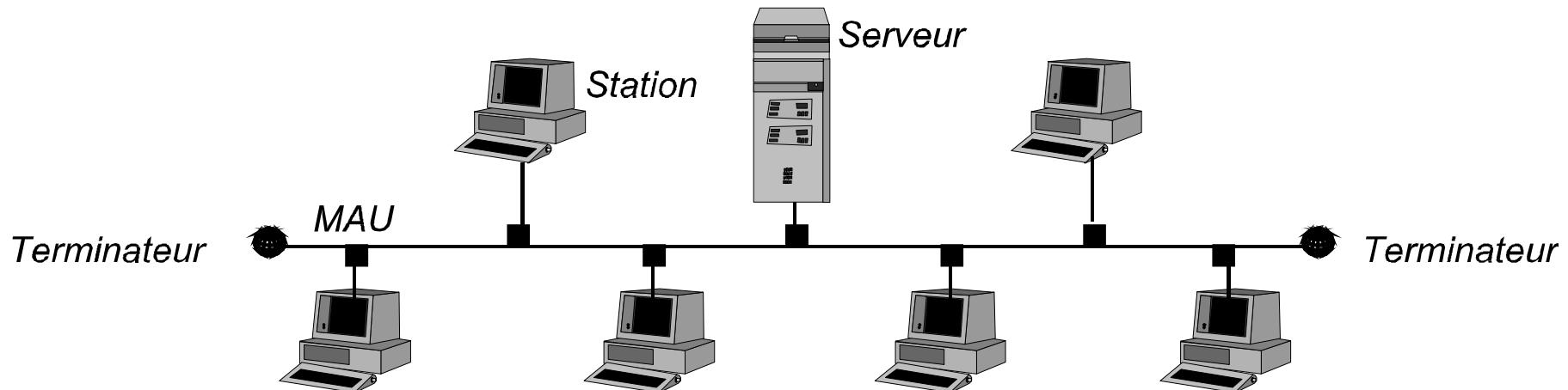
- La topologie d'un réseau c'est la manière dont les stations sont reliées entre elles et aux serveur.
- Selon la topologie on distingue deux classes de réseaux :
 - Les réseaux en mode de diffusion : toutes les stations partagent un seul support de transmission. Chaque message envoyé est reçu par tous. Le message contient l'adresse de la station cible. Elle seule le traitera. Une seule station à la fois peut envoyer un message. Pour cela chaque station doit écouter le réseau pour en connaître la disponibilité.
 - Les réseaux en mode point à point : le message doit circuler de station en station liées les unes aux autres pour atteindre son destinataire.

Topologie étoile



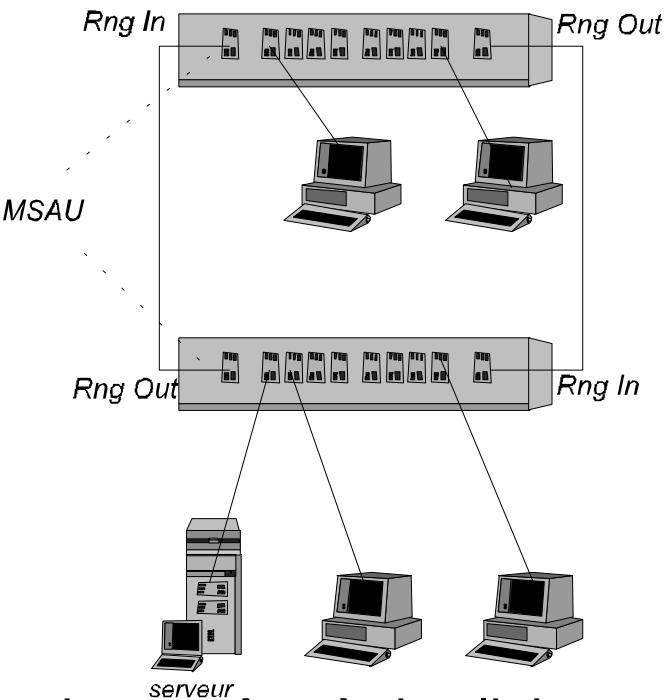
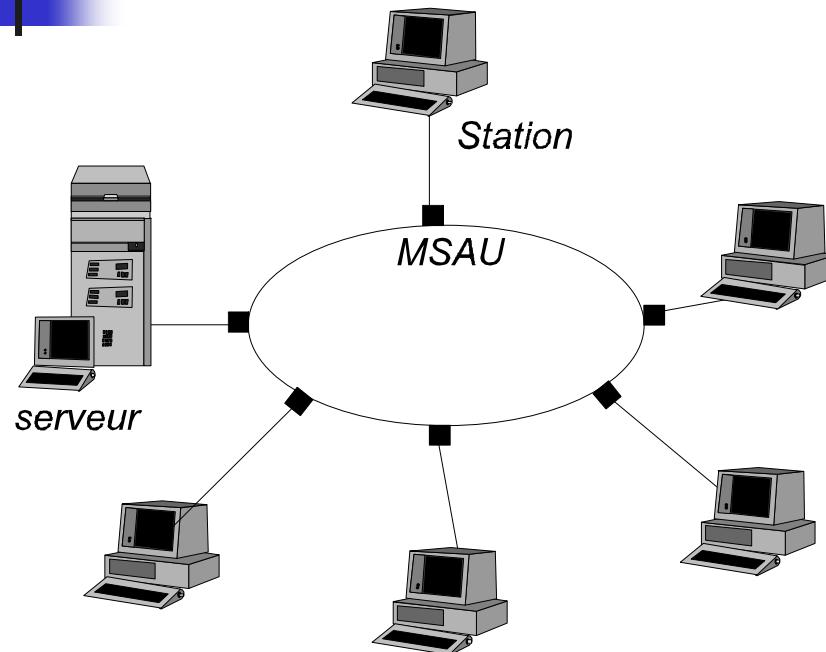
- Elle correspond à une liaison bi-directionnelle point à point entre les stations et le serveur. Quasiment plus utilisée aujourd'hui.

Topologie bus



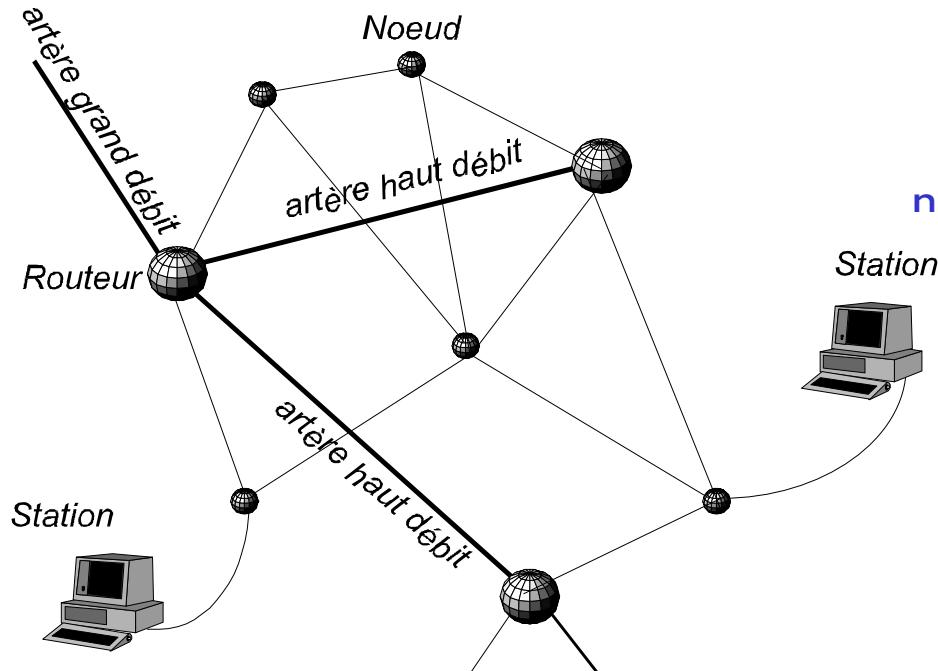
- Le support de transmission est unique et chaque station et le serveur communiquent en permanence de manière bidirectionnelle.
 - MAU : Medium Access Unit
 - Le terminateur évite les réflexions.
 - Câblage économique, extensibilité très facile. Adopté à l'origine dans les réseaux Ethernet et la plupart des réseaux locaux Limité en bande passante et remplacé aujourd'hui par la paire torsadée.

Topologie anneau



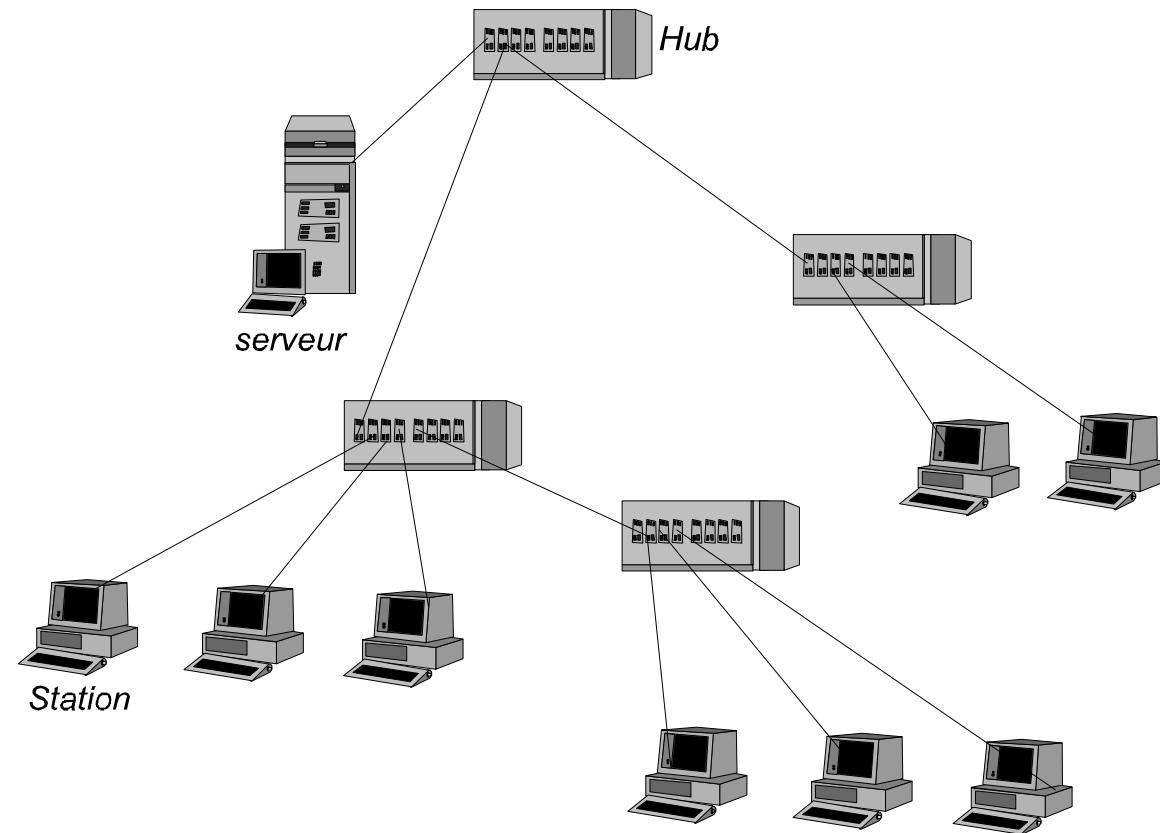
- Les informations circulent en sens unique grâce à des liaisons point à point monodirectionnelles entre une station et la suivante. On trouve des configurations bidirectionnelles basées sur la constitution de deux anneaux.
- Adopté par IBM pour son Token-Ring (double anneau à jeton).

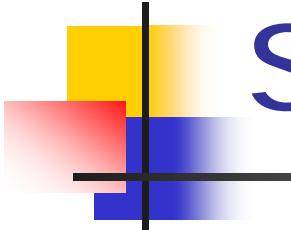
Le maillage



- L'information peut parcourir le réseau suivant des itinéraires divers. Le chemin est défini par routage ou par commutation de circuit.
- Remarque : l'utilisation de concentrateurs (hubs) ou commutateurs (switches) dans les réseaux locaux Ethernet Bus ou de coffrets de raccordement MSAU dans les réseaux locaux Token-Ring peut faire penser à une topologie en étoile. En fait ces dispositifs reproduisent électroniquement la topologie bus ou anneau.

Câblage en étoile sur une topologie Bus



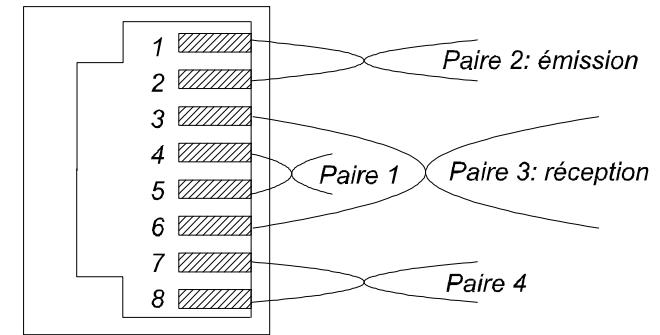


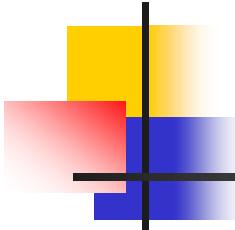
Supports de transmission

- Le câble coaxial fin (10Base2 – coaxial fin 10Mbits/s bande de base - sur ≈200m sans répéteur). Très bonne immunité au bruit. En voie de disparition. Connexion par BNC (Bayonet Nut Connect).
- Le câble coaxial épais (10base 5 – – 10Mbits/s bande de base coaxial épais - sur ≈500m sans répéteur). Très bonne immunité au bruit. En voie de disparition. Connexion par connecteur AUI.
- La paire cuivre téléphonique : autorise aujourd'hui jusqu'à 56kbits/s sur quelques km.

Supports de transmission

- La paire cuivre torsadée non blindée UTP (Unshielded Twist Pair)
 - Catégorie de 1 à 5. 10baseT (10 pour 10Mbits/s - base : bande de base - T : paire Torsadée) et 100baseT 100Mbits/s en catégorie 5.
 - Faible immunité au bruit. Connexion par prise RJ45. Longueur maxi 1km sans répéteur.
- La paire cuivre torsadée blindée STP (Shielded Twist Pair). 100BaseT 100Mbits/s sur quelques 100m). bonne immunité au bruit. Connexion par prise RJ45. Longueur maxi 1km sans répéteur.
- Les fibres optiques. Immunité au bruit excellente. 1000Mbits/s jusqu'à 10km.
- Les faisceaux hertziens pour les liaisons par satellites et les liaisons infrarouges, laser ou hertziennes pour les courtes distances (réseaux locaux, métropolitains ou personnels).





Modes d'exploitation

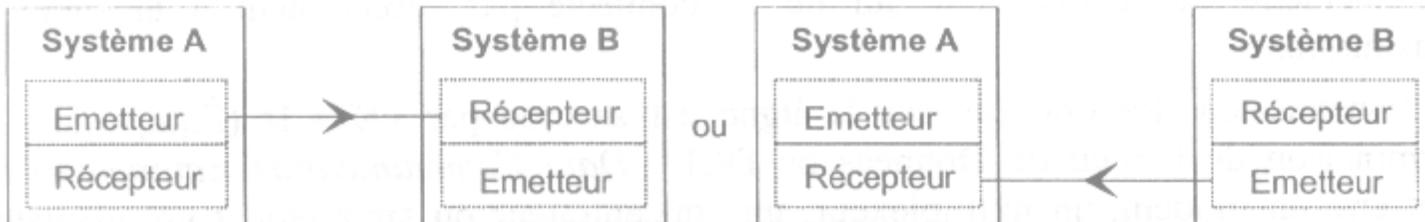
- Simplex : une seule ligne pour une transmission dans un seul sens.
- Semi Duplex : une seule ligne pour une transmission dans les deux sens mais en alternance.
- Duplex Intégral: deux lignes pour une transmission simultanée dans les deux sens ou une seule ligne avec multiplexage fréquentiel.

Mode d'exploitation

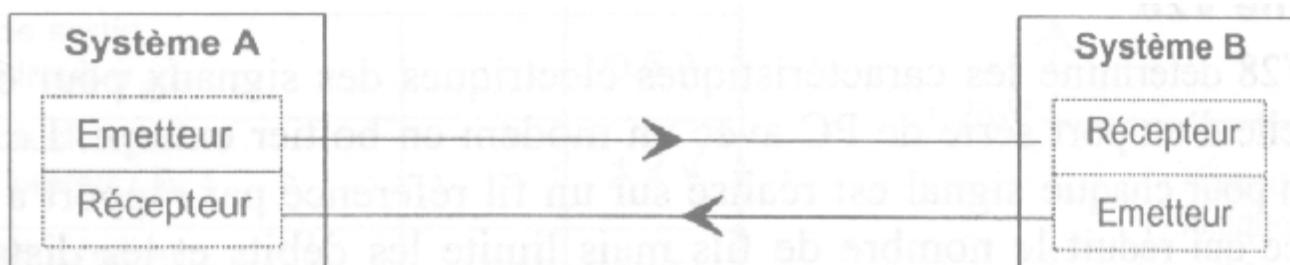
- Liaison simplex



- Liaison semi – duplex

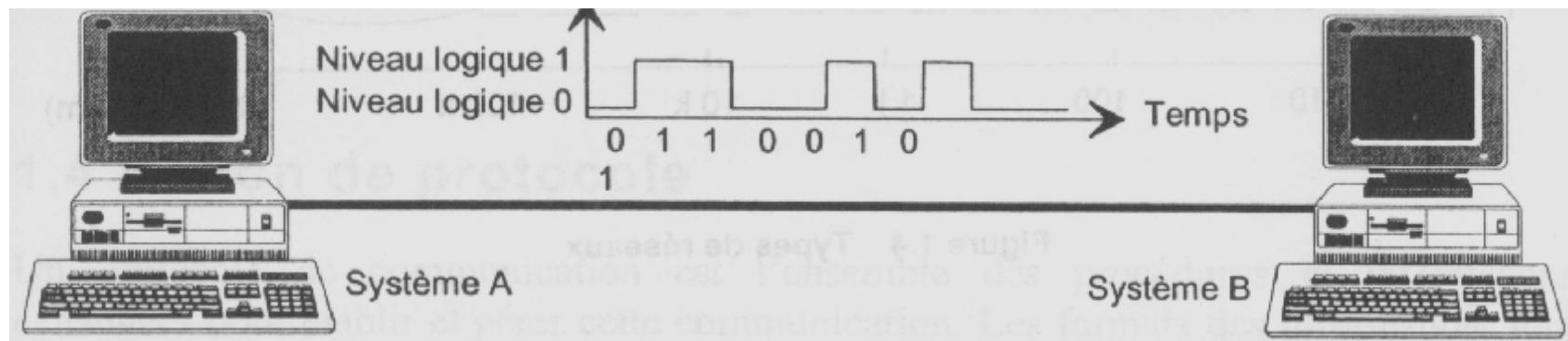


- Liaison duplex intégral



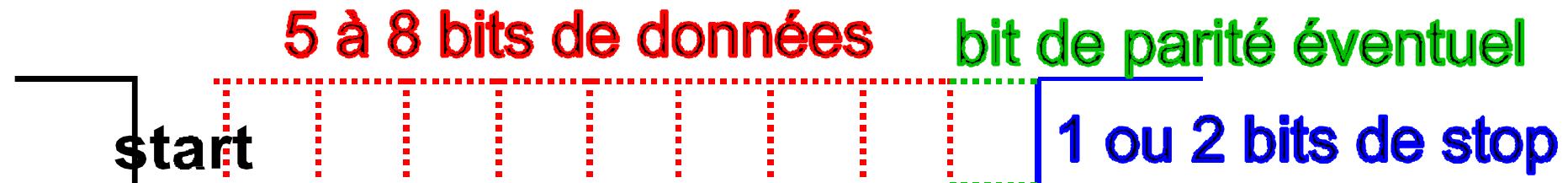
Codage et transmission série

- Le codage est l'opération qui fait correspondre à chaque groupe de bits (généralement 8 bits) une valeur binaire dans un code déterminé.
- Les éléments binaires sont généralement transmis sous forme série.



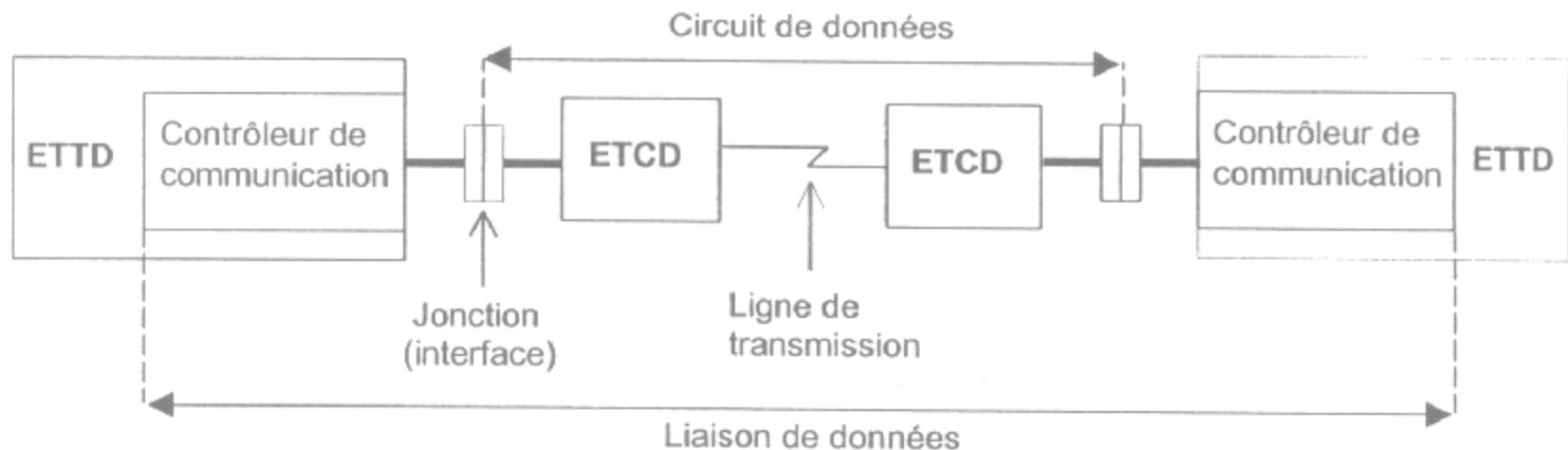
Modes de transmission asynchrone, synchrone

- **Transmission asynchrone (V24/ RS232) bipoint**
 - Chaque donnée est encadrée par des bits de synchronisation (bits de poids faible en tête)
 - + 12 V : niveau logique "0"
 - - 12 V : niveau logique "1"



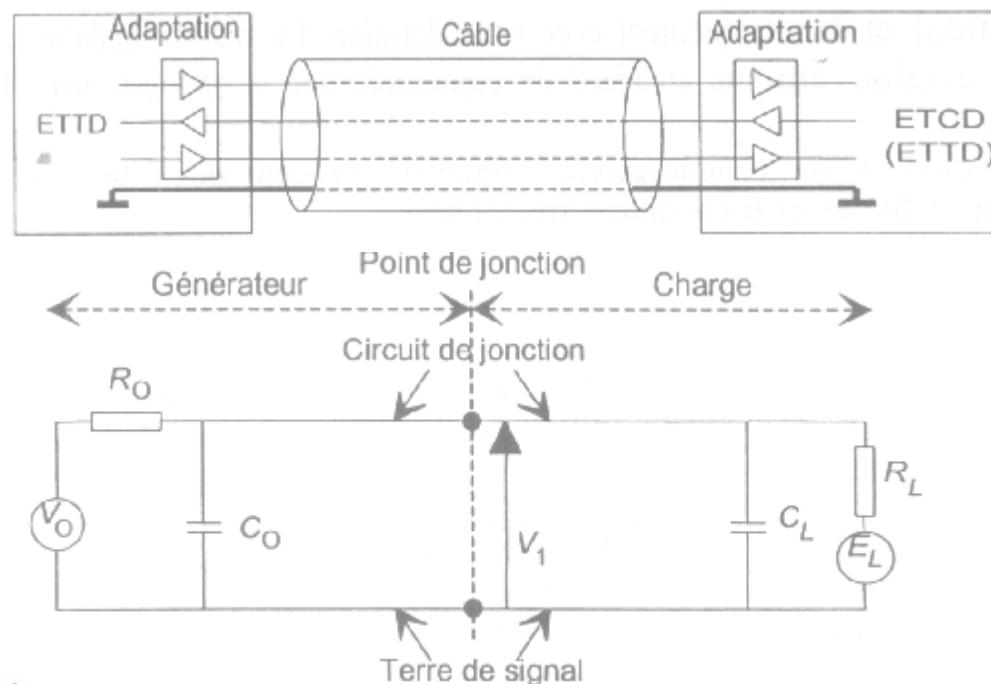
Eléments d'une liaison

- Une liaison est composée d'un ETTD ou DTE (Equipement Terminal de Traitement de Donnée) qui intègre un contrôleur de communication
- La transmission des données est assurée par un ETCD ou DCE (Equipement Terminal de Circuit de Données)

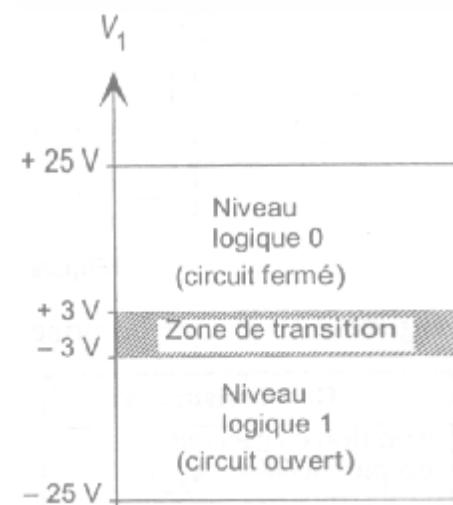


Normalisation des jonctions (RS232)

- Norme V28 : détermine les caractéristiques électriques des signaux de liaison en mode non différentiel

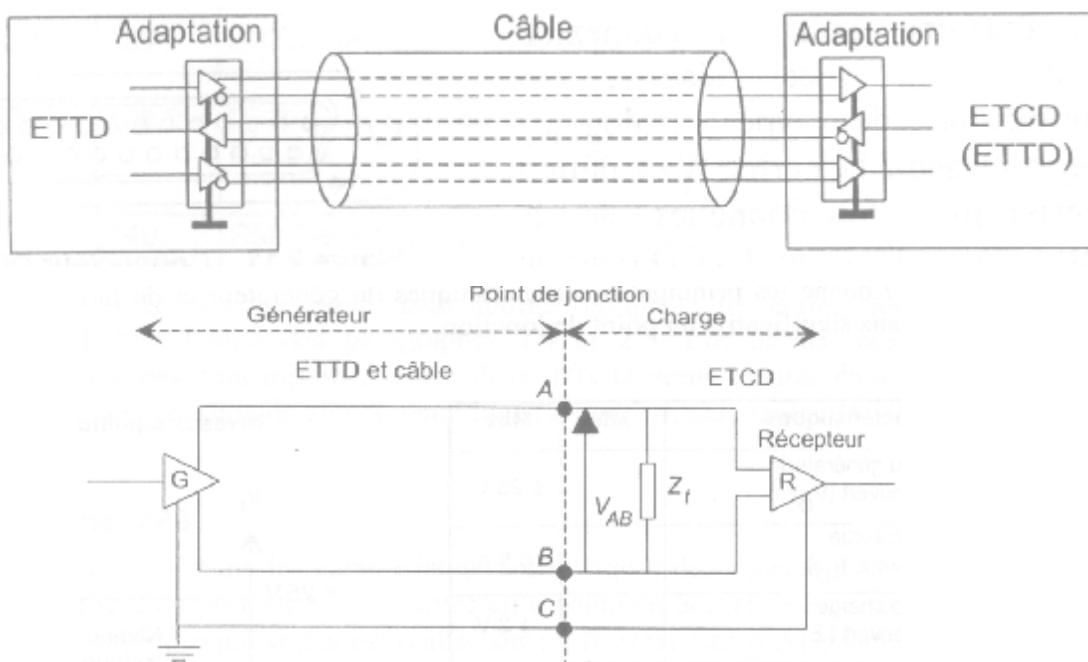


Caractéristiques	Min.	Max.
Tension du générateur en circuit ouvert (V_O)		± 25 V
Courant de sortie en court-circuit (I_O)		0,5 A
Tension de charge en circuit ouvert (E_L)		± 2 V
Tension de jonction sur charge R_L pour $E_L=0$ (V_1)	± 5 V	± 15 V
Résistance de charge (R_L)	3 k Ω	7 k Ω
Capacité parallèle de charge (C_L)		2500 pF
Support	1 fil	
Vitesse	20 kbit/s	
Longueur du câble	50 m	

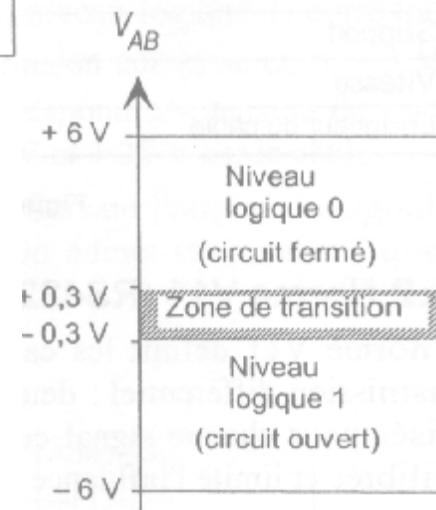


Normalisation des jonctions (RS422 & RS485)

- Norme V11 : détermine les caractéristiques électriques des signaux de liaison en mode différentiel



Caractéristiques	Min.	Max.
Tension du générateur en circuit ouvert (V_{AB})		$\pm 6 \text{ V}$
Courant de sortie en court-circuit (I_o)		150 mA
Résistance interne du générateur	50 Ω	100 Ω
Résistance totale de charge	100 Ω	
Support	paire différentielle	
Vitesse	10 Mbit/s	
Longueur du câble	10 m - 1 km	



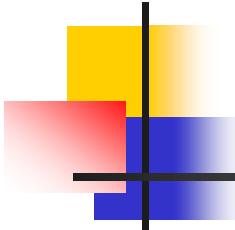
Transmission synchrone (X.21, X.25)

- Elle nécessite un signal d'horloge (transmis ou décodé)
 - message orienté caractères :



SOH : Start Of Header
STX : Start Of teXt
ETX : End Of teXt
ETB : End of Transmission Block
BCC : Block Check Caracter

- message orienté bit (une trame) est encadré par des bits de synchronisation. (voir fanion HDLC).

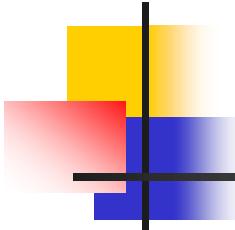


Rapidité de modulation

- La transmission dans le circuit (UART, USART, ACIA, SCC) est cadencée par une horloge dont la période (T) détermine la rapidité de modulation R_m .

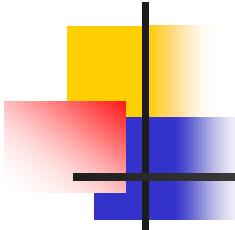
Le baud est l'unité de vitesse de modulation d'une ligne :

- rapidité de modulation $R_m = \frac{1}{T}$



Débit binaire

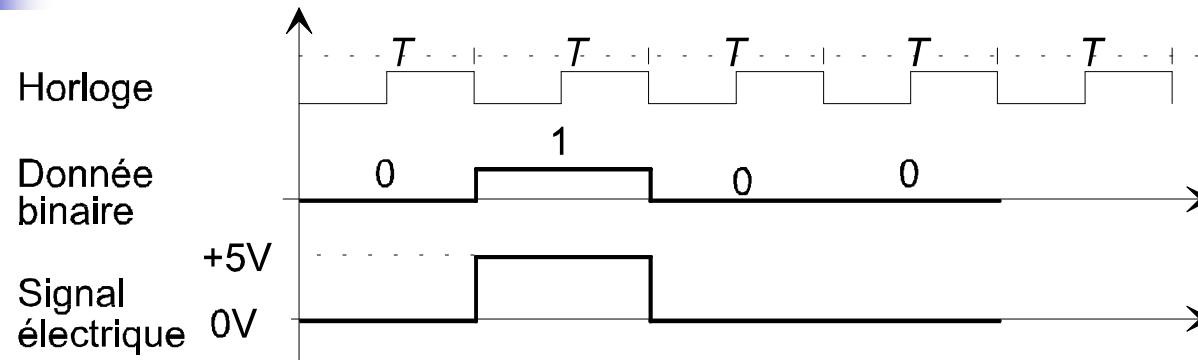
- Le débit binaire indique la quantité de valeurs logiques transmises par seconde (bps : bits par seconde). On peut écrire :
 - débit binaire $Dbps = \frac{R_m}{k} \log_2(V)$
 - V valence = nombre d'états utilisés pour représenter l'information.
 - k est le nombre de valeurs physiques utilisées dans une période de modulation pour coder une information logique.



Modes de transmission

- L'information électrique, image de la donnée binaire est directement appliquée sur la ligne.
- Du fait des phénomènes d'atténuation sur les câbles, ceci n'est possible que si les distances ne sont pas trop grandes. Cette technique est réservée aux réseaux locaux.

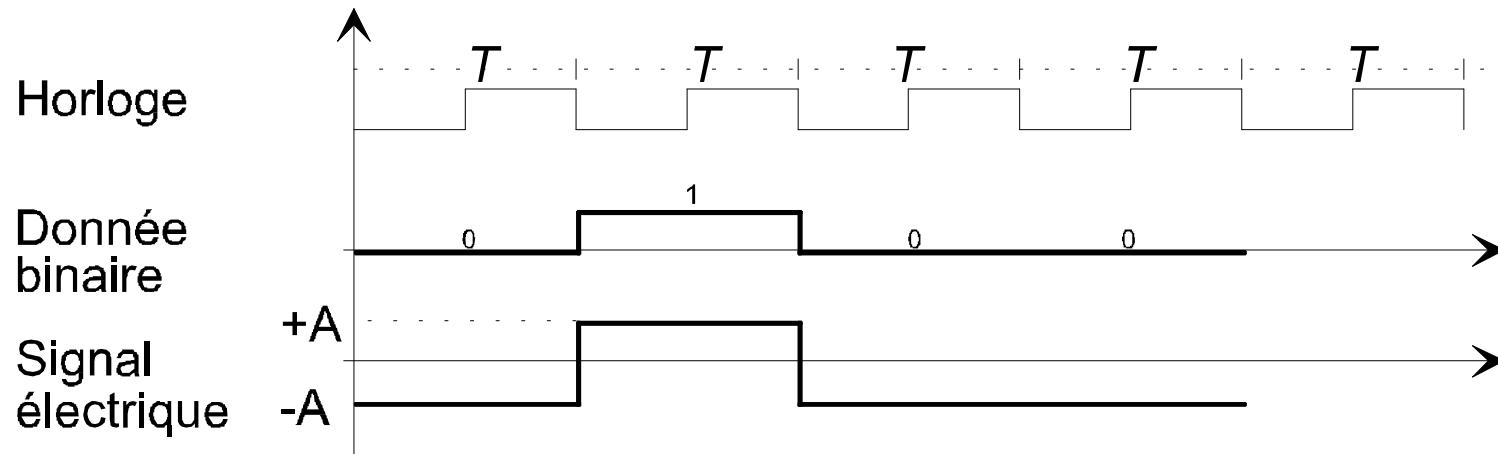
Code tout ou rien



- Ci-dessus, dans un intervalle de modulation T on code un bit.
- Ce procédé présente l'inconvénient de contenir une composante continue très mal supportée par les lignes et le dispositifs électroniques

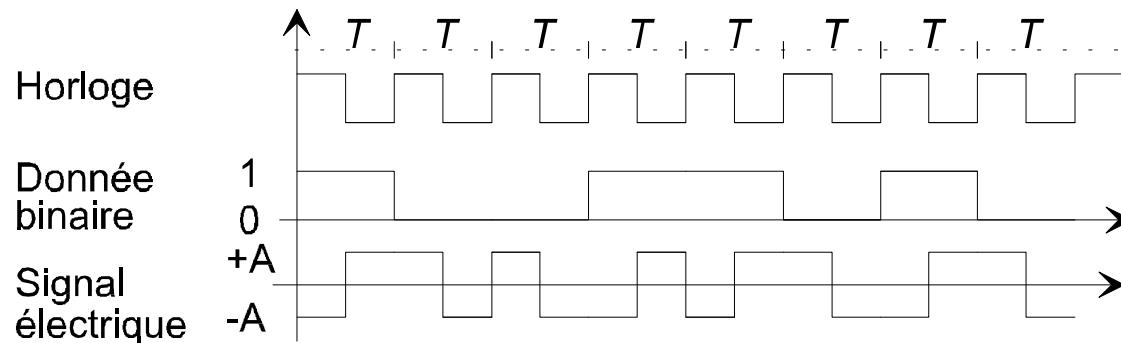
@ [Calcul du débit binaire](#)

Codage NRZ (Non Retour à Zéro)



@ [Calcul du débit binaire](#)

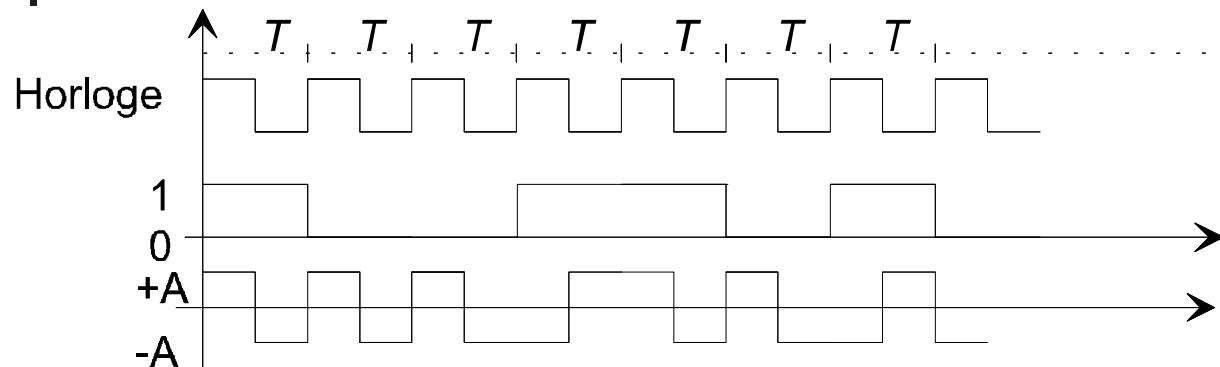
Codage MANCHESTER ou biphasé (XOR)



@ [Calcul du débit binaire](#)

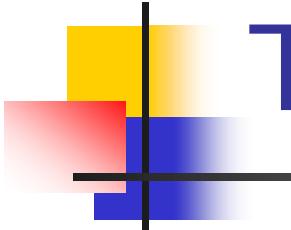
- Un front montant au milieu d'un « 1 »
- Un front descendant au milieu d'un « 0 »
- Note : Ce code est équivalent à un XOR entre donnée et l'horloge. Il peut être utilisé dans une transmission synchrone puisqu'il se produit une transition à chaque bit. C'est le code utilisé dans les réseaux Ethernet.

Codage MANCHESTER différentiel



Avec ce codage, la polarité de la paire de câble est sans importance.

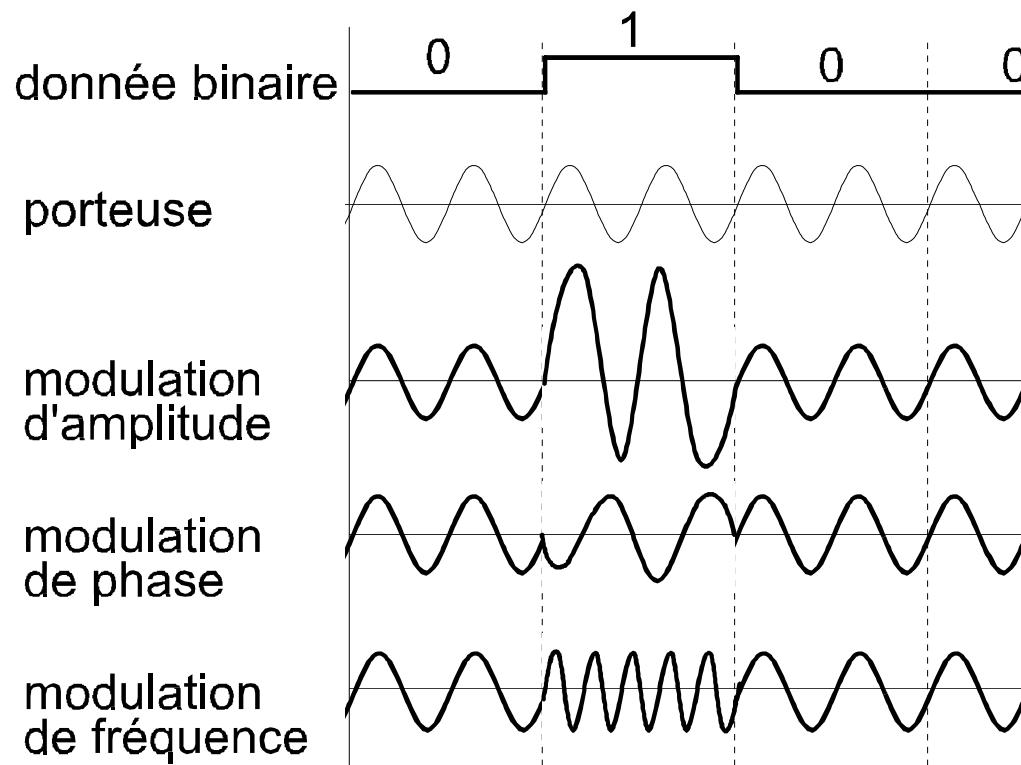
- Une transition au milieu du bit
- une transition en début d'un «0»
- pas de transition en début d'un «1».



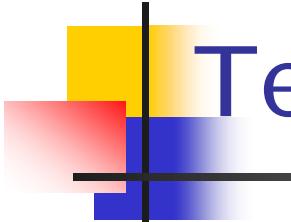
Transmission large bande

- Dès que les distances augmentent, l'atténuation en ligne des signaux bande de base nécessiterait de placer de nombreux répéteurs sur le réseau.
- On module un signal sinusoïdal qui reste facilement décodable par le récepteur même s'il est atténué.
 - L'information est véhiculée sur la sinusoïde modulée par la valeur binaire à transporter.
 - Dans le récepteur on effectue l'opération inverse.
- Les Modems (modulateur–démodulateur) sont les dispositifs capables d'effectuer cette transformation du signal.
- Cette technique permet de plus de transporter simultanément plusieurs messages par multiplexage fréquentiel.

Transmission large bande (2)



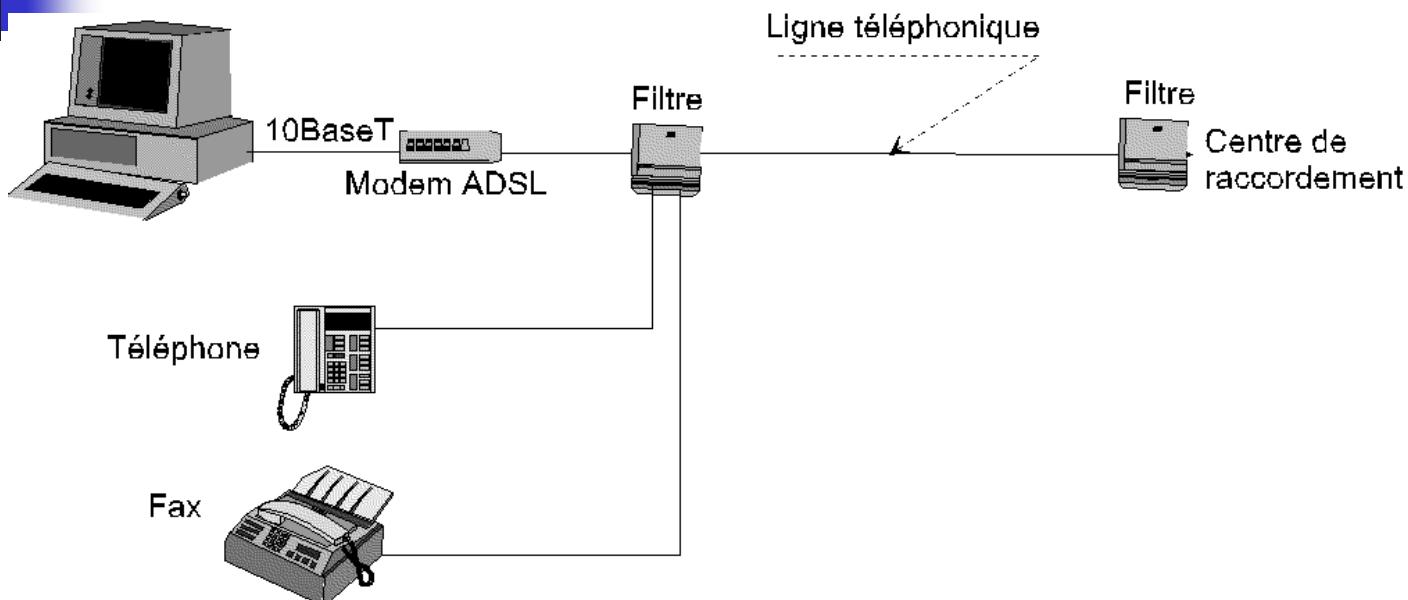
- Les modulations utilisées dans les modems sont :
 - Modulation par saut d'amplitude (ASK)
 - Modulation par saut de phase (PSK)
 - Modulation par saut de fréquence (FSK)



Technologie xDSL (Subscriber Line)

- xDSL: Ligne Numérique à Paire Asymétriques.
- Regroupe l'ensemble des technologies mises en place pour un transport numérique de l'information sur une simple ligne de raccordement téléphonique.
- On améliore le rapport signal sur bruit et on limite la connexion à quelques km.
 - On obtient une amélioration de la bande passante mise à profit pour faire circuler plus d'informations sur les fils.
- La technologie xDSL est divisée en deux grandes familles :
 - une transmission symétrique (même débit entrant (Downstream) et sortant (Upstream) de l'abonné).
 - une transmission asymétrique, l'A(asymmetric)DSL : débits Downstream et Upstream différents .

La connexion ADSL

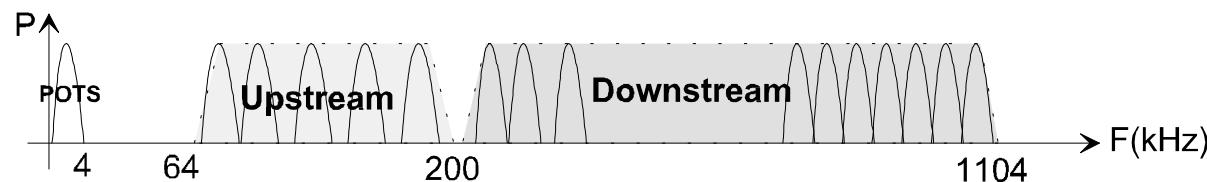


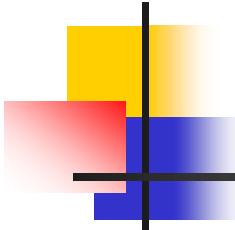
- La connexion point à point est effectuée via une ligne téléphonique entre deux équipements :
- le NT (Network Termination) installé chez l'utilisateur
- le LT (Line Termination) installé dans le centre de raccordement.
- L'ADSL permet le transport de données TCP/IP, ATM et X.25.

La connexion ADSL (2)

En ADSL on peut exploiter une bande passante de 1MHz :

- La bande passante de 0 à 64 kHz est réservée à la téléphonie analogique (POTS).
- La bande passante de 64kHz à 1104Khz est découpée en 256 canaux de 4kHz :
 - La bande 64kHz-200kHz est affectée au flux montant et permet un débit de 64 à 640kbps
 - La bande 200kHz-1104kHz est affectée au flux descendant et permet un débit 500kbps à 2Mbps
- Cette technique permet de faire coexister sur une même ligne :
 - un canal descendant (downstream) de haut débit, du réseau vers l'utilisateur
 - un canal montant (upstream) moyen débit de l'utilisateur vers le réseau
 - un canal de téléphonie (appelé POTS - Plain Old Telephone Service - en télécommunication).



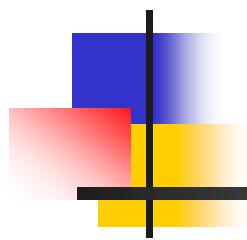


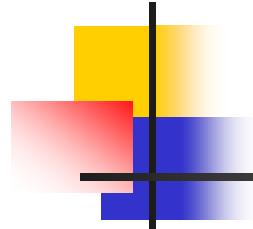
La connexion ADSL (3)

- Tout se passe comme si on disposait de 256 modems synchronisés entre eux se répartissant la transmission des données.
- Les solutions commerciales grand public actuelles fournissent jusqu'à 8Mbps en flux descendant et 800kbps en flux montant.
- ADSL2 permet encore de gagner 25% de débit descendant (jusqu'à 10Mbps)
- ADSL2+ en augmentant la bande de fréquence utilisable à 2.2MHz permet des débits jusqu'à 25Mbps en flux descendant et 1.2Mbps en montant.

Modèle OSI : couche 2

Couche LIAISON de données



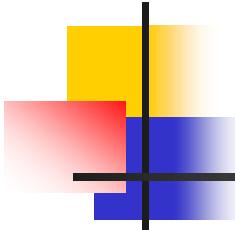


LA COUCHE LIAISON

- Assure l'échange des données entre deux nœuds adjacents
- La gestion des flux
- L'accès au support
- L'unité de données est la trame
- L'équipement d'interconnexion est le SWITCH (COMMUTATEUR)

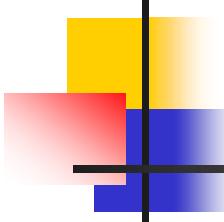
Notions sur la détection d'erreurs

- La détection des erreurs de transmission se fait par l'usage :
 - de codes détecteurs d'erreurs (Frame Check Sequence) :
 - la prise en compte de l'erreur peut être faite en :
 - remontant un message d'erreur vers les couches supérieures qui connaissent les taux d'erreur acceptable
 - demandant une ré-émission des trames erronées à l'émetteur
 - de codes correcteurs d'erreurs (codes de hamming) : le récepteur est capable de corriger de lui-même les erreurs de transmission.



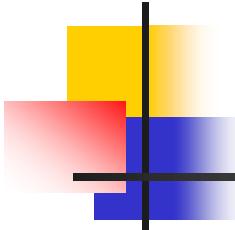
Codes détecteurs d'erreur

- Bit de parité
- Somme de contrôle
- CRC (Cyclic Redondancy Check)



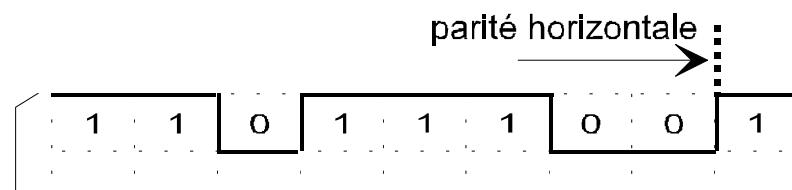
Codes correcteur

- CRC (Cyclic Redondancy Check)



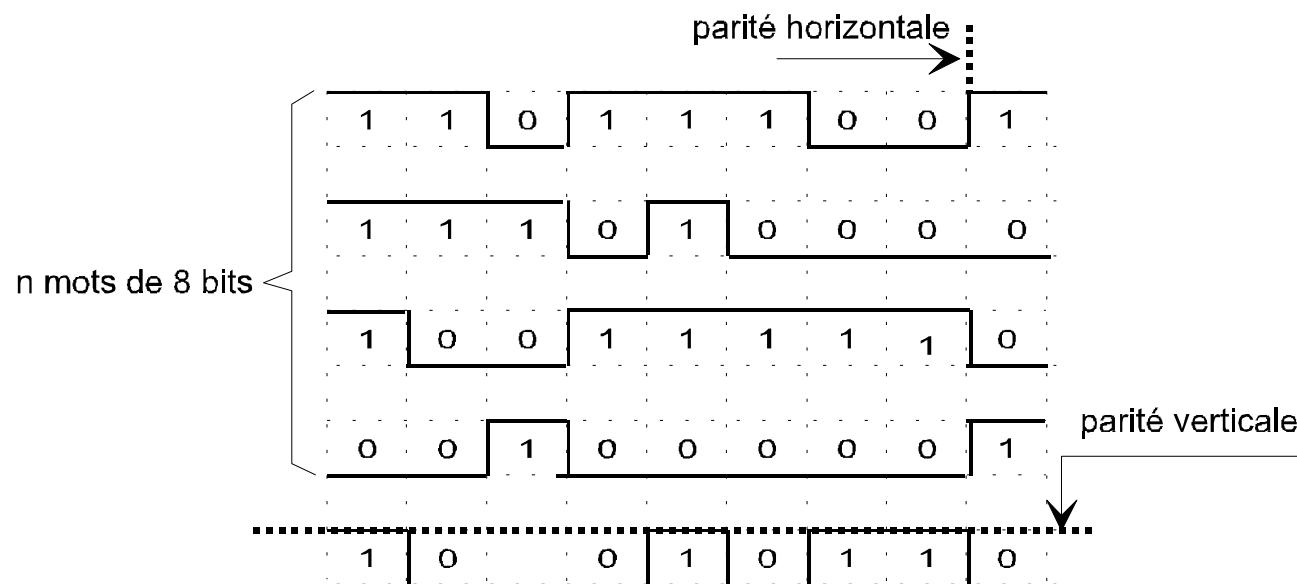
Bit de parité

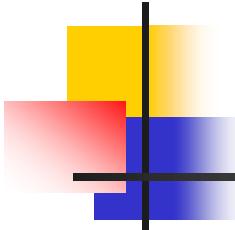
- n Messages orientés caractères
 - n Parité horizontale(efficacité 50%) : Un bit supplémentaire est ajouté à chaque caractère transmis.



Bit de parité (2)

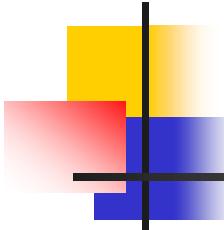
- n Parité horizontale/verticale (efficacité 98%) :
En plus de la parité horizontale, une parité verticale (mêmes règles) peut être effectuée sur les bits de même poids de plusieurs caractères afin d'améliorer le taux d'efficacité.





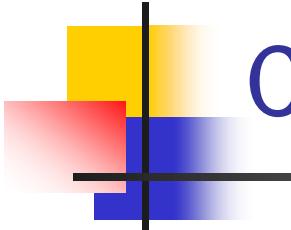
Somme de contrôle

- L'émetteur calcule une somme modulo 256 ou 65535 des octets de la trame et émet cette somme derrière les données.
- Le récepteur calcule à son tour la somme des octets reçus (modulo 256 ou 65535) et la compare à la somme de contrôle reçue.
- Utilisé dans quelques protocoles de bus de terrains seulement.



CRC (Cyclic Redundancy Check)

- Une suite de n bits 0 ou 1 étant transposable à un polynôme de degré $n-1$, la détection d'erreurs par CRC est basée sur la transmission du reste d'une division polynomiale entre le polynôme ainsi formé et un polynôme appelé polynôme générateur connu de l'émetteur et du récepteur.
- Exemple :
 - Message à émettre : 110101 soit $M(x) = x^5 + x^4 + x^2 + 1$
 - Polynôme générateur de degré $r=4$: $G(x) = x^4 + x + 1$ soit 10011
 - À l'émission : $M(x)$ est multiplié par x^r et le résultat est ensuite divisé par $G(x)$. Les coefficients de ce reste sont les bits du CRC.
 - $M(x) * x^4 = 1101010000$ (4 zéros ajoutés à $M(x)$)



CRC (Cyclic Redundancy Check) (2)

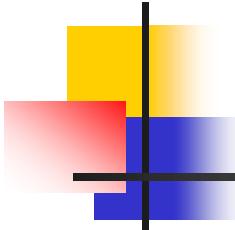
- *À la réception* : un calcul identique est effectué, une erreur est déclarée en cas d'inégalité des CRC.
- CRC normalisés :
 - Avis V41 du CCITT : $\text{CRC16} = X^{16} + X^5 + X + 1$
 - Ethernet : $\text{CRC32} = X^{32} + X^{26} + X^{23} + X^{22} + X^{16} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^7 + X^5 + X^4 + X^2 + X + 1$

CRC (Cyclic Redundancy Check) (2)

$$\begin{array}{r} M(x)^*x^4 = 1101010000 \boxed{10011} \leftarrow G(x) \\ G(x) \rightarrow -10011 | \quad | \quad | \quad | \quad | \quad | \\ \begin{array}{l} 001111 \\ -000000 \\ \hline 0011110 \\ -10011 \\ \hline 0101110 \\ -10011 \\ \hline 0001110 \\ -00000 \\ \hline 01100 \\ -00000 \\ \hline 1100 \end{array} \end{array}$$

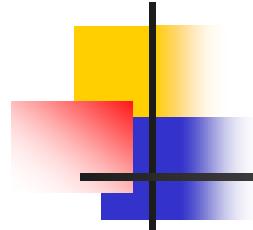
quotient

reste (CRC)



Les protocoles de niveau 2

- Utilise le protocole HDLC normalisé en 1976
- A servi de base à des normalisations OSI telles que LAP-B (Link Access Protocol Balanced - équilibré (X25.2)).



Modes HDLC possibles

- Asynchronous Response Mode
- Asynchronous Balanced Mode

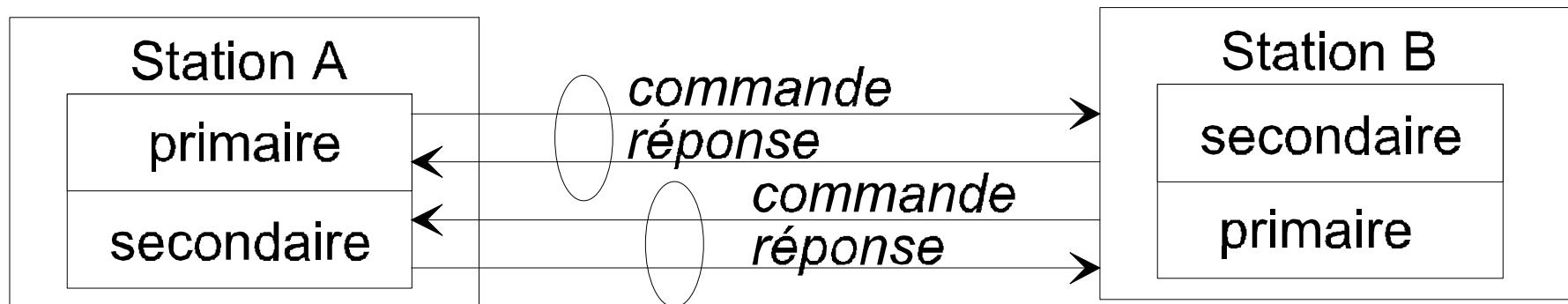
Asynchronous Response Mode

- Une station est primaire, l'autre est secondaire. Fonctionne en mode $\frac{1}{2}$ duplex



Asynchronous Balanced Mode

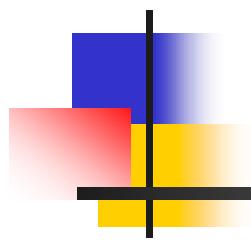
- Chaque station peut être primaire et secondaire. Fonctionnement en full duplex.



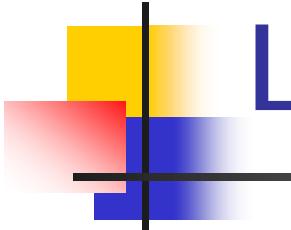
Format général d'une trame HDLC

fanion 8 bits	Adresse 8 bits	commande 8 bits	Données (variables)	FCS CRC 16/32 bits	fanion 8 bits
------------------	-------------------	--------------------	-----------------------	-----------------------	------------------

- n Le fanion 0111 1110 soit une suite de 6 bits à 1) permet la synchronisation de début de trame.
- n Champ FCS : permet une détection/correction des erreurs par CRC ($X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$ avis V41).



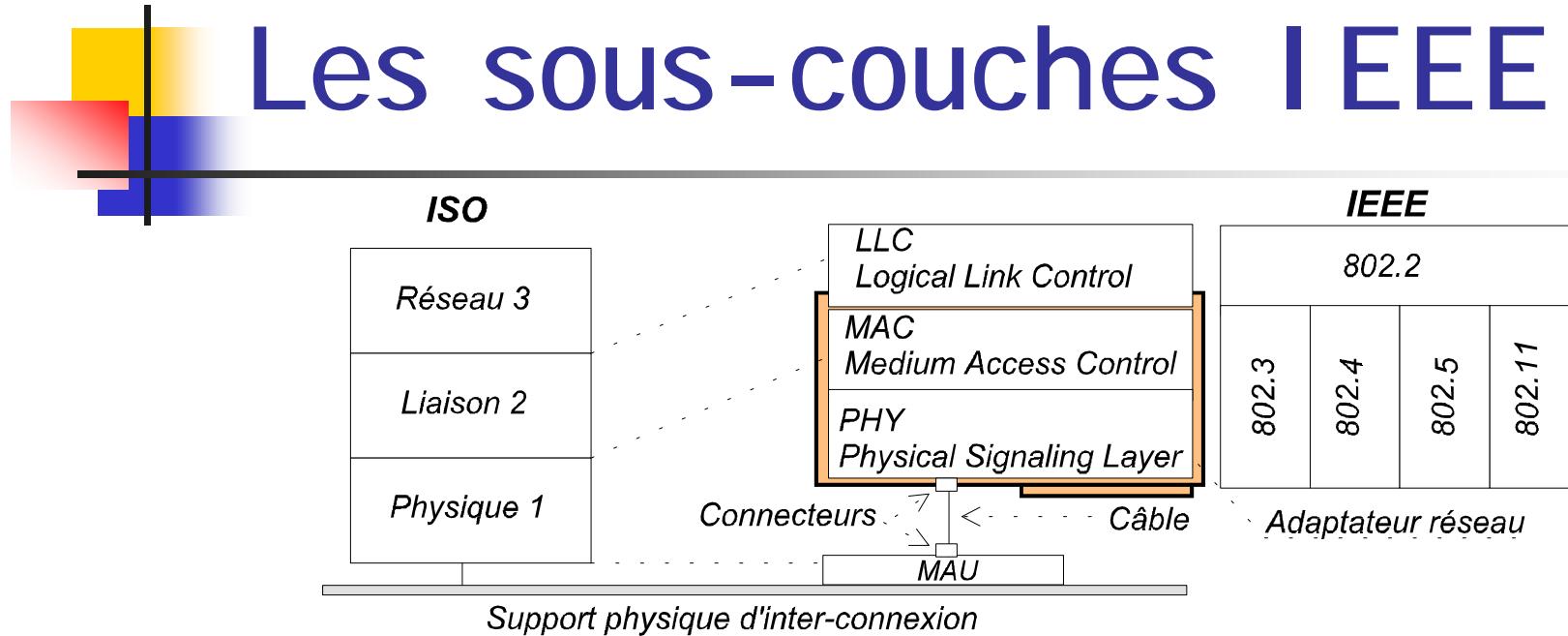
Les réseaux locaux



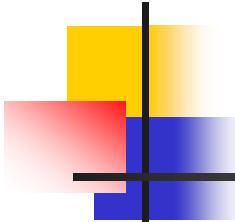
Les sous-couches IEEE

- Dans les réseaux locaux, la transmission se fait sans connexion préalable
- Le support de transmission est la plupart du temps partagé.
- La commission IEEE802 propose un découpage de la couche liaison en deux sous-couches :
 - 2b : liaison de données (LLC: Logical Link Control). Gère la liaison de données logique
 - LLC1 - sans acquittement
 - LLC2 - avec acquittement et connexion
 - LLC3 – avec acquittement sans connexion.
 - 2a : accès au médium (MAC: Medium Access Control) gère l'accès physique au support à partager.

Les sous-couches IEEE (2)



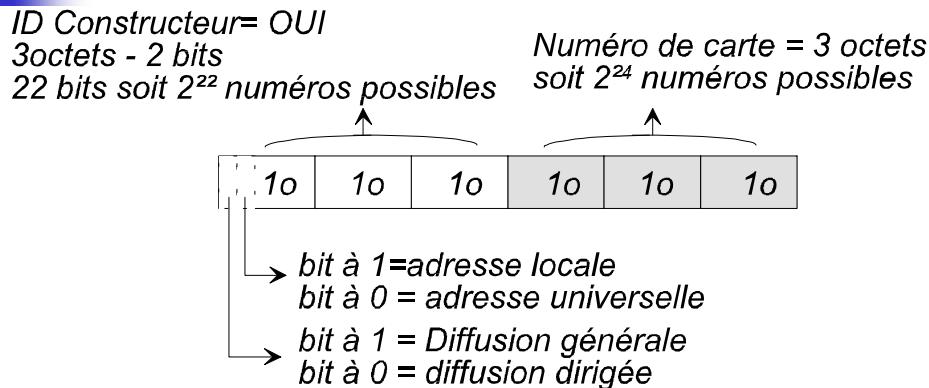
- Principales sous-couches 2a :
 - 802.3 pour Ethernet,
 - 802.4 pour jeton sur bus (token bus = anneau logique)
 - 802.5 pour jeton sur anneau physique (token ring)
 - 802.11b/g (WIFI) et 802.16 (longue portée : MAN) Réseaux locaux sans fil



Adresse de niveau 2

- Adresse MAC (Medium Access Card) : adresse physique.
 - Pour être destinataire d'informations, tout nœud d'un réseau local doit avoir une adresse.
 - Cette adresse de taille 6 octets est enregistrée dans une mémoire de la carte réseau lors de sa construction.
 - Son attribution est faite par un organisme centralisateur (IEEE).

Adresse de niveau 2

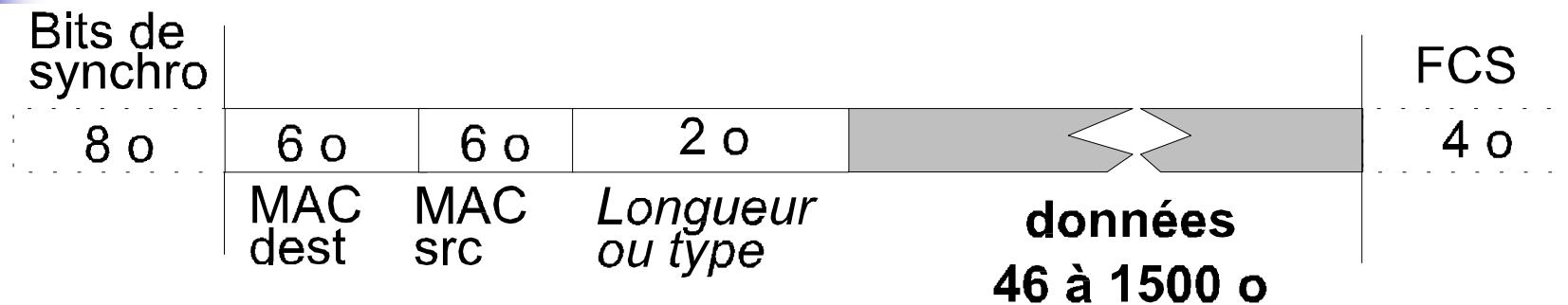


Exemples :

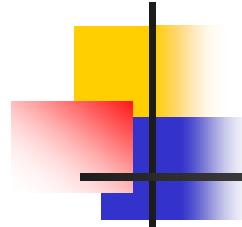
00:00:7D:xx:xx:xx pour Sun
00:00:0C:xx:xx:xx pour Cisco
00:A0:24:xx:xx:xx pour 3Com
premier octet toujours à 00
OUI : Organization Unique Identifier

- Le décodage de l'adresse physique est assuré par du matériel, donc très rapide.
- Le contrôleur réseau présent sur un adaptateur réseau a pour première tâche de lire l'adresse destinataire de toutes les trames circulant sur le réseau.
- Ecoute en mode "promiscuous" (indiscret) : toutes les trames lues sont remontées vers les couches supérieures quelle que soit leur adresse destinataire.
- Ecoute en mode normal : seules les trames portant une adresse destination identique à l'adresse MAC de la carte sont remontées vers les couches supérieures.
- Adresse de diffusion sur un réseau : elle permet d'envoyer une trame à tous les nœuds d'un même réseau. Le 48ième bit est mis à 1 soit 1 xx..xxxx.
- Remarque : les trames en diffusion sont remontées vers les couches supérieures par toutes les cartes d'un même réseau.

ETHERNET



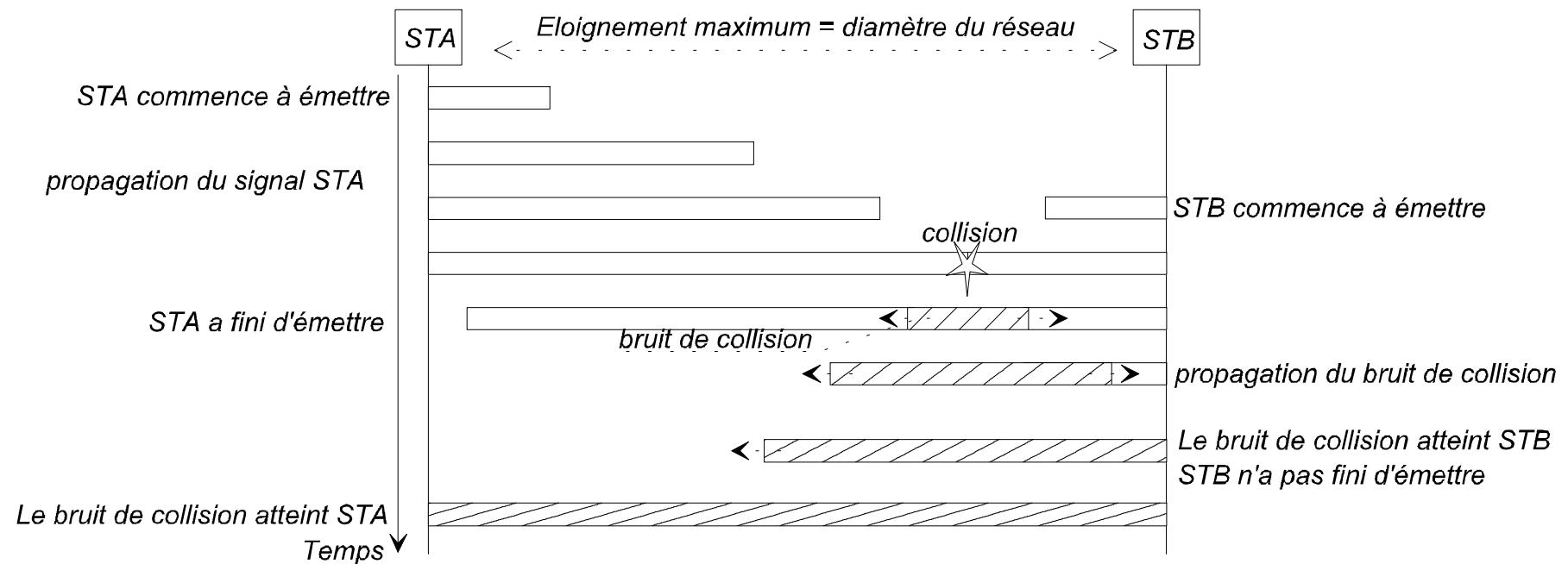
- La taille d'une trame Ethernet (sans synchro) est comprise entre **64** et **1518** octets

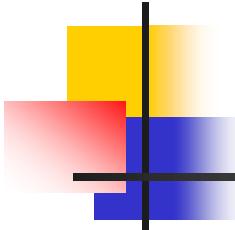


Principe de fonctionnement

- Protocole MAC IEEE 802.3 : CSMA/CD
- Ce protocole se caractérise par :
 - l'accès aléatoire au support de transmission,
 - la diffusion sur un bus.

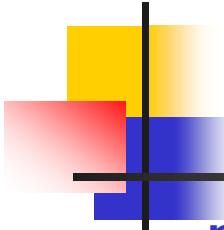
CSMA/CD





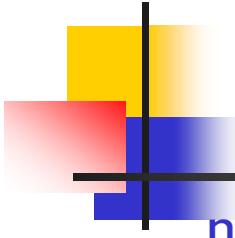
Ecoute de la voie

- Avant d'émettre, un nœud écoute les échanges sur la voie de transmission.
- Si la porteuse n'est pas détectée (Carrier Sense), la ligne est libre :
 - Le nœud peut émettre.
- Si la porteuse est détectée, une trame est en cours d'émission.
 - Le nœud effectue une nouvelle tentative dans un délai aléatoire variable (Multiple Access).



Détection de collision

- n Si deux stations émettent dans le même temps, une collision se produit sur la ligne. Lorsque le bruit de collision atteint les émetteurs, ceux-ci, **s'ils sont toujours à l'écoute, donc en train d'émettre** ne reconnaissent pas ce qu'ils viennent d'émettre : la collision est détectée.
- n La détection d'une collision dépend :
 - n de la distance maximale entre stations
 - n de la vitesse de propagation
 - n du débit binaire
 - n de la longueur minimale de la trame à slot time

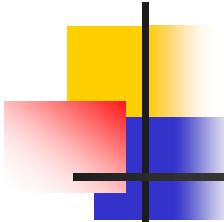


Slot time

- n Le «slot time» est la durée de transmission d'une quantité données de bits.
 - n Ethernet 10 ou 100Mbps à slot time = durée d'émission de 512 bits à trame de 64 octets mini.
 - n Ethernet Giga bit à slot time = durée d'émission de 4096 bits à trame de 512 octets mini.
- n Exemple : vitesse de propagation dans une paire torsadée $\approx 200\ 000\ km/s$ soit $2.108m/s$
 - n Ethernet 10Mbps : slot time = $512 * 10^{-7} = 51,2\mu s$.
 - n dans cette durée, le signal parcourt 10240 m.
 - n dans le pire des cas, le signal doit faire un aller retour pour que la collision soit détectée. On a $D=5120m$.

Résolution de conflit d'accès

- n La résolution du conflit est de type probabiliste.
- n Après détection d'une collision
 - n l'émetteur suspend l'émission pendant un délai variable selon le nombre de tentatives d'émission.
 - n Il effectue alors une nouvelle tentative d'émission et ainsi de suite.
- n Un tel protocole ne permet pas de garantir les temps d'accès.

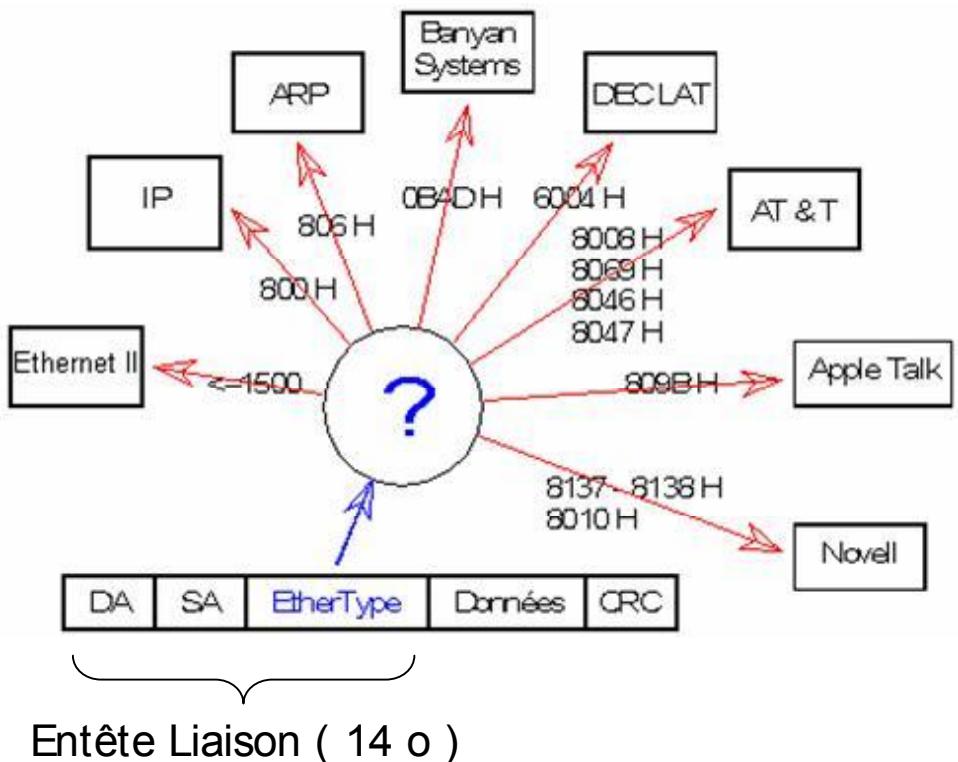


Multiplexage des protocoles de niveau 3

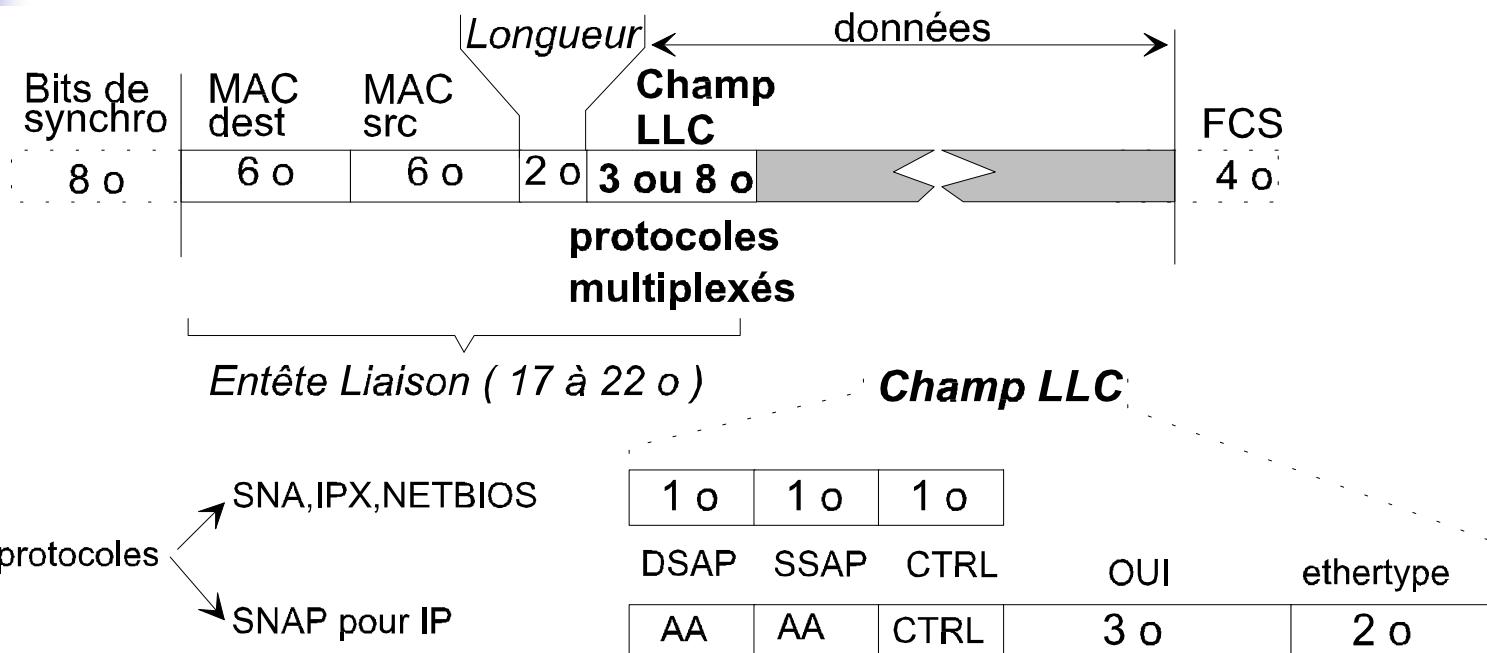
- Une machine reliée à un réseau local peut exécuter des applications différentes ayant recours à différents protocoles réseau (niveau 3). Rxemple :
 - IP si la machine met en œuvre la pile de protocole TCP/IP (FTP, TELNET, HTTP etc..)
 - IPX pour la mise en réseau Novell Netware
 - Netbios pour la mise en réseau Microsoft
- On trouve des configurations où cohabitent, IP, IPX et même Netbios.
- Le multiplexage de protocoles permet d'assurer cette coexistence. Chaque protocole réseau supporté reçoit un numéro qui permet à la couche « **Liaison** » de remettre une trame au protocole qui l'attend.

Trame ETHERNET II (trames XEROX)

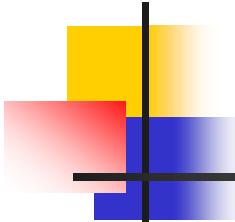
- Le protocole Ethernet d'origine (XEROX : ETHERNET II) assure le multiplexage de protocoles par l'attribution par XEROX d'un numéro à chaque protocole supporté : ce numéro sur 2 octets est appelé ETHERTYPE. Sa valeur est > 1500 (0x5DC).



Trame IEEE 802.3

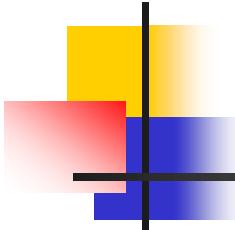


- n Conclusion : il est possible de distinguer les trames ETHERNET II et les trames IEEE à partir de la valeur des octets 13 et 14 de la trame :
 - n octet 13 – octet 14 : > 1500 à ETHERNET II et son ETHERTYPE
 - n octet 13 – octet 14 : <= 1500 à IEEE champ LLC à analyser.



Concentrateurs (hub)

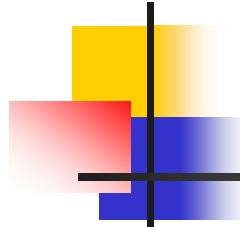
- Dans une architecture Ethernet de réseau local à base de postes et de concentrateurs (hubs), tous les hôtes sont électriquement reliés.
 - chaque poste subit le trafic occasionné par tous les autres postes.
 - Une telle architecture correspond à un domaine de collision unique. Ceci pénalise l'utilisation de la bande passante du réseau.



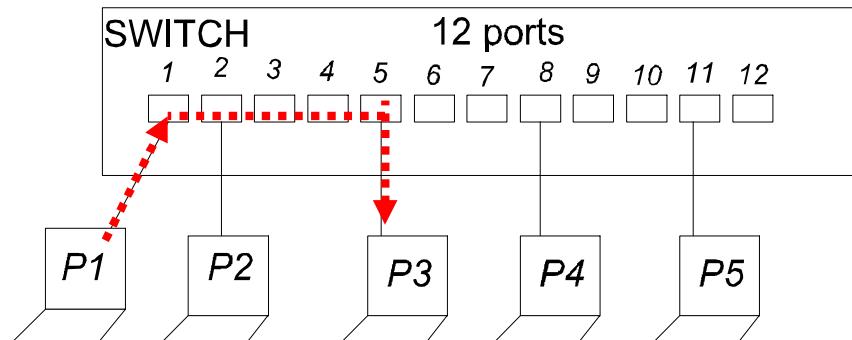
Commutateurs (switch)

- Un commutateur analyse l'entête de liaison de chaque trame (recherche de l' $@MAC$ destinataire) afin de transférer cette trame vers le port destinataire uniquement grâce à une table de relation port $\leftrightarrow @MAC$.
- La communication devient alors de type point à point, ce qui autorise la BP totale pour chaque port et élimine les collisions sauf si le destinataire se met également à émettre (A moins que le commutateur ne supporte le Full-Duplex).

Principe de fonctionnement des commutateurs

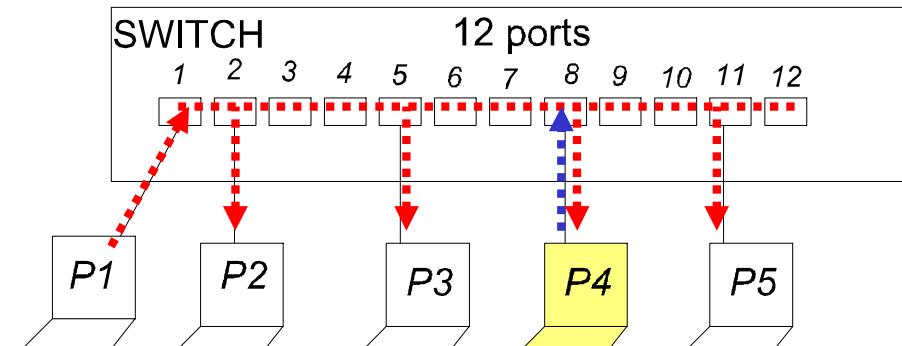


Emission de P1 vers P3



..... Transfert par le commutateur

Lors d'une diffusion, tous les ports reçoivent la trame diffusée -> risque de collisions.

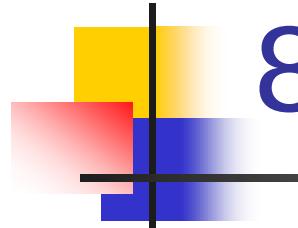


..... Transfert par le commutateur

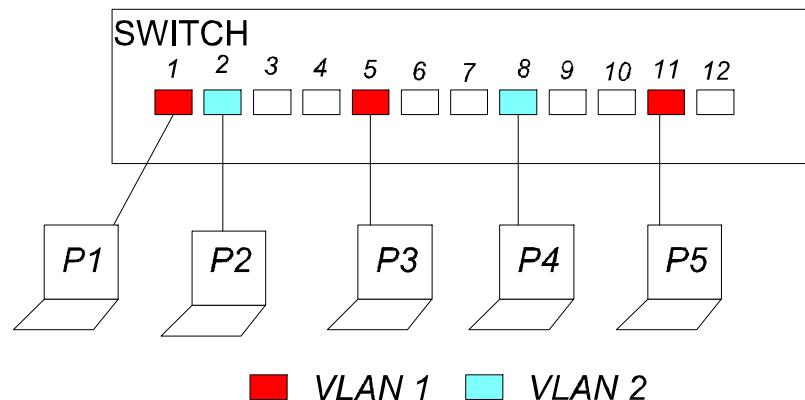


- Il est possible de constituer des regroupements de ports afin de délimiter des domaines de diffusion distincts : les VLANs (Virtual Local Area Network soit Réseau Local Virtuel).

Extension de la norme 802.3 : les VLANs

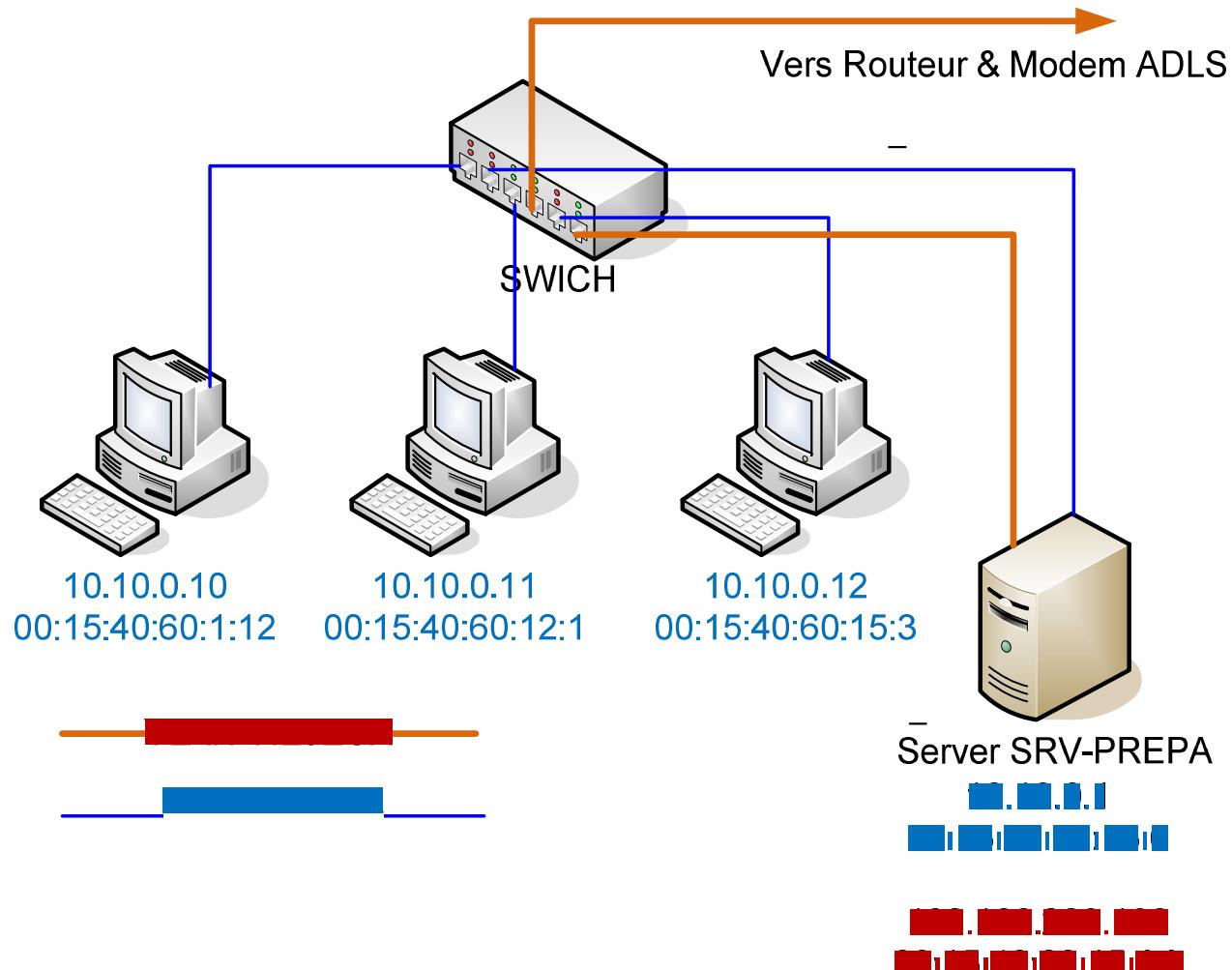


Isolement des trafics P2-P8 et P1-P5-P1

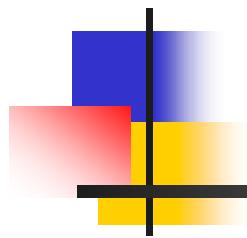


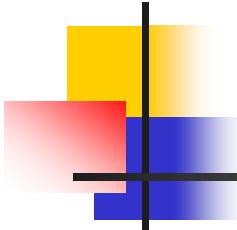
- Les avantages des VLANs sont :
 - Efficacité de bande passante/utilisation des serveurs : un commutateur segmente les domaines de collisions. Cependant, cette limitation de la diffusion peut devenir un problème pour l'administrateur. Ceci explique l'apparition de la commutation de niveau 3 qui permet à deux postes sur 2 VLANs différents de communiquer.
- Segmentation du réseau local flexible :
 - regrouper les utilisateurs/ressources qui communiquent le plus fréquemment indépendamment de leur emplacement.
- Organisation virtuelle, gestion simple des ressources :
 - modifications logique ou géographiques facilitées, et gérées via la console d'administration plutôt que dans l'armoire de brassage.
- Sécurité réseau améliorée : VLAN = frontière virtuelle, franchissable seulement avec un routeur.

Exemple : VLAN TSI



Modèle OSI : COUCHE 3 LA COUCHE RÉSEAU



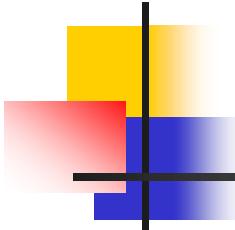


LA COUCHE RÉSEAU

- Assure l'acheminement correct des paquets d'informations jusqu'à l'utilisateur final en faisant passer les paquets de nœuds de transfert en nœud de transfert.
- Fournit des services de :
 - gestion de flux
 - d'adressage
 - commutation de circuit
 - routage.
- L'unité de donnée est le paquet.
- Il existe deux grandes possibilités pour réaliser un protocole de niveau réseau :
 - le mode avec connexion (X25.3 du CCITT utilisé dans le réseau français TRANSPAC)
 - le mode sans connexion (protocole IP du réseau Internet).

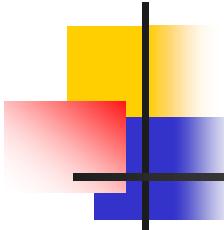
Les fonctions de la couche réseau

- Contrôle de flux
- Commutation/Routage
- Adressage



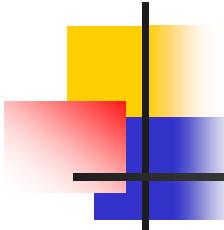
Contrôle de flux

- Evite l'embouteillage de paquets.
- Optimise les temps de réponse et permet un retour à la normale en cas de congestion du réseau.



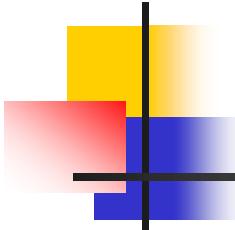
Commutation/Routage

- n Commutation de circuit
 - n A ne pas confondre avec la commutation de niveau 2.
 - n Lors de l'établissement de la connexion, un circuit physique (ou virtuel) est établi de bout en bout avant tout transfert de données (idem à une communication téléphonique)
- n Routage
 - n Consiste à acheminer les paquets de proche en proche à travers des configurations maillées, en déterminant un chemin en fonction de l'adresse de destination de niveau réseau (3) et de l'état du réseau à l'instant t.
 - n On trouve des stratégies centralisées et des stratégies distribuées.



Adressage

- La couche réseau est en charge de la gestion des adresses des paquets.
- Il faut à ce niveau ajouter une adresse complète à tous les paquets pour qu'ils atteignent le destinataire.
- Cette adresse doit être unique pour chaque équipement terminal du réseau global.
- Divers types d'adressage existent.
L'adressage IP est le plus connu.

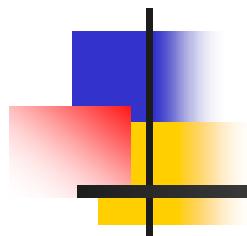


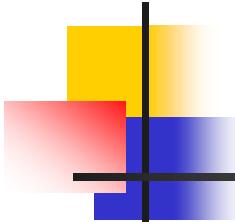
Protocoles de niveau 3

- Grands réseaux OSI : X25-3
- Grands réseaux TCP/IP
 - Le protocole IP assure les fonctions de la couche réseau dans les réseaux TCP/IP.
 - IP définit une adresse logique pour chaque hôte d'un réseau sous la forme de 32bits (Ipv4) ou 128bits (Ipv6 - Ipng)

Modèle OSI : couche 4

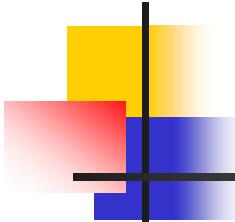
Couche transport





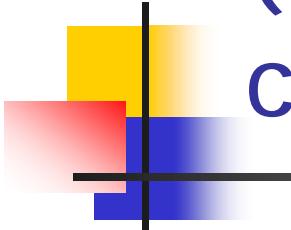
La couche transport

- La couche transport garanti à l'utilisateur l'acheminement de bout en bout de son message dans des conditions de rapidité et de fiabilité choisies au départ.
- Afin d'optimiser l'utilisation du réseau, cette couche doit être capable de multiplexer les messages sur une même connexion du réseau.
 - Elle effectue le découpage des messages en paquets numérotés en séquence pour la couche réseau et le ré-assemblage des paquets en messages pour les couches supérieures.
- L'unité de données est le fragment de message ou segment



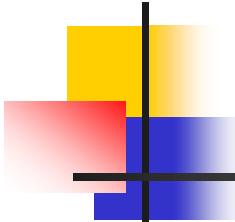
La couche transport (2)

- Doit faire en sorte que les couches supérieures qui font appel à elle, n'aient pas à intervenir directement dans les problèmes internes au réseau (normalement résolus par les couches inférieures) :
 - erreurs de transmission entre couches physiques
 - problèmes de flux entre couches liaison des divers nœuds relais du réseau
 - pertes, inversions ou doublons de paquets
- On distingue :
 - Le mode connecté
 - Le mode non connecté



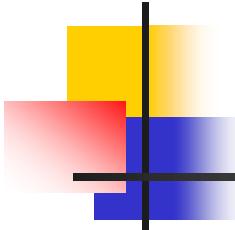
Multiplexage et éclatement (couche transport ISO en mode connecté)

- Afin d'optimiser le coût de connexion, la couche transport prend en charge :
 - Le multiplexage : consiste à regrouper plusieurs connexions sur une même connexion réseau.
 - L'éclatement : consiste à répartir une connexion de transport simultanément sur plusieurs connexions réseau dans le but d'accroître le débit et la fiabilité.
 - Les messages trop grands sont découpés en fragments de taille fixe (sauf éventuellement le dernier), expédiés dans des paquet numérotés en séquence.
 - A l'arrivée la couche transport effectue le réassemblage des paquets pour reconstituer le message.



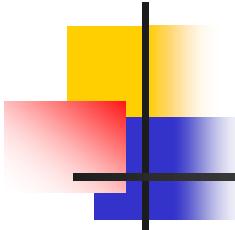
La qualité de service (QoS)

- Sur les réseaux WAN, les utilisateurs disposent de qualités de service différentes.
- Une qualité de service donnée fixe :
 - Le délai d'établissement de la connexion
 - La probabilité d'échec de l'établissement de la connexion
 - Le débit des informations sur la connexion
 - Le temps de traversée des informations
 - Le taux d'erreurs résiduelles



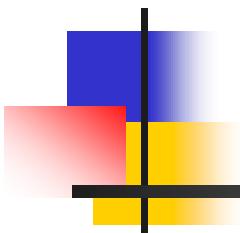
La qualité de service (QoS)

- Pour assurer ces différentes fonctions au choix de l'utilisateur, l'ISO a défini 5 classes de protocoles.
- L'appelant déclare sa classe préférée et des classes de repli
- L'appelé choisi parmi ces propositions. Si aucune classe ne lui convient il refuse la connexion.

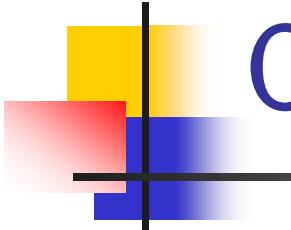


La qualité de service (QoS)

- Pour assurer ces différentes fonctions au choix de l'utilisateur, l'ISO a défini 5 classes de protocoles.
- L'appelant déclare sa classe préférée et des classes de repli
- L'appelé choisi parmi ces propositions. Si aucune classe ne lui convient il refuse la connexion.

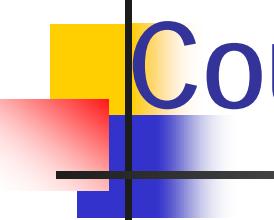


MODELE OSI COUCHES SUPÉRIEURES (COUCHES 5, 6 ET 7)



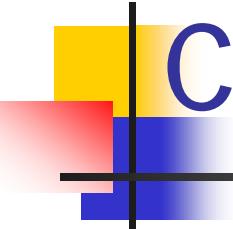
Couche session (5)

- Assure l'organisation et la synchronisation des échanges entre deux utilisateurs du réseau durant une session. Elle décide du tour de parole, de l'interruption de parole, de la fin de l'échange.
- On appelle session l'intervalle de temps pendant lequel deux ou plusieurs tâches d'une application répartie communiquent.
- Ainsi la commande "login" permet sur le réseau Novell d'ouvrir une session de travail.
- Du fait de la grande diversité des fonctionnalités cette norme a beaucoup de mal à s'imposer aux grands fournisseurs de logiciels.



Couche présentation (6)

- A pour rôle de restructurer les données échangées vers ou à partir du format adopté dans le réseau.
- Exemple :
 - sur un ordinateur à base de processeur MOTOROLA 68xxx les entiers sont représentés avec les bits de poids forts aux adresses basses et ceux de poids faible aux adresses hautes (Big-endian).
 - sur un ordinateur basé sur un processeur INTEL 80x86, c'est l'inverse (little endian). Cette difficulté sera prise en compte par la couche présentation qui effectuera les opérations nécessaires à la communication correcte entre ces deux familles de machines.
- La norme XDR (eXtended Data Representation) permet d'assurer une transparence vis à vis des plateformes. Elle s'inspire de la norme ASN.1 (Abstract Syntax Notation one) de l'ISO. Il s'agit d'un langage commun (une syntaxe de transfert) dans lequel toutes les applications représentent leurs données avant de les transmettre.
- C'est à ce niveau que peuvent être implantées des techniques de compression et de chiffrement de données (clés RSA : Rivest Shamir Adleman).



Couche application (7)

- n **Elle fournit tous les services directement accessibles par les applications réparties. La normalisation distingue deux grands types d'applications:**
 - n **les applications en mode connecté correspondant à des travaux interactifs ou en temps réel (norme FTAM de transfert et de manipulation de fichiers)**
 - n **les applications en mode non connecté correspondant à des travaux en différé (Services de messagerie: norme X400).**
- n Aujourd'hui la normalisation essaie de définir les services généraux nécessaires aux applications industrielles ainsi que les outils indispensables pour la gestion des réseaux.