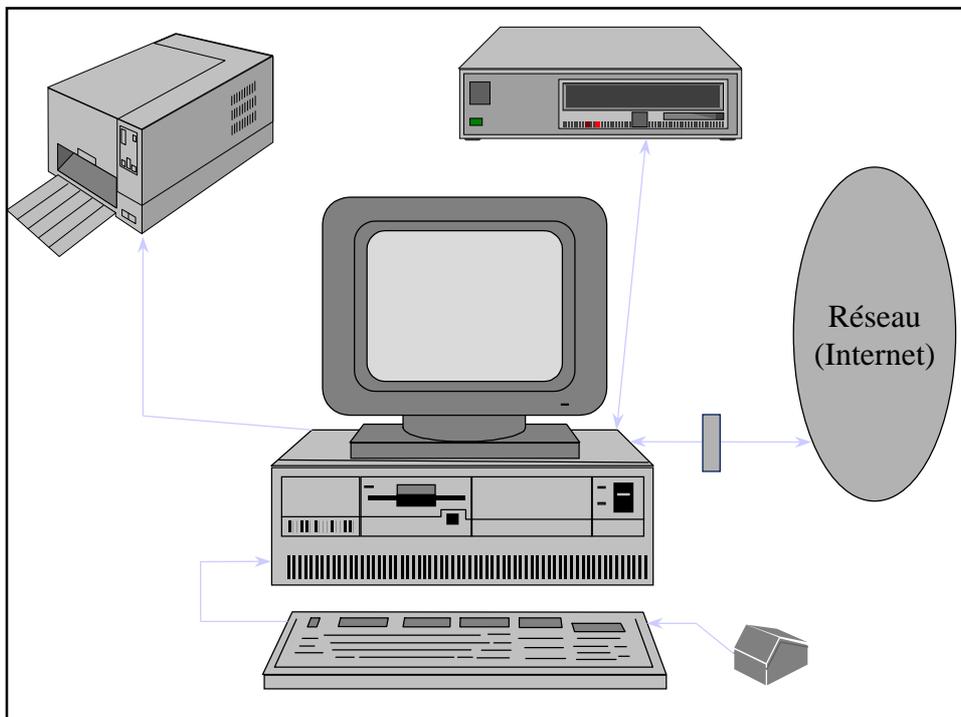
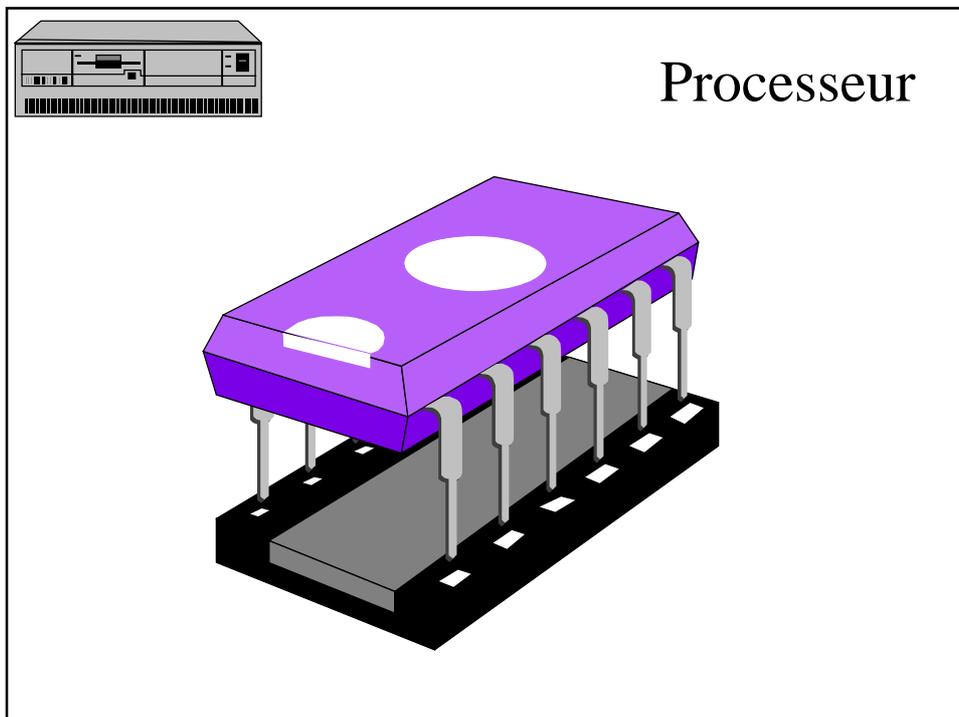
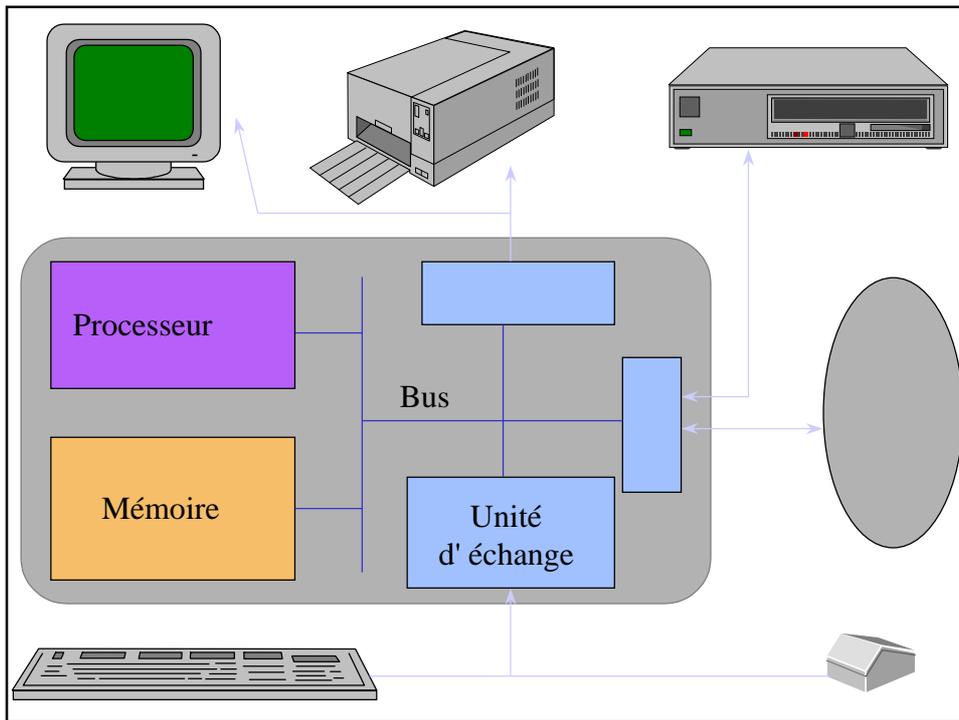


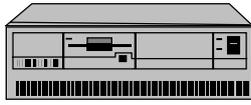
Le point de vue utilisateur

I. Le matériel

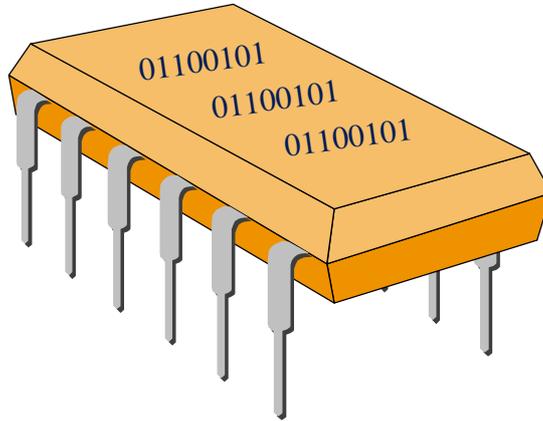
Architecture générale







Mémoire



Temps d'accès

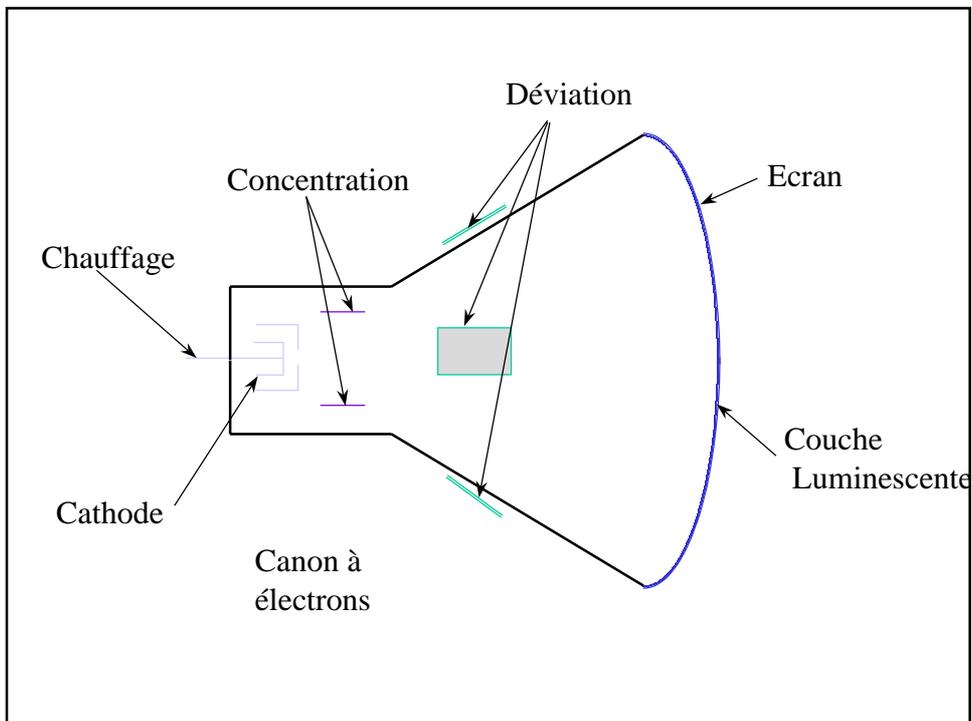
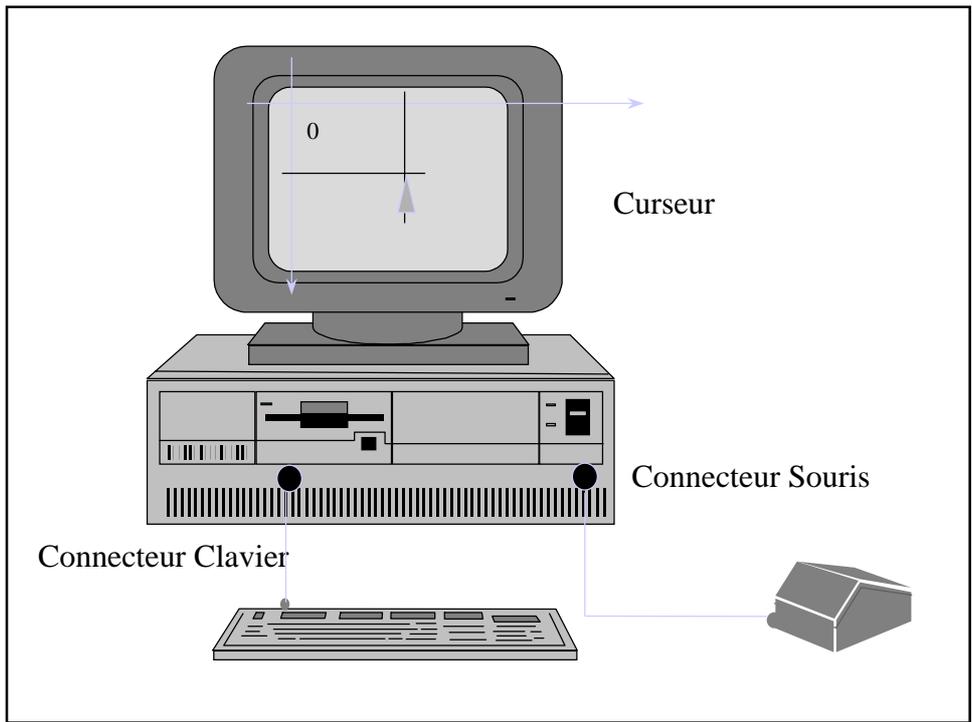
Capacité

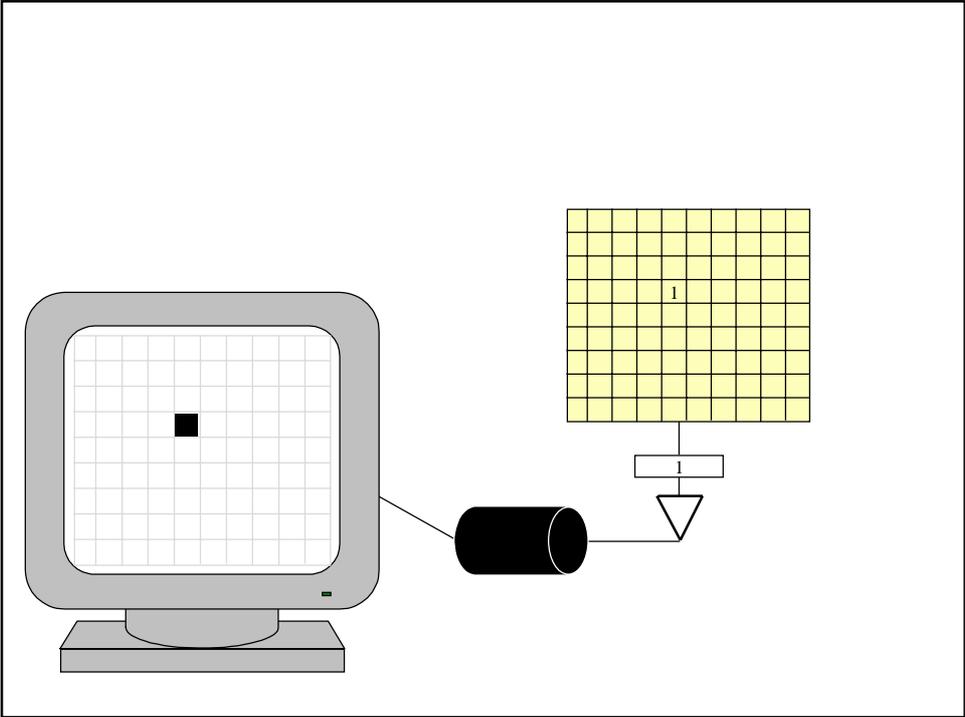
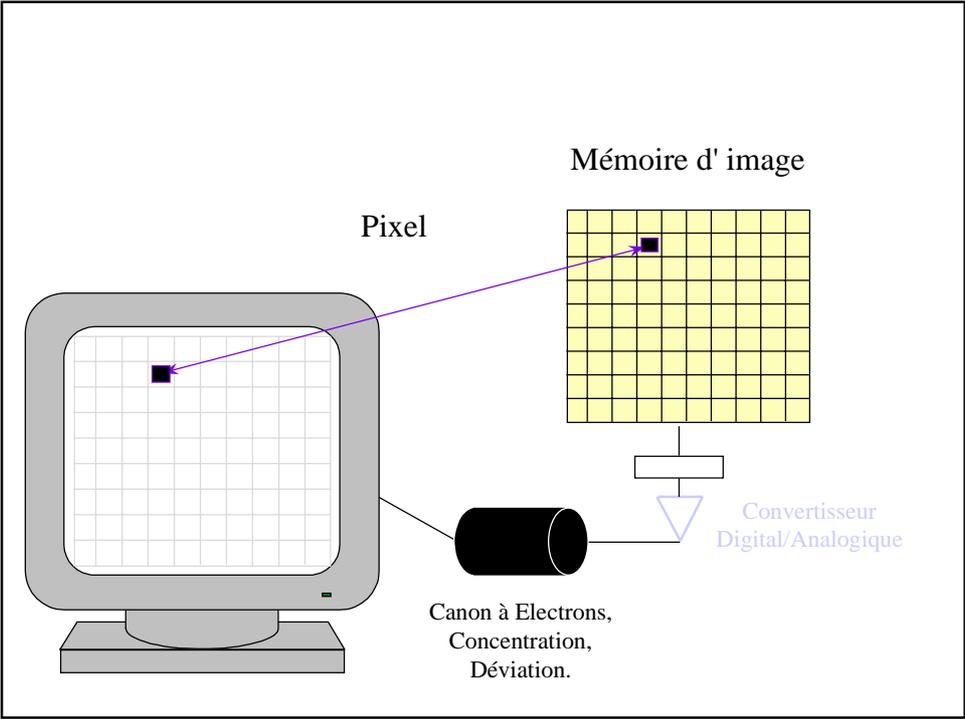
Coût

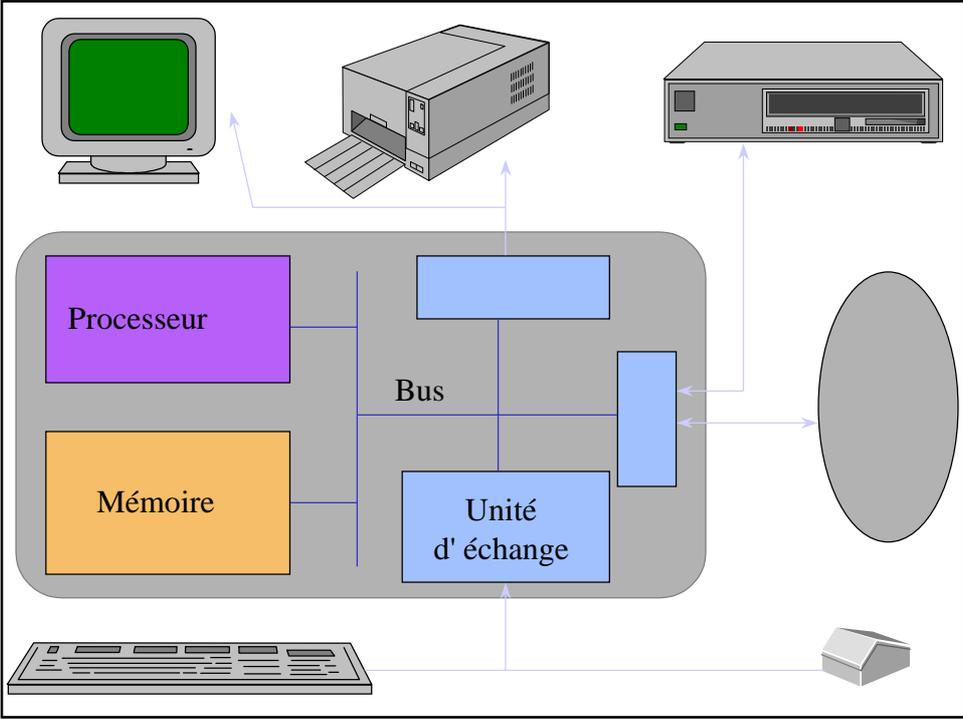
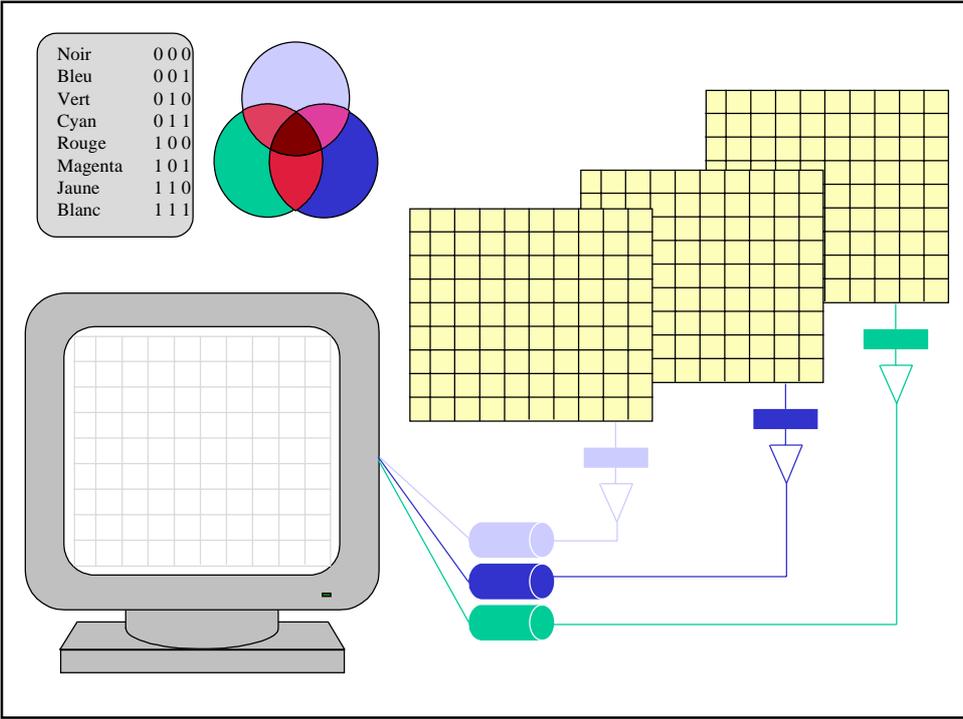
Le point de vue utilisateur

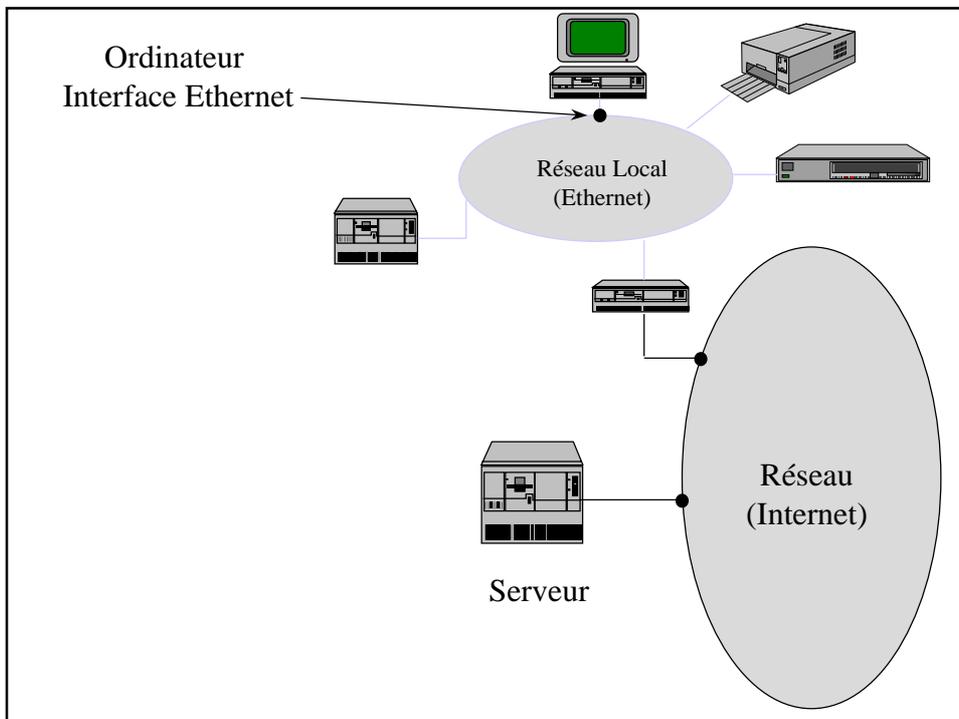
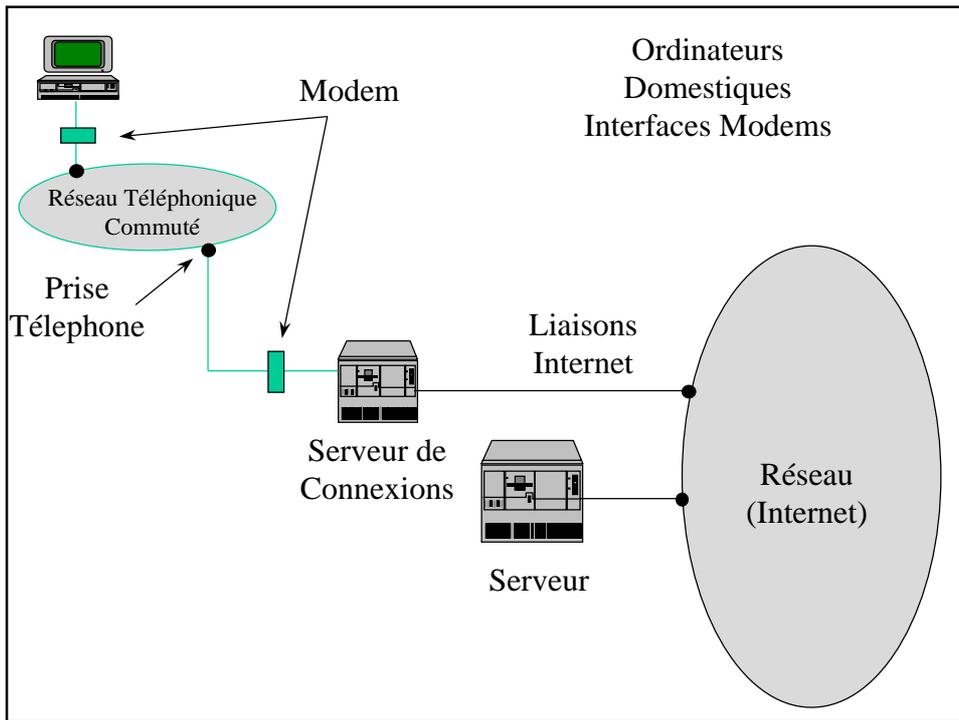
I. Le matériel

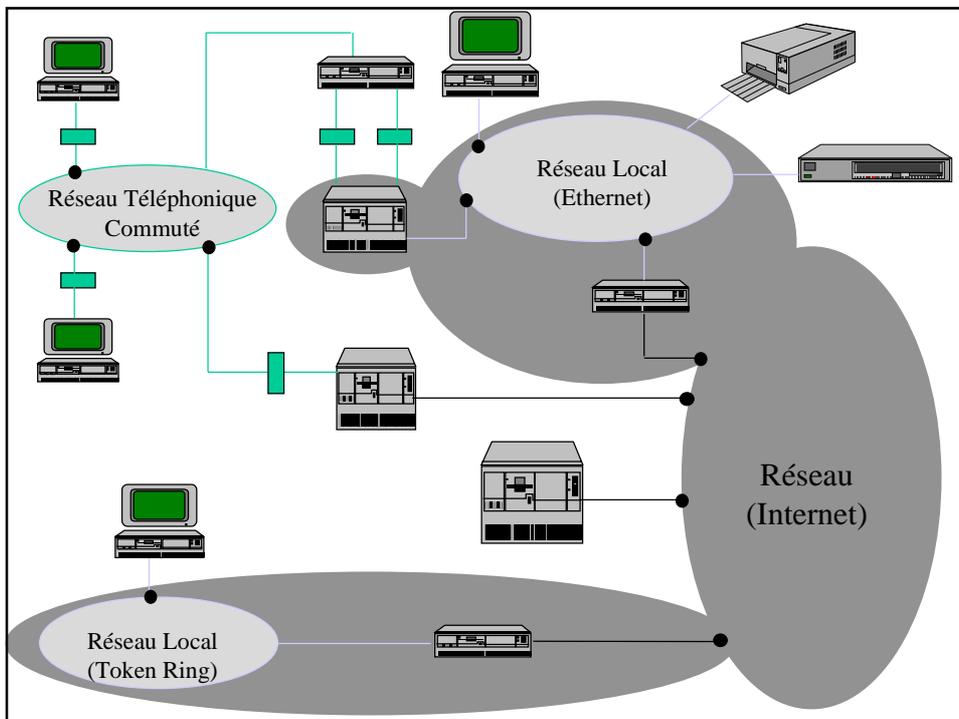
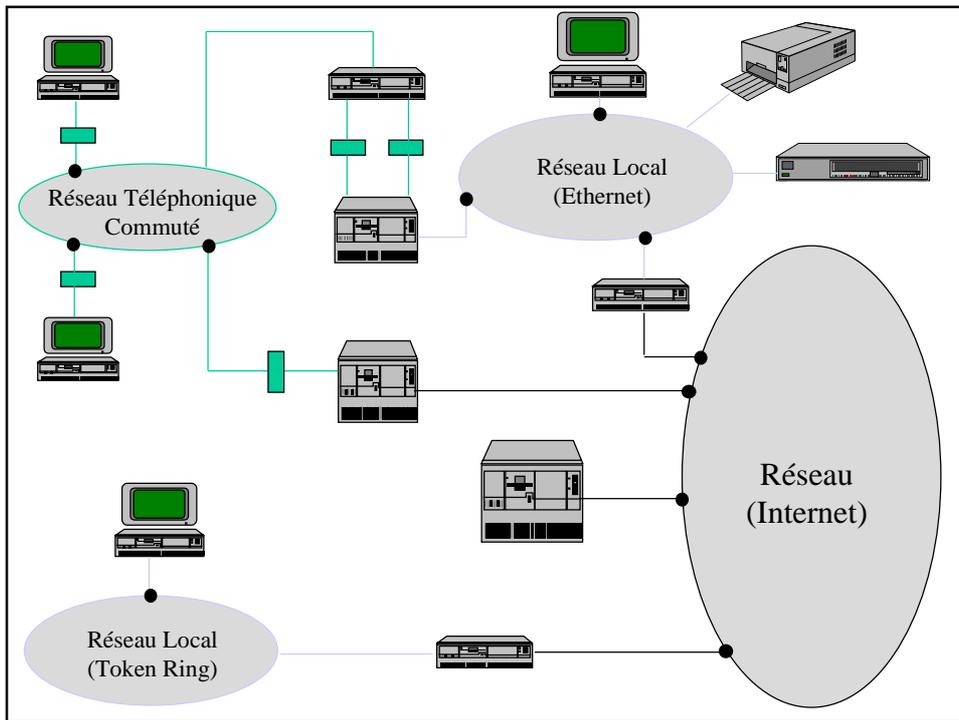
Les périphériques



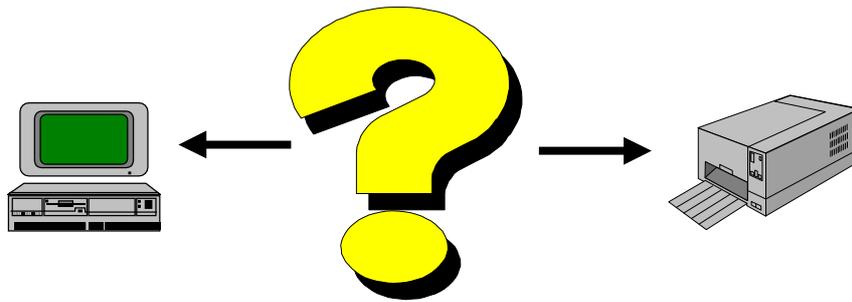








Aspects physiques



Informations discrètes

- Exemple : alphabets, jeux de commandes...
 - faire correspondre à un symbole un code
 - c'est le codage dit codage à la source.
 - Code ASCII, EBCDIC
- Puissance lexicographique d'un code
 - avec n bits on code 2^n symboles (code à n moments)
- Codes de longueur fixe (ASCII), de longueur variable (Morse, Huffman)

Un texte est un ensemble discret de caractères

Code ASCII ou CCITT N°5

BITS				b ₇	0	0	0	0	1	1	1	1
b ₇	b ₆	b ₅	b ₄	b ₃	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	NULL	DEL	SP	0	à	P		p
0	0	0	1	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0	0	1	0	2	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0	0	1	1	3	ETX	DC3	£	3	C	S	c	s
0	1	0	0	4	EOF	DC4	\$	4	D	T	d	t
0	1	0	1	5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0	1	1	0	6	ACK	SYN	'	6	F	V	f	v
0	1	1	1	7	BEL	ETB	(7	G	W	g	w
1	0	0	0	8	BS	CAN)	8	H	X	h	x
1	0	0	1	9	HT	EM	.	9	I	Y	i	y
1	0	1	0	A	LF	SUB	:	J	Z	j	z	
1	0	1	1	B	VT	ESC	-	K		k	é	
1	1	0	0	C	FF	BS	<	L	ç	l	ù	
1	1	0	1	D	CR	GS	-	M	š	m	è	
1	1	1	0	E	SO	RS	>	N	^	n	~	
1	1	1	1	F	SI	US	/	? O	-	o	DEL	

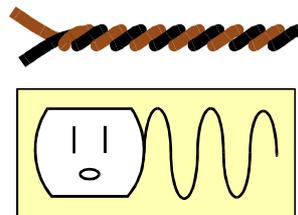
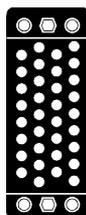
- Le code **ASCII**, *American Standard Code for Information Interchange*,

- première version 1963, est le code générique des télécommunications
- Code à 7 moments, il autorise 128 caractères (2⁷).
 - La norme de base prévoit des adaptations aux particularités nationales (adaptation à la langue).
- Ce code, étendu à 8 moments, constitue l'alphabet de base des micro-ordinateurs de type PC.

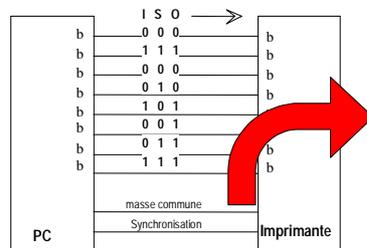
Chaque caractère à imprimer nécessite la transmission d'un octet

Réaliser la transmission

- Des normes physiques entre deux points
 - *Standardiser les connecteurs, le support de transmission, les signaux électriques, tout ce que l'on peut voir et toucher, quels que soit le fournisseur*



Le mode de transmission Parallèle



Des signaux électriques de référence seront nécessaires

Chaque caractère à imprimer nécessite la transmission d'un octet

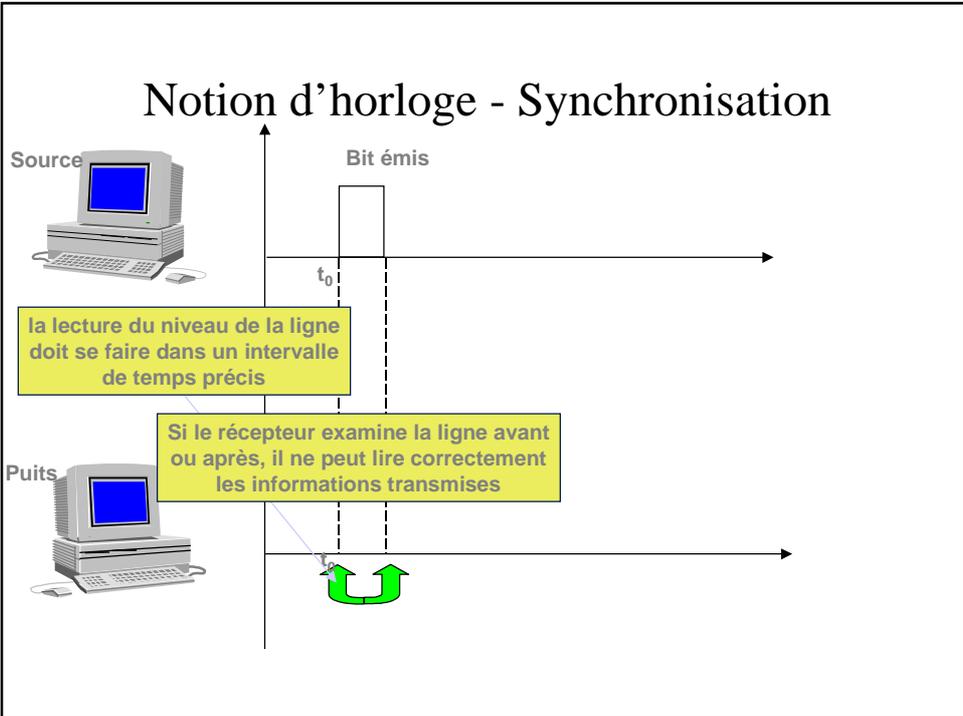
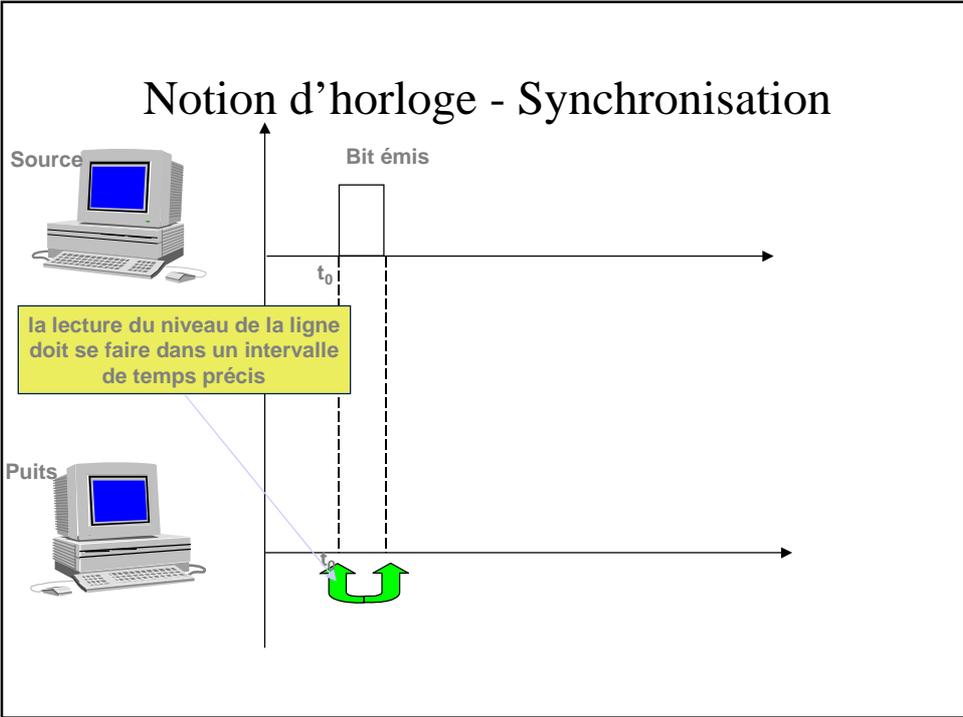
- Transmission parallèle
 - Tous les bits d'un même octet sont transmis simultanément
- Certains caractères sont non imprimables
 - retour ligne, disponibilité de l'imprimante...

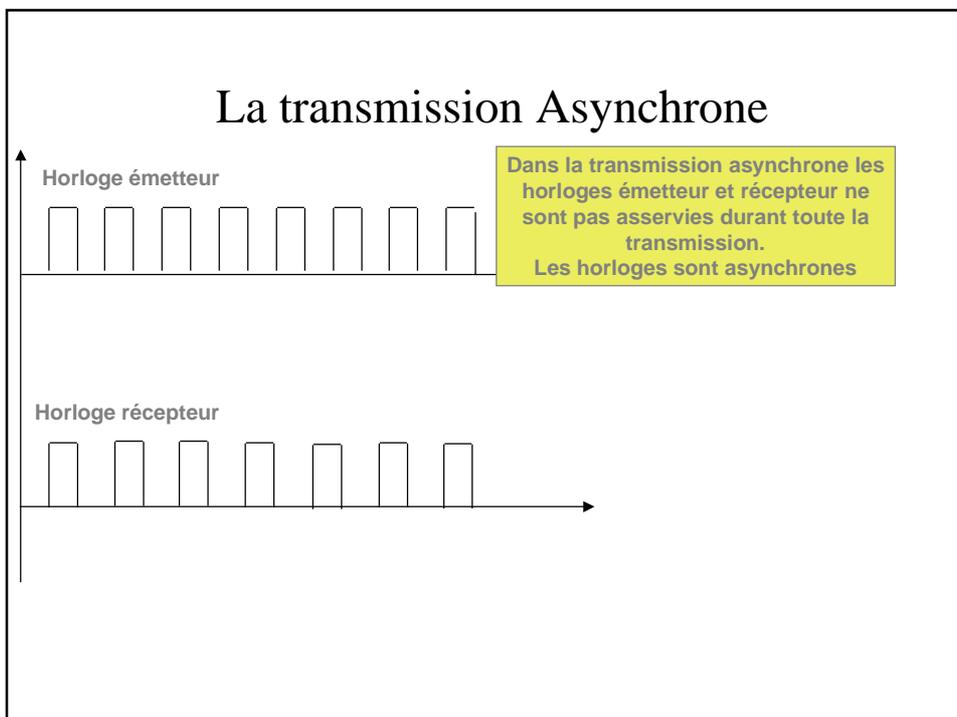
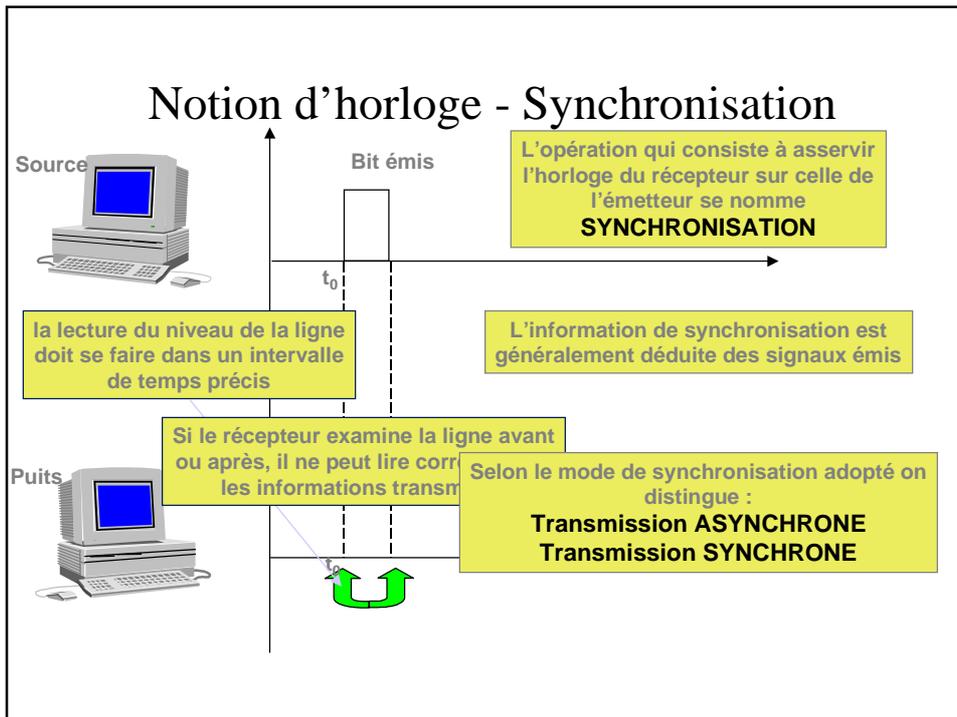
Il faudra en définir le mode d'emploi

Quelques problèmes de la transmission parallèle

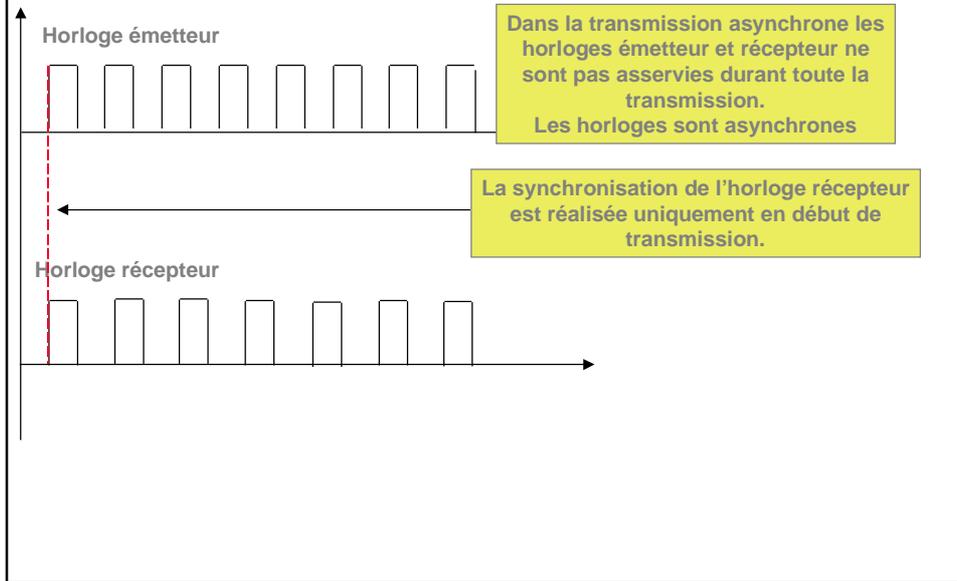
- Nombre de fils importants
- Connecteurs volumineux
- Inadaptation aux réseaux

Intérêt de la transmission série

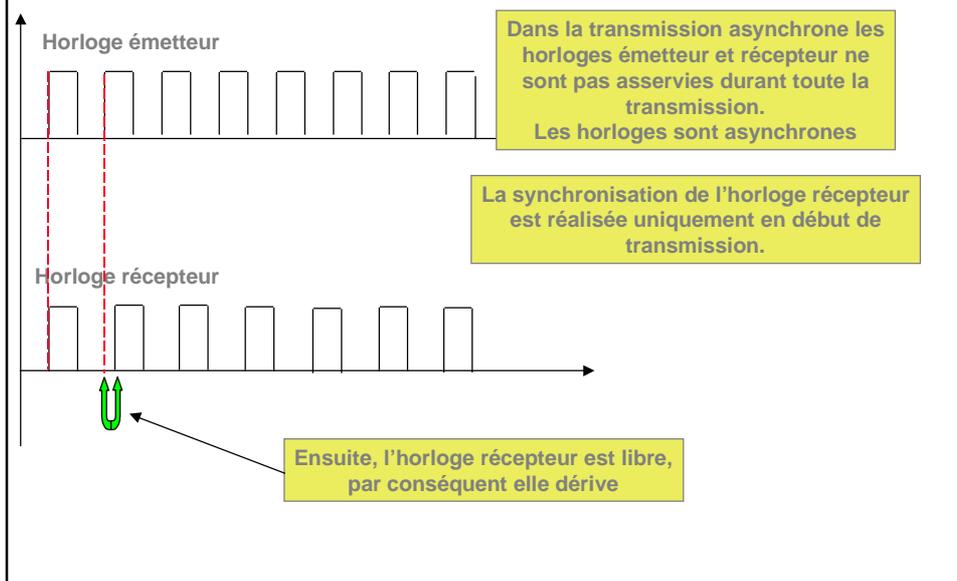




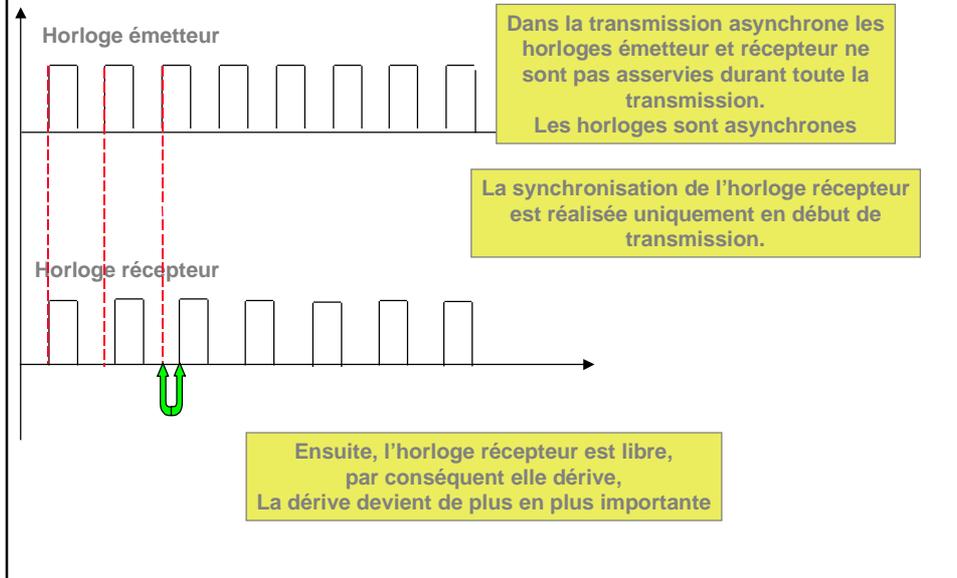
La transmission Asynchrone



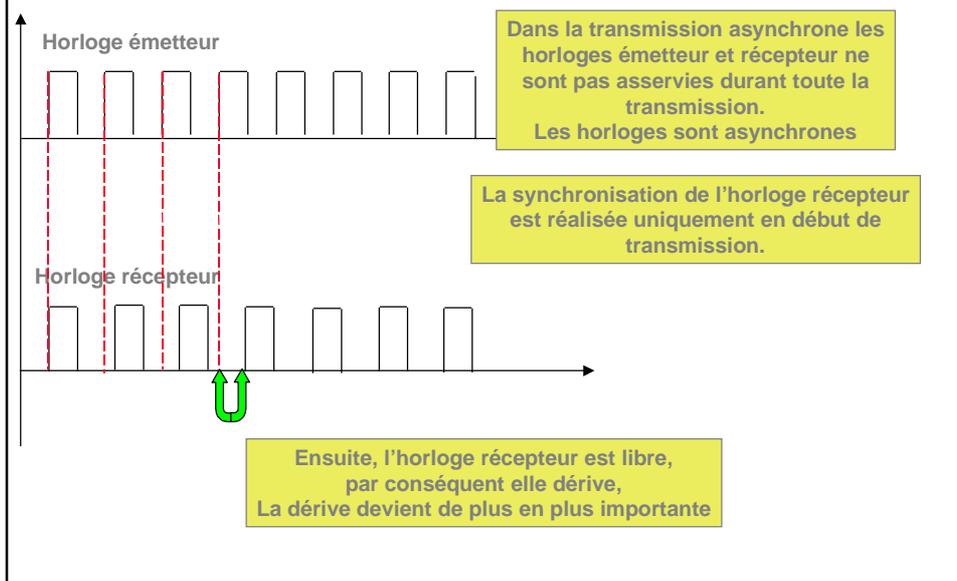
La transmission Asynchrone



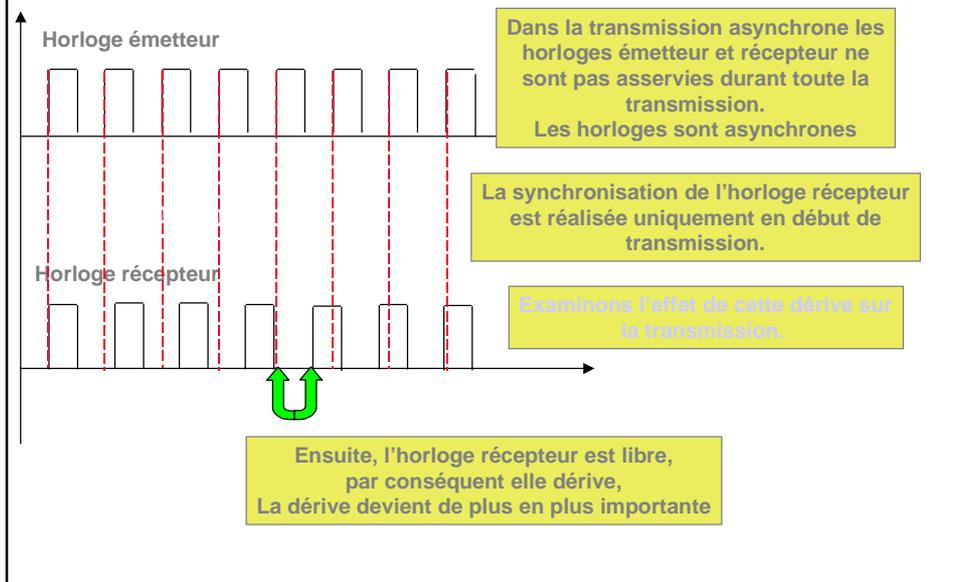
La transmission Asynchrone



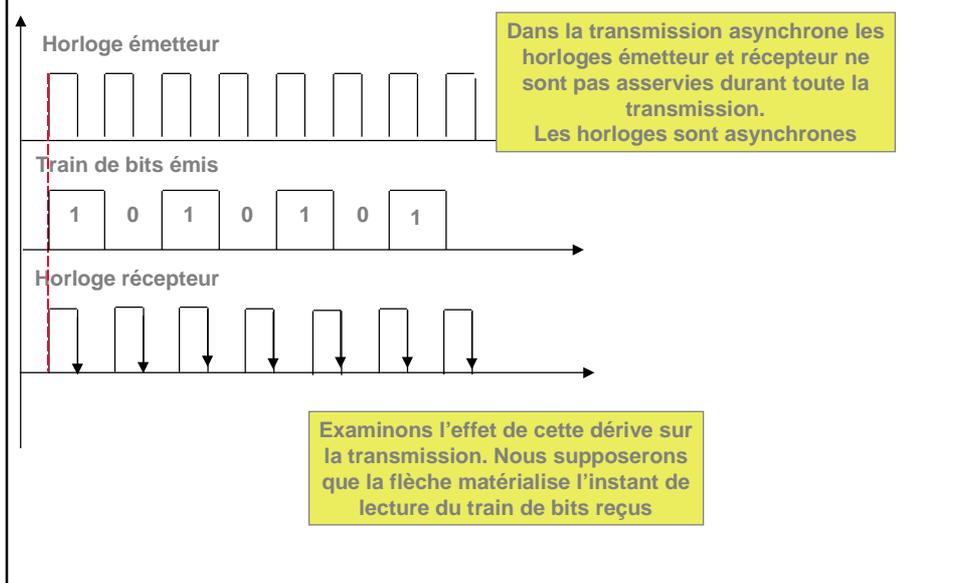
La transmission Asynchrone



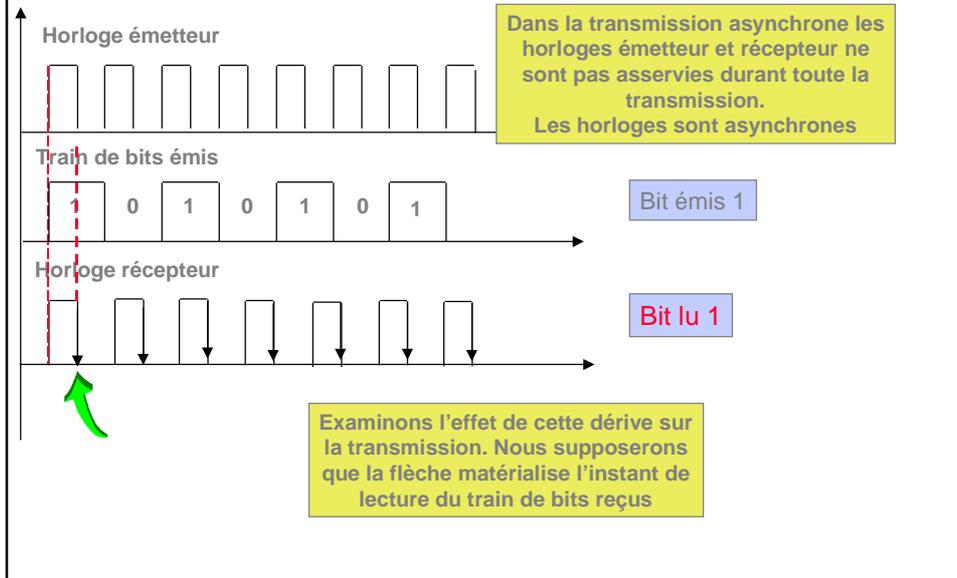
La transmission Asynchrone



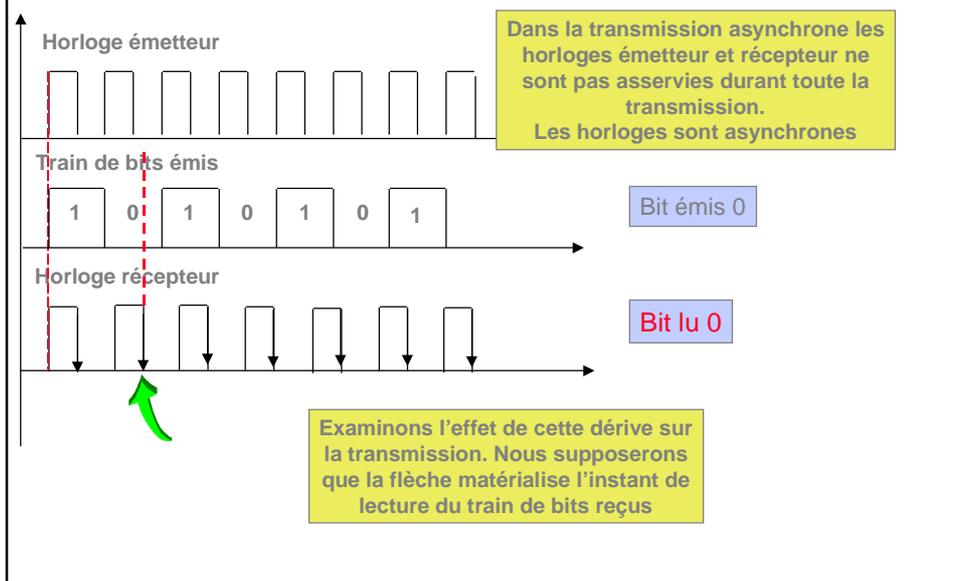
La transmission Asynchrone



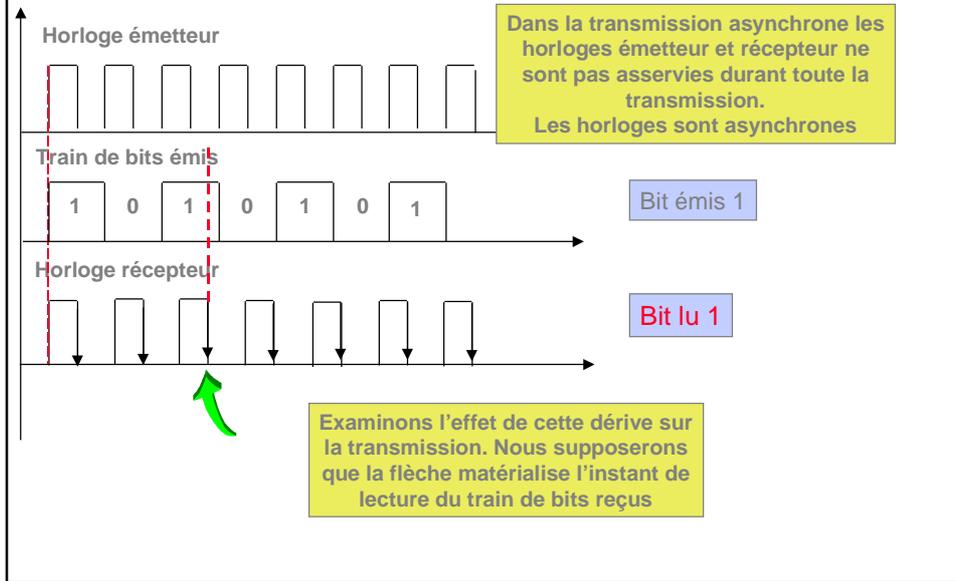
La transmission Asynchrone



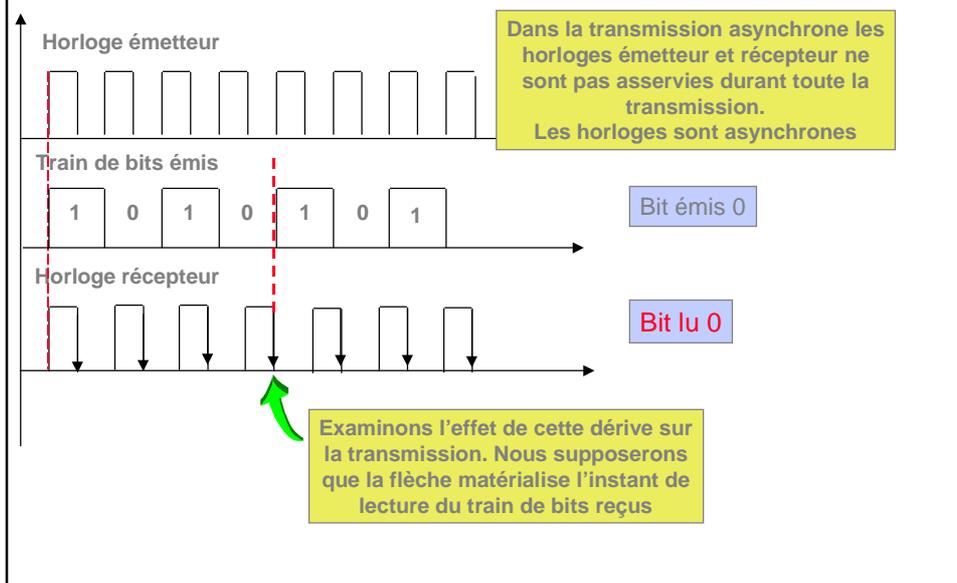
La transmission Asynchrone



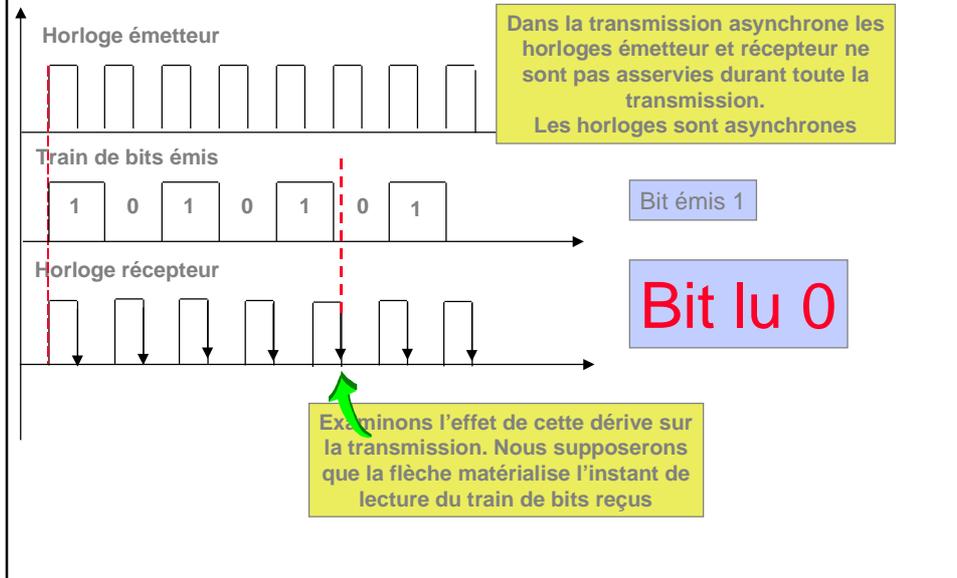
La transmission Asynchrone



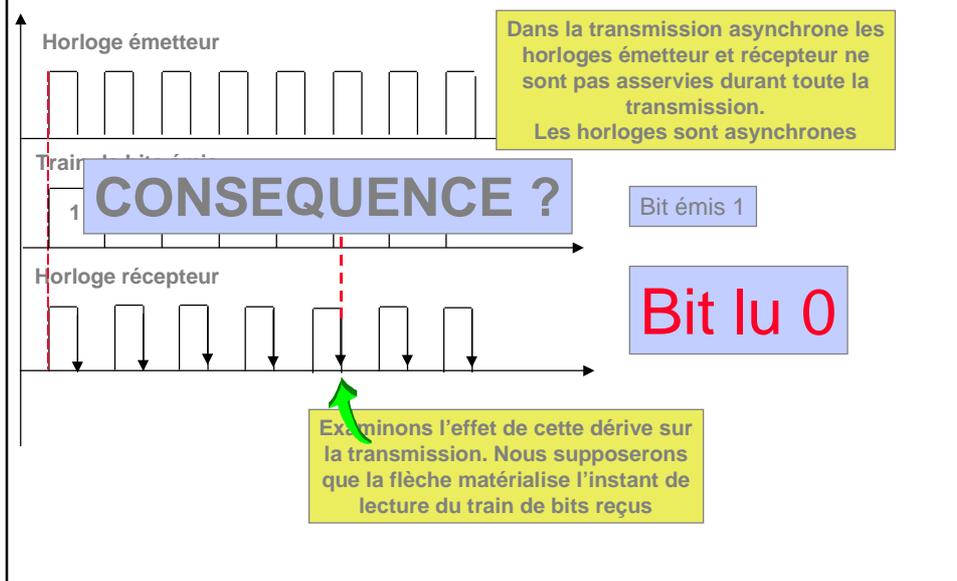
La transmission Asynchrone



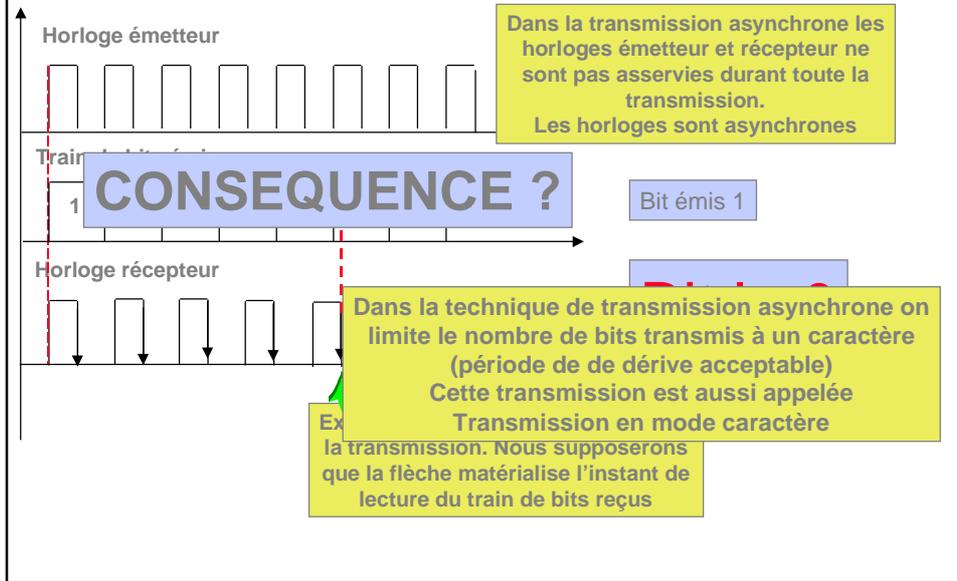
La transmission Asynchrone



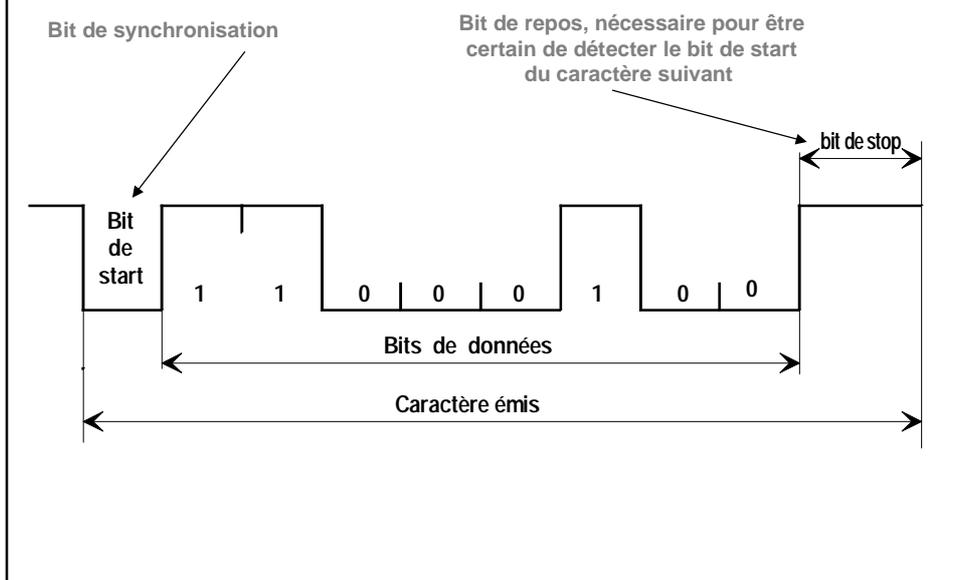
La transmission Asynchrone



La transmission Asynchrone



La transmission Asynchrone



La transmission Asynchrone

Caractéristiques :

- transmission arythmique : pas de lien temporel entre caractères
- limitée en principe aux faibles débits (dérive)
- technique peu onéreuse

Principaux protocoles :

- les protocoles peuvent être en mode caractères
 - XON-XOFF
 - Terminaux de type VT100
- ou en mode blocs
 - SLIP (Serial Line Internet Protocol)
 - PPP (Point to Point Protocol) - **Accès à INTERNET**

Nota :

Dans les protocoles en mode blocs chaque caractère est précédé d'un start et suivi d'un stop

Le RTC : l'archéologie technique

- 1875 : Graham Bell invente le téléphone
- Un enjeu : la connectivité au plan mondial
 - La commutation de circuit
 - 32 millions d'«abonnés» en France
 - 650 millions dans le monde



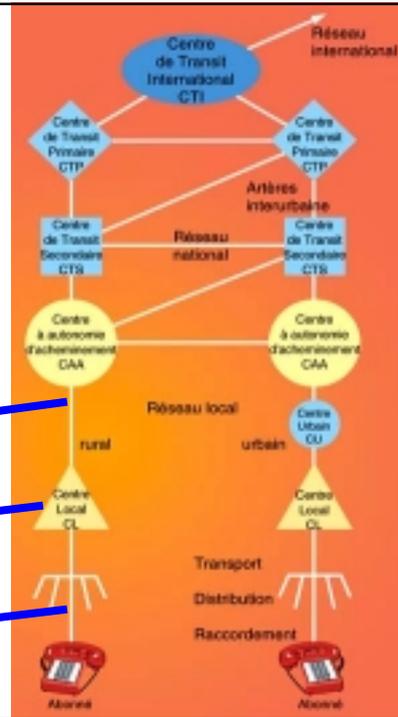
Le RTC

- Pendant cent ans analogique
- 1970 : la numérisation
 - 64 kbps

Transmettre
(numérique)

Acheminer
(numérique)

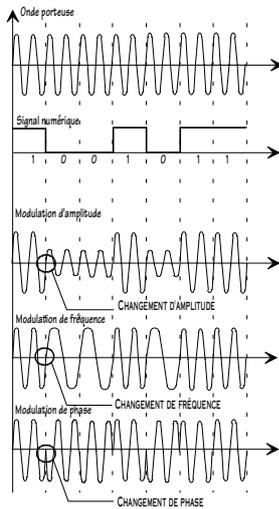
Raccorder
(analogique et numérique)



Transmettre des données sur le RTC

- Le raccordement est généralement analogique
- Les données à transmettre sont numérique
- Le modem réalise
 - la conversion numérique-analogique
- La transmission depuis la carte jusque sur le réseau
 - utilisation de procédures asynchrone
 - débit limité

Les différents types de modulation



- Le signal est supposé de la forme sinusoïdale de la forme :

$$u = A_0 \sin(\omega_0 t + \phi_0) \text{ avec } \omega_0 = 2\pi f_0 \text{ on peut jouer sur :}$$

- **L'amplitude**, c'est la modulation d'amplitude
- **La fréquence**, c'est la modulation de fréquence (FSK)
- **La phase**, c'est la modulation de phase (PSK)

FORMULES A RETENIR

Théorème de Shannon
 $F_e \geq 2 F_{max}$

Valence maximale

$$N = \sqrt{1 + \frac{S}{N}}$$

Débit binaire
 $D = V \cdot 8 / t$

Capacité de transmission
 $C = 2BP \log_2 n = BP \log_2 (1 + S/N)$

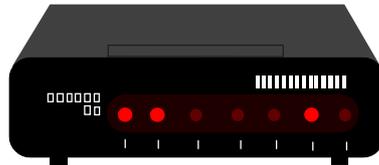
Rapidité de modulation (Critère de Nyquist)
 $R \leq 2 BP$

Taux d'erreur binaire
 $TEB = \text{Nombre de bits erronés} / \text{Nombre de bits transmis}$

Débit d'un canal
 $D = R \log_2 n \text{ ou } D = 2 BP \log_2 n$

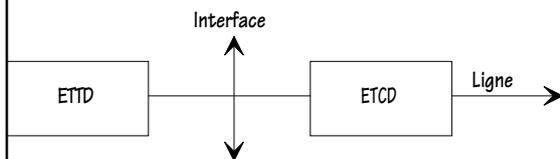
Taux de transfert des informations (TTI)
 $TTI = \text{Nombre de bits utiles} / \text{Durée de la transmission}$

Visualisation d'un Modem



- Les voyants :
 - Ali témoin d'alimentation du modem
 - 103 visualise l'émission de données
 - 104 indique une réception de données
 - 106 Le modem est prêt à émettre
 - 109 Le modem reçoit une porteuse
 - 142 le modem est en cours de bouclage

La jonction ETTD/ETCD

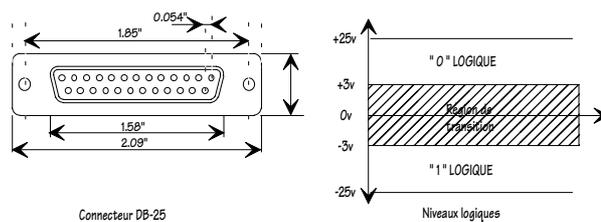


- L'interface ETTD/ETCD est définie selon 4 critères :
 - L'interface mécanique
 - L'interface électrique
 - L'interface fonctionnelle
 - L'interface procédurale

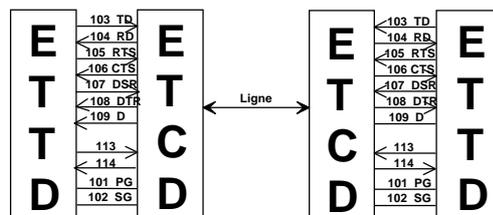
Les interfaces physiques

Appellation	Interfaces				Portée	Débit nominal
	Mécanique	Electrique	Fonctionnelle			
V24/RS 232	ISO 2110 DB 25	V28	V24		12 m	2,4 à 19,2 kbit/s
V35	ISO 2593 DB 34	V11/V10	V24		15 m 10 m	48 à 64 kbit/s 128 à 256 kbit/s
V36	ISO 4902 37 points	V11/V10	V24		15 m 10 m	48 à 64 kbit/s 128 à 256 kbit/s
X24/V11	ISO 4903 DB15	V11	X24		100 m 50 m	64 à 1024 kbit/s 1920 kbit/s
G703	ETSI 300.166	G703	G703		300 m	2048 kbit/s
G703/704	ETSI 300.167 DB 9	G703	G704		300 m	256 à 2048 kbit/s

L'interface V24 ou RS232C



l'interface V24 et sa connectivité

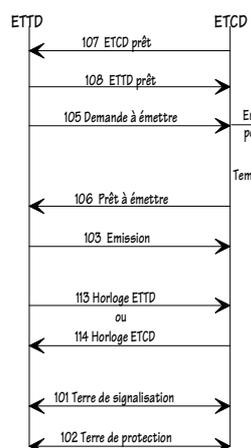


A l'arrière du PC...

- Les modems utilisent le « port » série
 - 9 or 25 broches



Procédure d'initialisation



- Très utilisé dans les accès par RTC
- Base du Minitel et des accès Internet résidentiels
- Largement utilisé également pour le raccordement des petits établissements

En résumé (1)...

- Le réseau peut être vu comme un des périphériques de l'ordinateur
- Les données se présentent sous forme structurée
 - caractères, trames...
- La transmission des données suppose un support physique clairement défini
 - importance d'une norme
- L'expédition des données sur un réseau suppose une mise en forme
 - l'asynchrone caractère n'est qu'une des variantes possibles

En résumé (2)...

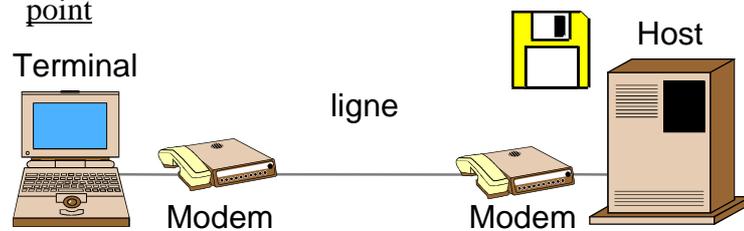
- La commutation de circuit établit un chemin permanent entre émetteur et récepteur
 - le RTC n'est qu'une variante, d'autres existent (Numéris, ISDN)
- Le modem réalise les opérations nécessaires à l'émission de données sur un réseau analogique
 - des normes sont nécessaires à plusieurs niveaux
 - physique (connecteurs, signaux...)
 - procédure d'assemblage des données : on les appellera procédures de « liaison »

Les procédures de liaison (2)

La communication Terminal-Host

2

- Composantes
 - Terminal
 - Host (traitements)
 - Ligne de transmission (ici, téléphone et modem)
 - La ligne de téléphone joue le rôle d'une liaison point à point



Emulation de terminal

3

- De plus en plus d'utilisateurs ont un PC
 - Le système d'exploitation du Host « attend » un terminal
 - Les PCs peuvent « émuler » les terminaux
 - Logiciel

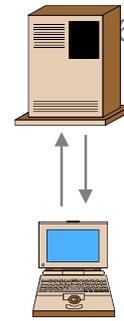
Le VT100

4

- Emulation VT100
 - Programme de communication
 - Logiciel d'émulation
- Caractéristiques courantes
 - Vitesse : maximum 19 kbps, couramment moins
 - Asynchrone ASCII peu efficace (voir plus loin)
 - Texte simple
 - Pas de couleur

Autres logiciels

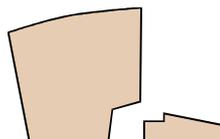
- Transfert de fichiers
 - Transfert avec correction d 'erreur
 - Upload: PC vers host
 - Download: host vers PC
- Utilisation de protocoles normalisés
 - Kermit
 - XMODEM, YMODEM, ZMODEM..
 - Etc.



Autres terminaux

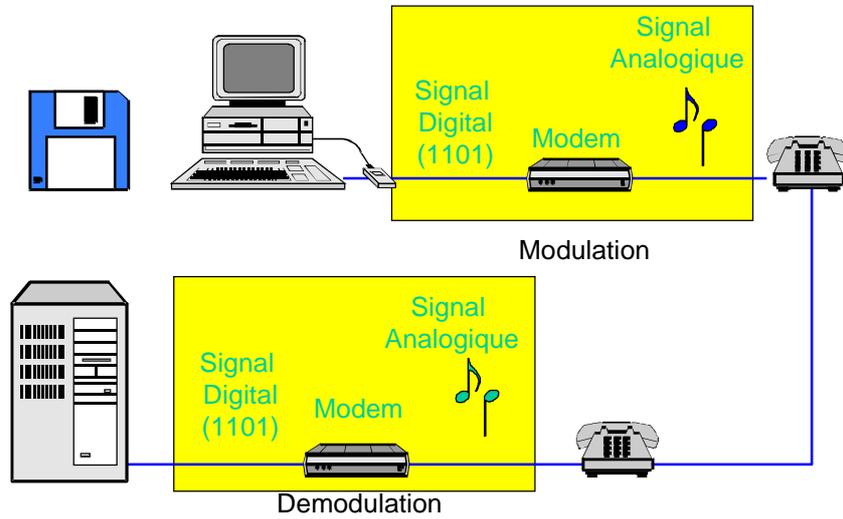
8

- IBM 3270
 - Couleur et graphique
 - Vitesse allant jusqu 'à 2 Mbps
 - ★ – Utilisé en production
 - Terminal synchrone (SDLC)



Transmission Analogique and Digitale

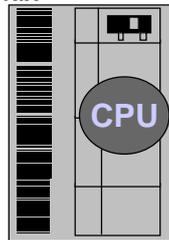
9



La transmission Asynchrone

ILLUSTRATION :

Mini Ordinateur
sous UNIX

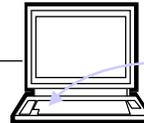
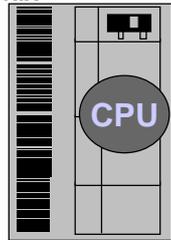


Terminal de type VT100

La transmission Asynchrone

ILLUSTRATION :

Mini Ordinateur
sous UNIX



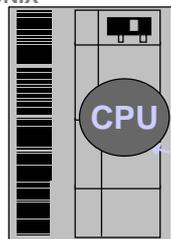
Frappe du
caractère 'A'

Terminal de type VT100

La transmission Asynchrone

ILLUSTRATION :

Mini Ordinateur
sous UNIX



Frappe du
caractère 'A'

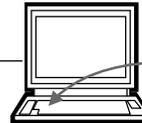
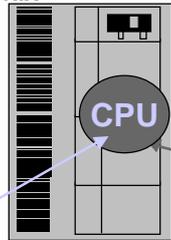
A
Emission du caractère 'A'
sur la ligne

Terminal de type VT100

La transmission Asynchrone

ILLUSTRATION :

Mini Ordinateur
sous UNIX



Frappe du
caractère 'A'

A
Emission du caractère 'A'
sur la ligne

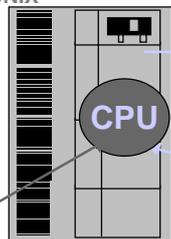
Terminal de type VT100

- 3) Réception du caractère
- 4) Interruption processeur (1 par caractère)
- 5) Traitement du caractère

La transmission Asynchrone

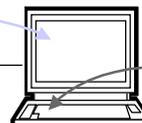
ILLUSTRATION :

Mini Ordinateur
sous UNIX



Emission en écho
du caractère

A



Frappe du
caractère 'A'

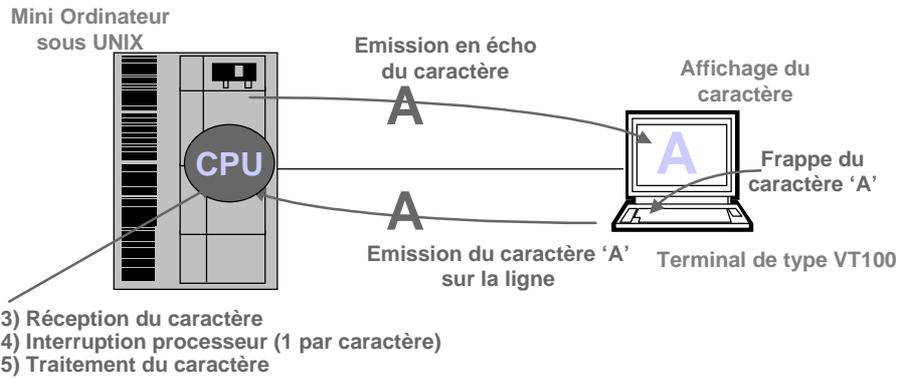
A
Emission du caractère 'A'
sur la ligne

Terminal de type VT100

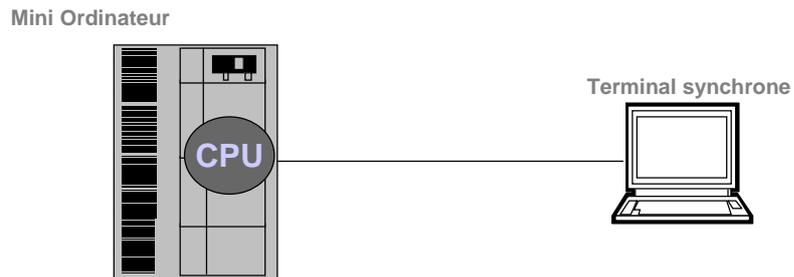
- 3) Réception du caractère
- 4) Interruption processeur (1 par caractère)
- 5) Traitement du caractère

La transmission Asynchrone

ILLUSTRATION :

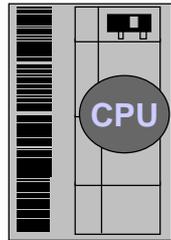


La transmission synchrone

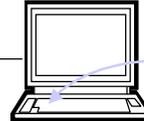


La transmission synchrone

Mini Ordinateur



Terminal synchrone

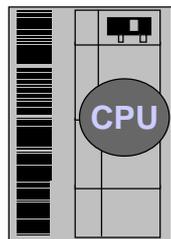


Saisie complète
'AZERTY'

La frappe ne peut avoir lieu en aveugle

La transmission synchrone

Mini Ordinateur



Terminal synchrone

Affichage

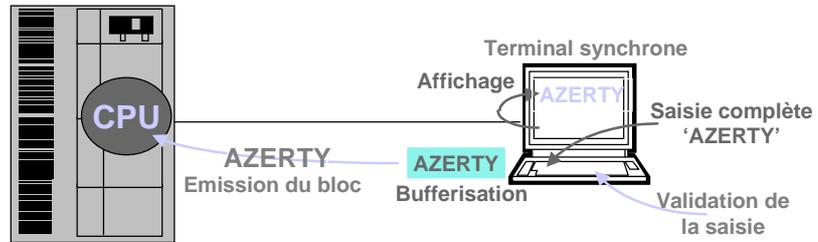


Saisie complète
'AZERTY'

AZERTY
Bufferisation

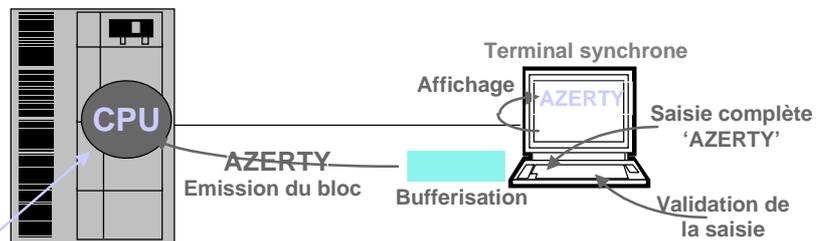
La transmission synchrone

Mini Ordinateur



La transmission synchrone

Mini Ordinateur



- 6) Réception du bloc
- 7) Interruption processeur (1 seule)
- 8) Traitement des données

La transmission synchrone

En transmission synchrone les données à envoyer sont assemblées pour former un bloc émis en une seule fois

Séquence de Synchronisation	Informations de Supervision	Données	Informations de Contrôle
-----------------------------	-----------------------------	---------	--------------------------

Dans ce mode de transmission, les horloges récepteur et émetteur sont en synchronisme, l'asservissement de l'horloge du récepteur sur celle de l'émetteur est assuré, soit par un signal particulier transmis sur une ligne spécifique (non employé) ou déduites des informations transmises (utilisation des transitions du signal transmis)

La transmission synchrone

En transmission synchrone les données à envoyer sont assemblées pour former un bloc émis en une seule fois

Séquence de Synchronisation	Informations de Supervision	Données	Informations de Contrôle
-----------------------------	-----------------------------	---------	--------------------------

Avant toute transmission de données utiles, il faut s'assurer que l'horloge du récepteur soit bien calée (synchronisée, sur celle de l'émetteur). Une séquence binaire particulière précède l'émission des données utiles. Cette séquence spécifique est envoyée durant les instants de silence (entre les blocs) pour maintenir la synchronisation.

La transmission synchrone

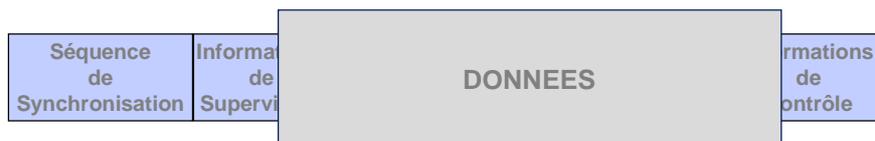
En transmission synchrone les données à envoyer sont assemblées pour former un bloc émis en une seule fois



Généralement, dans les protocoles synchrones un champ est réservé à des informations de contrôle de l'échange de données entre les deux systèmes : ouverture de ligne, accusé de réception...

La transmission synchrone

En transmission synchrone les données à envoyer sont assemblées pour former un bloc émis en une seule fois



Les données sont assemblées en bloc sans aucun caractère ou bit de séparation. La taille du bloc peut être fixe ou variable. La taille maximale dépendant du système de transmission

La transmission synchrone

En transmission synchrone les données à envoyer sont assemblées pour former un bloc émis en une seule fois



Généralement, une séquence binaire particulière, dont le contenu binaire est fonction des séquences binaires précédentes, permet au récepteur de vérifier la validité des informations reçues.

La transmission synchrone

Caractéristiques :

- transmission arythmique au niveau du bloc, pas de lien temporel entre blocs
- L'horloge étant asservie en permanence, la transmission synchrone autorise l'utilisation de débits élevés
- technique plus coûteuse que la transmission asynchrone

Principaux protocoles normalisés:

- HDLC (High Level Data Link Control)
- PPP (Point to Point Protocol) - dérivé d'HDLC
Ce protocole est aussi un protocole asynchrone

Protocoles propriétaires

- BSC (Binary Synchronous Communication) d'IBM
- SDLC (Synchronous Data Link Control) d'IBM
a inspiré HDLC
- VIP (Visual Information Protocol) de BULL

Introduction aux techniques de détection des erreurs

- Taux d'erreur binaires, ou Teb (BER, Bit Error Rate) :
 - Rapport entre le nombre d'informations erronées (bits) et le nombre d'informations transmises (bits)
 - RTC 10^{-4} , Transpac 10^{-8} , RL 10^{-12}
- Différentes techniques
 - Détection par écho (Minitel, Telnet)
 - Détection par répétition
 - Détection par code d'erreur
- Si t_e est la probabilité pour qu'un bit soit erroné, la probabilité pour qu'un bloc de N bits soit reçu correctement est : $p = (1-t_e)^N$

Détection par code d'erreur

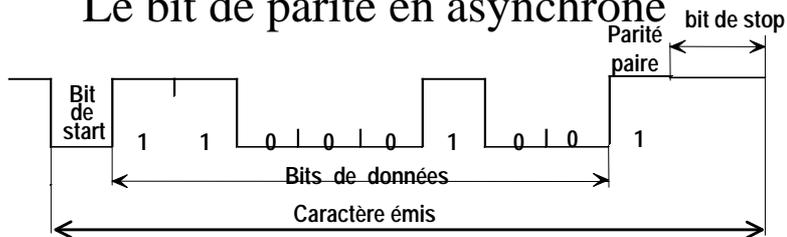
- Une information complémentaire est transmise
- Deux techniques
 - Le bit de parité (ou d'imparité)
 - VRC, Vertical Redundancy Check
 - LRC, Longitudinal Redundancy
 - La clé calculée (CRC, Cyclic Redundancy Check ou FCS, Frame Check Sequence)
- Codes auto-correcteurs

Principe du bit de parité

Caractère	O	S	I
Bit 0	1	1	1
Bit 1	0	0	0
Bit 2	0	1	0
Bit 3	1	0	1
Bit 4	1	0	0
Bit 5	1	1	0
Bit 6	1	1	1
Bit de parité	1	0	1
Bit d'imparité	0	1	0

- Introduction d'un bit supplémentaire tel que la somme des bits transmis soit :
 - paire (contrôle de parité)
 - impaire (contrôle d'imparité)
- technique dite du VRC (Vertical Redundancy Check)
- utilisée dans les transmissions asynchrones

Le bit de parité en asynchrone

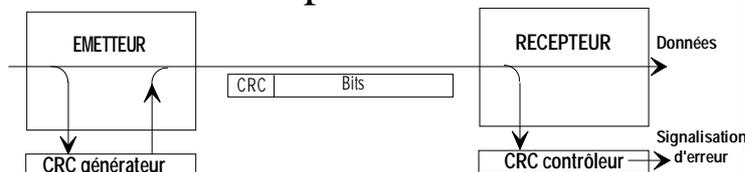


8 bits transmis, 12 bits émis!



Détection par clé calculée

Principe



- Le bloc de N bits de données est considéré comme un polynôme de degré N-1.
- Il est divisé par un polynôme dit générateur
- Le reste constitue la clé de contrôle, elle est transmise avec le bloc de données

Exemple de division polynomiale

Soit le message « 110111 » à protéger par le polynôme générateur $x^2 + x + 1$:

Au message $1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1$
on fait correspondre le polynôme $x^5 + x^4 + 0 + x^2 + x^1 + 1$

$$(x^5 + x^4 + 0 + x^2 + x^1 + 1) * x^2 = x^7 + x^6 + 0 + x^4 + x^3 + x^2 + 0 + 0$$

$x^7 + x^6 + 0 + x^4 + x^3 + x^2 + 0 + 0$	$\begin{array}{r} x^2 + x + 1 \\ \hline x^5 \ x^3 \ 1 \end{array}$
$x^7 \ x^6 \ x^5 \ \downarrow \ \downarrow \ \downarrow$	
$x^5 \ x^4 \ x^3 \ \downarrow$	
$x^5 \ x^4 \ x^3 \ \downarrow$	
$x^2 \ 0 \ 0$	
$x^2 \ x \ 1$	
RESTE $\Rightarrow \quad x \ 1$	

Le reste de la division polynomiale est de degré -1 par rapport au diviseur soit, ici, 2 bits

Exemples de polynômes normalisés

- Avis 41 du CCITT (UIT-T)
 - $X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$
 - permet détecter :
 - toutes séquence d'erreurs d'une longueur ≥ 16 bits
 - toutes séquences d'erreurs sur n bits ou n est impair
 - 99,99% des séquences de longueur paire
 - utilisé dans HDLC (X25-2)
- $X^8 + X^2 + X + 1$ (ATM)

La transmission synchrone

En transmission synchrone les données à envoyer sont assemblées pour former un bloc émis en une seule fois



Plusieurs Kilo-octets transmis, 2 octets ajoutés

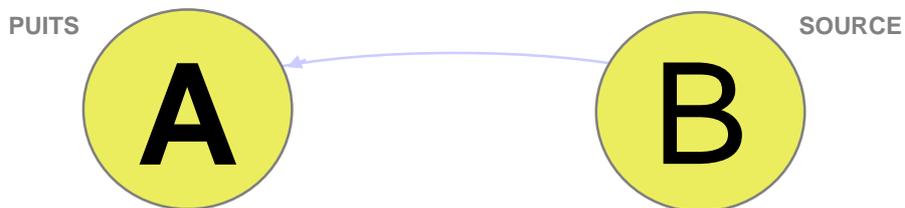
Synchrone et asynchrone

	Asynchrone	Synchrone
Simplicité	+++	+
Charge serveur	forte	modérée
Mémoire terminal	Peu (1 octet)	Importante (plusieurs ko)
Efficacité	Faible (overhead)	forte
Hauts débits	---	+++

- L'asynchrone est utilisé à faible débit, pour le raccordement de terminaux simples ou sur réseau à grande distance
- Le synchrone est préféré pour des terminaux plus complexes ou lorsque l'on vise des hauts débits, en particulier sur réseaux à courtes distances

L'organisation des échanges

Les deux entités communicantes peuvent être émetteur ou récepteur de données (Source ou Puits).

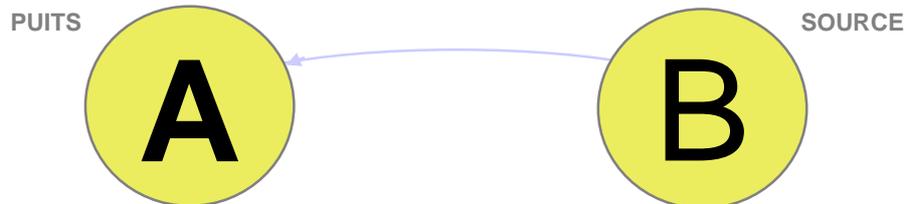


Ces deux fonctions peuvent ne pas être accessibles
La communication est alors unidirectionnelle

Liaison SIMPLEX

L'organisation des échanges

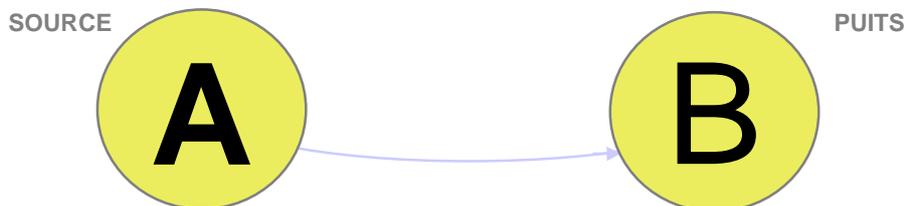
Les deux entités communicantes peuvent être émetteur ou récepteur de données (Source ou puits).



Ces deux fonctions peuvent être successives
La communication est alors bidirectionnelle
à l'alternat

L'organisation des échanges

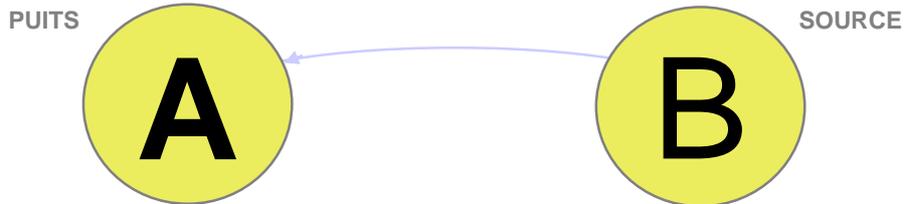
Les deux entités communicantes peuvent être émetteur ou récepteur de données (Source ou puits).



Ces deux fonctions peuvent être successives
La communication est alors bidirectionnelle
à l'alternat

L'organisation des échanges

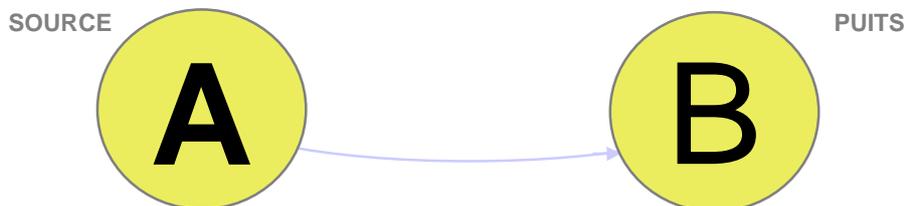
Les deux entités communicantes peuvent être émetteur ou récepteur de données (Source ou puits).



Ces deux fonctions peuvent être successives
La communication est alors bidirectionnelle
à l'alternat

L'organisation des échanges

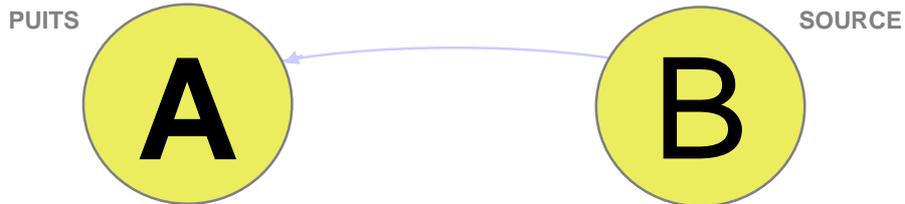
Les deux entités communicantes peuvent être émetteur ou récepteur de données (Source ou puits).



Ces deux fonctions peuvent être successives
La communication est alors bidirectionnelle
à l'alternat

L'organisation des échanges

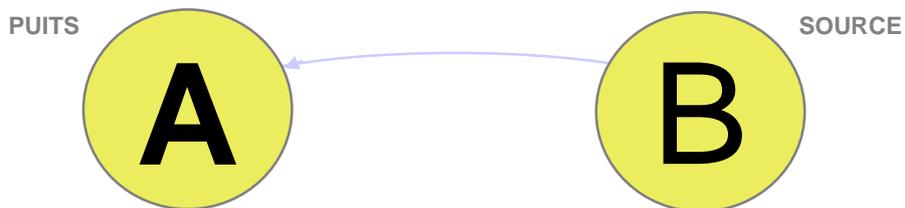
Les deux entités communicantes peuvent être émetteur ou récepteur de données (Source ou puits).



Ces deux fonctions peuvent être successives
La communication est alors bidirectionnelle à l'alternat

L'organisation des échanges

Les deux entités communicantes peuvent être émetteur ou récepteur de données (Source ou puits).

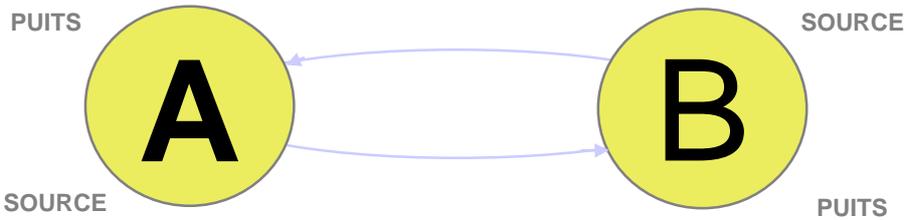


Ces deux fonctions peuvent être successives
La communication est alors bidirectionnelle à l'alternat

Liaison HALF DUPLEX
ou SEMI DUPLEX

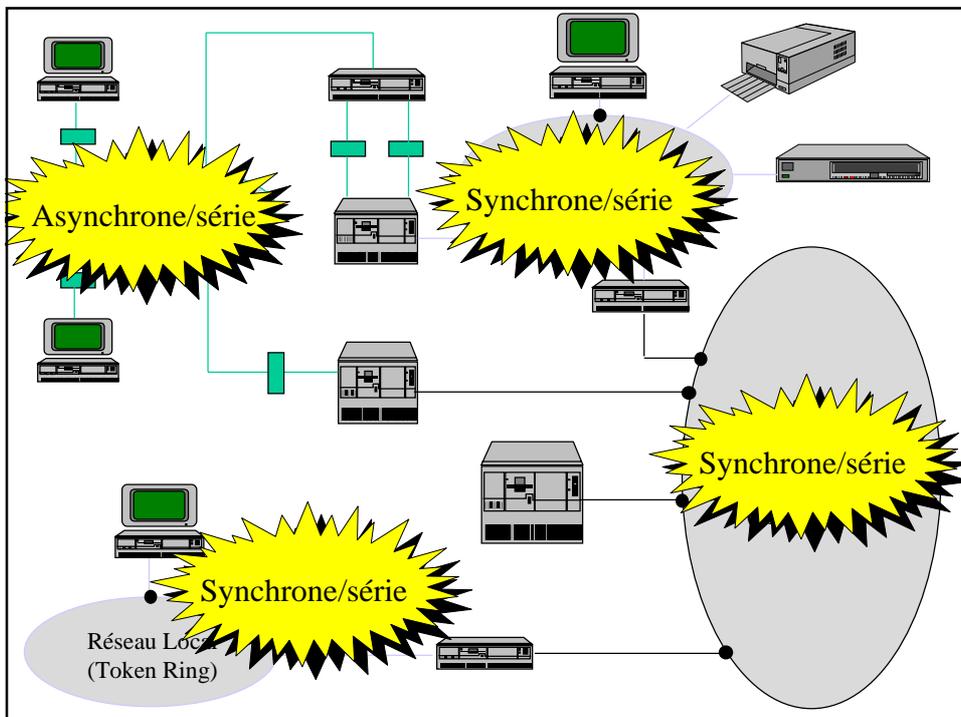
L'organisation des échanges

Les deux entités communicantes peuvent être émetteur ou récepteur de données (Source ou puits).



Ces deux fonctions peuvent être simultanées
La communication est alors bidirectionnelle

Liaison FULL DUPLEX
DUPLIX INTEGRAL



Accéder à un hôte dans une situation complexe

L 'exemple internet et le WWW

L'accès au WWW depuis le foyer

- Situation courante aujourd'hui
 - Bonne introduction au concept fondamental d'architecture

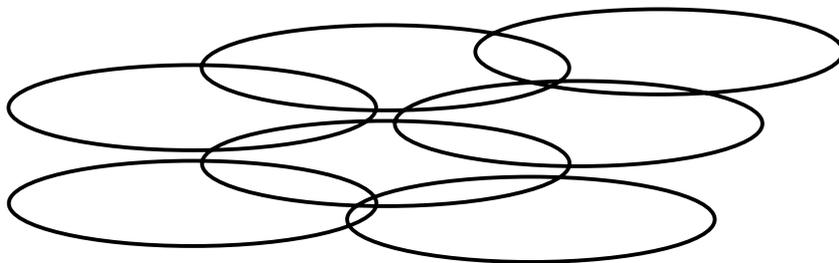


Internet

- Réseau
 - *Ordinateurs interconnectés de façon à ce que n'importe lequel d'entre eux puisse envoyer des messages à n'importe quel autre en fournissant l'adresse réseau du récepteur en début de chaque message.*
- Points clés
 - “Any-to-any”.
 - Communication basée sur l'échange de message
 - Le réseau achemine le message sur la base de l'adresse, comme le réseau postal traite le courrier sur la base de l'adresse d'enveloppe.

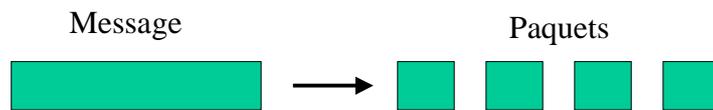
Internet

- “Réseau de réseau” mondial
 - Ce n'est pas un réseau unique



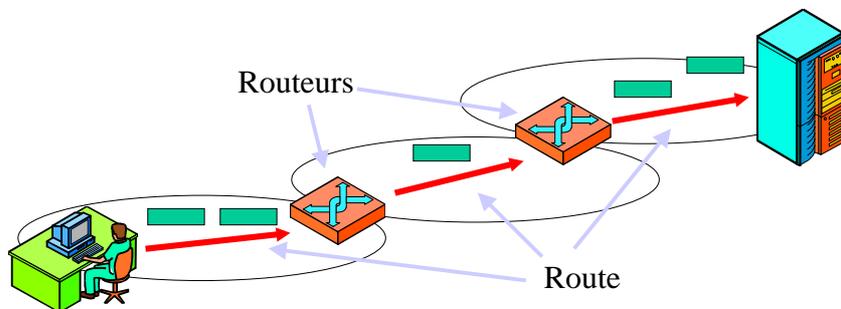
Internet

- Les messages sont décomposés en paquet pour la transmission
 - Plus efficace que la transmission de messages longs



Internet

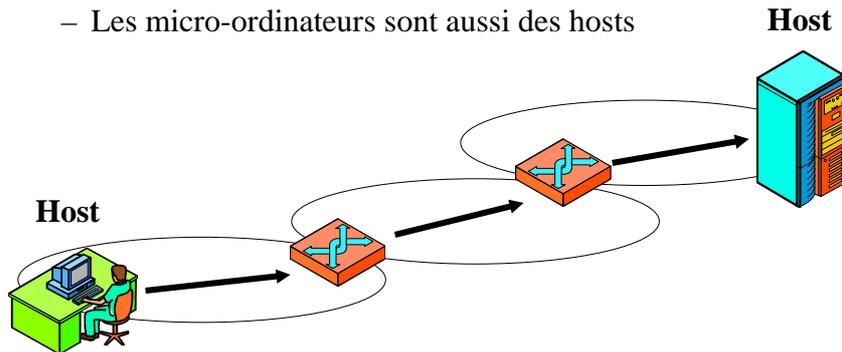
- Routeurs
 - Interconnectent les réseaux entre eux
 - Coopèrent pour trouver la route de bout en bout de chaque paquet.



Internet

- Hosts

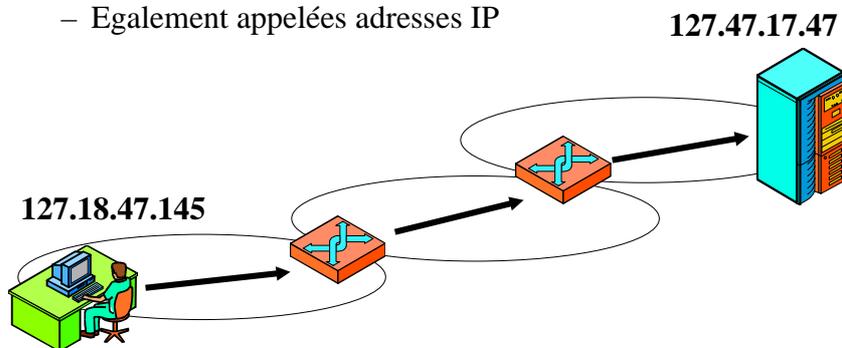
- *Tout ordinateur connecté à l'Internet est un "host"*
- *Les serveurs Web sont des host*
- *Les micro-ordinateurs sont aussi des hosts*



Internet

- Les adresses de hosts (hôtes)

- 4 nombres séparés par des points
- exemple, 128.171.17.13
- Egalement appelées adresses IP

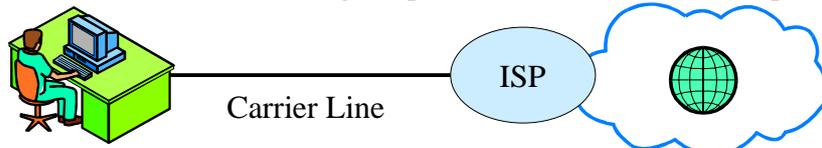


Les adresses Internet

- En fait, chaînes de 32 bits
 - 10000000101010100001000100001101
 - Peuvent être lues comme 4 octets
 - 10000000 10101011 00010001 00001101
- 128 171 17 13

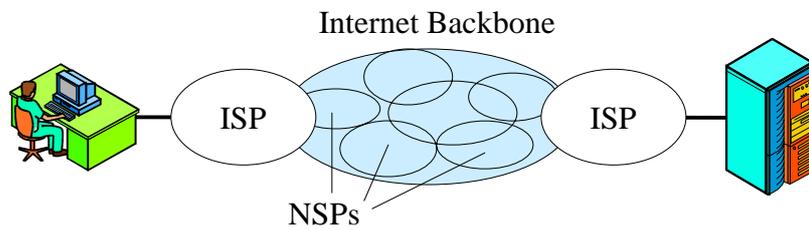
L'accès

- A domicile
 - Le rôle des Internet Service Providers (ISPs)
 - Fournit la connexion à l'Internet
 - Fournit éventuellement des services additionnels (e-mail, etc.)
 - L'opérateur de télécommunications
 - Connecte à l'ISP
- Depuis l'entreprise
 - Le rôle de l'ISP est joué par le réseau local de l'entreprise



Le backbone Internet

- Plusieurs opérateurs en concurrence, les network service providers (NSPs)
- Les NSPs sont tous interconnectés entre eux.



L' exemple français

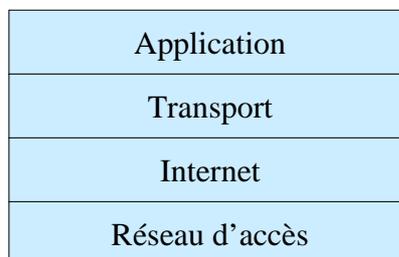


Les normes Internet

- Le cadre de référence : TCP/IP
 - A l'origine créé par le ministère de la défense américain pour interconnecter les réseaux de ses fournisseurs.
 - Puis tenu à jour par le DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency)
 - Aujourd'hui un organisme indépendant , l'IETF (Internet Engineering Task Force)

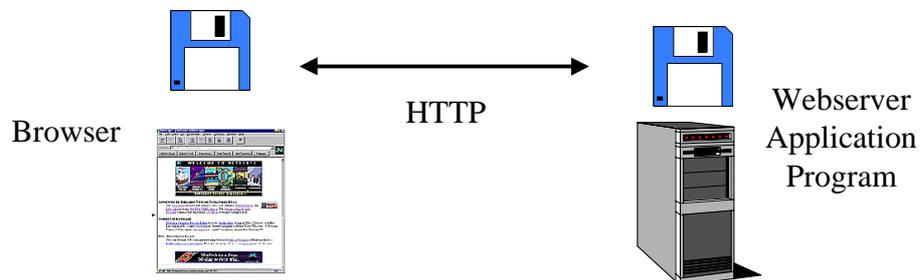
Les standards Internet

- TCP/IP a une structure "en couche"
 - Application
 - Transport
 - Internet
 - Réseau d'accès



Les standards Internet : application

- Permet à deux applications d'interopérer, quel que soit le fournisseur
 - *exemple : browser (butineur) de Microsoft ou Netscape et serveur Web de Microsoft, Unix, Lotus...*
- Le transfert de l'un à l'autre est géré par un protocole : HTTP

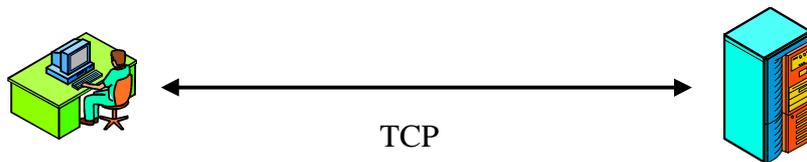


Qu'est-ce qu'un protocole?

- *Standard fixant les règles de communications entre deux processus de même niveau sur des systèmes différents*
 - *Butineur et serveur Web sont au même niveau*
 - *Butineur et serveur Web sont sur des machines différentes (PC d'utilisateur et serveur)*
 - HTTP est un protocole.
- Nous avons déjà vu d'autres exemples de protocoles
 - synchrone et asynchrone

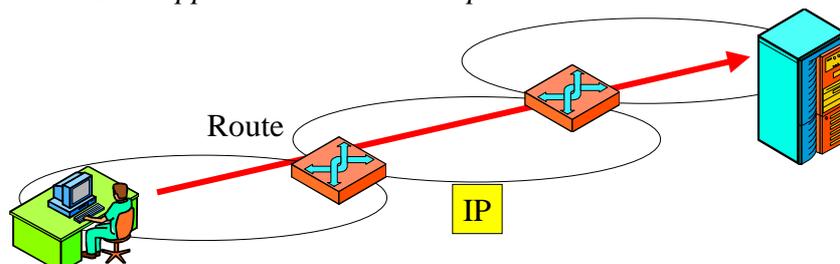
Les standards Internet : transport

- Le protocole de transport permet à deux machines d'échanger des messages de manière fiable quels que soient le fournisseur et le type des machines
 - PC d'utilisateur et serveur UNIX (le PC n'a même pas besoin de connaître le type de serveur)
 - HTTP utilise TCP



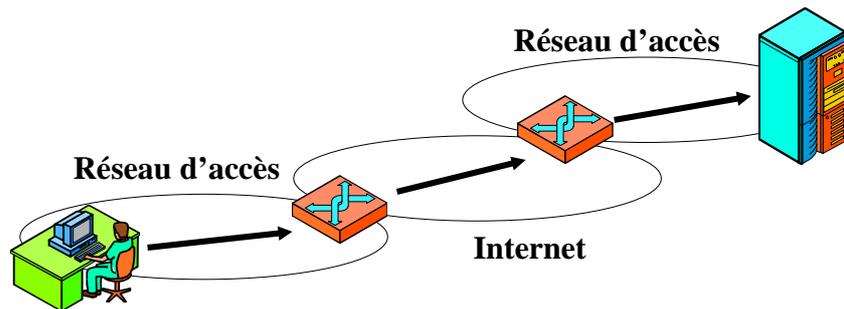
Les standards Internet : réseau

- Utilisateur et serveur ne sont pas nécessairement lié directement (point à point) ni même sur le même réseau!
 - *Il faut acheminer les messages vers la bonne machine sur le bon réseau : protocole de réseau IP (Internet protocol)*
 - *On s'appuie sur les adresses pour trouver une route*



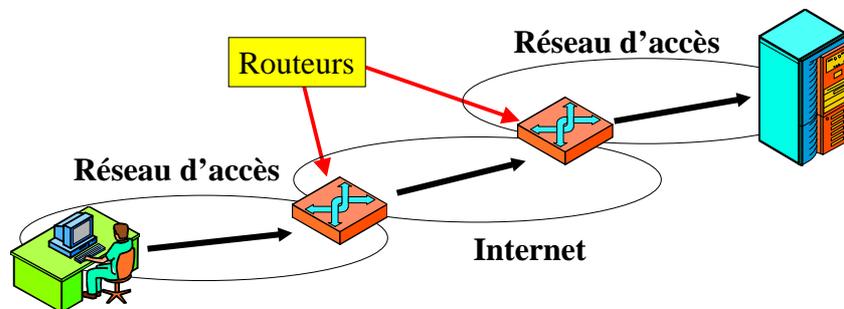
Les standards Internet : réseau d'accès

- Entité logique
 - Un paquet peut traverser plusieurs réseaux avant d'attendre sa destination
 - Les réseaux peuvent être de technologies différentes



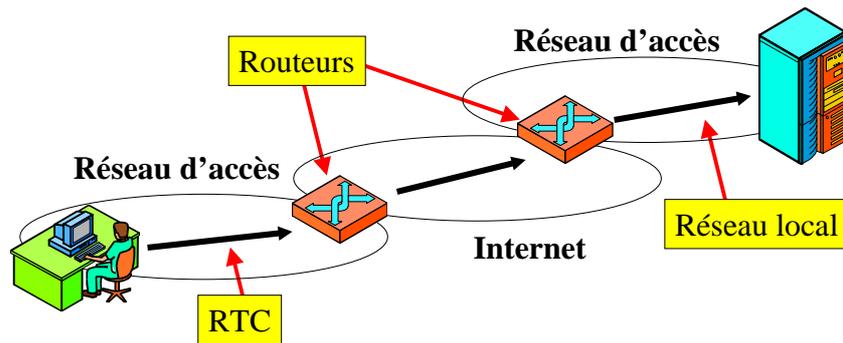
Les standards Internet : réseau d'accès

- Entité logique
 - Un paquet peut traverser plusieurs réseaux avant d'attendre sa destination
 - Les réseaux peuvent être de technologies différentes



Les standards Internet : réseau d'accès

- Entité logique
 - Un paquet peut traverser plusieurs réseaux avant d'attendre sa destination
 - Les réseaux peuvent être de technologies différentes



Les standards Internet

- L'IETF ne prescrit pas de protocole au niveau réseau d'accès
 - On peut utiliser n'importe quel standard (réseau de réseau)
 - On utilise fréquemment les protocoles définis par un autre organisme : l'ISO

Application
Transport
Internet
Normes OSI

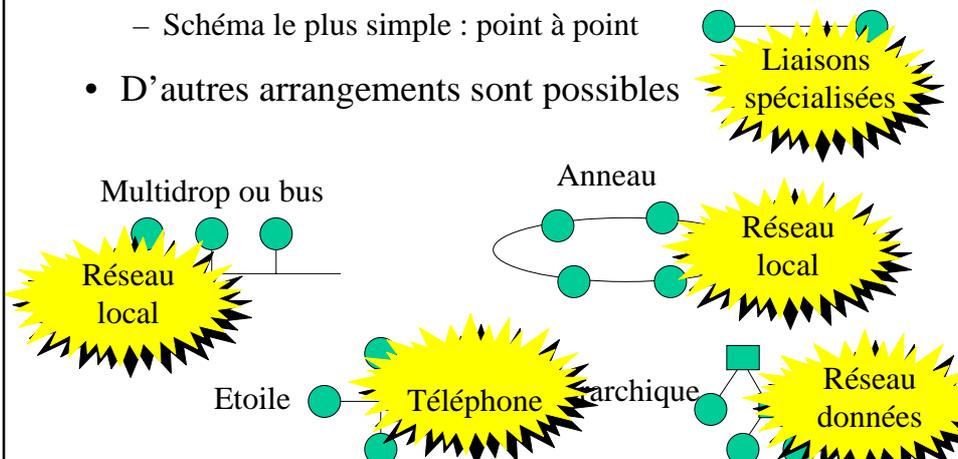
Les standards Internet

- On décompose fréquemment les normes de réseau d'accès en deux parties
 - Data Link (liaison)
 - Physical (physique)

Application	
Transport	
Internet	
OSI Standards	Data Link
	Physical

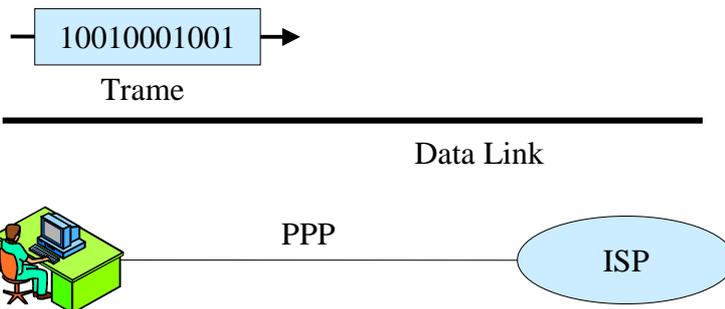
Le niveau liaison

- Cas le plus simple de transmission : un seul chemin possible entre deux stations
 - Schéma le plus simple : point à point
- D'autres arrangements sont possibles



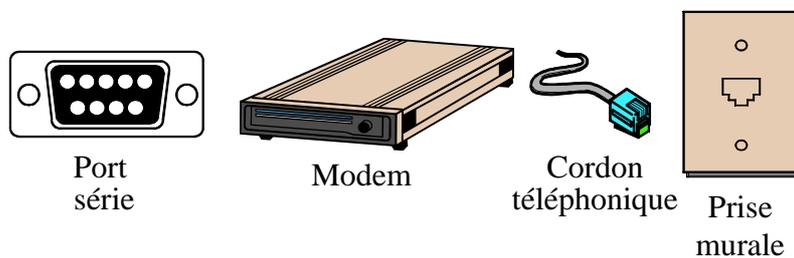
Les standards Internet : liaison

- Organise les bits en trames
 - nous en avons déjà vu des exemples : *synchrone et asynchrone*
- Depuis le foyer on utilise fréquemment PPP
 - entre utilisateur et ISP



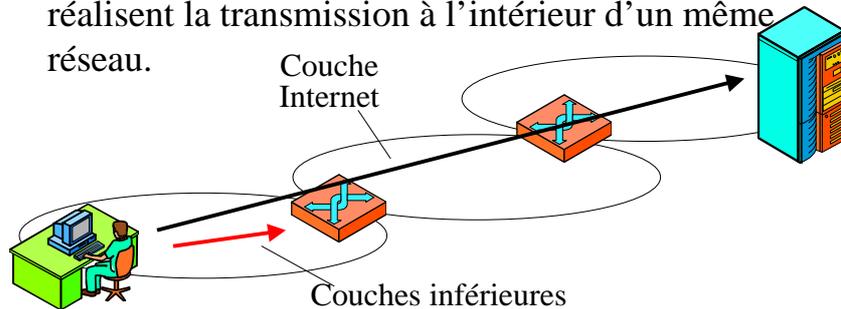
Les standards Internet : physique

- Pour accéder au Web depuis chez soi, il faut :



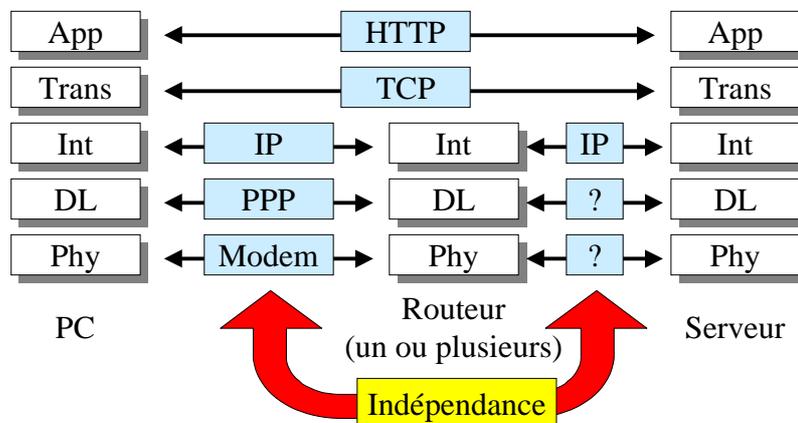
Les standards Internet : l'assemblage

- Les différents protocoles s'arrangent en "couches"
- La couche Internet (IP) permet 'acheminer l'information entre les différents réseaux qu'il faut traverser
- Les couches inférieures (physique et liaison) réalisent la transmission à l'intérieur d'un même réseau.



Les standards Internet : les couches

- Accès au Web depuis le domicile



Flexibilité d'une architecture en couche

	Web depuis le foyer ,V34
Application	HTTP
Transport	TCP
Réseau	IP
Liaison	PPP
Physique	Port série, modem V34 RTC

Flexibilité d'une architecture en couche

	Web depuis le foyer ,V34	Transfert de fichier depuis le foyer, V34
Application	HTTP	FTP
Transport	TCP	TCP
Réseau	IP	IP
Liaison	PPP	PPP
Physique	Port série, modem V34 RTC	Port série, modem V34 V34 RTC

Flexibilité d'une architecture en couche

	Web depuis le foyer ,V34	Transfert de fichier depuis le foyer, V34	Courrier électronique, modem V90
Application	HTTP	FTP	IMAP
Transport	TCP	TCP	TCP
Réseau	IP	IP	IP
Liaison	PPP	PPP	PPP
Physique	Port série, modem V34 RTC	Port série, modem V34 RTC	Port série, modem V90 RTC

Flexibilité d'une architecture en couche

	Web depuis le foyer ,V34	Transfert de fichier depuis le foyer, V34	Courrier électronique, modem V90	Web depuis le bureau
Application	HTTP	FTP	IMAP	IMAP
Transport	TCP	TCP	TCP	TCP
Réseau	IP	IP	IP	IP
Liaison	PPP	PPP	PPP	Ethernet, OSI8802.3
Physique	Port série, modem V34 RTC	Port série, modem V34 RTC	Port série, modem V90 RTC	Câblage

Architectures de communication et normes

Point de la situation

- Des utilisateurs utilisant différentes plate-formes peuvent communiquer, pourvu que :
 - Ils disposent d'une infrastructure d'acheminement des messages
 - Ils se mettent d'accord sur la mise en forme des messages : protocoles
- Cette mise en forme se fait à différents niveaux
 - couches de bout en bout et couches de proche en proche
- L'ensemble de ces conventions, des logiciels qui les implémentent et des machines qui supportent les logiciels constitue une architecture.
- Internet (TCP/IP) n'est que l'une de ces architectures

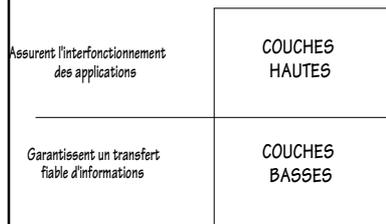
Architectures normalisées

- Les architectures normalisées reposent sur une structure en couche
- Chaque couche autorise des choix multiples, les plus indépendants possibles
 - Ces choix ne peuvent être faits isolément
 - Nécessité de normes
- Les normes sont définies par des organismes internationaux (agences, consortiums de constructeurs)
 - IETF pour Internet
- La norme OSI constitue un cadre de référence

Les organismes internationaux (les plus connus...)

- ISO (International Organization for Standardization)
 - Organisme international de normalisation de produits industriels
- ITU-T (International Telecommunications Union-Telecommunications Standards Sector)
 - Organisme de normalisation dans le domaine des télécommunications
- PC + réseau de communication : ISO + ITU-T !

Structuration du modèle en couches



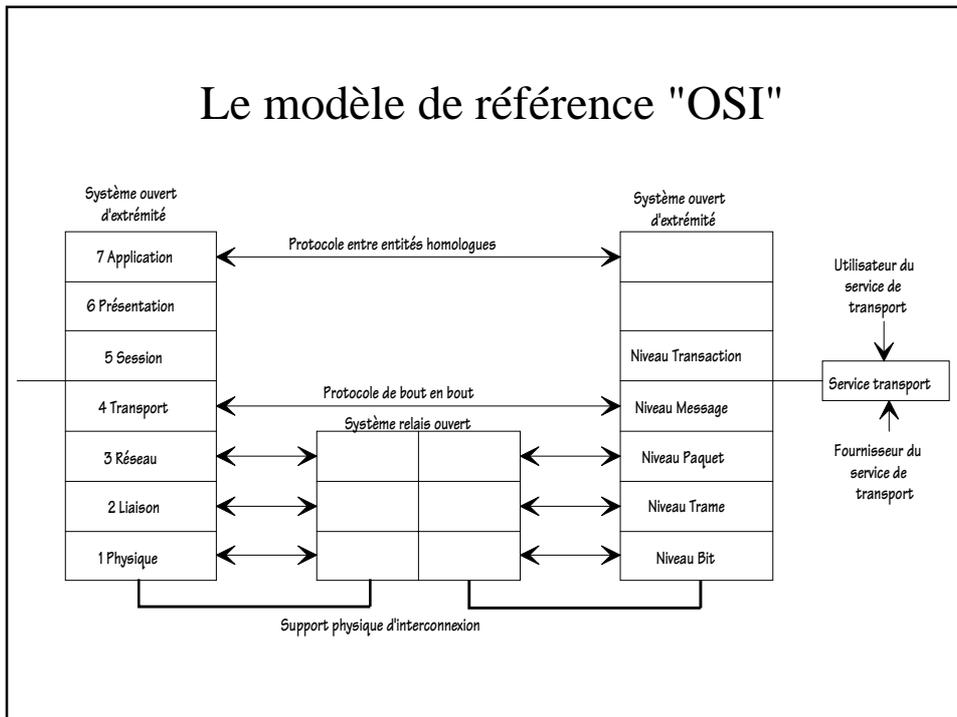
- Définitions des couches en deux groupes de service:
 - Les services qui permettent aux applications de communiquer (les couches hautes)
 - Les services qui assurent le transfert des données (Les couches basses)

Définition des différentes couches

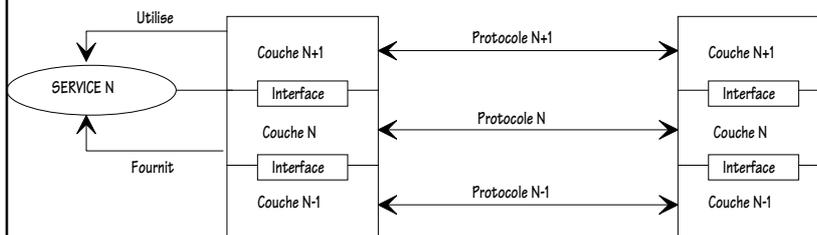
- **Assurer le transfert d'information.**
 - S'adapter au support physique (Couche **Physique**).
 - Etablir un lien logique entre les entités (Couche **Liaison**).
 - Assurer l'acheminement des informations à travers un ou plusieurs sous-réseau de transport (Couche **Réseau**)
 - Garantir que les informations ont été valablement délivrées à l'entité distante (Couche **Transport**)
- **Garantir l'interfonctionnement des applications.**
 - Synchroniser les échanges (Couche **Session**)
 - Harmoniser les données (Couche **Présentation**)
 - Offrir des services spécifiques aux applications (Couche **Application**)

Analogie avec le service postal

Le modèle de référence "OSI"

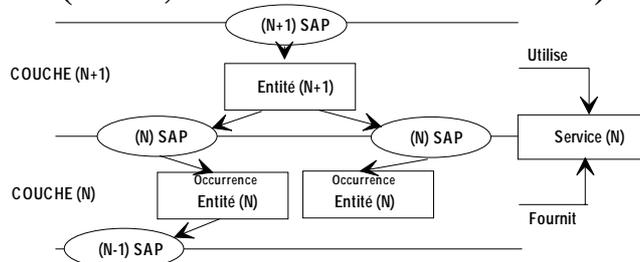


Principe d'organisation du dialogue entre les couches



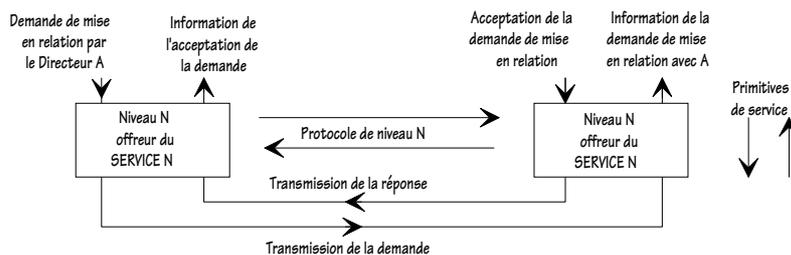
- Dialogue vertical, par **primitives de service**
- Dialogue horizontal par l'intermédiaire d'un protocole.

Identification du protocole (SAP, Service Access Point)



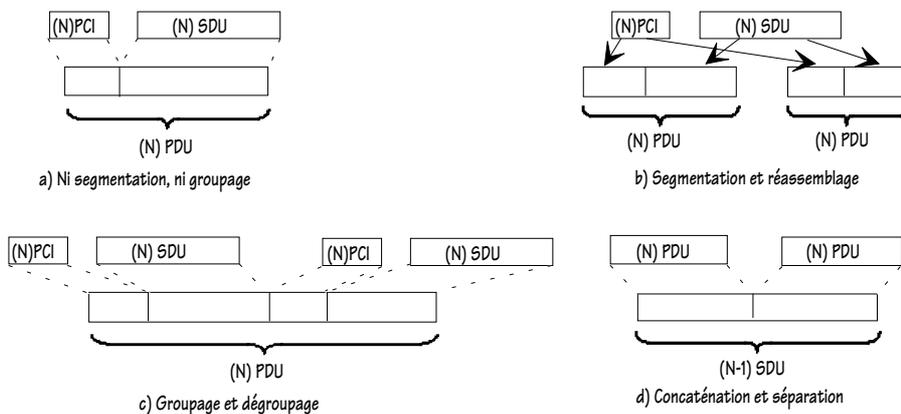
- Une couche organise plusieurs dialogues simultanément, chacun pouvant utiliser un protocole différent (service différent)
- l'unité de données doit identifier l'entité de traitement à laquelle elle appartient
- le SAP est "l'adresse" ou le service invoqué est rendu

Les primitives d'échange de données

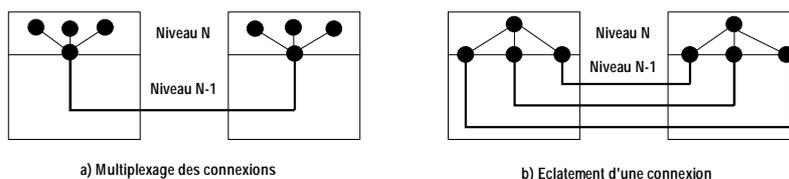


- **Les processus de connexion et de déconnexion s'exécutent en 4 temps :**
 - 1- demande de mise en relation : **Connect_Request**
 - 2- information de la demande : **Connect_Indication**
 - 3- acceptation de la demande : **Connect_Confirm**
 - 4- information de l'acceptation : **Connect_Response**
- **Le processus d'échange de données en 2 temps :**
 - 1- demande de transfert de données : **Data_Request**
 - 2- information de l'arrivée de données : **Data_Indication**

Les techniques d'adaptation de la taille des données

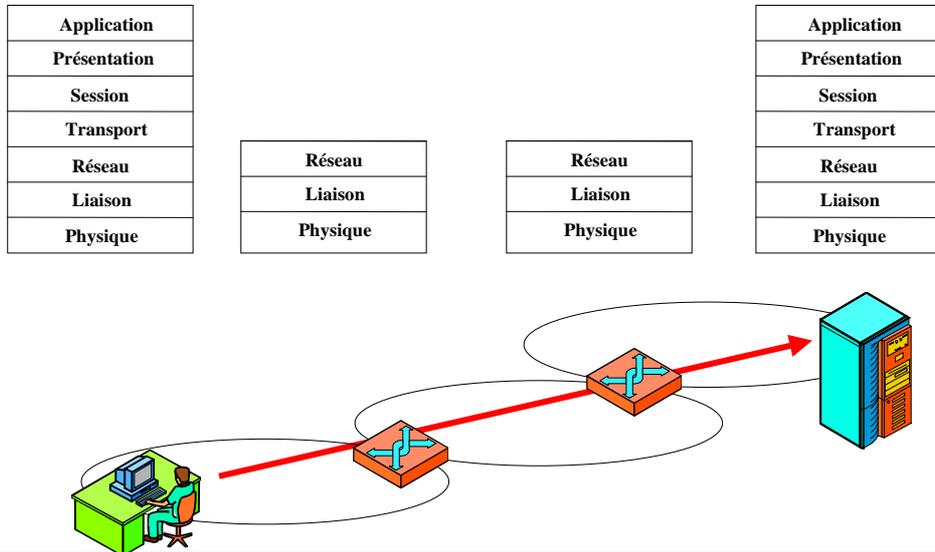


Multiplexage et éclatement

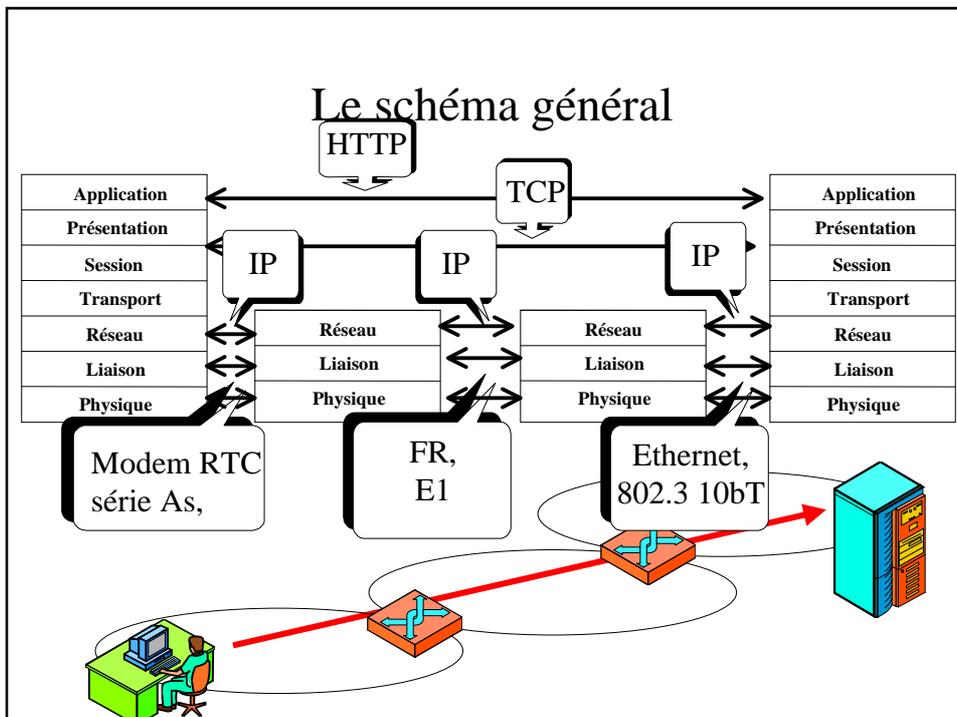


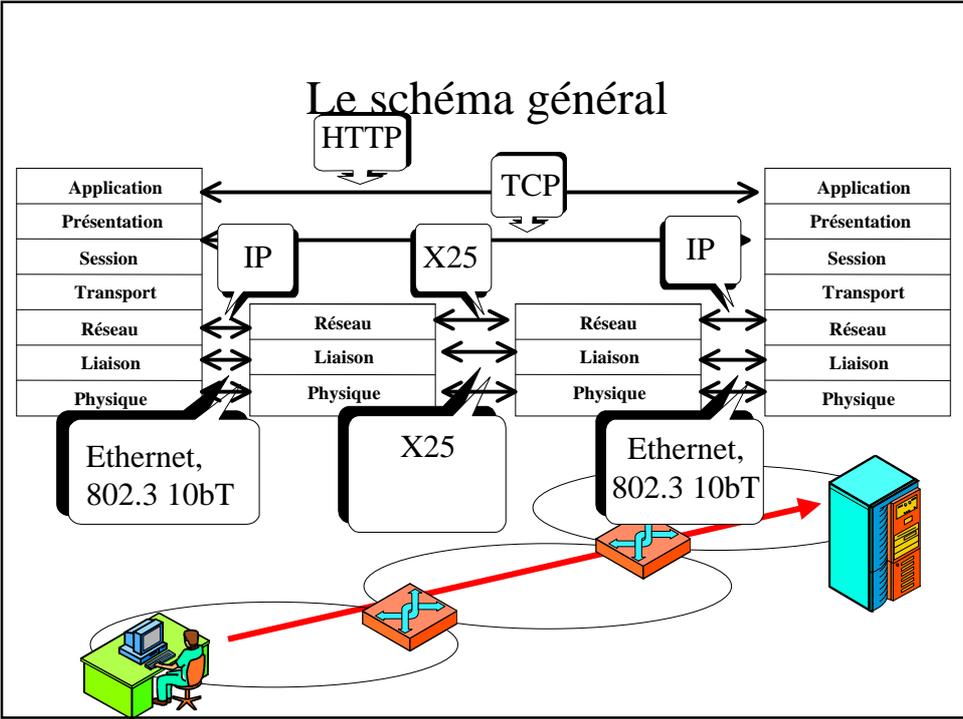
- **Multiplexage :**
 - une connexion de niveau N, prend en charge plusieurs connexions de niveau N+1
- **Eclatement :**
 - A l'inverse, une connexion de niveau N+1 est éclaté en plusieurs connexions de niveau N-1
 - Fiabilité, débit...

Le schéma général



Le schéma général





TCP/IP et OSI

OSI	TCP/IP
Application (7)	Application
Présentation (6)	
Session (5)	
Transport (4)	Transport
Network (3)	Internet
Data Link (2)	Sous réseau
Physical (1)	

OSI couche 7

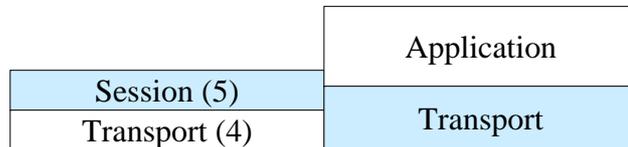
- Communication entre les programmes applicatifs
 - Email-Email (X400)
 - Database-Database
 - Xfert de fichier (FTAM)
- Peu utilisé
 - Parfois simplifié puis adopté par l'IETF.
- Similaire aux applications TCP/IP (smtp, ftp...)

OSI couche 6 : présentation

- Usage dans de multiples applications
 - Formatage de texte, de graphique....
- Mode général de représentation des données
 - Abstract Syntax Notation 1 (ASN1)
 - Permet les échanges entre machines de convention différente de représentation
- Rien de semblable en TCP/IP
 - MIME n'est qu'une approche du problème

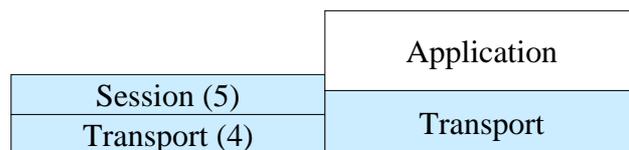
OSI couche 5 : Session

- Gère la connexion entre programmes sur des machines en réseau
 - Si la session est rompue, elle peut être réinitialisée sans réinitialiser l'ensemble de la connexion.
 - In general, standards at this layer manage exchanges between application programs
- TCP fournit une part des fonctions de cette couche.



OSI couche 4,3,2,1

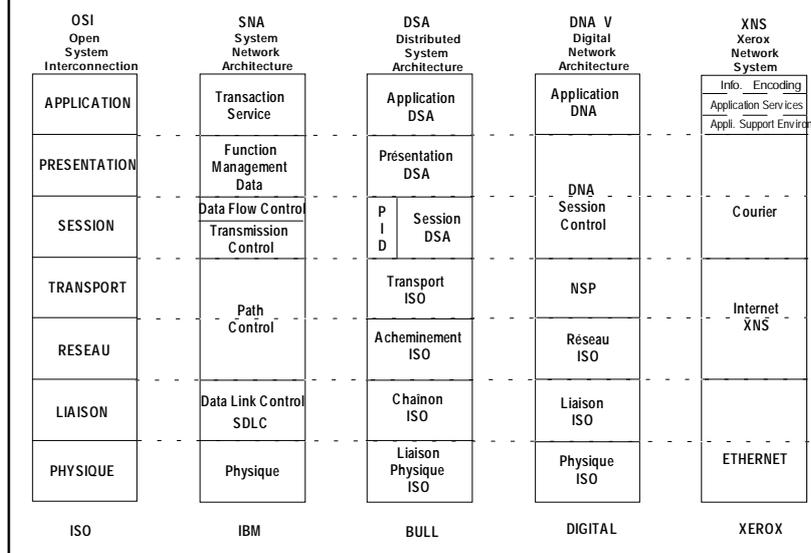
- Connexions entre machines d'un réseau
 - Couches "basses"
- TCP/IP fournit des couches semblables au niveau 4 et 3
 - TCP et IP
- TCP/IP ne définit pas les couches 1 et 2



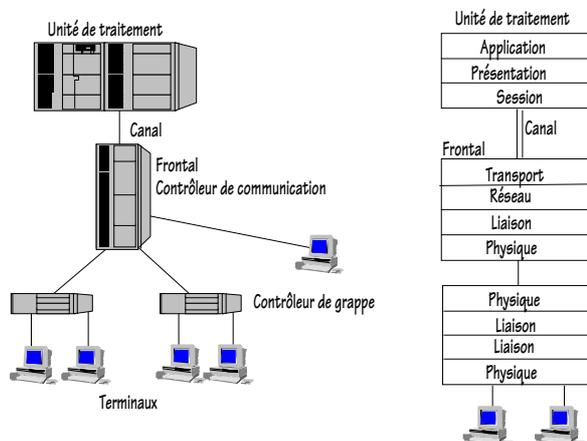
OSI et TCP/IP

- OSI est largement utilisé pour les sous-réseau
 - Local Area Networks (LANs) : définies par l'IIIE
 - Wide Area Networks (WANs) : commutation de circuit et de paquet (en France : RTC et X25)
 - D'autres approches sont aujourd'hui en pleine croissance : Frame Relay et ATM
- D'autres approches ont été définies
 - Les réseaux "propriétaires" en particulier IBM sont encore largement utilisés dans les grands réseaux bancaires assurances...
- La tendance est une architecture mixte TCP/IP et Osi au niveau 2 et 1 : objet principal du cours

Architectures propriétaires

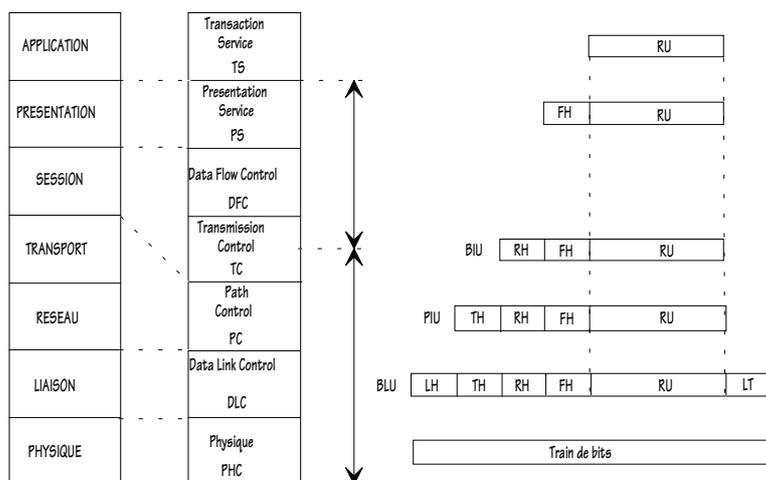


Les architectures propriétaires : mise en oeuvre



Le frontal et le contrôleur de terminaux soulagent l'unité de traitement de la gestion des couches basses

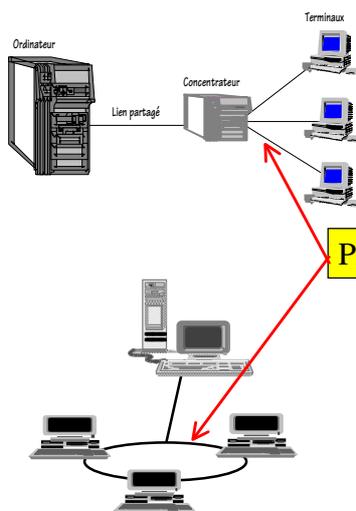
SNA



La connexion du terminal

Les protocoles de liaison

Les deux situations fondamentales



- **Concentrateur**

- Partage d'une voie composite
- Organe "intelligent", analyse les données et les adresse au seul terminal concerné.

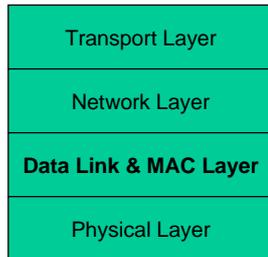
Protocole de liaison

- **Réseau local**

- Connexion de toutes les ressources informatiques

Valable lorsque les stations
« se voient » par une liaison directe

Position dans l'architecture



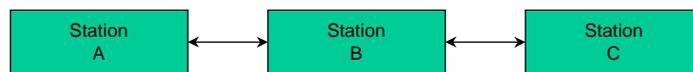
Concerne deux types de réseau:

- Point à point
- Diffusion

- La couche Medium Access Control (MAC) fait partie de la couche liaison pour les réseaux à diffusion
- On étudiera d'abord les réseaux point à point
- Les réseaux à diffusion seront étudiés au travers de leur application : les réseaux locaux

Fonction

- Gestion des communications entre deux dispositifs adjacents.



← Data Link →

← Network →

- La couche physique est supposée transmettre les bits dans l'ordre à la couche liaison

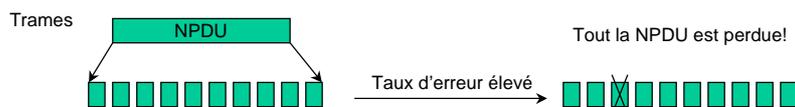
0011010111011100010101101010101010101000011110110...

Définitions (1)

- PDU liaison : trames.
- Services fournis (à la couche liaison)
 - Fiable vs Non fiable, orienté connexion vs non connecté
- Mode non connecté
 - Aucune connexion n'est établie avant la transmission
 - Non assuré (sans accusé de réception -no ack)
 - Pas de contrôle d'erreur
 - réseau à faible taux d'erreur ou temps réel
 - Assuré (avec AR)
 - Retransmission par l'émetteur sur non réception de l'ACK
 - réseau à fort taux d'erreur (sans fil...)

Définitions (2)

- Mode connecté
 - Source et destinataire établissent une connexion avant l'envoi de trames
 - Les trames sont numérotées et la couche liaison garantit leur bonne réception, dans le bon ordre. Question
- La couche transport fournit aussi une correction d'erreur. Quel est l'intérêt de la faire au niveau liaison



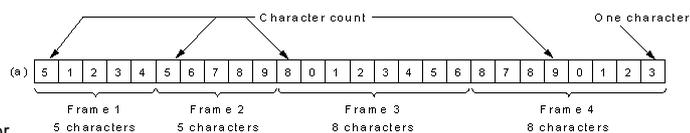
Tramage (délimitation)

- La couche liaison découpe le flux binaire en trames et leur applique un contrôle d'erreur relatif à la trame émise
- Nécessité de trouver les limites de la trame en cas d'erreur.
 - Méthode 1: Character Count
 - Méthode 2: Character Stuffing
 - Méthode 3: Bit Stuffing
 - Méthode 4: Line Coding

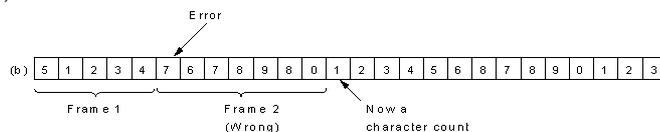
Méthode 1: Character Count

- Un champ de l'en-tête donne le nombre de caractère de la trame
 - problèmes graves en cas d'erreur sur l'en-tête
 - peu utilisé

w/o errors



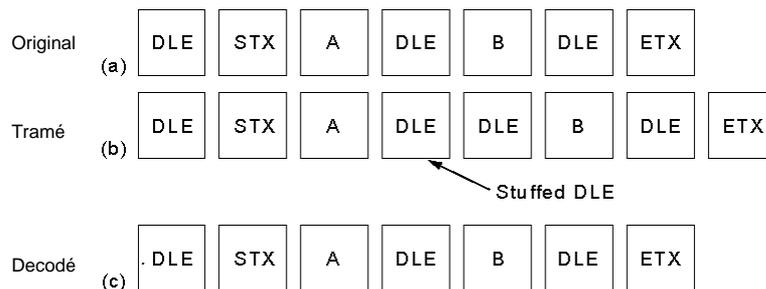
w/ one error
(loose sync)



Méthode 2: Character Stuffing

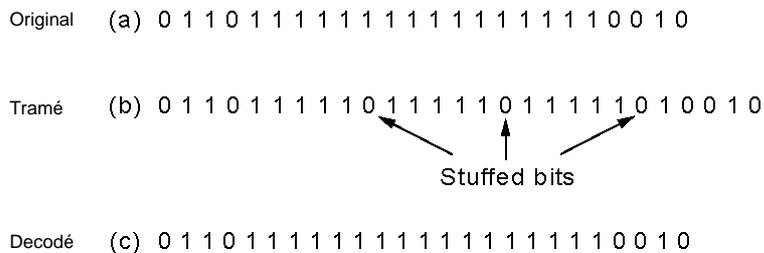
- Mode caractère

- Caractères octets (ASCII)
- utilisé pour des liens à vitesse faible comme SLIP & PPP



Méthode 3: Bit Stuffing

- Délimitation par une configuration spéciale de bits, le drapeau, ex.01111110
- Quand on doit transmettre plus de cinq "1" consécutifs la couche liaison force un "0" pour les distinguer d'un drapeau
- Très général et largement utilisé (HDLC, SDLC, X25, 802) : implique une longueur de trame variable (risque de perte de synchro en présence d'erreurs)



Méthode 4: Line Coding

- Codage mBnB (4B5B, 5B6B, 8B10B etc.)
 - m data bits de données sont encodés en n physiques
ex. 4B5B: 0000 -> 01000, 0001 -> 01001 etc.
 - Perte d'efficacité (overhead de transmission) $(n - m)/n$
 - symboles supplémentaires : $2^{(n-m)}$
 - utilisé pour le tramage, la correction d'erreur...
 - Utilisé dans les réseaux locaux à haut débit (100BaseT Gigabit Ethernet, FC...)

Les protocoles de transmission

Les mécanismes à mettre en oeuvre
Principes généraux des protocoles
Etude succincte de quelques protocoles

Principes à mettre en oeuvre

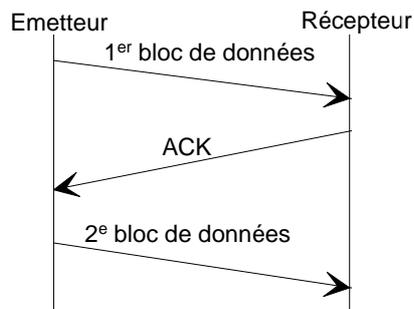
Le protocole doit assurer :

- La délimitation des blocs de données
- L'amélioration du canal physique
 - Détection et éventuellement correction des erreurs (reprise sur erreur)
- Le contrôle de flux
- Eventuellement, la gestion logique de la ligne
 - Création et initialisation de la liaison
 - Transfert de données
 - Libération de la ligne en fin de transmission

Principes généraux des protocoles

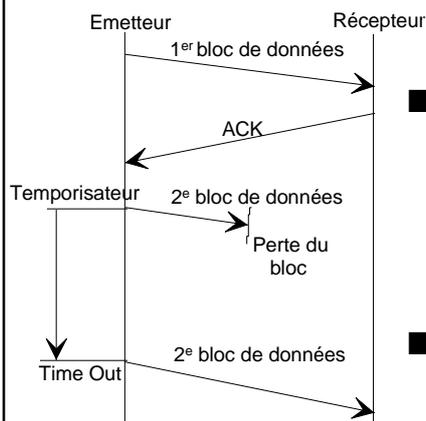
- Le mode Send et Wait
- Reprise sur temporisation
- Numérotation des blocs de données
- Numérotation des ACK
- Efficacité des protocoles
- Numérotation des blocs de données
- La fenêtre d'anticipation
- Le rejet simple
- Contrôle de flux
- La délimitation des données

Principes généraux des protocoles I Le mode Send et Wait



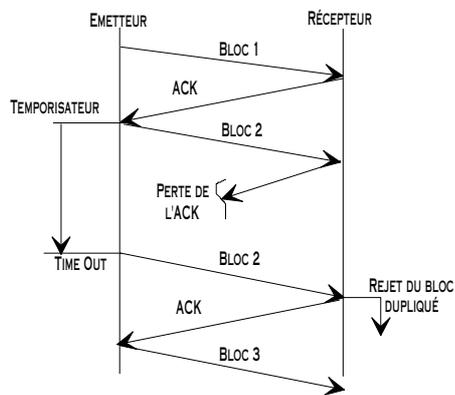
- SEND
 - Envoi d'un bloc
- STOP
 - Arrêt de l'émission
- WAIT
 - Attente ACK
- Blocage si perte de l'ACK

Principes généraux des protocoles II Reprise sur temporisation



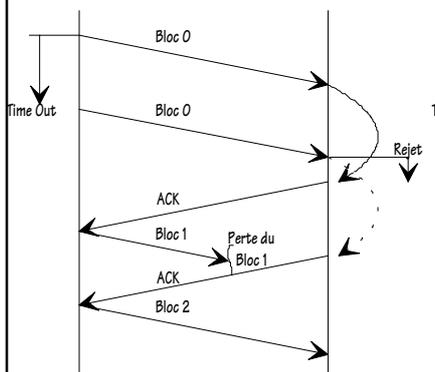
- A l'émission déclenchement d'un temporisateur
 - Sans réception d'ACK à l'échéance (Time Out)
 - Retransmission bloc perdu
- Difficulté si perte d'un bloc de données (erroné)

Principes généraux des protocoles III Numérotation des blocs de données 1



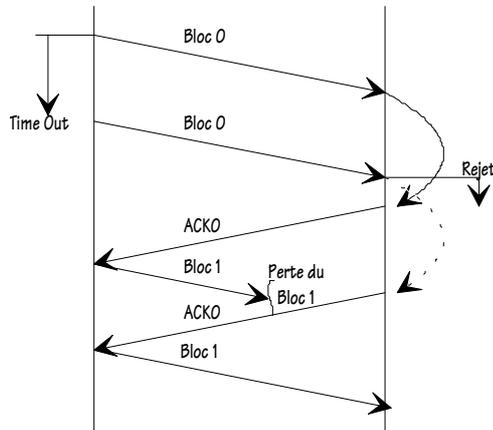
- A l'émission déclenchement d'un temporisateur
 - Sans réception d'ACK à l'échéance (Time Out)
 - Retransmission bloc perdu
- Difficulté si les temporisations sont trop faibles

Principes généraux des protocoles IV Numérotation des blocs de données 2



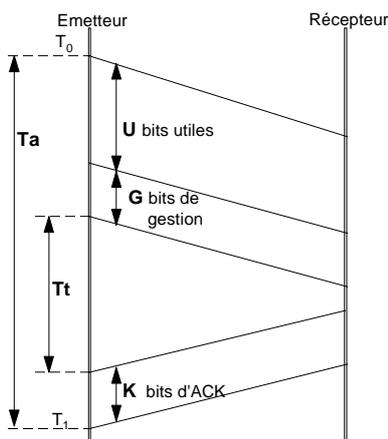
- Si la temporisation est trop faible
 - reprise sur temporisation d'un bloc correctement reçu
- Difficulté en cas de perte d'un bloc
 - le second ACK du premier bloc est interprété comme celui du second bloc de données

Principes généraux des protocoles V Numérotation des ACK



- Le récepteur acquitte le bloc0 par l'ACK0
- Recevant une deuxième fois l'ACK0 l'émetteur l'ignore
- Il considère alors que le bloc1 n'a pas été reçu et le retransmet
- Conclusion :
 - Un protocole gère un ensemble de compteurs pour identifier les blocs émis et les blocs reçus (ACK)

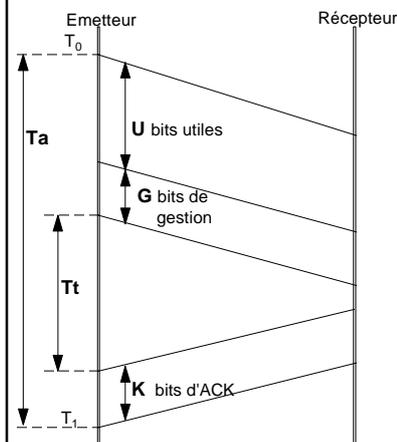
Principes généraux des protocoles VI Efficacité des protocoles 1



- Les informations de gestion (G) (compteurs, informations supplémentaires à transmettre) l'ACK (K), ainsi que le temps d'attente (Tt) provoquent une perte d'efficacité de la transmission (débit utile)
- L'efficacité du protocole sur une liaison supposée sans erreur est :
 - $Eff = U / U + S$ ou S représente :
 - les bits de Gestion,
 - ceux de l'ACK
 - et ceux qui auraient pu être émis durant l'attente (Tt)

Principes généraux des protocoles VI

Efficacité des protocoles 2



- L'efficacité du protocole avec erreur est :
 - $Eff_{\text{erreur}} = Eff_0 \cdot p$
 où p est la probabilité pour qu'un bloc soit reçu correctement
 et Eff_0 l'efficacité du protocole sans erreur
- Soit :
 - $Eff_{\text{erreur}} = Eff_0 (1 - te)^{N+K}$
 où N est le nombre de bits du bloc de données ($U+G$)
 K la taille en bit de l'ACK (négligeable)
 te la probabilité pour qu'un bit soit erroné

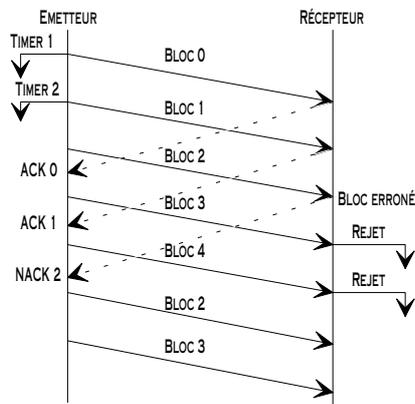
Principes généraux des protocoles VII

Conclusion

- Les protocoles qui mettent en oeuvre les principes précédents sont appelés protocoles en mode de base
- Leur efficacité est relativement faible du fait du temps d'attente entre le bloc de données et son acquittement (SEND and WAIT)
- Pour y remédier, les protocoles évolués dits de haut niveau transmettent les blocs sans attendre l'accusé de réception, ce mode de fonctionnement est dénommé *l'ANTICIPATION*
- Protocoles dit *GO-BACK N*, ou N est le nombre de blocs en attente d'acquiescement
- Deux modes de fonctionnement, selon comment s'effectue la reprise sur erreur
 - la transmission est reprise depuis le bloc erroné (*rejet simple*)
 - seul est retransmis le bloc erroné (*rejet sélectif*)

Principes généraux des protocoles VIII

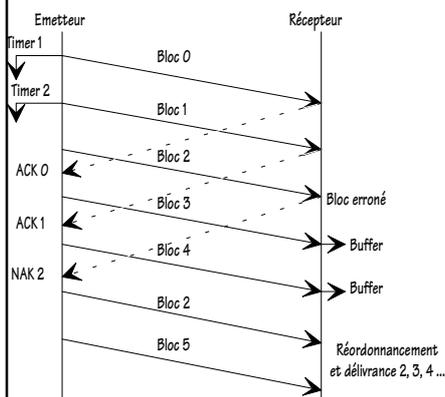
Le rejet simple



- La réception d'un NACK ou l'échéance d'un Timer provoque
 - l'arrêt des émissions
 - reprise depuis le bloc erroné
 - l'élimination par le récepteur des blocs reçus hors séquence
- l'émetteur doit posséder N buffers
- Le récepteur 1 seul
- INC : rejet de blocs reçus correctement

Principes généraux des protocoles IX

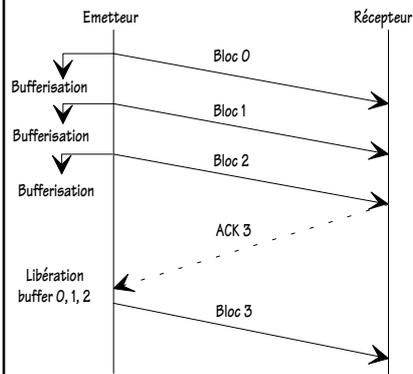
Le rejet sélectif



- Seul le bloc erroné est retransmis
- Cela implique la buffering des blocs reçus hors séquence et le réordonnement
- Avantage :
 - Performance
- Inconvénients :
 - Buffers
 - Puissance CPU pour réordonnement
- Réservé aux transmissions où le délai de transmission est important (satellite)

Principes généraux des protocoles X

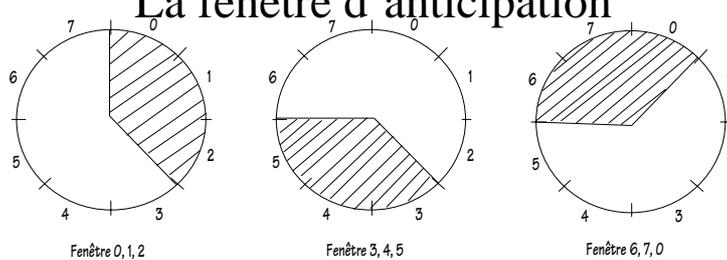
L'acquittement différé



- Mode de fonctionnement situé entre le SEND and WAIT et le GO Back N
- L'acquittement concerne plusieurs blocs (acquittement collectif ou global)
- Un seul ACK acquitte N blocs
- N est la fenêtre d'anticipation
- Fenêtre d'émission
 - Nb de blocs en attente d'acquittement
- Fenêtre de réception
 - si 1, rejet simple
 - si > 1, rejet sélectif

Principes généraux des protocoles XI

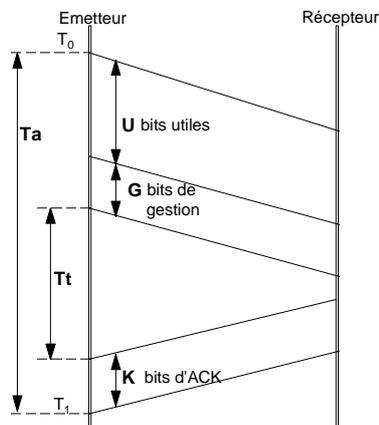
La fenêtre d'anticipation



- Si les compteurs sont sur 3 bits, capacité de 8 blocs de 0 à 7, à 7 le compteur est réinitialisé (numérotation modulo 8)
- Si la fenêtre est de trois :
 - l'émission s'arrête après le bloc 2 (0, 1, 2)
 - A réception de l'ACK3 (j'ai bien reçu 3 blocs, j'attends le bloc 3)
 - La fenêtre (autorisation d'émission) avance de 3, d'où le nom de protocole à fenêtre glissante

Principes généraux des protocoles XII

Optimisation de la fenêtre d'anticipation

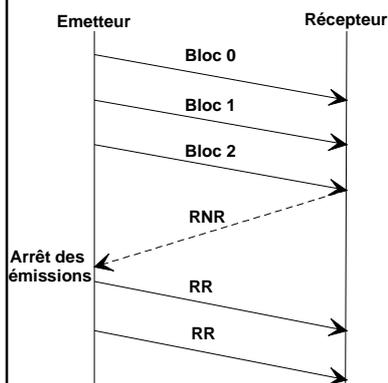


- L'efficacité est maximale si l'émission est continue
 - Le temps T_a doit être en permanence occupé par la transmission de blocs
 - si t_b est le temps d'émission d'un bloc
 - la fenêtre est optimale si :
 - soit $W \cdot t_b \geq T_a$

$$W \geq T_a / t_b$$

Principes généraux des protocoles XIII

Contrôle de flux



- Si le récepteur n'a plus de capacité de réception (buffers pleins) pour éviter la perte de données :
 - le récepteur signale son état à l'émetteur (Receive Not Ready)
 - Le récepteur stoppe l'envoi de données, acquitte le message d'arrêt en permanence (Receive Ready) pour signaler sa présence.
 - Dès que le récepteur est prêt à reprendre ses émissions, il le signale par l'envoi d'un RR
- Le contrôle de flux par fenêtre dynamique,
 - le récepteur informe en permanence du nombre de blocs qu'il peut recevoir

Principes généraux des protocoles XIV

Le contrôle de la liaison : la signalisation

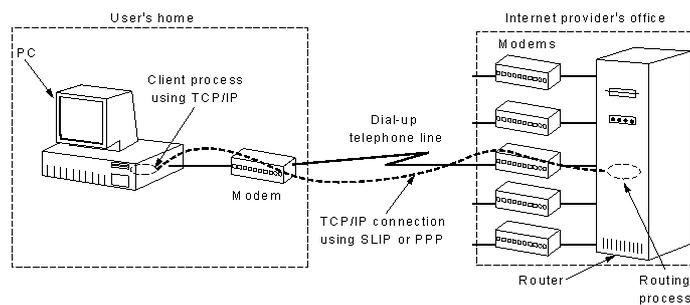
- La signalisation est l'ensemble des informations nécessaires à la supervision de la liaison et non celle de l'échange
- 2 types de signalisation :
 - *Dans la bande*, le format des unités de données est identique pour le transfert des informations de gestion et celui pour le transfert de données (champ spécifique de l'unité de données)
 - Format utilisé par l'ISO (HDLC), l'IETF (TCP/IP)
 - *Hors bande*, un canal spécifique (canal sémaphore) est réservé à la signalisation (voie virtuelle), le format des unités de données est allégés.
 - Format utilisé par l'UIT-T (Numéris, Frame Relay, ATM)

ETUDE DE QUELQUES PROTOCOLES

- SLIP (Serial Line IP)
- PPP (Point to Point Protocol)
- XMODEM - YMODEM
- HDLC (High Level Data Link Control)

Deux exemples

- Très utilisés pour l'accès Internet à domicile
 - SLIP - Serial Line IP
 - PPP - Point-to-Point Protocol



SLIP

- Envoi de paquets IP sur la ligne modem, délimitation par un caractère spécial (0xC0)
- Variante : CSLIP permet la compression des entêtes TCP et IP.
- Limitations
 - Pas de détection ou de correction d'erreur;
 - IP seulement;
 - Pas d'authentification, de sécurisation...

Protocole SLIP Serial Line IP (rfc 1055)

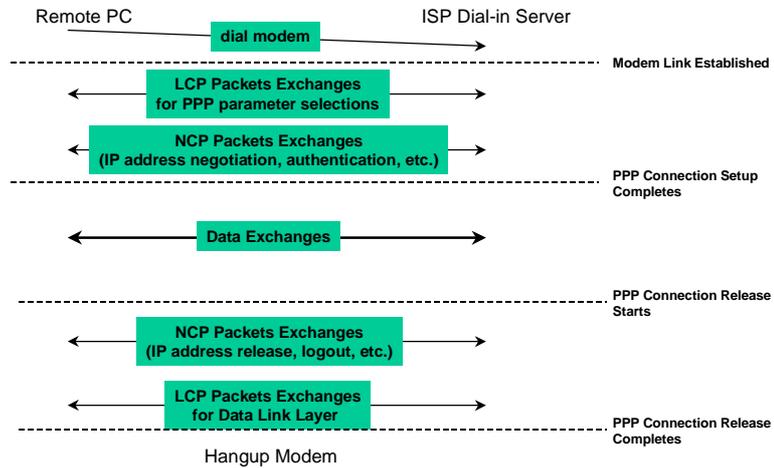
END 0xC0	BLOC DE DONNEES A TRANSMETTRE	END 0xC0
---------------------	-------------------------------	---------------------

- SLIP est un protocole en mode asynchrone, chaque caractère est délimité par start et par un stop
- SLIP n'est pas un vrai protocole, il ne fait qu'assurer la délimitation des données (pb de transparence)
- utilisé en mode point à point il ne nécessite pas d'adresse,
- il suppose la liaison exempte d'erreur
- en voie de disparition

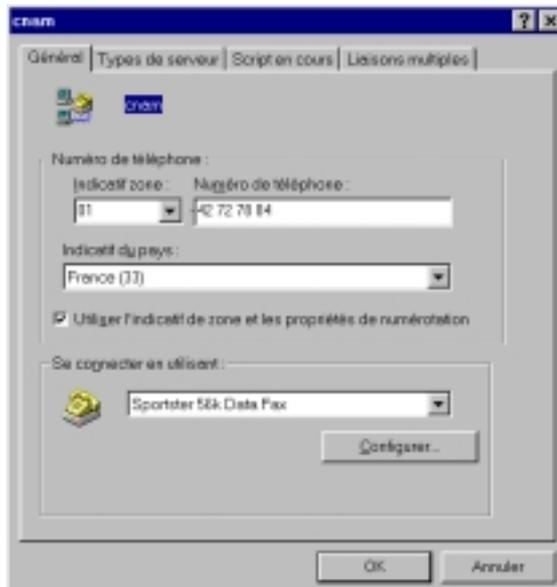
PPP

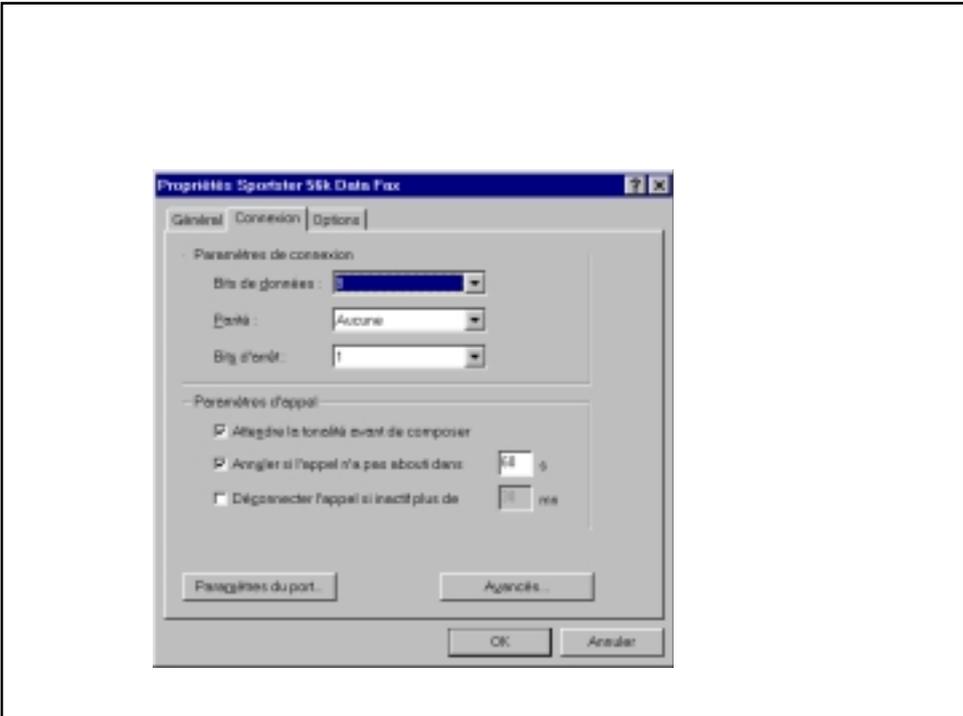
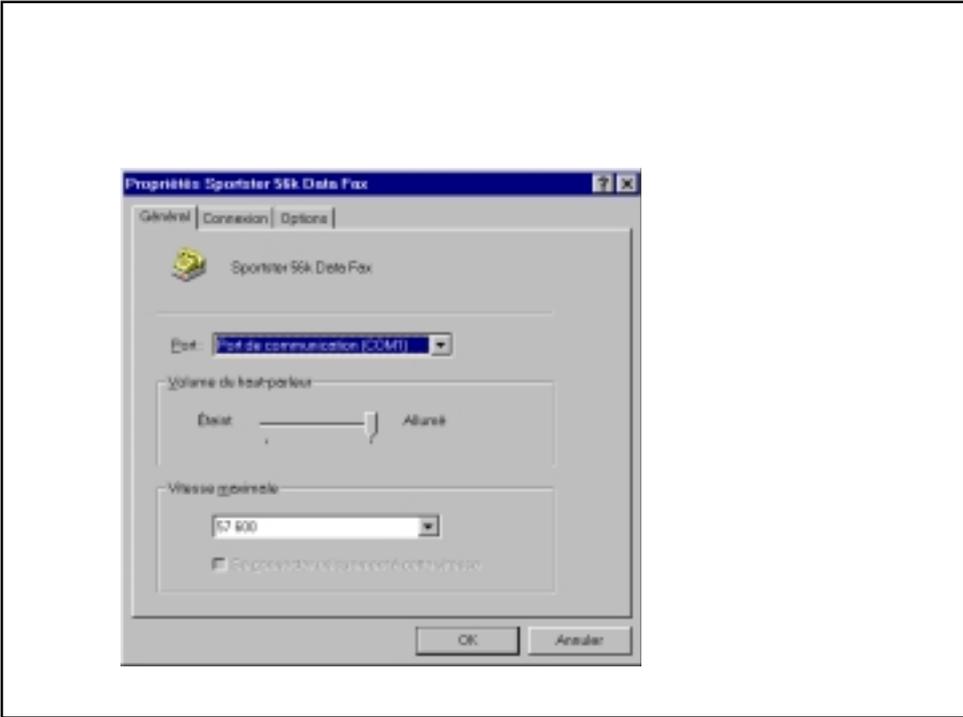
- Le plus utilisé à domicile pour l'accès IP mais permet aussi, HDLC bit-serial line, ATM, Ethernet, SONET, ADSL.
- Inspiré de HDLC (Le protocole orienté bit le plus utilisé), mais orienté caractère.
- Supports
 - Détection d'erreur, protocoles multiples, négociation d'adresse IP, authentification, etc.
 - Composantes principales
 - link control protocol (LCP) configure et teste la liaison (ex : taille de trame);
 - NCP (Network Control Protocol) configure les options réseau en fonction du réseau utilisé
 - Authentification et sécurité (PAP et CHAP)

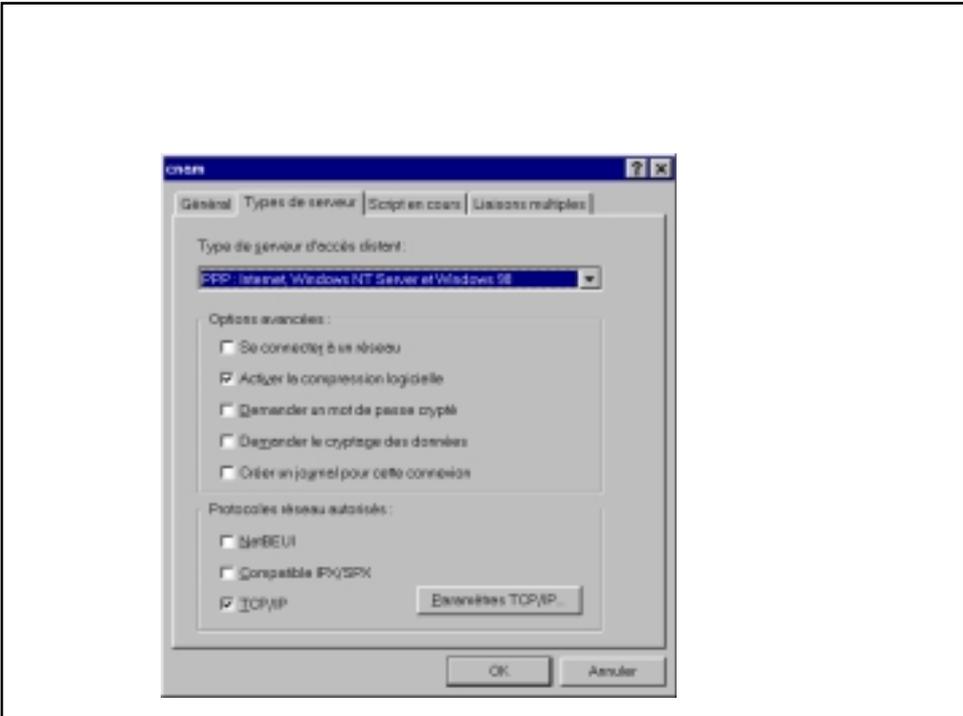
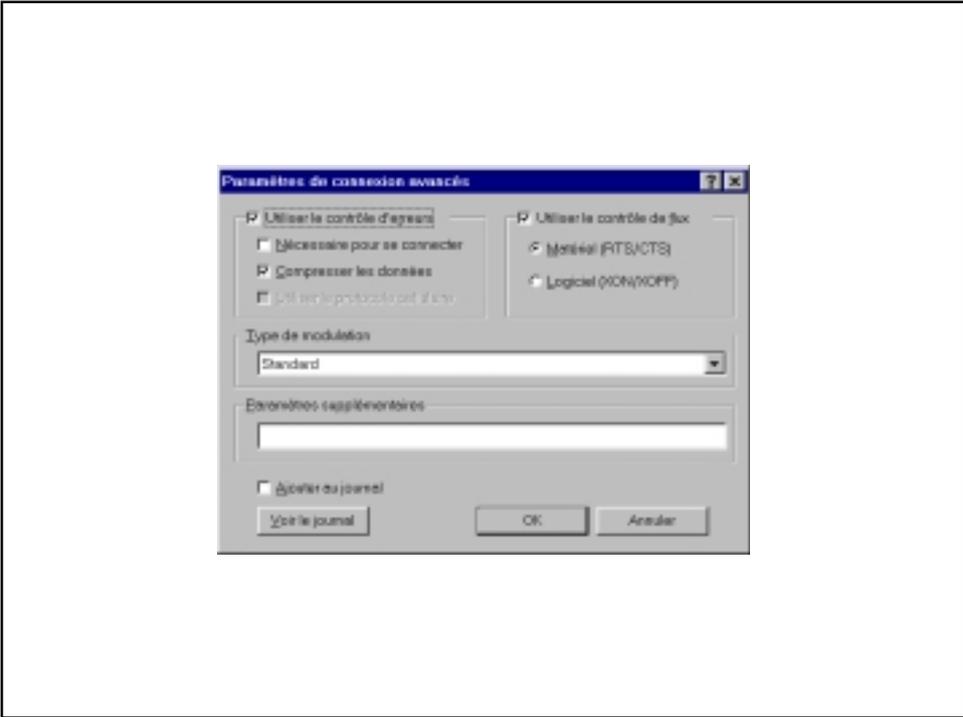
PPP : Un scénario de Connection

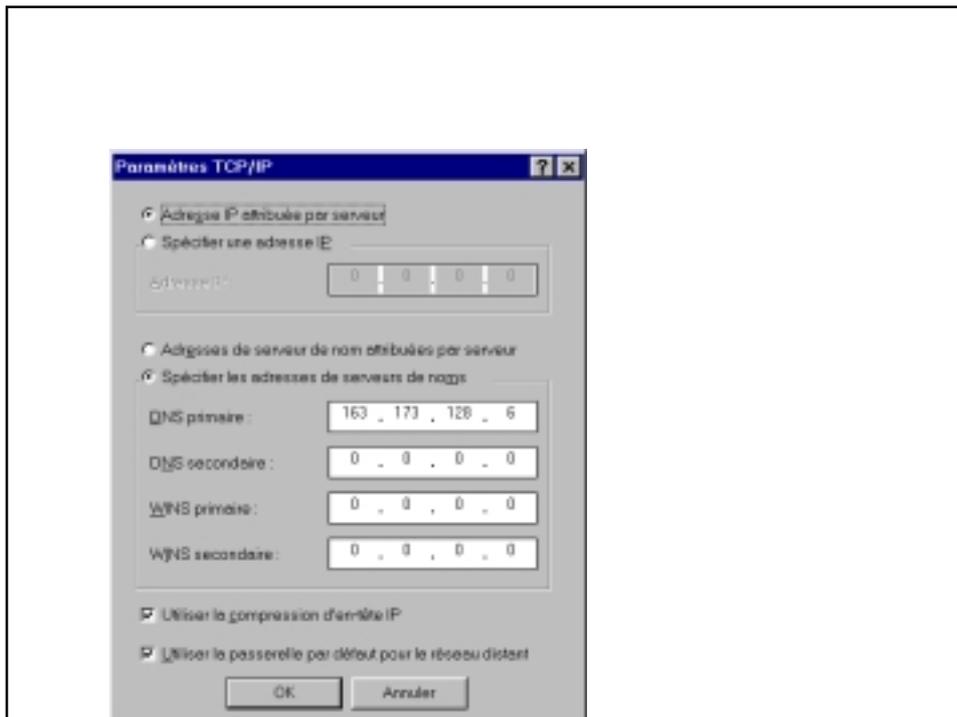


Connexion de J.P. Arnaud









X-MODEM

SOH	N° bloc	Contrôle N° Bloc	Données Longueur fixe 128	Contrôle données
-----	---------	---------------------	------------------------------	---------------------

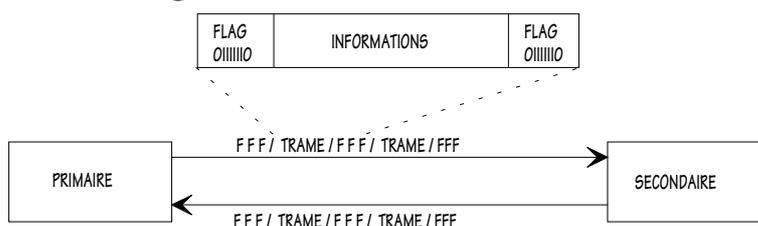
- X-Modem, protocole de transfert de fichiers du domaine public entre micro-ordinateurs
- Protocole Asynchrone 8 bits de données et un bit de stop (pas de bit de parité)
- Les données sont regroupées en bloc de longueur fixe (128 octets), même le dernier
 - accroissement de la taille des fichiers transmis

Y-MODEM

SOH	N° 0	Contrôle 255	Nom	Fin Nom Null	Longueur en ASCII	Blanc 0x20	Date	Données 128 Null	CRC
-----	------	-----------------	-----	-----------------	----------------------	---------------	------	---------------------	-----

- Amélioration du protocole X-Modem
- Paquets de 128 ou 1024 octets
- Structure du paquet identique, sauf le champ contrôle de données qui est un CRC sur 16 bits
- Paquet d'initialisation (paquet 0) permet de transmettre les caractéristiques du fichier à transmettre:
 - Nom du fichier, simple ou suivant convention UNIX (Chemin complet)
 - Longueur du fichier, transmis sous forme d'une chaîne de caractère (fin par le caractère blanc)
 - Date, dernière modif du fichier, en seconde depuis le 01/01/70 (temps TU)
 - Données (128 caractères Null)
 - CRC sur 2 octets (poids fort devant)

Protocole HDLC I High Level Data Link Control



- Protocole synchrone, orienté bit
- le bloc de données : TRAME, peut avoir un nombre quelconque de bits
- En l'absence de donnée, des fanions maintiennent la synchronisation

Protocole HDLC II

Format de la trame

Fanion	Adresse	Commande	Information	Contrôle	Fanion
F	A	C	I	FCS	F
01111110	8 bits	8 ou 16 bits	N bits	16 bits	01111110

- Outre le fanion, la trame comporte 4 champs :
 - **Adresse**, désigne la station à qui on, ou qui, parle
 - **Commande**, combinaison de bits qui identifie la trame
 - **Information**, champ de données (facultatif)
 - **FCS**, Frame Check Sequence, contient le CRC

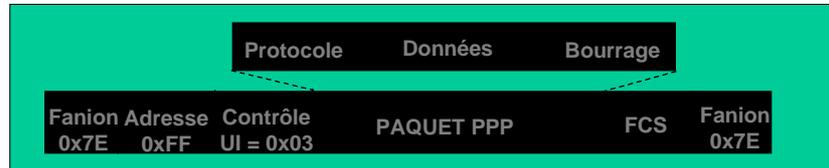
Protocole HDLC III

Différents types de trame

Format	Commandes	Réponses	Hex.	Champ Commande				
				8	7	6	5	4
I	INFORMATION		xx	N(r)	P/F	N(s)		0
S	RR		x1	N(r)	P/F	0	0	1
	RNR		x5	N(r)	P/F	0	1	0
	REJ		x9	N(r)	P/F	1	0	0
U	SABM		2F/3F	0	0	1	P	1
	SABME		EF/FF	1	1	1	P	1
	DISC		43/53	0	1	0	P	0
		UA	63/73	0	1	1	F	0
		FRMR	87/97	1	0	0	F	0
		DM	0F/1F	0	0	0	F	1

- 3 types de trames :
 - **Information (I)**, contient des données, le champ commande comporte les compteurs Nr, Ns
 - **Supervision (S)**, contrôle l'échange de données, le champ commande comporte le compteur Nr, pas de champ données
 - **Non numérotées (U, Unnumbered)**, contrôle la liaison (connexion...), pas de champ de données, pas de compteur

Encapsulation PPP



- **Fanion, implique la transparence (caractère ou binaire)**
- **Adresse, liaison point-à-point, champ inutile toujours à 0xFF**
- **Champ contrôle, deux cas :**
 - ligne fiable, pas de contrôle de séquençement, trame de type UI, bit P/F à zéro, champ toujours égal à 0x3
 - Ligne non-fiable, négociation par LCP, échange similaire à LAP-B (Ouverture SABM, compteurs...)
- **Paquet PPP**
 - Champ protocole, indique le protocole transporté
 - Champ données, taille constante négociée par LCP, maxi 1500 octets (info longueur dans protocole supérieur)
- **Champ FCS, identique à HDLC**

Synthèse

- L'échange de données est régi par un ensemble de règles ou protocole
- un protocole assure totalement ou partiellement les fonctions suivantes :
 - la délimitation des bloc de données (Fanion)
 - le contrôle d'erreur (parité, CRC)
 - le séquençement des données (compteurs)
 - le contrôle flux
 - l'identification des entités communicantes
 - l'identification du protocole transporté

LANs

- ◆ Local Area Networks
- ◆ Zone géographique limitée
 - Bâtiment
 - Campus
- ◆ Débits plus élevés que sur les grandes distances
 - Aujourd 'hui 10 Mbps
 - De plus en plus à 100 Mbps, demain 1 Gbps
- ◆ La plus grande part du trafic est locale

Les normes

- ◆ Les Lans sont des sous réseaux
- ◆ Les normes dominantes sont celles de l 'OSI
- ◆ Les normes sont reprises par l 'ISO
- ◆ Les standards Lans sont créés par l 'IEEE
 - Institute for Electrical and Electronic Engineers
 - Ratifiés par l 'ISO et l 'UIT-T
- ◆ Les comités IEEE 802
 - l 'IEEE a formé plusieurs comités
 - Les différentes normes 802 sont développés par les comités IEEE

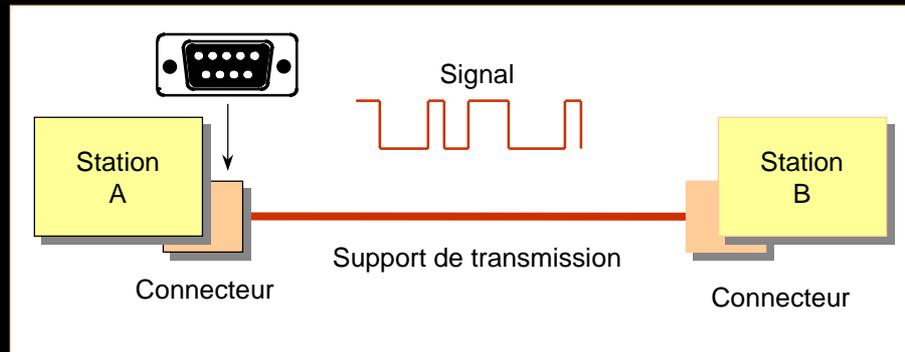
Les normes (2)

- ◆ Les comités IEEE 802
 - 802.3 Ethernet
 - 802.5 Token-Ring
 - 802.11 Radio et Infrarouge (sans fil) LANs
- ◆ L 'IEEE soumet les projets à l 'ANSI
 - American National Standards Institute
 - L 'ANSI crée certaines normes (FDDI)
- ◆ L 'ANSI soumet la norme à l 'ISO
- ◆ L 'ISO officialise la norme
 - renommage : IEEE 802.3 devient ISO 88023

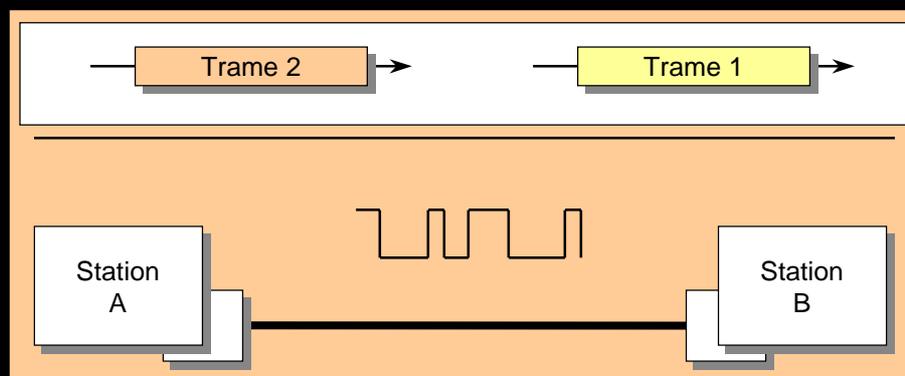
Intégration dans l 'Architecture OSI

- ◆ Rappel : l 'OSI est une norme à 7 couches
- ◆ Les LANs concernent les couches 1 and 2
- ◆ Couche 1: Physique
 - Connecteurs, Media, signaux électriques
- ◆ Couche 2: Data Link Layer
 - Constitution des trames de données
 - Gestion de la transmission (contrôle des erreurs, etc.)
 - Contrôle de l accès : gestion de la prise de parole

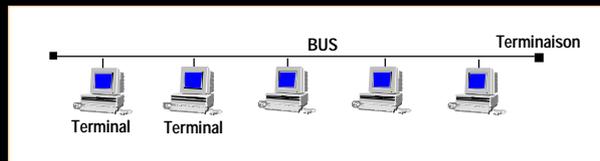
La couche physique



La couche liaison

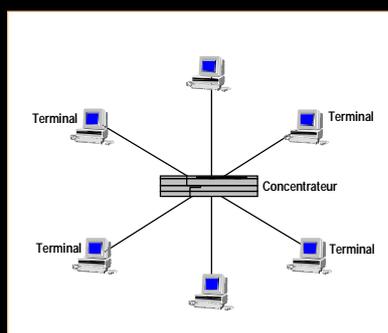


Topologie en BUS



- ◆ Variante de la liaison multipoint
- ◆ Réseau de diffusion
- ◆ Mis en oeuvre dans les réseaux locaux (Ethernet)
- ◆ Débit important, de l'ordre de 10 Mbit/s

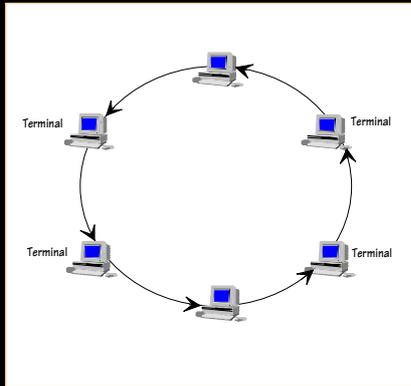
Topologie en ETOILE



- ◆ Dialogue organisé par le noeud central.
- ◆ Seul le destinataire reçoit son message
- ◆ Adaptée à la téléphonie, PABX

- Distinction Topologie Physique, Topologie Logique
 - Ethernet sur paires torsadées : Topologie physique étoile, logique en bus
 - Token Ring, topologie physique en étoile, logique en anneau

Topologie en ANNEAU



- ◆ Le message transite par toutes les stations
- ◆ Débits élevés, grâce à la régénération du signal par chaque station.
- ◆ Sensible à la rupture de l'anneau
- ◆ Message lu au vol (recopie)

Les couches 802

OSI
Data Link
(Layer 2)

OSI
Physical
(Layer 1)

Seules les couches physiques et liaisons sont définies parce qu'il n'existe qu'un seul chemin possible entre deux stations. Aucun routage (couche 3) n'est donc nécessaire

La couche physique

OSI Data Link (Layer 2)						
OSI Physical (Layer 1)	802.3 10Base-T	802.3 100Base-T	802.3 Autre	802.5 Physical Layer 4 Mbps	802.5 Physical Layer 16 Mbps	Autre

Plusieurs choix sont offerts. De nouvelles normes sont ajoutées au fur et à mesure de l'évolution technologique

La couche liaison

OSI Data Link Layer (Layer 2)	Logical Link Control Layer					
	Media Access Control (MAC) Layer					
OSI Physical Layer (Layer 1)	802.3 10Base-T	802.3 100Base-T	802.3 Autre	802.5 Physical Layer 4 Mbps	802.5 Physical Layer 16 Mbps	Autre

La couche liaison OSI est divisée en deux
 Contrôle de l'accès au médium
 Contrôle de liaison logique

La couche MAC

Media Access Control	Media Access Control (MAC) Layer					
OSI Physical (Layer 1)	802.3 10Base-T	802.3 10Base-5	802.3 Other Physical Layer	802.5 Physical Layer 4 Mbps	802.5 Physical Layer 16 Mbps	Other Physical Layer

La couche MAC définit :
 Quand une station est autorisée à émettre
 Mise en forme de la trame

Ethernet (802.3) MAC

Media Access Control	802.3 MAC Layer			802.5 MAC 4 Mbps	802.5 MAC 16 Mbps	Other MAC
OSI Physical (Layer 1)	802.3 10Base-T	802.3 100Base-T	802.3 Other Physical Layer	802.5 Physical Layer 4 Mbps	802.5 Physical Layer 16 Mbps	Other Physical Layer

La norme Ethernet : 802.3
 Tous les réseaux de type Ethernet utilisent le même
 format de trame et la même méthode d'accès

Anneau à jeton

Media Access Control	802.3 MAC Layer			802.5 MAC 4 Mbps	802.5 MAC 16 Mbps	Other MAC
OSI Physical (Layer 1)	802.3 10Base-T	802.3 10Base-5	802.3 Other Physical Layer	802.5 Physical Layer 4 Mbps	802.5 Physical Layer 16 Mbps	Other Physical Layer

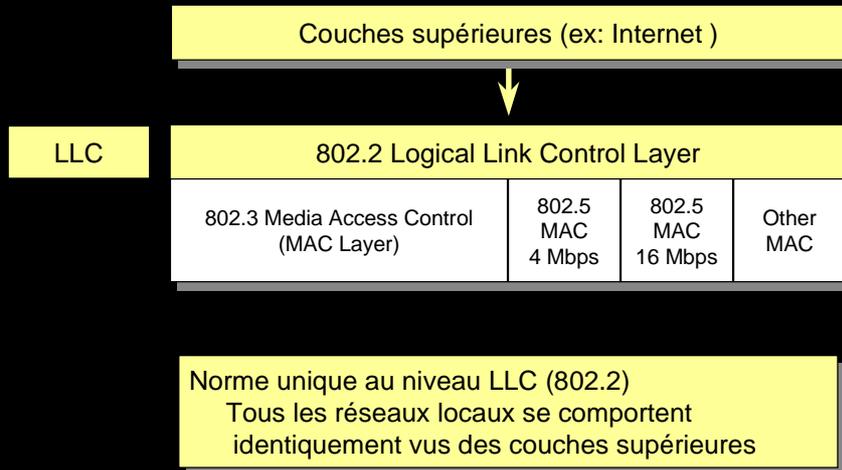
802.5 : Token-Ring
Créé par IBM
4 Mbps et 16 Mbps ont des couches Mac différentes

La couche Logical Link Control (LLC)

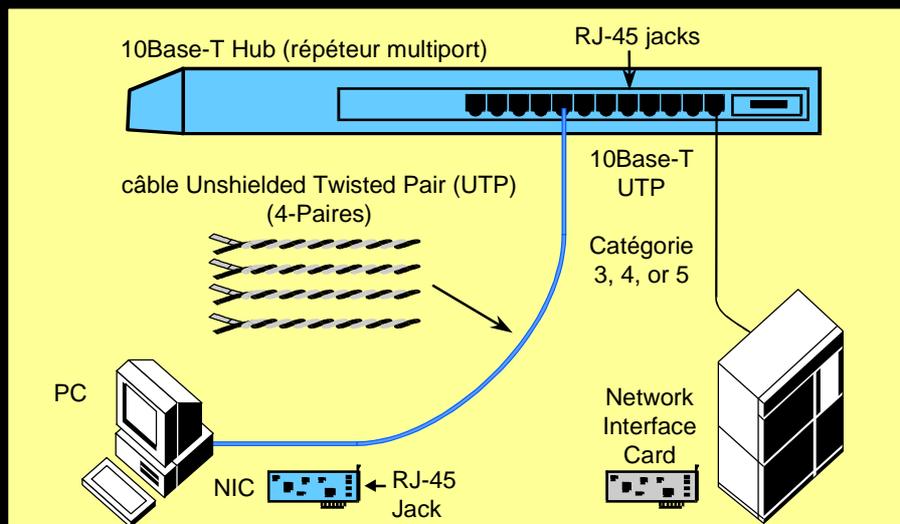
LLC	802.2 Logical Link Control Layer					
	802.3 Media Access Control (MAC Layer)			802.5 MAC 4 Mbps	802.5 MAC 16 Mbps	Other MAC
OSI Physical (Layer 1)	802.3 10Base-T	802.3 10Base-5	802.3 Other Physical Layer	802.5 Physical Layer 4 Mbps	802.5 Physical Layer 16 Mbps	Other Physical Layer

Fonctions de contrôle
Etablissement et rupture des connexions
Contrôle d'erreur (optionnel)

Intégration dans une architecture



Un réseau simple : Ethernet 10Base-T



Ethernet 10Base-T (802.3u)

- ◆ La couche physique

- ★ – 10 Mbps (10 du 10Base-T)

- ★ – Codage en bande de base : Injection d'une tension directement entre les 2 fils d'une paire (Base du 10Base-T)

- ◆ Hubs (Répéteurs Multiport)

- interconnectent les stations

10Base-T Hub



NICs

- ◆ Network Interface Cards

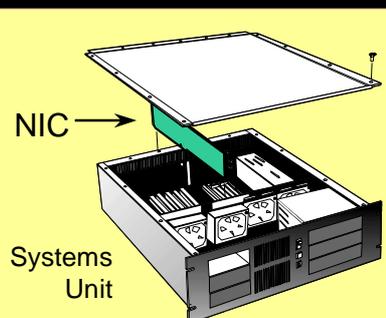
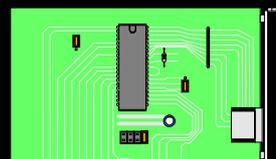
- Implémentent la couche physique

- ▼ Connecteurs et signaux électriques

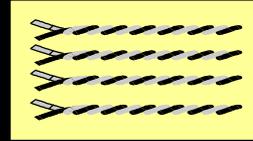
- Implémentent la couche liaison (en liaison avec le logiciel : pilote, driver...)

- ▼ LLC (802.2)

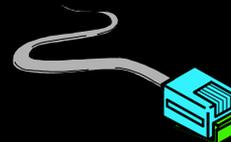
- ▼ MAC (802.3 MAC)



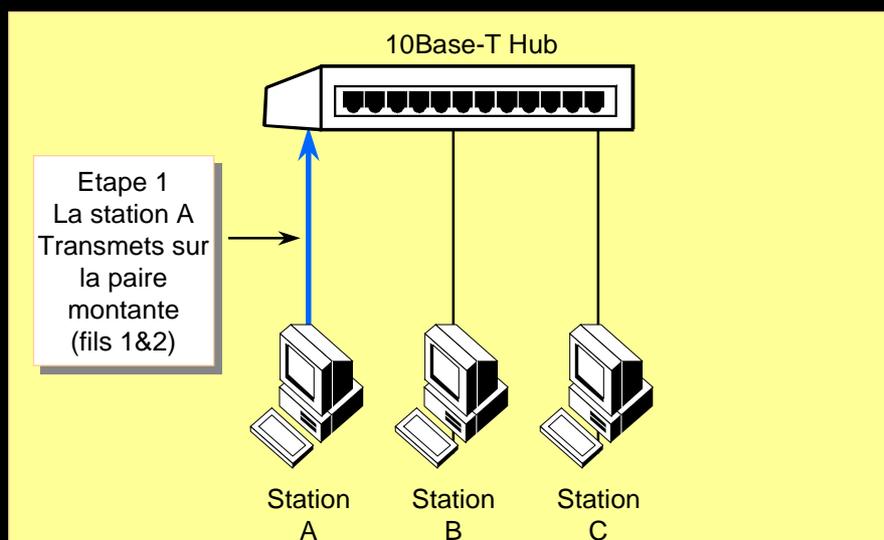
Câblage



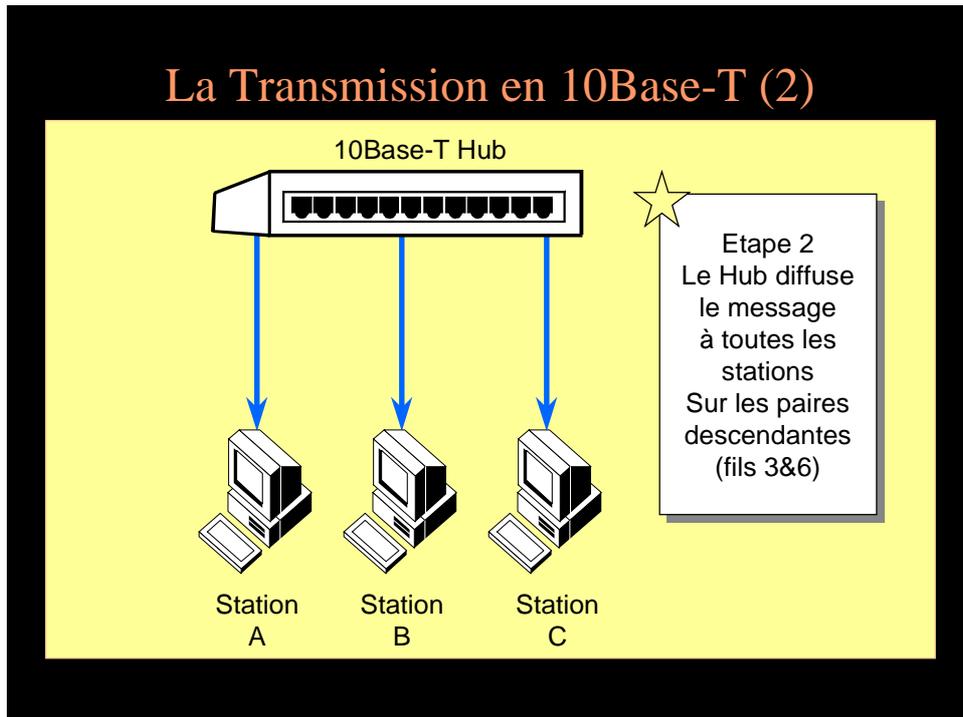
- ◆ Unshielded Twisted Pair (UTP)
 - Paires torsadées non écrantées (risque d'interférences)
 - Nombreuses torsades par mètres de façon à réduire les interférences électriques
 - T in 10Base-T
- ◆ 100 m maximum entre hub et NIC
- ◆ Catégories
 - Category 5: jusqu'à 100 Mbps
- ◆ Conecteur
 - RJ-45 Standard



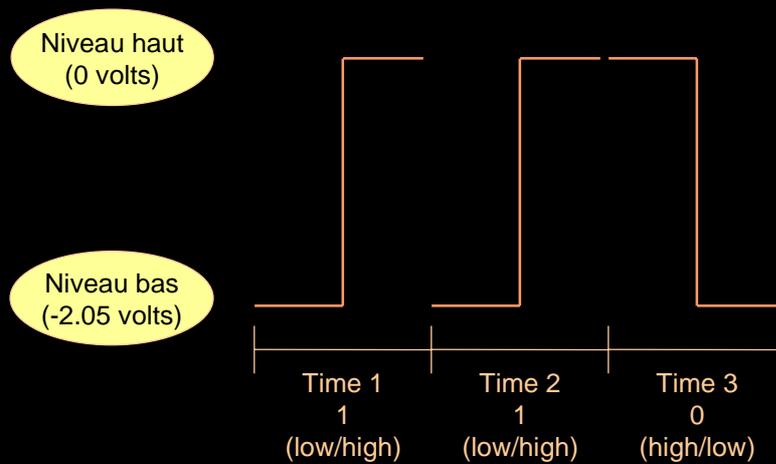
La Transmission en 10Base-T



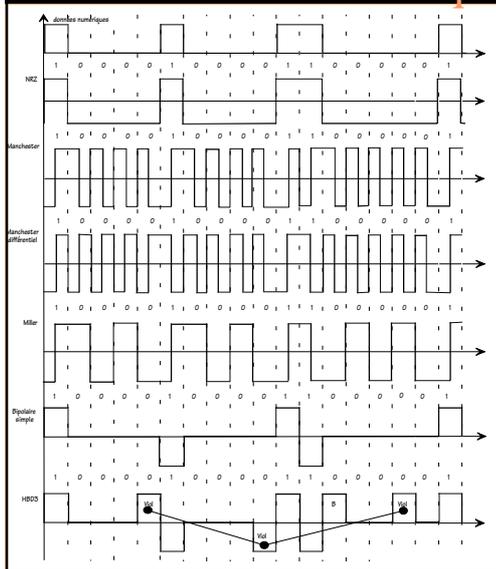
La Transmission en 10Base-T (2)



Le codage de Manchester

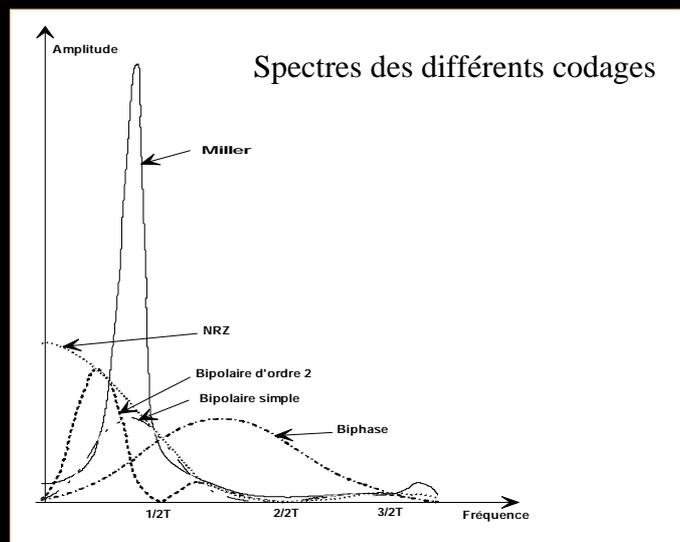


Les techniques de codage



- ◆ **NRZ**
 - symétrise par rapport au 0
 - pas de transition sur une suite continue de bits à 1 ou 0
- ◆ **Manchester**
 - Transition à chaque temps bits
 - Sens significatif, largeur de spectre
- ◆ **Manchester différentiel**
- ◆ **Miller**
- ◆ **HDB3**
- ◆ **nBmB (4B5B dans FDDI)**

La transmission en bande de base



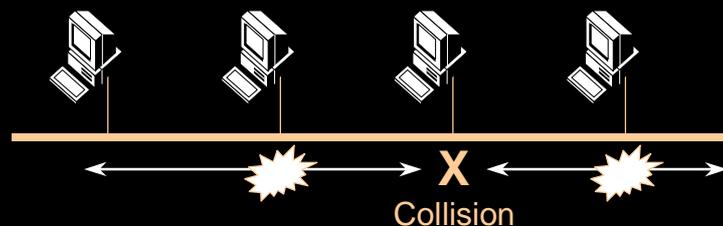
Le code de Manchester (biphase)

- ◆ Transition au milieu du temps bit
 - facilite la récupération d horloge (synchro bit)
- ◆ Inefficace en termes de bande passante
 - La transmission de 10^6 bits/s provoque es changements d'états à la vitesse de 20^6 bits/s
 - 20 Mbaud
 - Débit inférieur à la vitesse de modulation (inverse des modems)



La couche MAC : CSMA/CD

- ◆ Controls when stations may transmit
 - If two transmit at once, signals will be scrambled

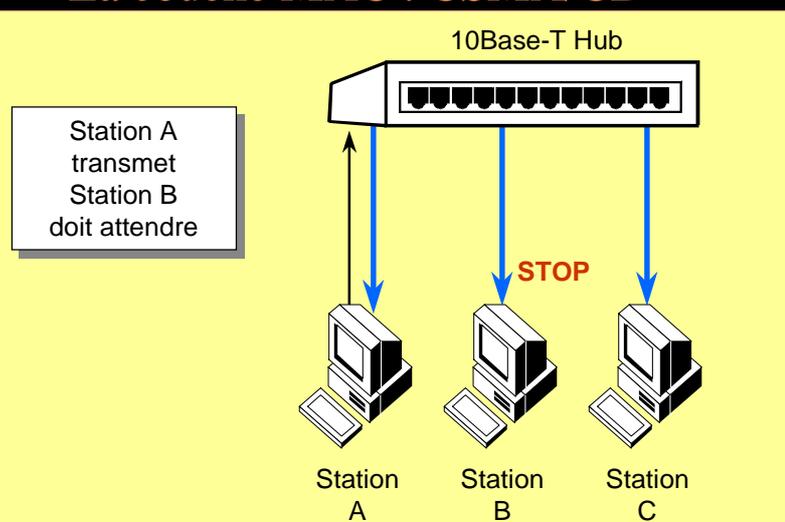


La couche MAC : CSMA/CD

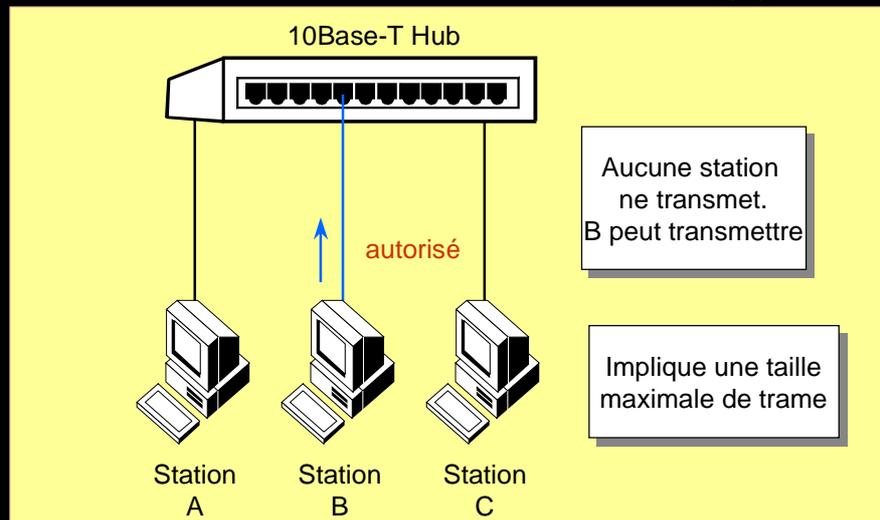
- ◆ Le code de Manchester est en bande de base
 - Une seule station peut émettre à la fois
- ◆ CS: Carrier Sense
 - Chaque NIC écoute le signal sur la ligne
 - Il reconnaît les messages envoyés à son adresse (et les copie)
 - Il reconnaît aussi si la ligne est libre .
- ◆ CSMA: Carrier Sense Media Access
 - Une station est autorisée à transmettre si et seulement si elle ne détecte pas de transmission sur le réseau



La couche MAC : CSMA/CD

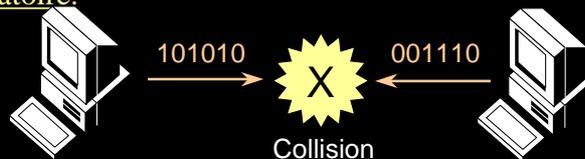


La couche MAC : CSMA/CD (2)



CSMA/CD Media Access Control

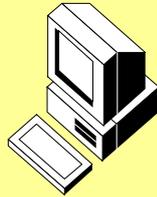
- ◆ CD: Collision Detection
 - Si deux stations transmettent simultanément ...
 - Leurs signaux entrent en collision et se brouillent mutuellement
 - Puisque chaque émetteur est en écoute (sense carrier), chacun reconnaît la collision
- ★ Tous deux s'arrêtent et attendent pendant une durée aléatoire.



CSMA/CD Media Access Control in Ethernet

Outgoing Signal
110111

Incoming Signal
1001000



Les signaux entrants et sortants sont différents.

Une autre station doit être en train d'émettre!

Collision!

Arrêter la transmission
Attendre pendant une durée aléatoire.

LES RESEAUX LOCAUX

Les méthodes d'accès : La contention (CSMA/CD)

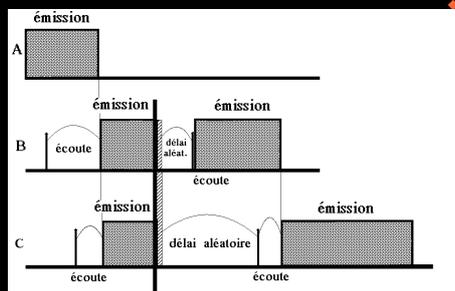
- ◆ Principe : - écouter avant de parler.

Le noeud A parle, les noeuds C et B désirent parler, ils se mettent à l'écoute et attendent que le silence règne sur le support. Dès que le canal est libre ils émettent.

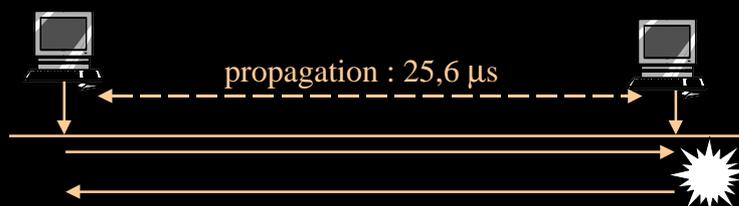
Pendant l'émission il compare ce qu'ils émettent à ce qui est présent sur le média. Le message de B est troublé par celui de C et vice et versa.

Les stations détectent ainsi la collision. B et C arrêtent leur émission, ils émettent une séquence de brouillage, puis attendent un délai aléatoire avant de tenter une nouvelle émission.

Cette technique d'accès est normalisée sous le nom de IEEE 802.3 ; elle est actuellement la plus employée dans les réseaux locaux.



Détection des collisions



taille minimale de la trame : 64 octets (512 bits)

durée d'émission de la trame minimale à 10 Mbps: 51,2 μ s

Vitesse de propagation : $c = 200\,000$ km/s

taille maximale du segment : aller/retour $< 51,2$ μ s soit 5,12 km

$$(2L/c = 512/D)$$

La trame 802.3 MAC

Preamble
Start of Frame Delimiter
Destination Address
Source Address
Length
Data
Pad
Frame Check Sequence

transmission Asynchrone :
chaque octet est émis
séparément, par caractère de
10 bit .

Les trames 802.3 MAC sont
synchrones

DE nombreux octets sont émis
dans chaque trame.

Les trames sont composées de
champs

Chaque champ est composé
d'octets

La frame 802.3 MAC (2)

Preamble
Start of Frame Delimiter
Destination Address
Source Address
Length
Data
Pad
Frame Check Sequence

Le récepteur se synchronise au début de chaque transmission.

Le préambule comporte 7 octets 10101010 et permet la synchronisation

Start of Frame Delimiter comporte 1 octet 10101011 et termine la synchronisation. Tells that real content is starting

Les horloges émetteur et récepteur sont synchrones (préambule + SFD).

La frame 802.3 MAC (3)

Preamble
Start of Frame Delimiter
Destination Address
Source Address
Length
Data
Pad
Frame Check Sequence

Chaque adresse comporte 48 bits .

Toutes les adresses 802 sont au même format.

Chaque constructeur de NIC se voit attribuer un bloc d'adresses.

Les Nic sont pourvues d'une adresse en usine (burnt in).

La trame 802.3 MAC (4)

Preamble
Start of Frame Delimiter
Destination Address
Source Address
Length
Data
Pad
Frame Check Sequence

Les trames 802 sont de taille variable.

Leur taille est comprise entre 64 octets et 1518 octets.

Le champ longueur donne la taille réelle de la trame.

Il comporte 2 octets.

La trame 802.3 MAC (5)

Preamble
Start of Frame Delimiter
Destination Address
Source Address
Length
Data
Pad
Frame Check Sequence

Le champ données contient les données à transmettre

En principe, c'est le contenu de la LLC Layer PDU

Peut contenir des informations de contrôle à destination de la couche MAC du récepteur.

Si les données à transmettre sont inférieures à 64 octets on ajoute des octets de bourrage (Pad) pour compléter

La trame 802.3 MAC (6)

Preamble
Start of Frame Delimiter
Destination Address
Source Address
Length
Data
Pad
Frame Check Sequence

- ◆ En asynchrone : bit de parité
- ◆ 802.3 MAC Frame Check Sequence (FCS)
- ◆ Le FCS comporte 32 bits
- ◆ Emetteur
 - diviser la trame (hors préambule, SFD et FCS) par un polynôme binaire
 - calculer le reste et le porter dans le FCS
- ◆ Récepteur
 - diviser la trame (hors préambule, SFD et FCS) par un polynôme binaire
 - calculer le reste et comparer au FCS

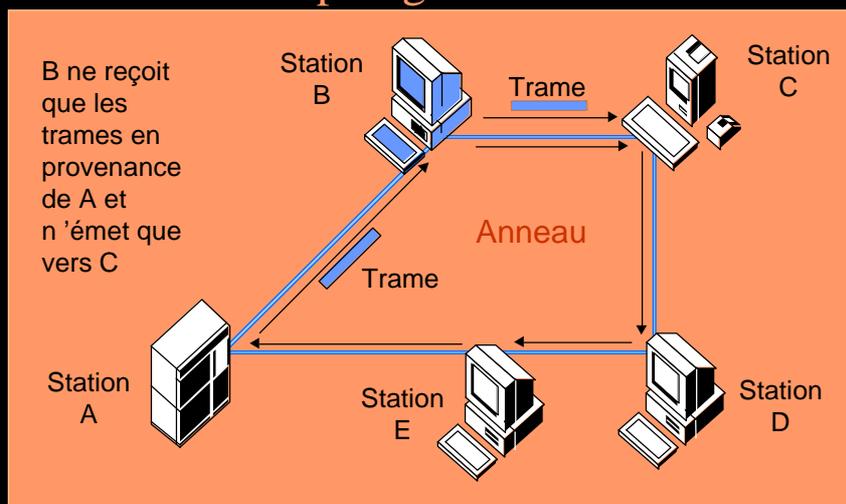
La détection d'erreur

- ◆ Le récepteur compare son résultat au FCS
 - si identité, la trame est acceptée
 - si différent, la trame est rejetée
- ◆ Pas de correction
 - pas de demande de réémission (rejet simple)
- ◆ La couche LLC peut être chargée de la correction
 - La couche LLC réceptrice détecte les erreurs et provoque une réémission.

802.5 Token-Ring

- ◆ Défini par IBM
- ◆ Plus fiable que le 802.3
- ◆ Plus complexe et donc plus coûteux
- ◆ Marché plus faible que le 802.3
 - Etroitement intégré à SNA

La topologie en anneau



Sécurisation de l'anneau

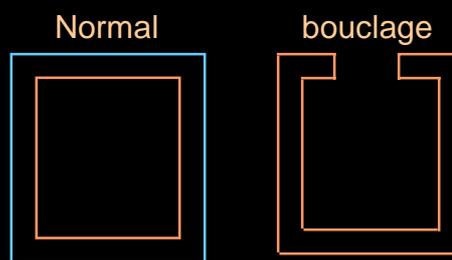
- ◆ En cas de coupure de l'anneau, le réseau s'arrête



- ◆ Solution : double anneau

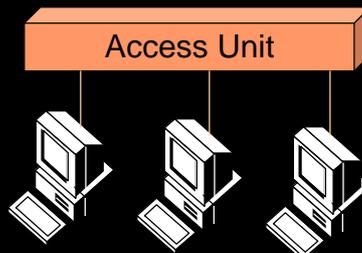
- L'un d'eux est inutilisé en temps normal (secours)

- ◆ En cas de coupure : bouclage

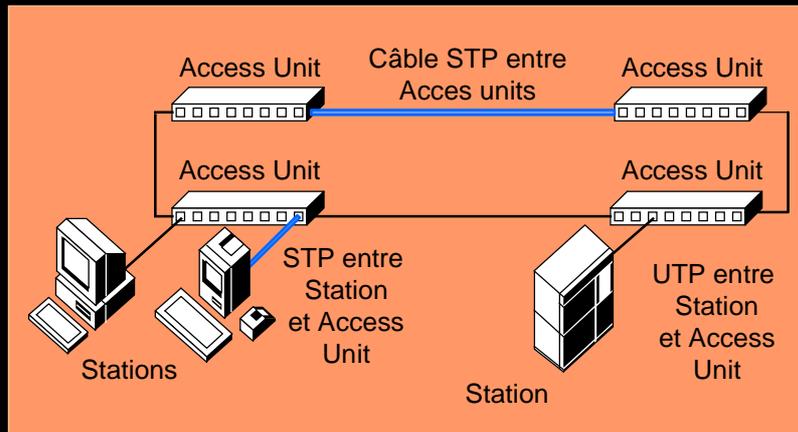


La connexion des stations

- ◆ Les Access Units jouent le rôle des hubs
 - elles connectent les stations
 - elles détectent leur bon fonctionnement
 - elles gèrent les rebouclages éventuels

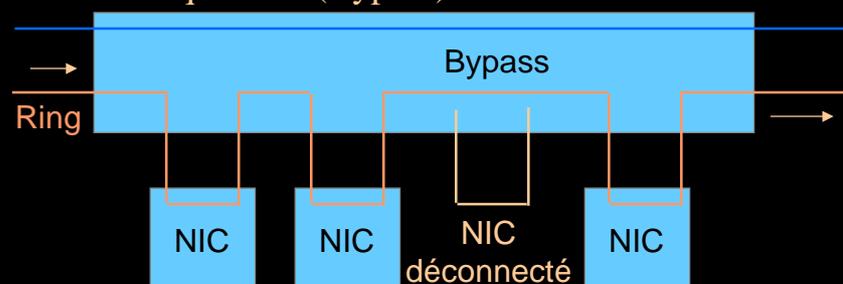


Constitution de l'anneau



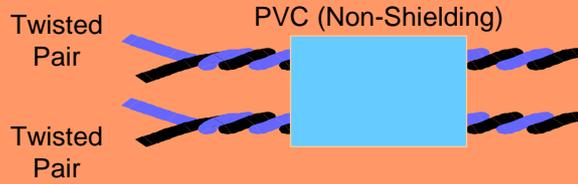
Rôle des Access Units

- ◆ Maintien de l'anneau
- ◆ Les NIC opérationnels et alimentés sont insérés dans l'anneau automatiquement
- ◆ Les Nics hors tension sont court-circuitées automatiquement (Bypass)

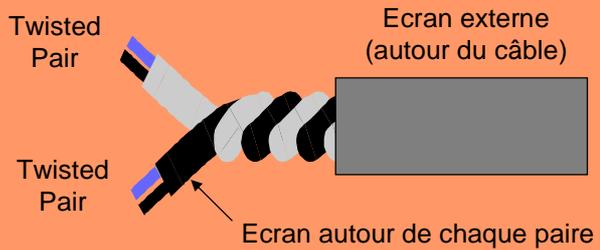


UTP et STP

Unshielded
Twisted Pair
(UTP)



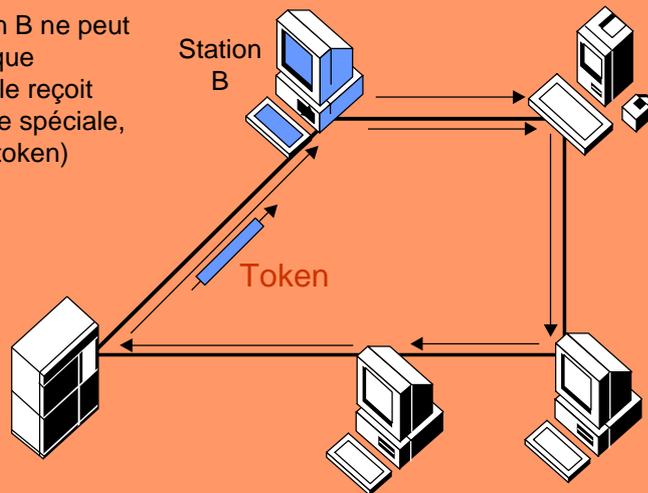
Shielded
Twisted Pair
(STP)



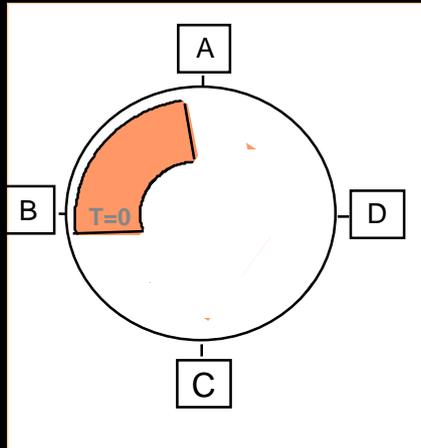
12

Principe du passage de jeton

La station B ne peut émettre que lorsqu'elle reçoit une trame spéciale, le jeton (token)

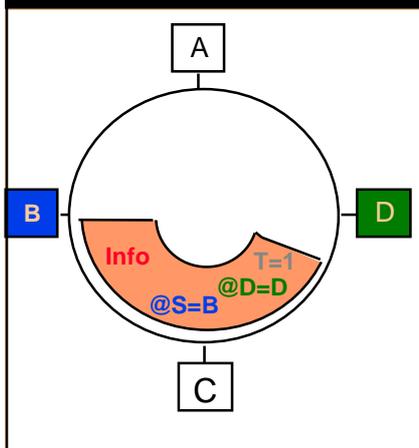


Accès au support I



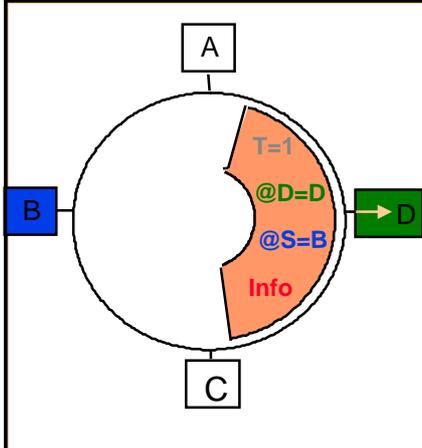
- ◆ Le droit à émettre est matérialisé par une trame particulière “le Token”
- ◆ Si le jeton (Token) est libre le bit T=0, la station peut alors prendre possession du jeton et émettre une trame

Accès au support II



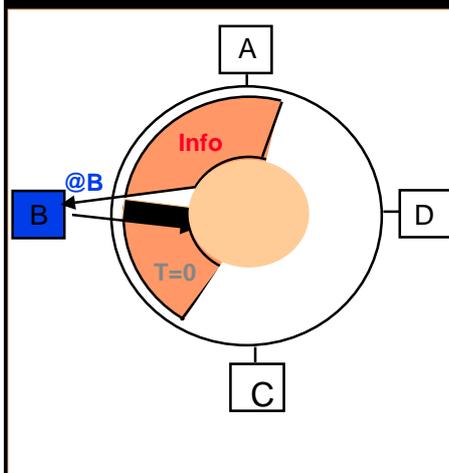
- ◆ La station B a un message à envoyer à D
- ◆ Elle passe le bit **T** à 1
- ◆ Fournit l'adresse destination (**@D**) et source (**@B**)
- ◆ insère à la suite du jeton ses données (**Info**)

Accès au support III



- ◆ Les stations C et D ne peuvent acquérir le jeton ($T=1$)
- ◆ La station D reconnaît son adresse ($@D$), elle lit les données au vol (il n'y a pas de bufferisation du message par les stations)

Accès au support IV



- ◆ La station destinataire ne peut "purger" l'anneau (**buffer : 1 bit** la station ne voit qu'un bit à la fois)
- ◆ Quand la station B voit revenir le message, elle sait que c'est le sien (1 seul jeton), elle l'ôte de l'anneau
- ◆ Quand elle a reconnu son adresse ($@B$), elle réémet un jeton

La surveillance de l'anneau

Le moniteur

- ◆ Une station spéciale : le moniteur est chargé de :
 - fournir l'horloge au réseau (réseau synchrone), seule la station moniteur a une horloge réception et émission différente, un "buffer élastique, *latency buffer*" lui permet de récupérer la gigue
 - elle garantit la présence d'un jeton (surveillance)
 - elle assure une contenance minimale à l'anneau (ring latency) de 24 bits (taille du jeton)
 - elle purge l'anneau en cas de trame orpheline (bit M)
- ◆ Cette station est "élue", c'est la station de plus forte adresse

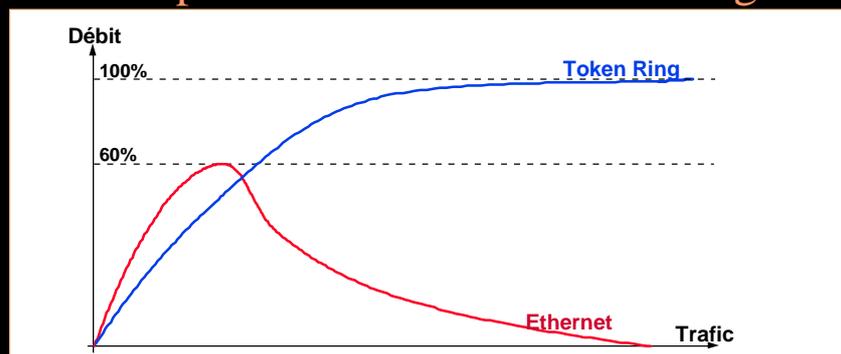
Structure générale de la trame 802.5

SD JK0JK000	◆ Start D elimiteur (JK violation des règles de codage)
AC PPPTMRRR	◆ Access C ontrol (priorité P/R, T Token, M Moniteur)
FC	◆ Frame C ontrol (trame MAC ou LLC)
DA 6 octets	◆ DA , SA , adresses destination et source
SA 6 octets	◆ R outing I nformation, champ facultatif, validé par le bit de diffusion de l'adresse source (I/G)
RI 2 à 30 octets	◆ Données (temps d'émission : 9,1ms soit 4500 et 18 800 octets)
Données max 4000 octets	◆ Frame C heck S equence
FCS 4 octets	◆ E nd D elimiter (bit I trame suit, E erreur)
ED JK1JK1IE	◆ Frame S tatus (A, adresse reconnue, C trame recopiée)
FS ACrrACrr	

Le principe général : partage du médium

- ◆ Ethernet (802.3) et Token-Ring (802.5) sont des réseaux à partage du médium (contention)
 - Une seule station peut émettre à un moment donné.
 - Chaque station reçoit ' ensemble des trames
 - Les stations doivent attendre leur tour pour transmettre
 - 802.3 est aléatoire
 - 802.5 est déterministe

Comparaison Ethernet/Token Ring

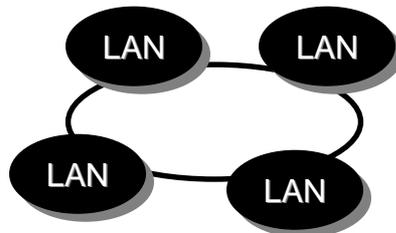


- ◆ Câblage/Infrastructure
- ◆ Performances
- ◆ Déterministe/Probabiliste

Interconnexion

Local Internets

- Interconnexion locale
 - Relie plusieurs LANs sur un site unique et privé
 - Hauts débits (comparés aux WANs)



Objectifs

- Résoudre les problèmes de distance
 - Un segment 10bT mesure au plus 500m
- Résoudre les problèmes de performances
 - Débit (30% du nominal)
 - Nombre de stations (256)
- Interconnexion de LANs utilisant des norme différentes
 - ex : Ethernet et Token-Ring

Questions de distance

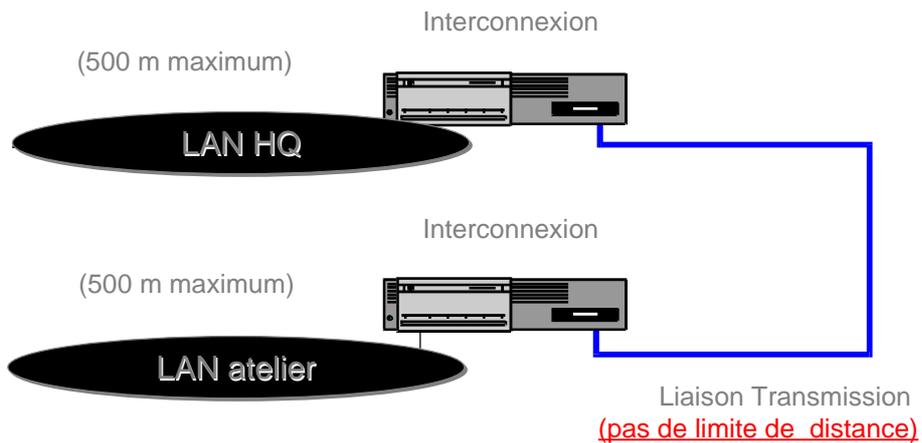
LAN 10Base-T
Siège social
(distance maximum 500 m)

HQ LAN

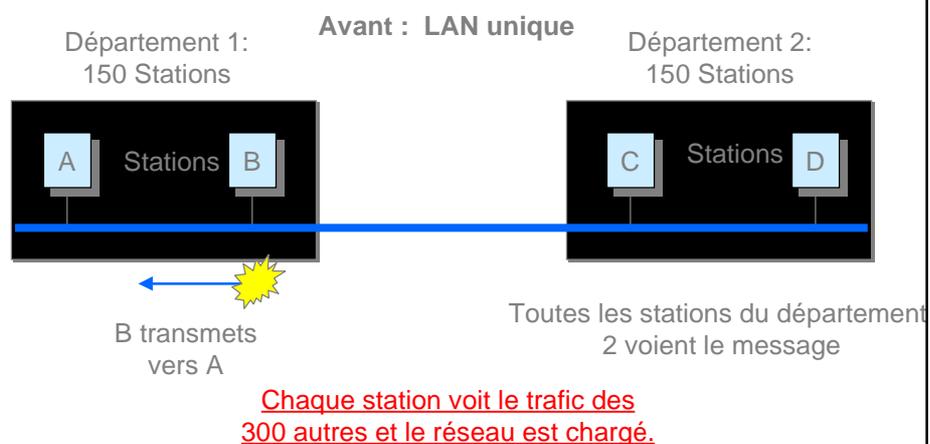
500 mètres maximum entre deux stations

2500 mètres maximum pour le plus grand réseau 802.3 (10Base5)

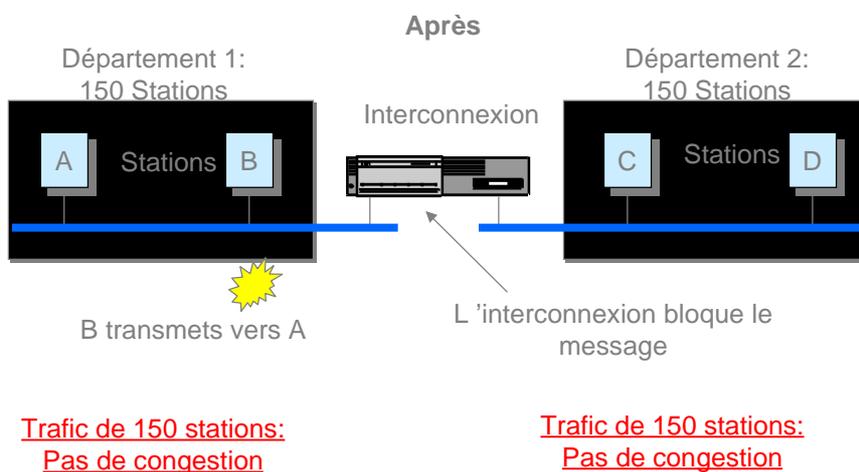
L'interconnexion pour résoudre les problèmes de distance



Problèmes de performances



L interconnexion pour résoudre les problèmes de performances



8

présentation générale

produits d' interconnexion et couches OSI

7	application				PASSERELLE
6	présentation				
5	session				
4	transport				
3	réseau			ROUTEUR	PONT
2	liaison LLC MAC			REPETEUR	
1	physique				

les répéteurs

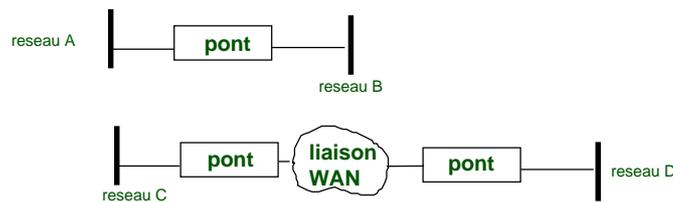
- agissent localement, au niveau couche physique
- réalisation de connexion physique entre deux médias identiques ou différents par régénération des signaux; (on assure la continuité physique: de l' amplification du signal (recopie des bits à mesure qu'ils arrivent) à la régénération et restitution d'horloge)
- les différents segments de cable constituent un seul réseau logique local (connexion transparente)
 - EX: les transceivers de 802.3 donnent une longueur maxi de segments de 500m. On relie les segments par des répéteurs pour atteindre les 2500m (4 répéteurs maxi en série)

Ponts

- Simple, automatic, inexpensive, fast
- Usually only two ports
- A fast, cost-effective choice for small internets

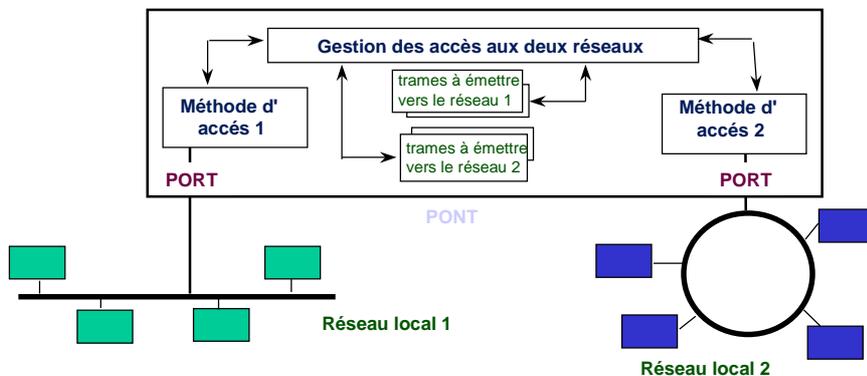
le pont

- permet de découpler deux (ou +) segments de réseau (aspect isolement de trafics)
- réunit deux ou plusieurs réseaux locaux physiques en un seul logique.
- possibilité d'apprentissage et de filtrage



les ponts (2)

- possibilité d'interconnecter des réseaux ayant des couches physiques et sous-couche MAC différentes,
- Le pont reçoit des trames selon une technique d'accès (Réseau A) et les retransmet selon une autre vers le réseau B si leurs adresses de destination sont reconnues appartenir au réseau B:



les ponts transparents (1)

- normalisé dans 802.1
 - le pont écoute tous les paquets (mode promiscuous)
 - pour chaque trame reçue, le pont
 - enregistre l'adresse source et le port concerné : mémoire cache stations
 - recherche dans cette mémoire cache stations l'adresse destination de la trame
 - si l'adresse destination ne figure pas, le pont réexpédie le paquet vers toutes les interfaces sauf celle de réception initiale du paquet (flooding)
 - si l'adresse destination est dans la mémoire cache stations, le pont achemine la trame vers l'interface spécifié sauf si l'interface spécifié est celui où il a été reçu (filtré)
- le pont date chaque entrée

les ponts transparents (2)

avec le seul pont P1:

pas de problèmes :(arbre)
P1 sait juste qu'il a 3 ports
à chaque transmission de trames,
P1 va construire sa mémoire cache
et accroître par auto-apprentissage
ses connaissances

avec deux ponts P1 et P2:

problèmes de boucles:

l'auto-apprentissage ne fonctionne plus correctement:

Quand A transmet un paquet, Chaque pont:

-reçoit le paquet,

-note que A réside sur le LAN 2

-met le paquet en file pour le réexpédier aux LAN 1 et 3

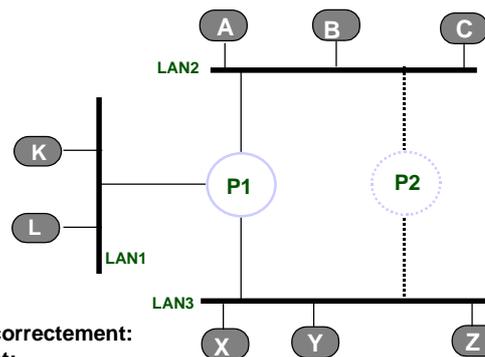
Or, un de ces deux ponts va rémettre le premier (par ex P2)

alors ce paquet va apparaître sur le réseau LAN3

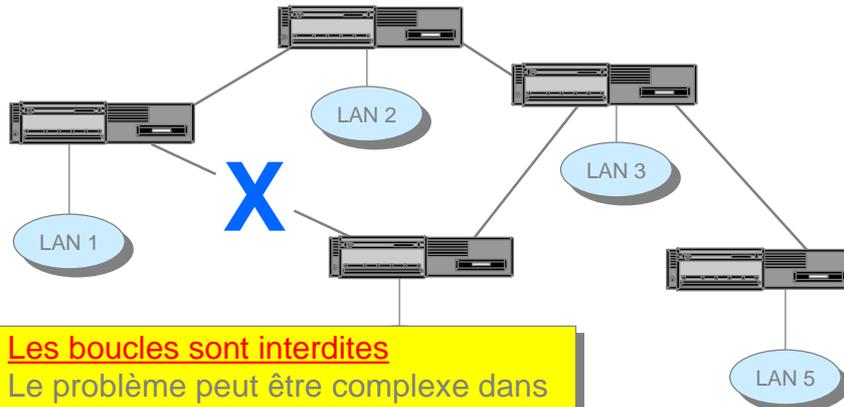
donc P1 va recevoir le paquet depuis le lan 3 et donc

noter que A réside maintenant sur LAN3 et vouloir le réexpédier sur LAN1 et LAN2

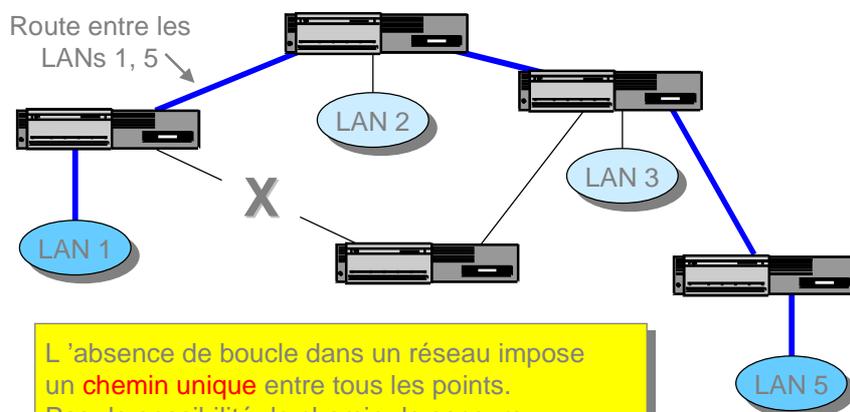
Non seulement les paquets bouclent mais prolifèrent....



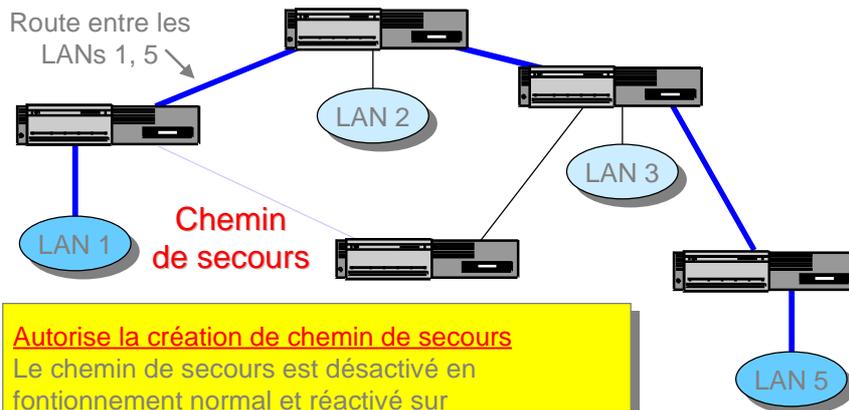
Ponts Multiples



Ponts Multiples (2)



802.1 Spanning Tree



Autorise la création de chemin de secours
Le chemin de secours est désactivé en fonctionnement normal et réactivé sur détection de défaillance

les ponts transparents (3)

Le but est de faire découvrir aux ponts de manière dynamique

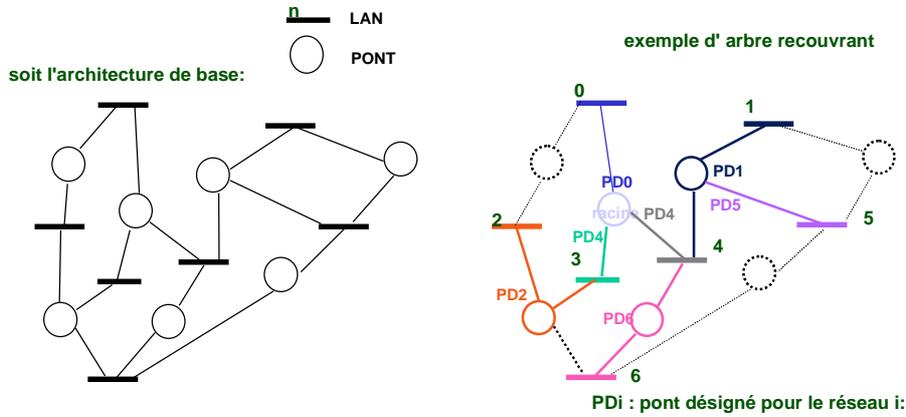
- un sous-ensemble de la topologie du réseau qui soit sans boucle et
- de connectivité suffisante pour qu'il existe un chemin entre chaque paire de LAN

Pour cela, les ponts vont se transmettre des messages spéciaux : des messages de configuration (BDPU : Bridge Protocol Données Unit ou Unités de données de protocoles de ponts pour leur configuration) permettant de dérouler l'algorithme de l'arbre recouvrant:

- choisir un pont racine parmi tous les ponts (en général, algorithme distribué)
- calculer la distance sur le plus court chemin entre les autres ponts et ce pont racine
- pour chaque LAN choisir un pont (pont désigné) le plus proche du pont racine
- pour chaque pont, choisir le port dit port racine qui donne l'accès au pont racine
- choisir les ports à inclure dans l'arbre. (ce sont les ports racines et les ports des ponts désignés)

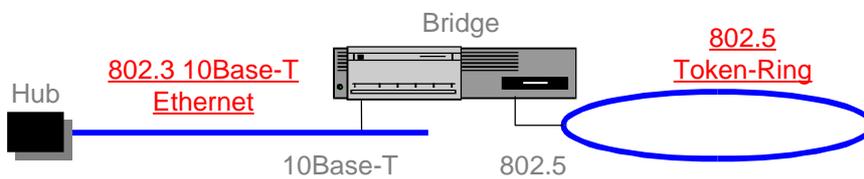
le trafic est alors acheminé vers et en provenance des ports appartenant à l'arbre recouvrant, les autres ports n'étant pas utilisés

les ponts transparents (4)

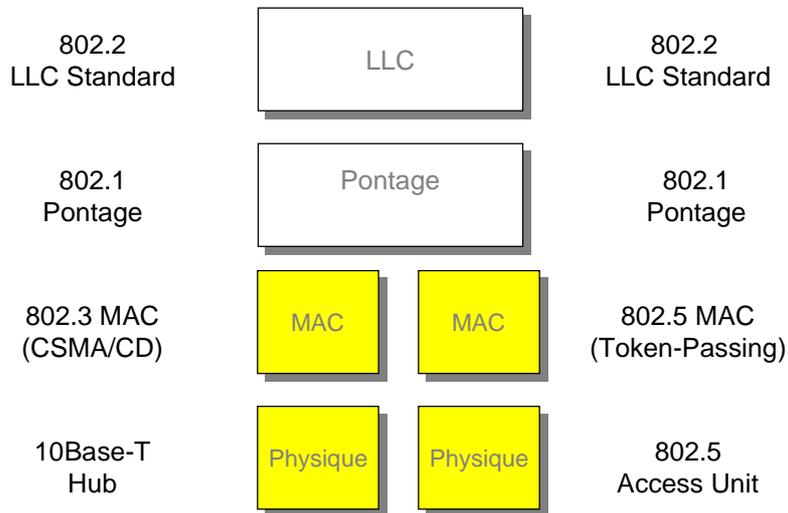


- les messages de configuration sont émis à intervalles réguliers (quelques secondes) pour permettre également la mise à jour de la topologie (et donc un nouveau calcul d'arbre recouvrant).
- le calcul du coût d'un chemin est fait à partie des BDPUs (notamment des ID des ponts)

La normalisation



La norme 802



Limitations des ponts

- Ils ne bloquent pas les broadcasts
 - Ceux-ci sont fréquents : les serveurs d'un réseau local s'annoncent environ toutes les 30s par un message à destination de toutes les stations.
 - Limite pour les réseaux importants
- Ils ne permettent pas les chemins multiples
 - Ceux-ci sont utiles lorsque les performances et la fiabilité sont critiques
 - Difficile à gérer quand le réseau devient important (WAN)



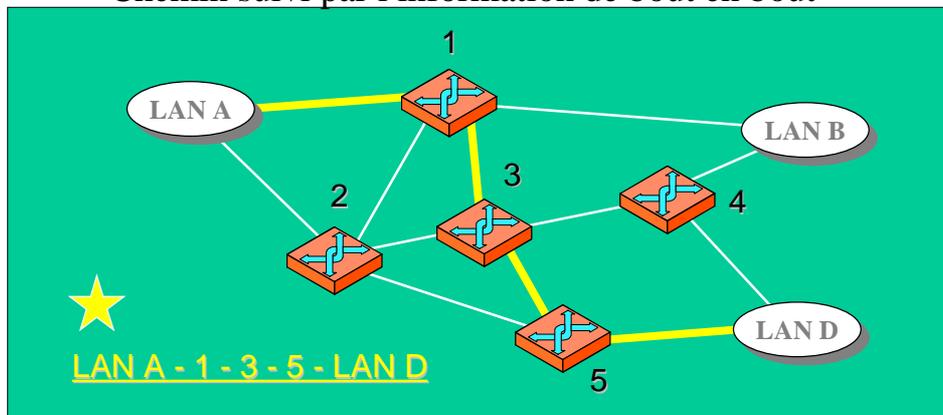
Routeurs



- Outil d'interconnexion plus évolué
 - Relie des réseaux composés de milliers de sous réseaux (ex : Internet)
 - Plus efficace pour les réseaux à grande distance
 - Permet une plus grande automatisation (adaptativité)
- Reposent sur des protocoles de niveau 3 réseau
 - transports des informations d'adressage (ex IP, X25)
 - nécessitent des protocoles d'échange d'informations de routage (ex : RIP, OSPF...)

Route

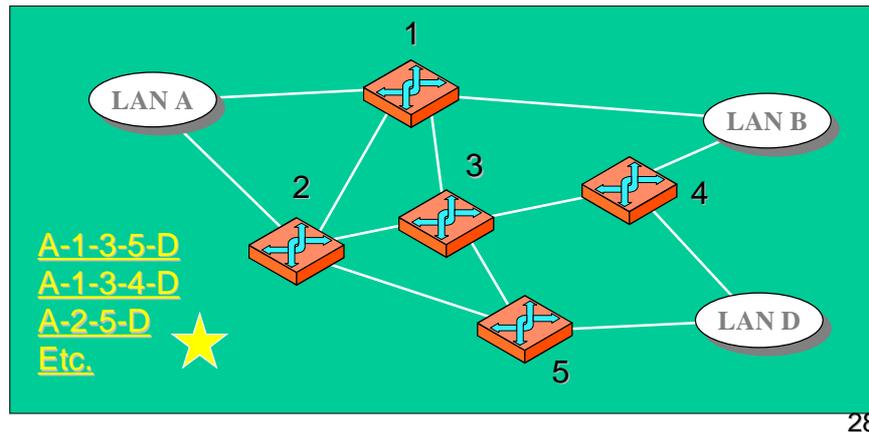
- Chemin suivi par l'information de bout en bout



27

Routes multiples

- Permet l'optimisation et le secours



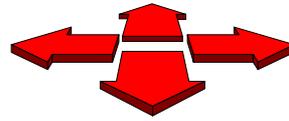
Avantages des routeurs

- Chemins multiples
 - Contournement des défaillances
 - liaisons, portes...
 - Contournement des liens et dispositifs congestionnés
 - Optimisation
 - Route de coûts minimal, de fiabilité maximale..
- Limitation des broadcasts (diffusion)
 - les broadcast se limitent au réseau où ils prennent naissance

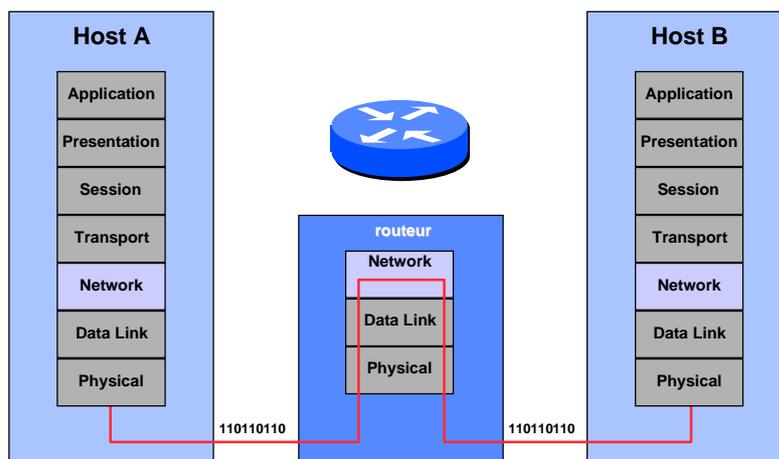
29

Fonctions d'un routeur

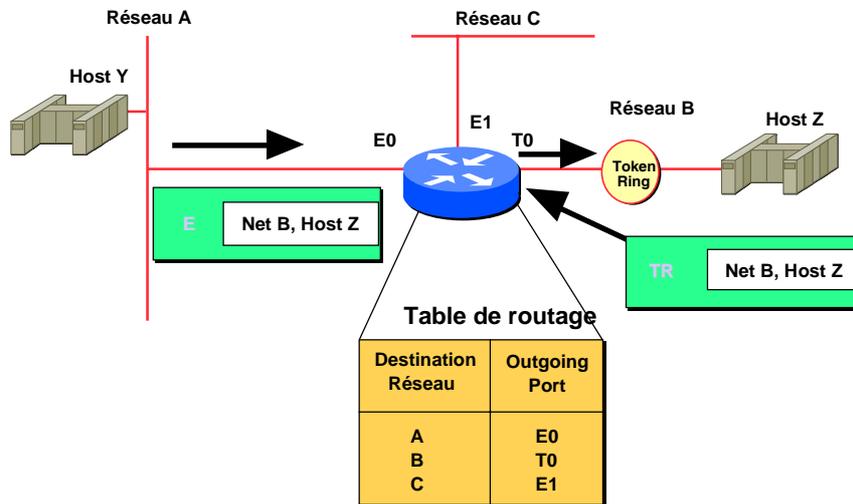
- Le routeur construit des cartes et donne les directions
- Le commutation achemine les trames entre des interfaces



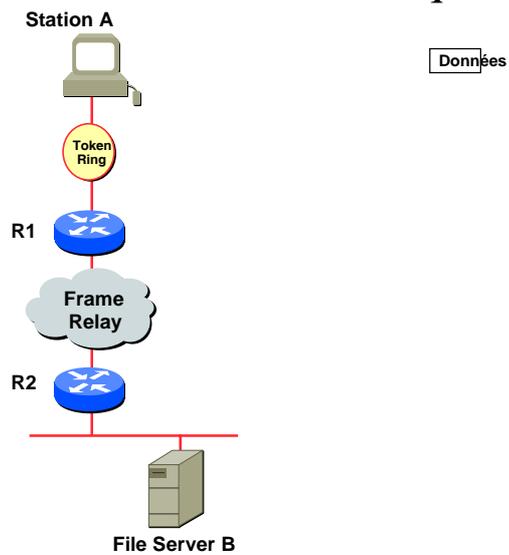
Les routeurs opèrent au niveau 3



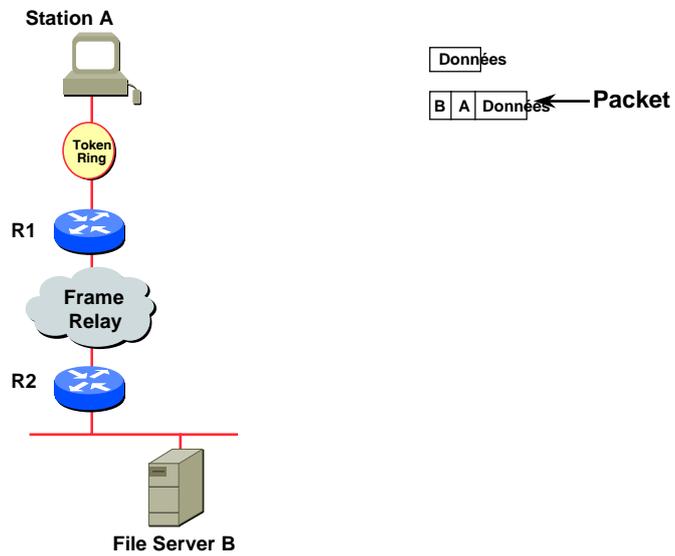
Le fonctionnement de niveau 3



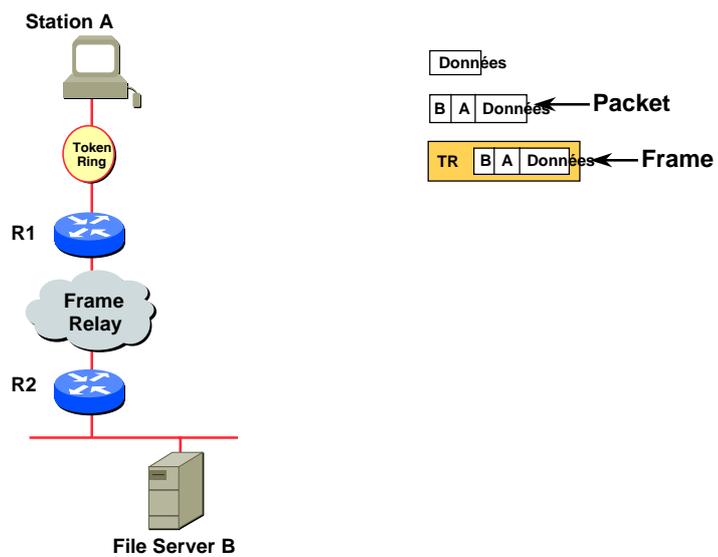
Trames et Paquets



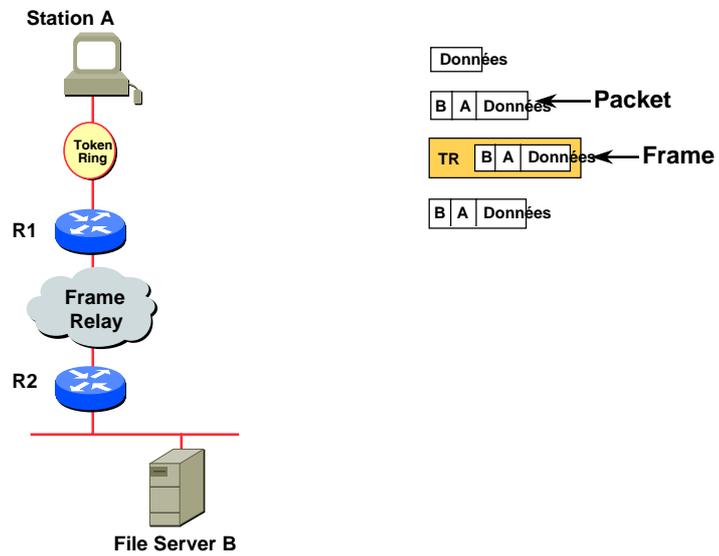
Trames et Paquets



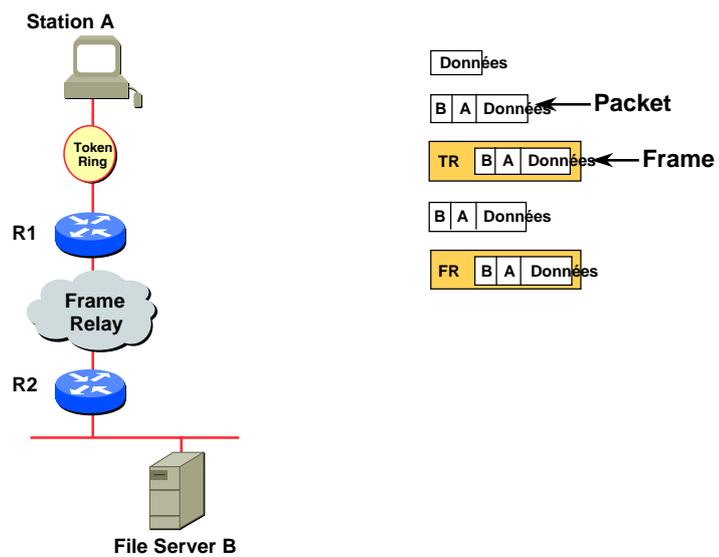
Trames et Paquets



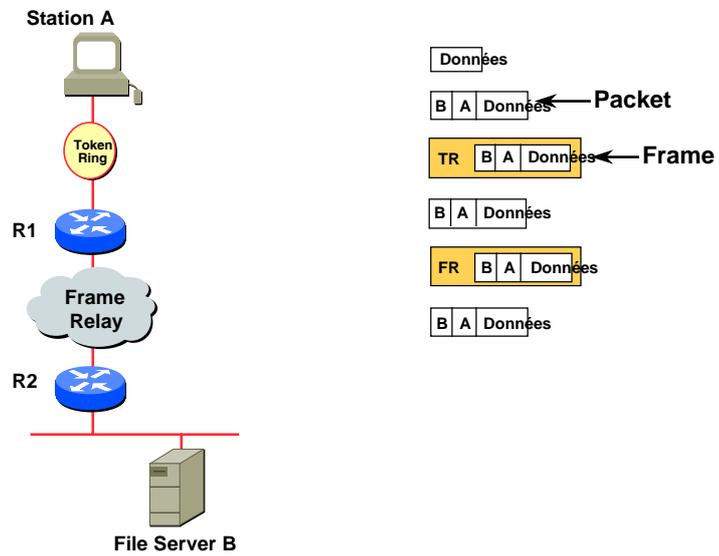
Trames et Paquets



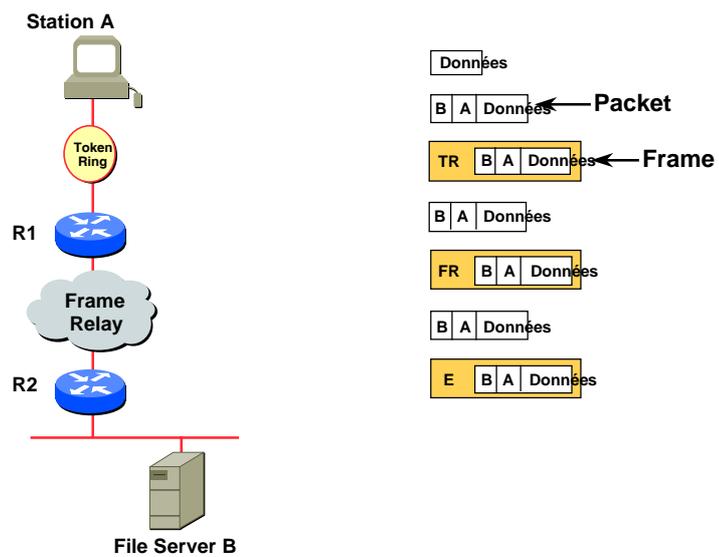
Trames et Paquets



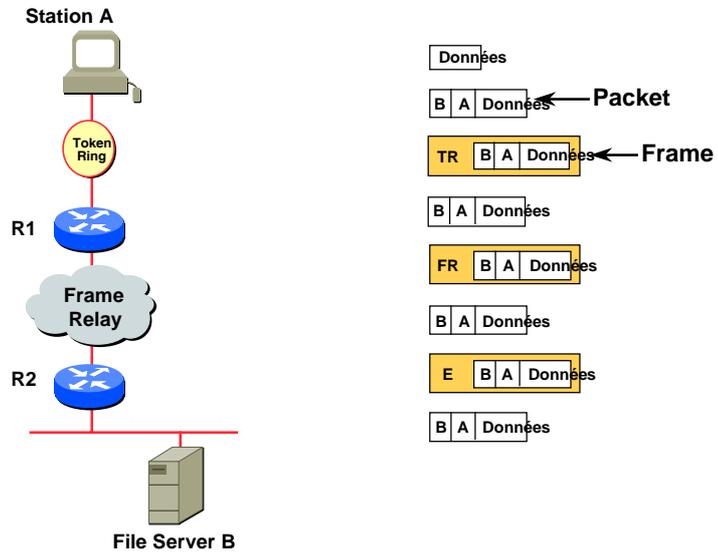
Trames et Paquets



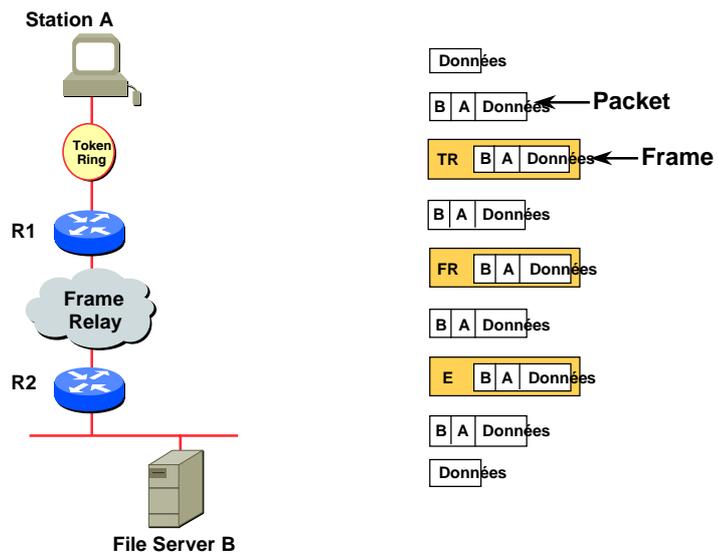
Trames et Paquets



Trames et Paquets



Trames et Paquets



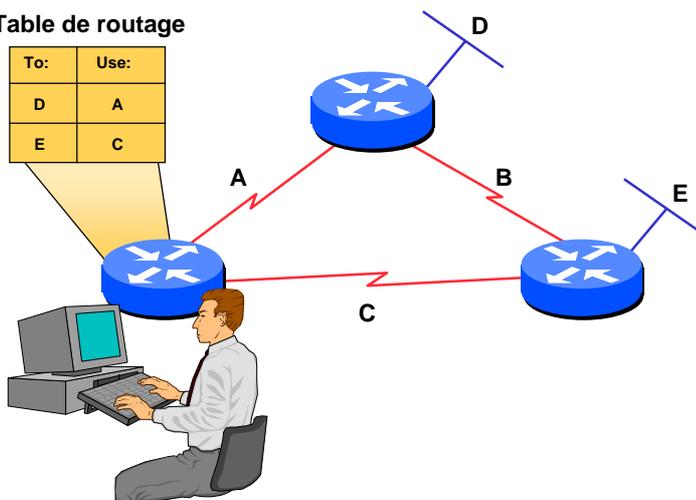
Construction de la Table de routage

- statique
- dynamique

Routage statique

Table de routage

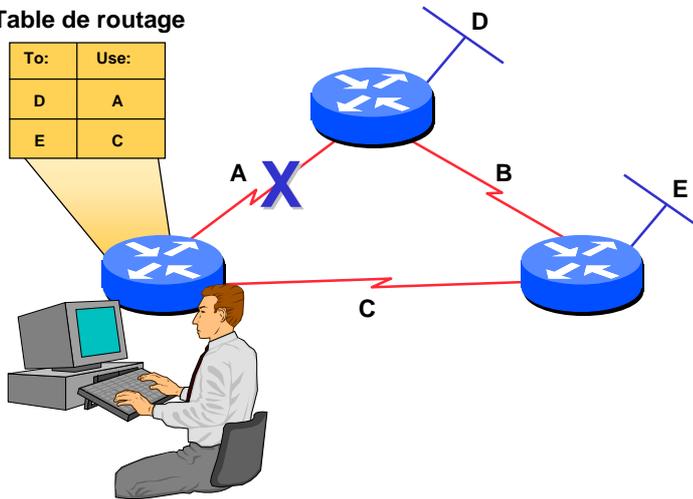
To:	Use:
D	A
E	C



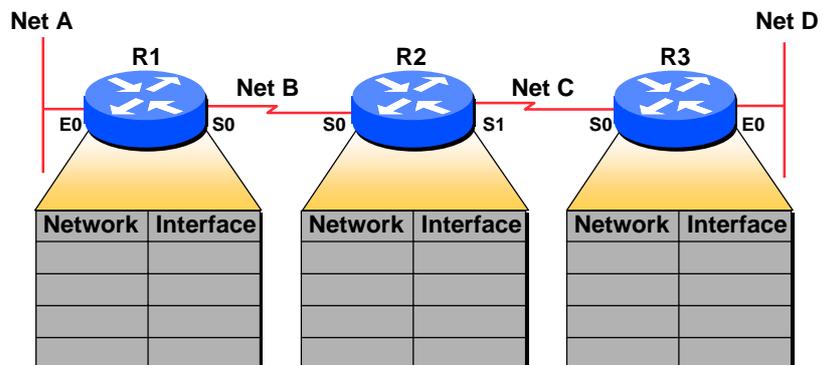
Routage statique

Table de routage

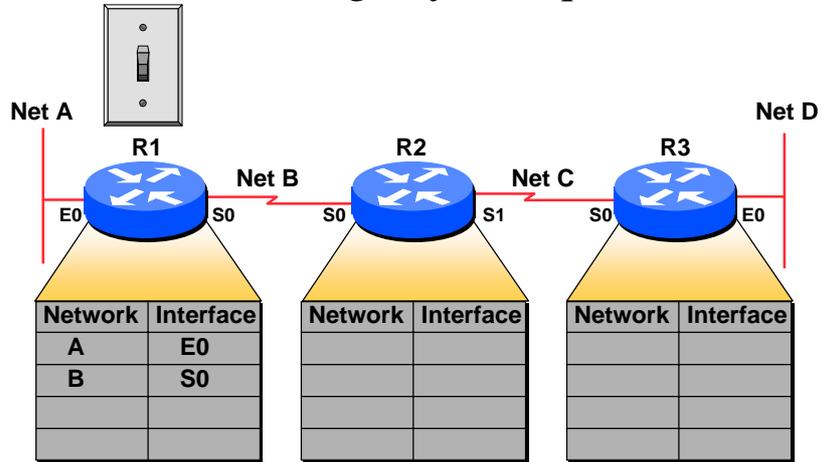
To:	Use:
D	A
E	C



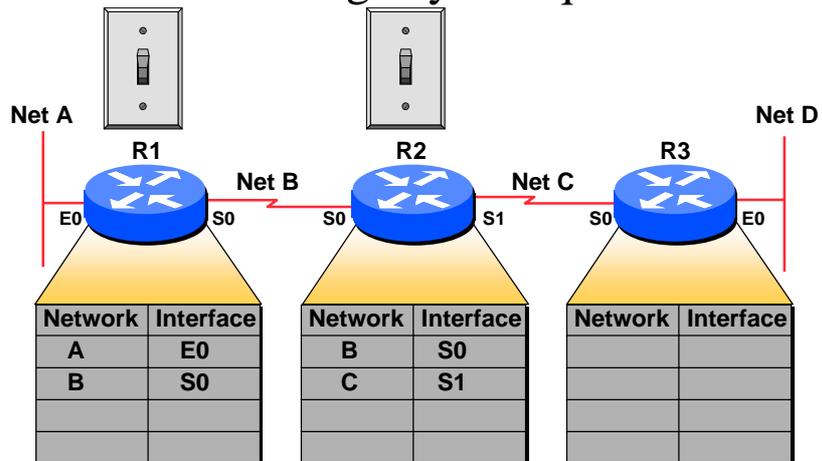
Routage dynamique



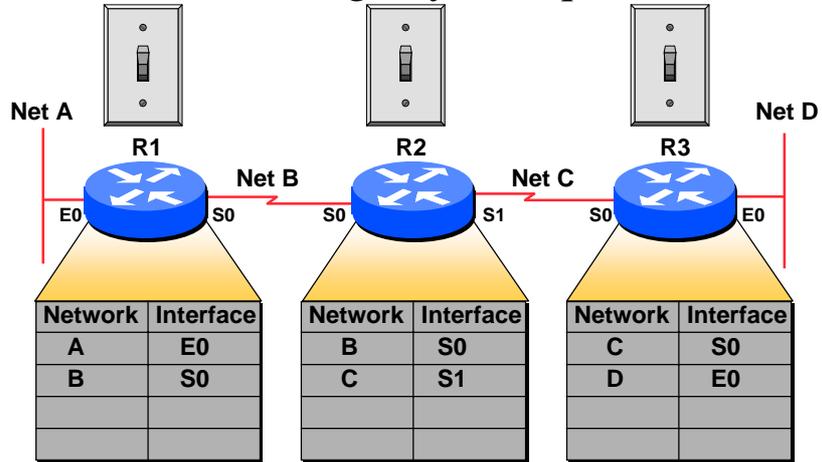
Routage dynamique



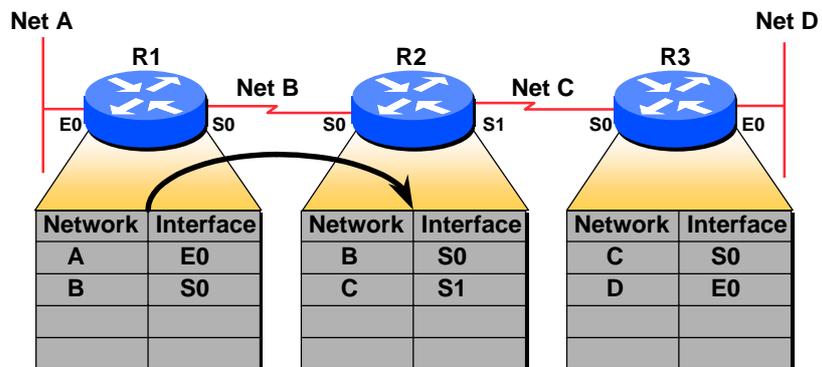
Routage dynamique



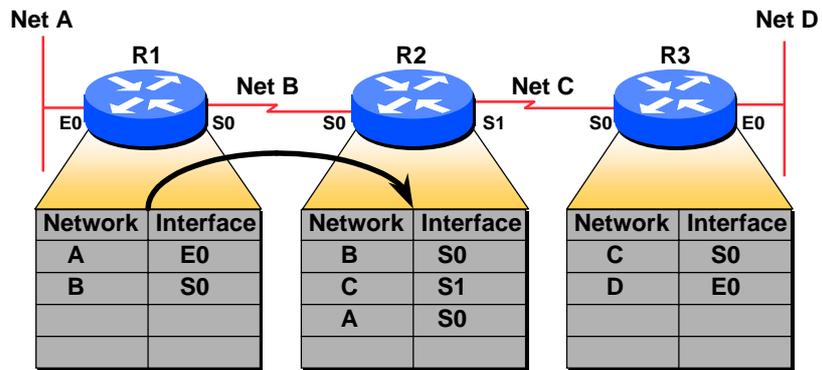
Routage dynamique



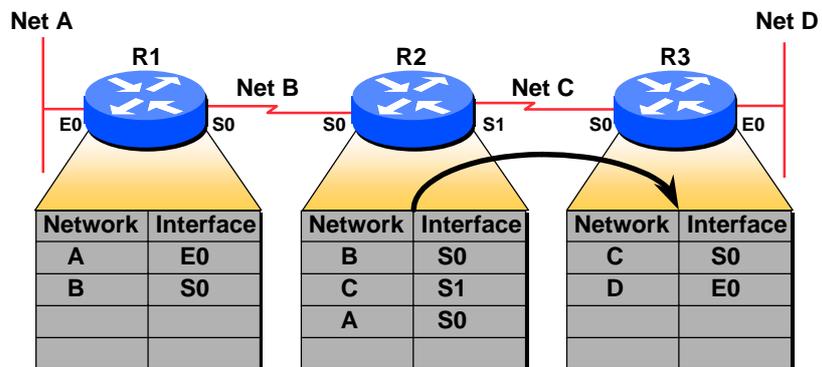
Routage dynamique



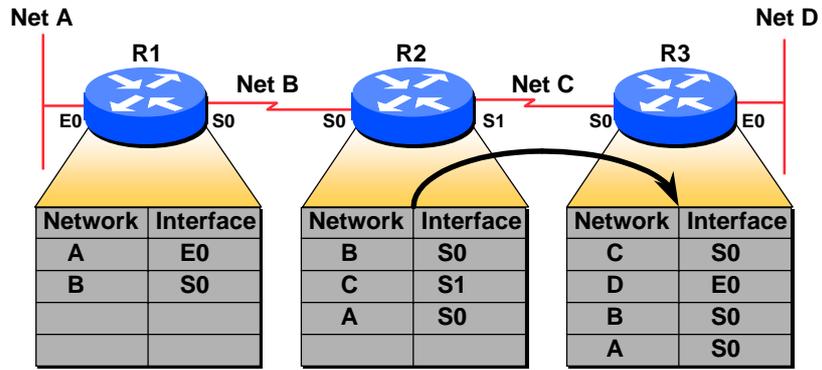
Routage dynamique



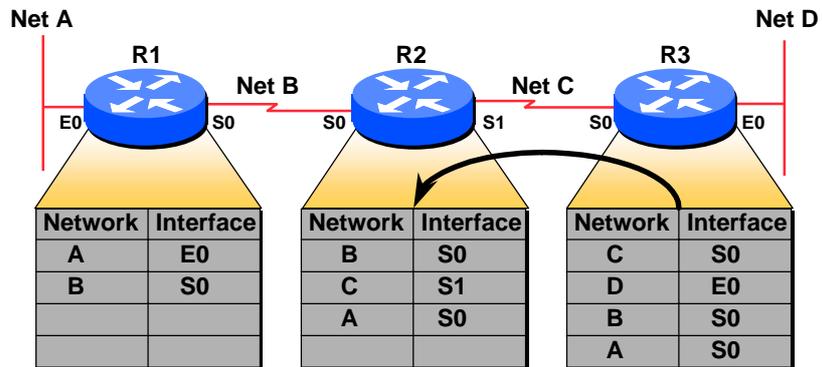
Routage dynamique



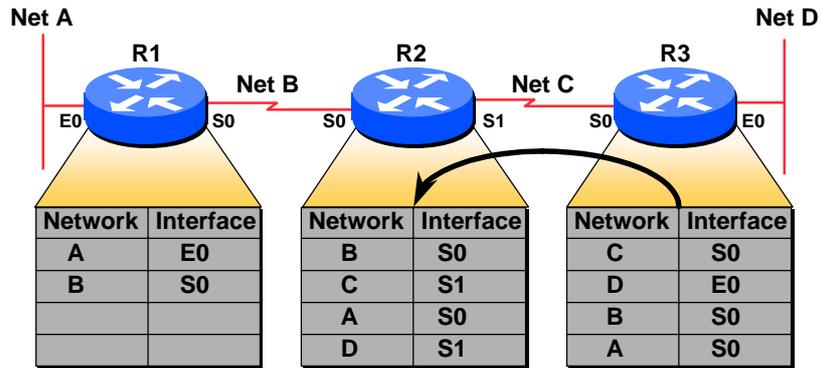
Routage dynamique



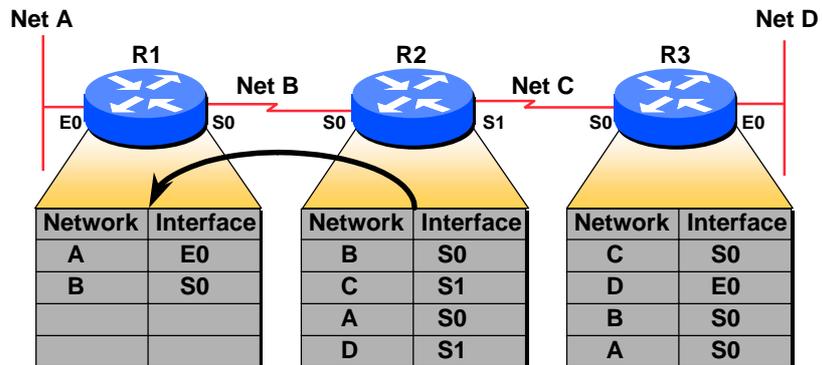
Routage dynamique



Routage dynamique



Routage dynamique



Routage dynamique

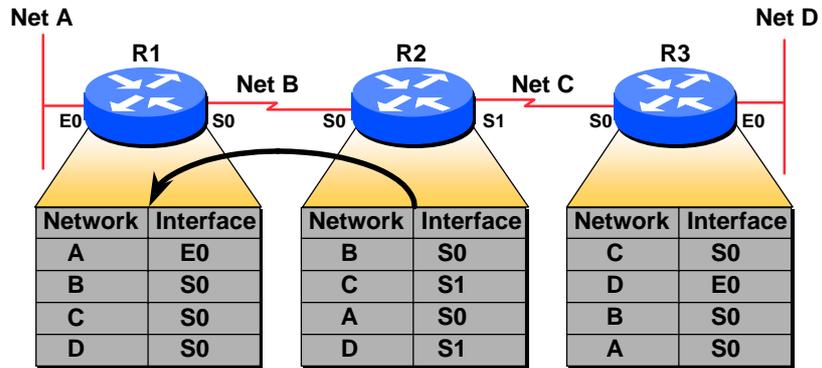


Table de routage

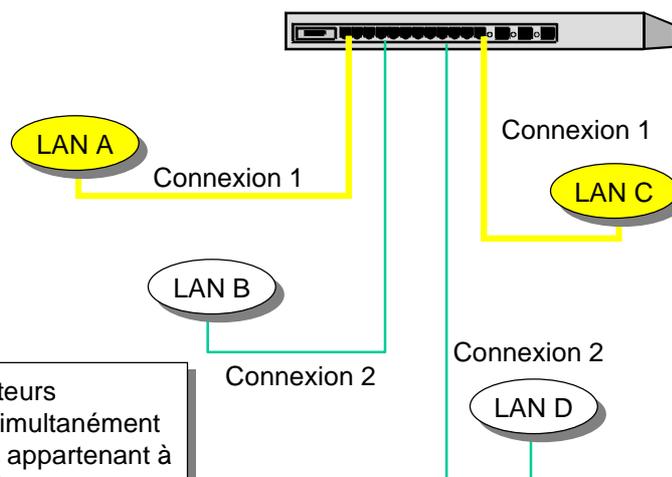
Network #	Interface	Next Saut	Metric	Age	Status
198.113.181.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/3047936]	02:03:50	D
198.113.178.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/3047936]	02:03:50	D
192.168.96.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/324608]	03:36:50	D
192.168.97.0	Ethernet0				C

Les commutateurs

- Ne connecter les stations que sur détection d 'adresse MAC
 - comme un pont
- Pas de collisions possibles entre deux portes

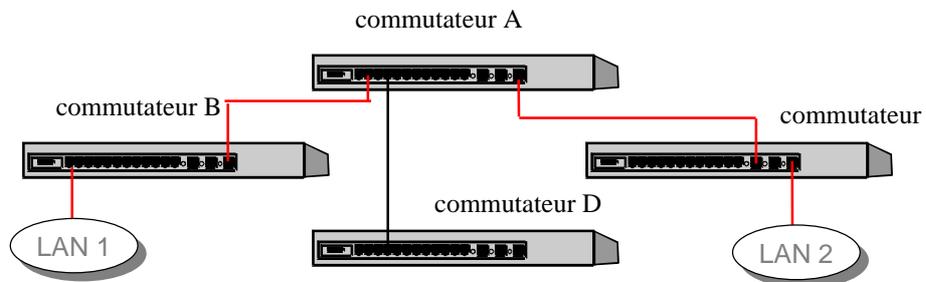


Un réseau local commuté simple



Les commutateurs transportent simultanément les messages appartenant à plusieurs LANs.

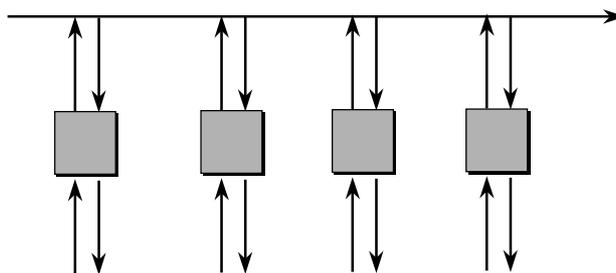
Un réseau à plusieurs commutateurs



Les commutateurs sont organisés selon une **hiérarchie** autorisant une seule route entre deux LANs.
Pas d'optimisation ni de secours

Route: 1-B-A-C-2

Une technologie : Bus Unique



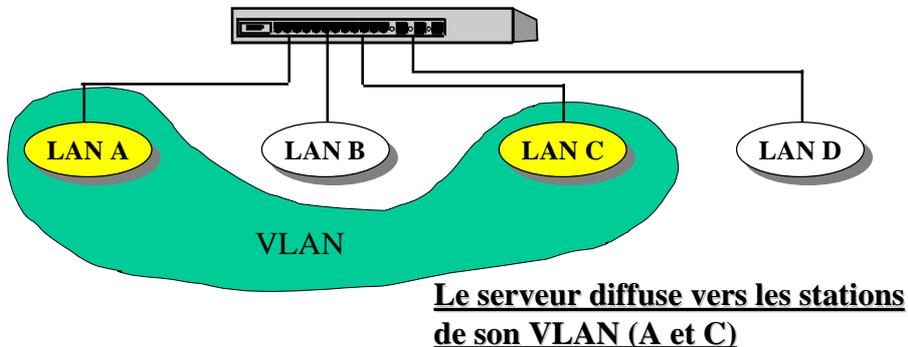
- Le plus simple
- 1–10 Gbps
- Multicast facile
- Blocage si surcharge du bus

Une hiérarchie

- Desktop (quelques adresses MAC)
- Workgroup
- Entreprise (grand nombre d'adresses MAC)

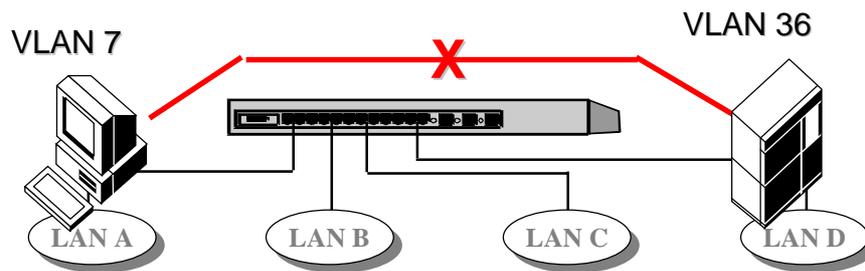
Les réseaux virtuels (Virtual Lans)

- Les stations sont réparties dans des groupes
 - Virtual LANs (VLANs)
 - UN VLAN est un réseau indépendant, ils peuvent être interconnectés par des routeurs (et non des ponts)
 - Les broadcasts sont donc confinés à l'intérieur d'un même VLAN

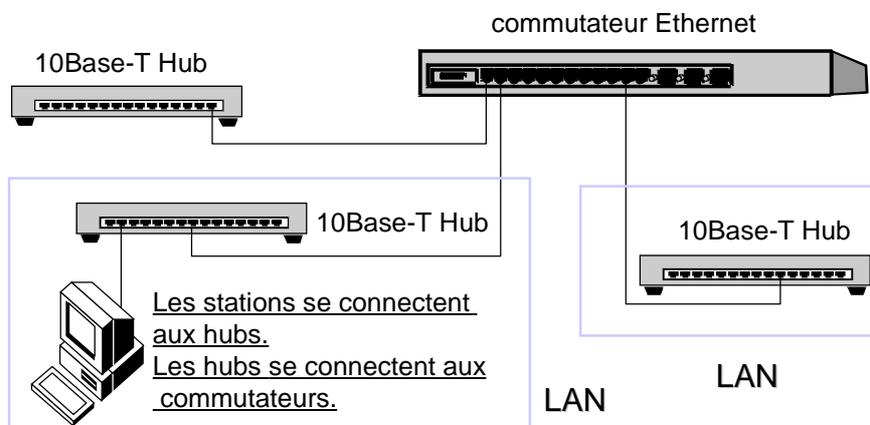


VLANs et sécurité

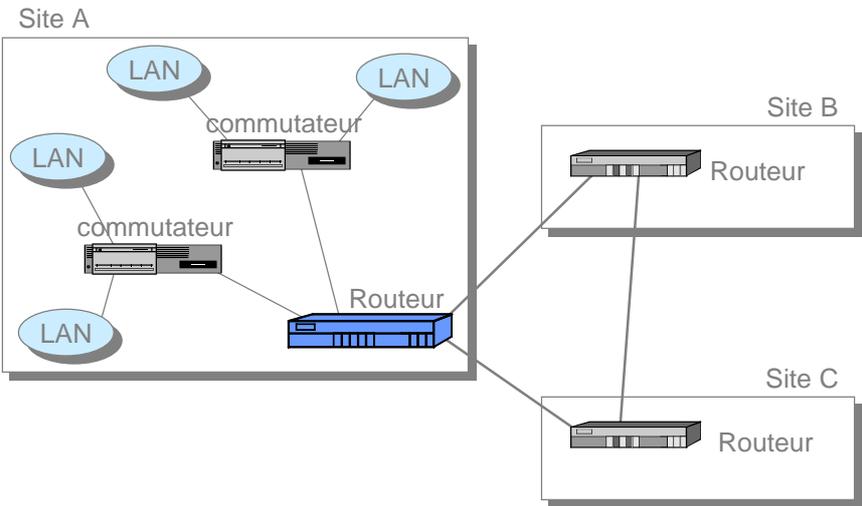
- Stations et serveur doivent appartenir au même VLAN (sauf routage)



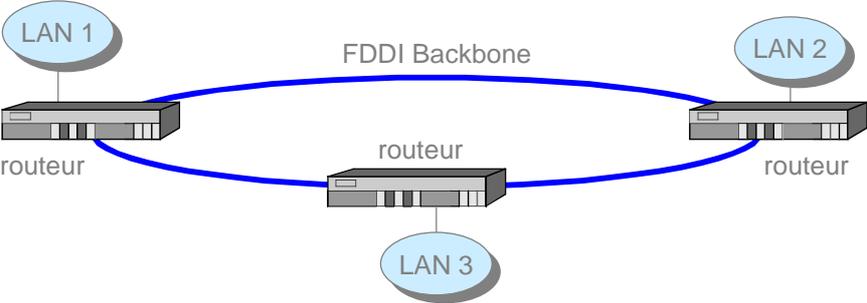
Hub et commutateurs



Commutateurs et routeurs



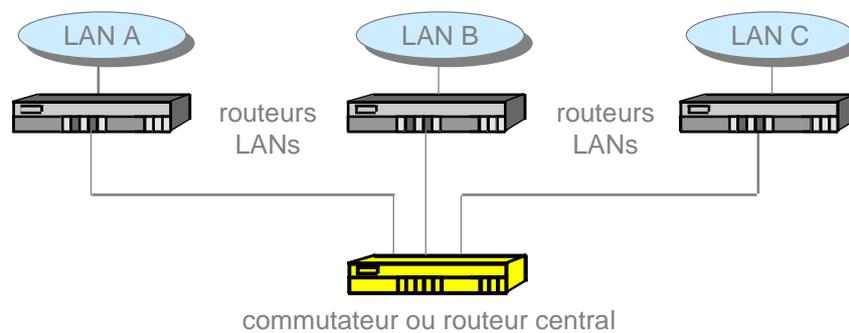
Un réseau distribué



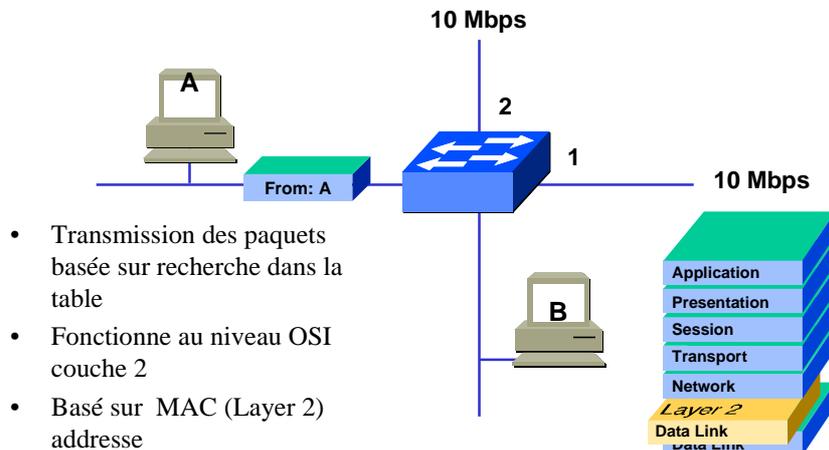
Réseau Backbone

- Réseau qui relie des réseaux
 - épine dorsale
- Backbone distribué
 - Parcourt tout le campus et interconnecte les routeurs (ou ponts)
 - Si un seul routeur ou pont est défaillant, le réseau est déconnecté
 - FDDI : 200 km de portée, 100 Mbps

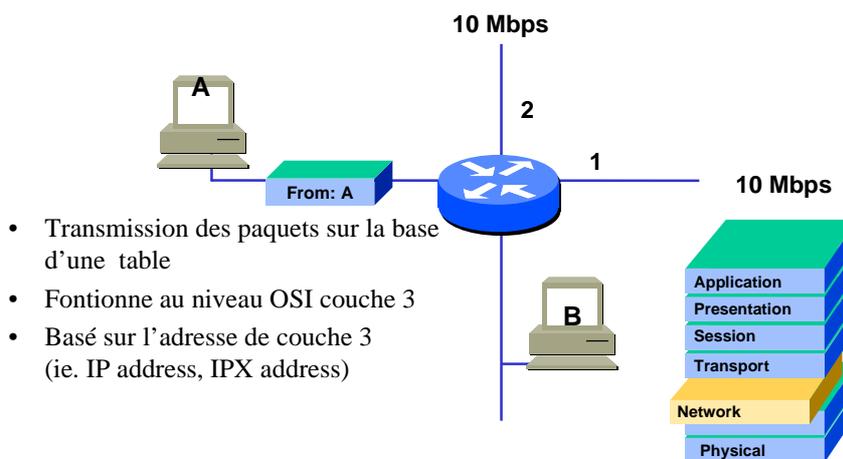
Collapsed Backbone



Fonctionnement d'un commutateur



Fonctionnement d'un Routeur



Comparaison

	Connectivité	Contrôle des Collisions	Contrôle des Broadcasts
 Hub	oui	non	non
 LAN commutateur	oui	oui	non
 Routage	oui	oui	oui

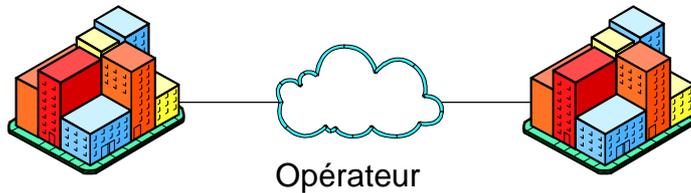
Wan

WAN : les Principes

- Opérateurs
- Les liaisons louées
- Réseaux commutés
- Circuit et Packet
- PSDN Fiables et non fiables
- Accès permanents ou commutés

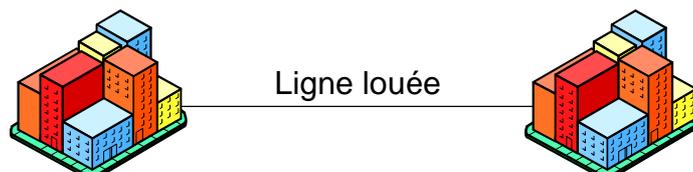
Opérateurs

- Au delà du domaine privé : le transPorte du signal est assuré par des opérateurs
- L'opérateur transPorte ce trafic en contrepartie d'une rémunération
 - En fonction de la technologie utilisée, celle-ci peut être basée sur la distance, la vitesse, le volume, la sécurisation.....



Le moyen le plus simple : Lignes spécialisées (ou louées)

- Liaisons louées (Leased Lines)
 - communication point-à-point
 - point de connexion identifié
 - Plus faible coût à la minute qu'une liaison commutée
 - mais en général plus fort coût au volume (sauf dans certains cas particuliers)
 - Vitesses plus élevées qu'en commuté



TRANSMISSION : MULTIPLEXAGE

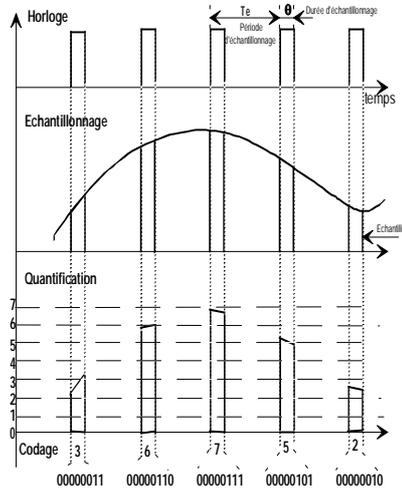
- OBJECTIF ECONOMIQUE
- MULTIPLEXAGE FREQUENTIEL
Basé sur la bande passante vocale(4kHz)
- Multiplexage temporel
Basé sur le codage de la voix (64kBps)

MULTIPLEXAGE FREQUENTIEL

	FREQUENCES	CAPACITE
GRUPE PRIMAIRE	60/108	12
GRUPE SECONDAIRE	312 /552	60
GRUPE TERTIAIRE	812/2044	300
GRUPE QUATERNAIRE	8516/12 338	900

Principe de la numérisation

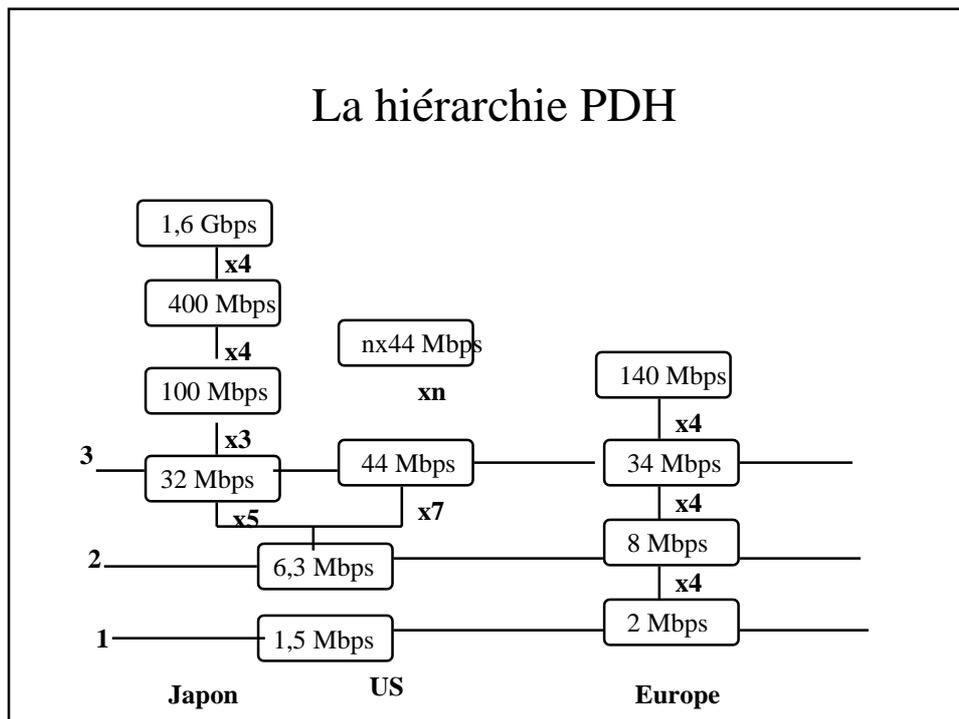
- Echantillonnage
 - Théorème de Shannon
 - $F_{ech} \geq 2 F_{max}$
- Quantification
 - Nombre de bits
 - $n = \log_2(D)$
- Codage
- Exemple : numérisation de la voix
 - 64 kbps



MULTIPLEXAGE TEMPOREL

	DEBIT	CAPACITE	AVIS CCITT
NIVEAU 1	2 048	30	G704
NIVEAU 2	8 448	120	G742
NIVEAU 3	34 368	480	G751
NIVEAU 4	139 264	1920	G751

La hiérarchie PDH

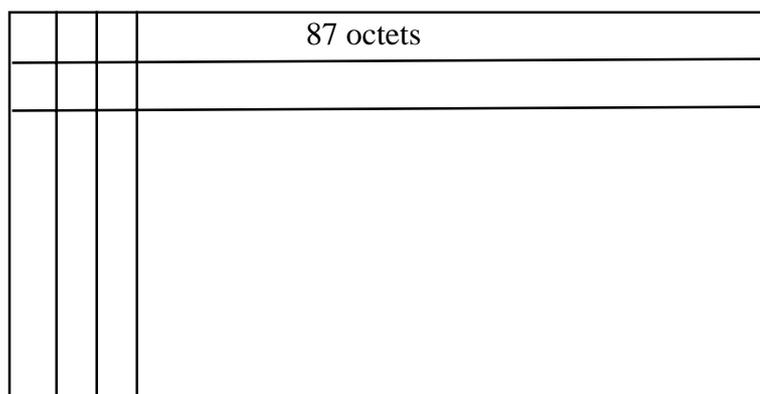


Sonet : les principes

- 8000 trames/s : émission 125 μ s
- basé sur un compromis international : STS-1 à 21,84 Mbps
- Synchronisme
- Adaptation à une transmission optique

La trame sonet

N x 90 octets



SONET

oc-1	51,84 Mbps
oc-3	155,52 Mbps
oc-9	466,56 Mbps
oc-12	622,08 Mbps
oc-18	933,12 Mbps
oc-24	1244,16 Mbps
oc-36	1866,24 Mbps
oc-48	2488,32 Mbps
oc-96	4976,64 mbps
oc-192	9953,28 Mbps

La hiérarchie SDH

STM-1	155,52 Mbps
STM-3	466,56 Mbps
STM-4	622,08 Mbps
STM-6	933,12 Mbps
STM-8	1244,16 mbps
STM-12	1866,24 Mbps
STM-16	2488,32 Mbps
STM-32	4976,64 Mbps
STM-64	9953,28 Mbps

Compatibilité au niveau OC-3 et OC-12

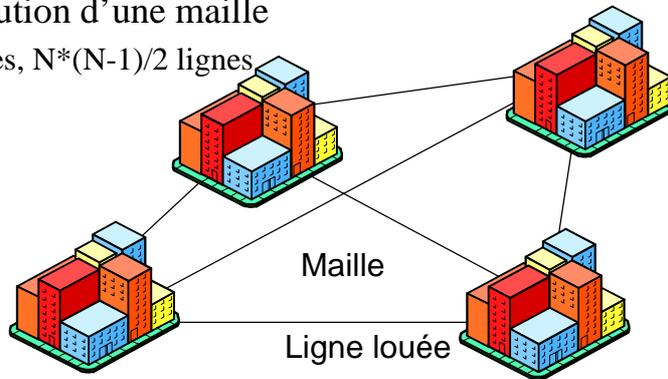
Liaisons louées : l'offre France Télécom

- Raccordement permanent
 - Infrastructure commune avec le RTC
 - débits jusqu'à 34 Mbps
 - tarification fixe
- Liaisons analogiques
 - transPorte de la voix ou des données (modem)
 - débits limités jusqu'à 64 kbps
 - 2 fils ou 4 fils
- Liaisons numériques (transfix)
 - trois classes : 2400 à 19200, 48 et 64 kbps, <34 Mbps

Liaisons louées : cas de plusieurs sites

- Constitution d'une maille

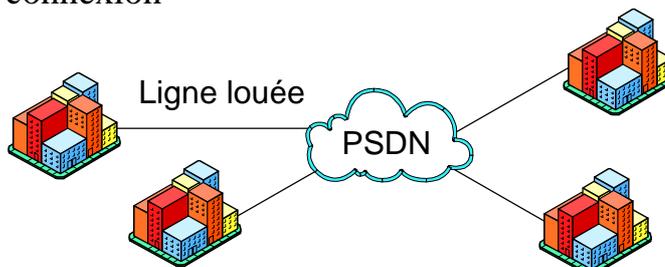
- N sites, $N*(N-1)/2$ lignes



Sites	Lignes
5	10
10	45
25	300

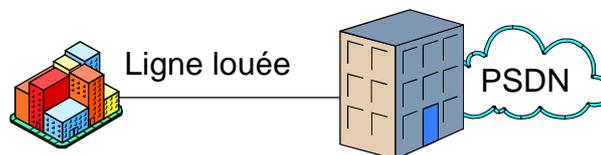
L'alternative : PSDNs

- Réseau de commutation des données : Public Switched Data Networks
 - La connexion de site à site est gérée par l'opérateur
 - Chaque site est connecté par une ligne
- Nécessité d'un protocole d'établissement de la connexion

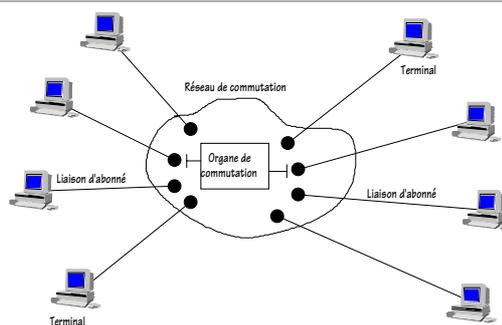


Point de présence

- Point de connexion au “nuage”
- densité variable
 - ville, rural
- Choix du moyen de connexion au POP
 - LS, commuté
- Tarification additionnelle au frais de transport de l’information



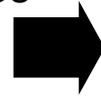
Principe d'un réseau de commutation



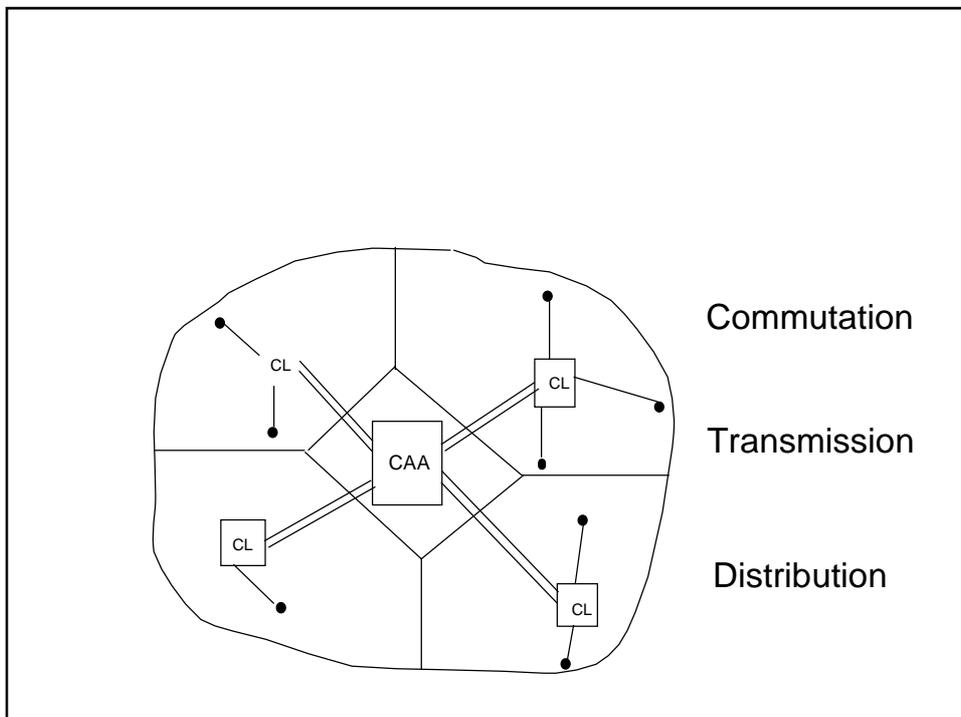
- Un mécanisme particulier, ici l'organe de commutation, assure la mise en relation de chaque abonné

Commutation de circuits

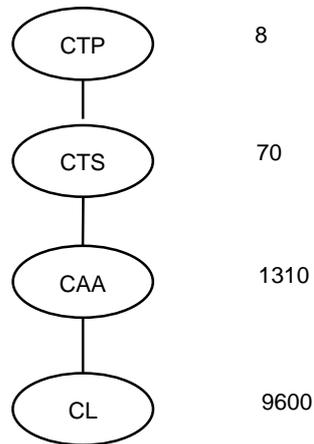
- Issue de la transmission de la voix
 - $4\text{kHz} \times 2 \times 8 \text{ bits} = 64 \text{ kbps}$
- Faible sensibilité aux erreurs
- Sensibilité forte aux délais



Attribution d'une capacité de transmission fixe pendant toute la durée de la connexion

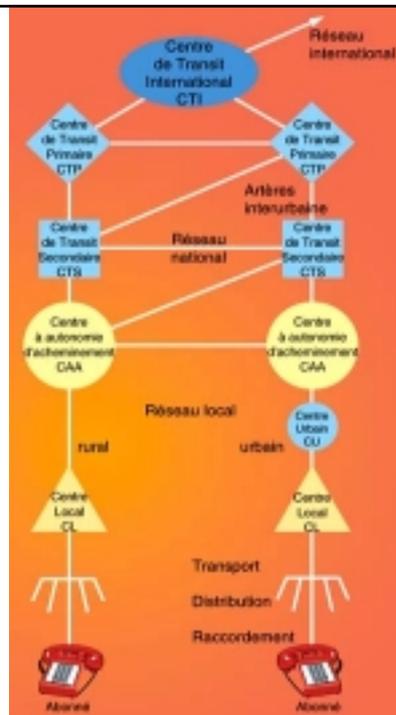


Le RTC français



Structure du RTC

- 1970 : la numérisation
 - 64 kbps
- Numérisé à >90%
- Peut être coûteux pour les données
 - volume à transmettre très variable à l'intérieur d'une même connexion
- Temps d'établissement imPorteant



Commutation de paquets

- Adaptation à la transmission de données
 - Mise à profit des temps de silence
 - Pas de contraintes d'isochronisme
 - Multiplexage
- Exemples
 - Réseaux publics : Transpac
 - Réseaux privés : SNA (path control)
 - Réseaux locaux

Les réseaux paquets

- Adaptation à la transmission de données

Mise à profit des temps de silence

Pas de contraintes d'isochronisme

Multiplexage

Exemples

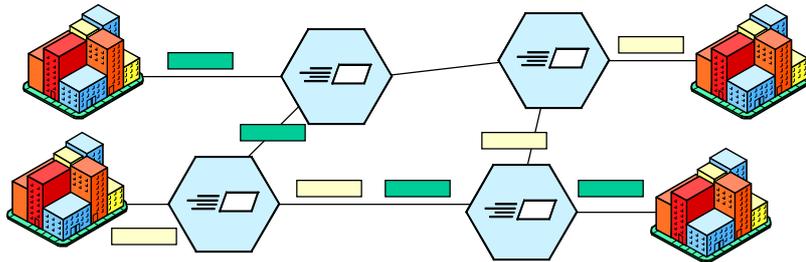
Réseaux publics : Transpac

Réseaux privés : SNA (path control)

Réseaux locaux

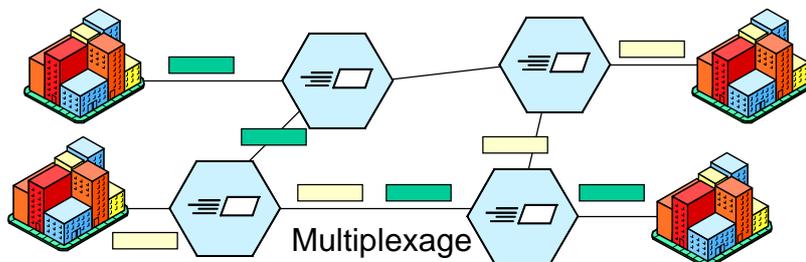
Principe de la commutation de paquets

- Les messages sont divisés en unités plus petites, les paquets (parfois appelés trames)
 - Les paquets courts chargent plus efficacement les commutateurs et les lignes qui les relient que les messages longs

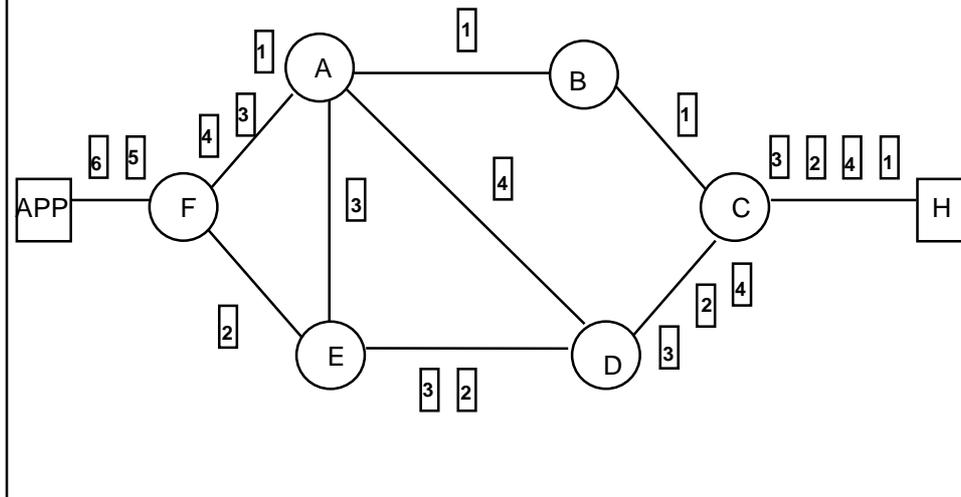


Commutation de paquets : le multiplexage

- Les paquets sont multiplexés sur les lignes à haut débit
 - Partage du coût

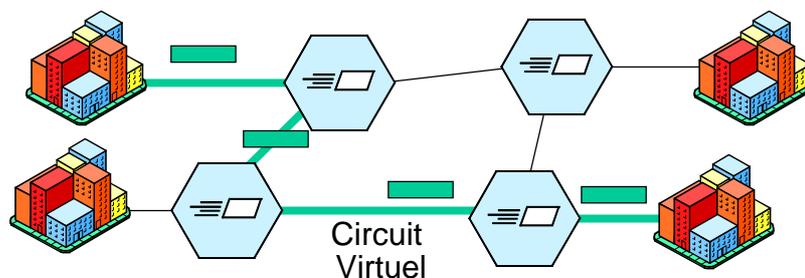


Réseau paquet : les datagrammes



Réseau paquet : les circuits virtuels

- Le plus employé sur les réseaux commerciaux
 - Pas de décision de routage paquet par paquet
 - Réduit le coût des commutateurs
 - Utilisation du paquet d'appel.



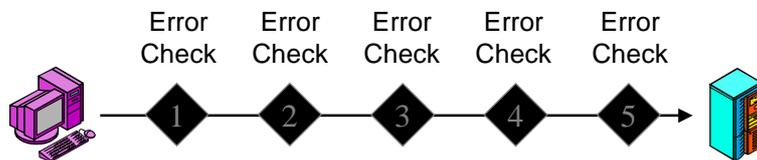
Le contrôle d'erreur

- Couche liaison
 - Utilisation du CRC, réémission en cas d'erreur
 - Mise en mémoire par l'émetteur
 - Implique un délai et charge le commutateur
 - Peu fréquemment utile sur les réseaux modernes (SDH)

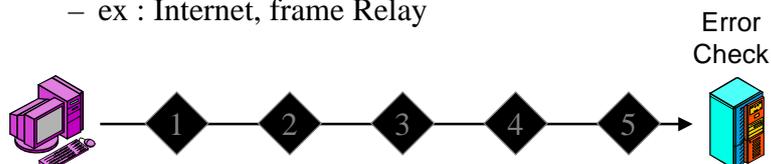


Réseau fiable ou non fiable

- Contrôle d'erreur par tronçon
 - Réduit le débit, augmente le délai
 - Réseau fiabilisé : X25 (Transpac en France)

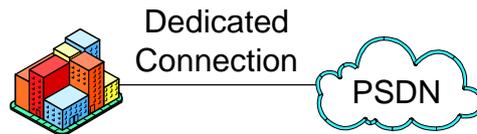


- Contrôle d'erreur de bout en bout
 - ex : Internet, frame Relay



La connexion au PSDNs

- Liaison permanente
 - Disponible en permanence

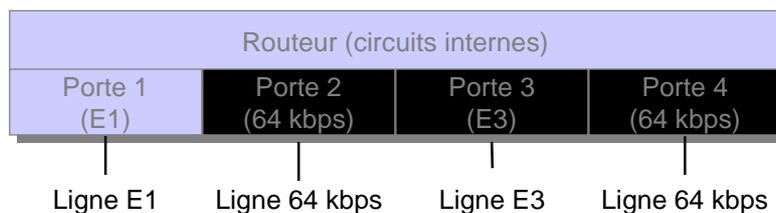
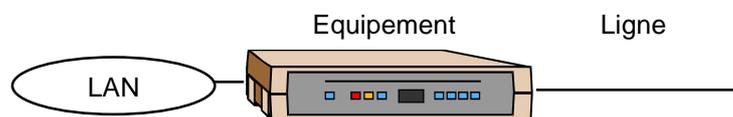


- Liaison commutée
 - Paiement uniquement pour la durée de la connexion (RTC)
 - Retard à la connexion



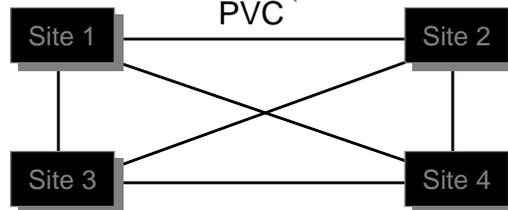
L'équipement d'accès

- Fonctions
 - Connexion au Lan, interfaçage avec le PSDN
 - Acheminement des données sur la bonne interface
- Frame Relay Access Device (FRADS), Routeurs...



Les connexions dans les PSDN

- Permanent Virtual Circuits (PVCs)
 - Circuit virtuel Permanent (CVP)
 - Simule une liaison louée (au tarif du PSDN)



- Switched Virtual Circuits (SVC)
 - Circuit virtuel commuté (CVC)
 - Nécessité d'établir la connexion

WANs

Numéris

Transpac

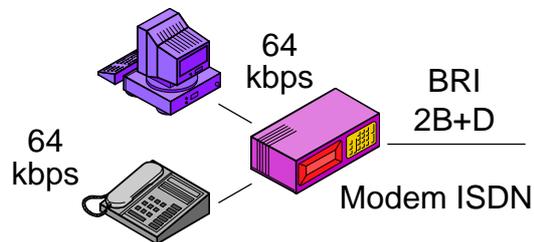
Frame Relay

ATM

Virtual Private Networks (VPNs)

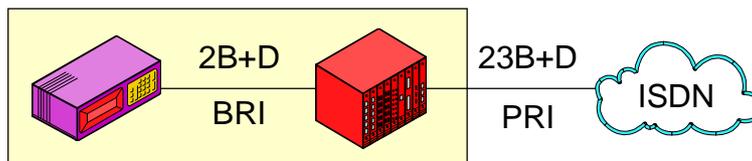
ISDN (RNIS)

- Integrated Services Digital Network
- 2B+D Basic Rate Interface (BRI)
 - Deux canaux 64-kbps B channels
 - Peuvent être regroupés en un service à 128 kbps
 - Un canal D à 16-kbps D channel, pour la signalisation et l'accès au réseau Paquet



ISDN (2)

- Primary Rate Interface (PRI)
 - Connexion avec un opérateur
 - 30 B+D
- Raccordement des PABX et des installations complexes (LAN)



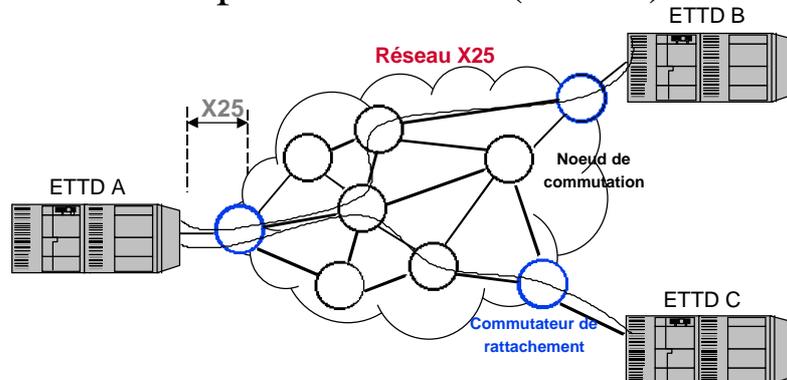
ISDN (3)

- Commutation de circuit
 - Peut être couteux ppour les données
- Liaison commutée
 - Etablissement rapide (1s vs 10 s pour le RTC)
- Non fiable

Le réseau Transpac

- Premier réseau mondial de transmission par paquets (Décembre 1978)
- A l'origine conforme à la recommandation X25 du CCITT (UIT-T) qui normalise les interfaces d'accès
- Avantages de Transpac :
 - Disponible en tout point du territoire
 - Large gamme de raccordement
 - Débit (2,4 à 1 920 kbit/s)
 - Protocoles d'accès variés (X25, Frame relay, IP)
 - Mode d'accès : Permanent (LS, canal D), Temporaire (RTC, canal B)
 - Tarification essentiellement au volume

Le protocole X25 (UIT-T)

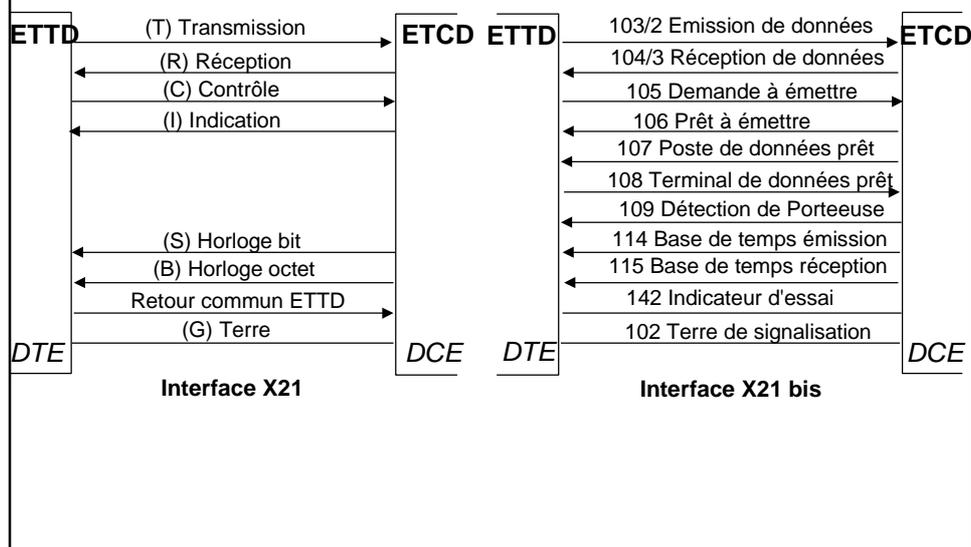


- L'avis X25 définit un protocole d'accès (protocole entre ETTD -DTE- et ETTD -DCE-) aux réseaux à commutation de paquets.

Le niveau Physique X25-1

- Trois interfaces d'accès :
 - X21
 - Débits élevés > 64kbit/s
 - Temps d'établissement court (200 à 300 ms)
 - Connecteur DB15
 - X21 bis (adaptation de V24/V28)
 - connecteur DB25 ou DB34
 - X31, interface d'accès via le RNIS
- Le réseau français Transpac utilise V28 pour les accès < 48 kbit/s et V35 au-dessus

Le niveau physique X25-1



Le niveau Liaison X25-2

Fanion	Adresse	Commande	Information	Contrôle	Fanion
F	A	C	I	FCS	F
01111110	8 bits	8 ou 16 bits	N bits	16 bits	01111110

- Trame HDLC (High level Data Link Control)
- LAP-B (Link Access Protocol Balanced), mode équilibré (pas de notion de primaire et de secondaire)
- Les champs
 - **Adresse** désigne la station à qui on parle ou celle qui parle (inutile sur une liaison point à point)
 - **Commande** identifie le type de trame (I, S, U)
 - **Information**, champ facultatif
 - **FCS**, Frame Check Sequence, champ de contrôle

HDLC LAP-B

Les types de trames

- Les **trames d'information** (I) contiennent un champ de données. Les champs N(s), N(r) correspondent, pour chaque extrémité de la liaison, à un compteur de trames d'information émises V(s) ou reçues V(r).
- Les **trames de supervision** (S) permettent de superviser l'échange de données. Le champ N(r) identifie la trame acceptée ou refusée (Nr-1), il correspond au N(s) de la prochaine trame attendue.
- Les trames **non numérotées** (U, unnumbered) gèrent la liaison (établissement, libération...). Elles ne comportent aucun compteur (non-numérotées).

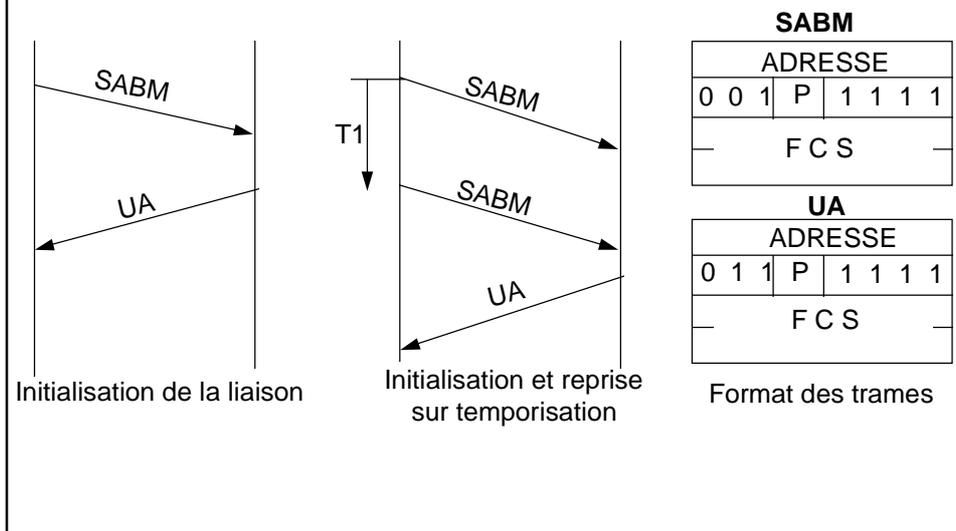
HDLC LAP-B

Les différentes de trames

Format	Commandes	Réponses	Hex*.	Champ Commande			
				8 7 6	5	4 3 2	1
I	INFORMATION		xx	N(r)	P/F	N(s)	0
S	RR		x1	N(r)	P/F	0 0	0 1
	RNR		x5	N(r)	P/F	0 1	0 1
	REJ		x9	N(r)	P/F	1 0	0 1
U	SABM		2F/3F	0 0 1	P	1 1	1 1
	SABME		EF/FF	1 1 1	P	1 1	1 1
	DISC		43/53	0 1 0	P	0 0	1 1
	UA		63/73	0 1 1	F	0 0	1 1
	FRMR		87/97	1 0 0	F	0 1	1 1
	DM		0F/1F	0 0 0	F	1 1	1 1

HDLC LAP-B

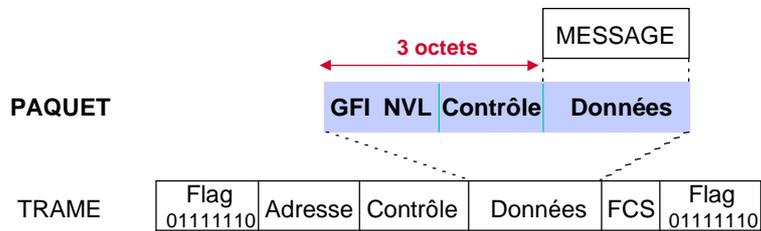
Ouverture de connexion



Le niveau Réseau X25-3

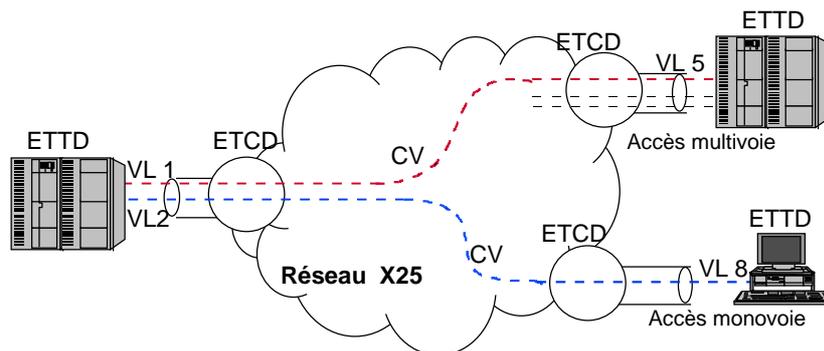
- La recommandation X25-3 définit :
 - l'établissement, le maintien et la libération des circuits virtuels (**CVC**, Circuit Virtuel Commuté)
 - l'affectation des circuits virtuels permanents (**CVP**)
 - l'adressage et le multiplexage des connexions virtuelles
- Le protocole assure :
 - le transfert des données
 - le contrôle de flux
 - la fragmentation et le réassemblage des paquets

X25-3 Format des données



- Le paquet X25 est encapsulé dans la trame LAP-B
- L'en-tête X25 comporte 3 octets :
 - Le champ GFI (General Format Identifier)
 - L'identifiant de voie logique (NVL sur 12 bits)
 - Le champ contrôle

Gestion des CV



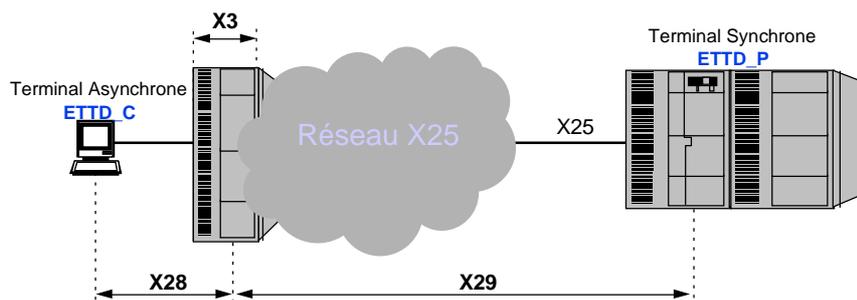
- Les numéros de VL sont attribués par l'entité qui émet le paquet d'appel.
- Si le DTE et le DCE émettent un appel simultanément risque de collision d'attribution.

Etablissement du CV : Paquet d'appel

Q D 0 1	
Numéro Voie Logique	
0 0 0 0 1 0 1 1	
LAD 1	LAD 2
ADRESSES	
	0 0 0 0
Longueur champ facilités	
Facilités	
DONNEES UTILISATEUR long. maxi. 128 octets	

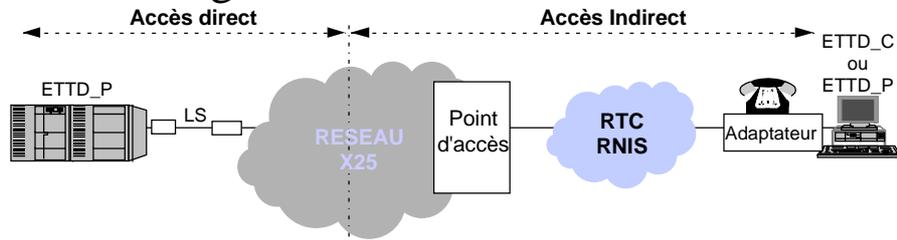
- le paquet d'appel est routé dans le réseau, il établit le CV et réserve les ressources nécessaires
- les principales options sont négociées à l'abonnement, mais certaines peuvent l'être par appel (Champ facilités) ex :
 - Fenêtre, classe de débit...
- les données utilisateurs peuvent être quelconques, ce peut être un mot de passe...

L'accès des terminaux asynchrones



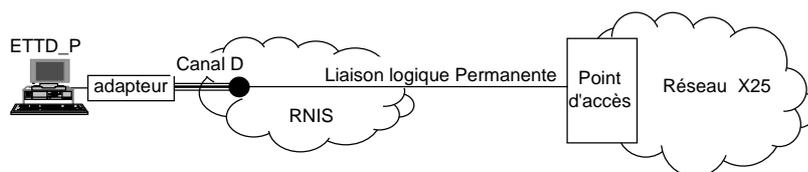
- Le terminal en mode caractère (transmission asynchrone) suit la recommandation X28
- Le réseau utilise une transmission synchrone (X25)
- nécessité d'une adaptation (PAD, Packet Assembleur Desassembleur) régit par la recommandation X3

Catégories d'accès aux réseaux X25



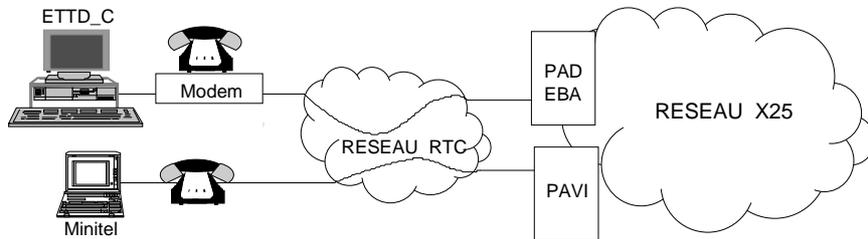
- en fonction de la durée de l'accès :
 - les accès permanents : **ACCES DIRECTS**
 - les accès temporaires : **ACCES INDIRECTS**
- en fonction du type de terminal:
 - les terminaux en mode caractères ou **ETTD_C (accès asynchrones)**
 - les terminaux en mode paquets ou **ETTD_P (accès synchrones)**

Les accès directs



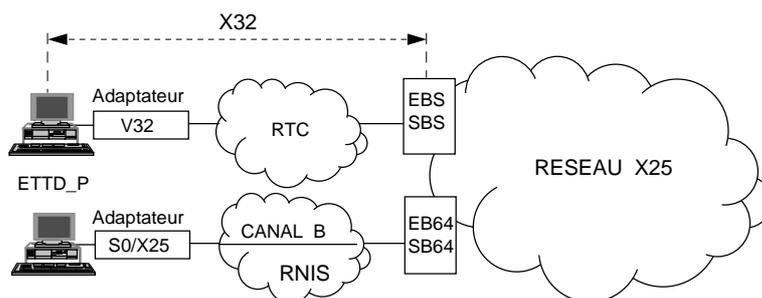
- Liaison spécialisée jusqu'à 2 Mbit/s
- Canal D de RNIS (9 600 bit/s)
 - adapté aux connexions permanentes à faible volume
 - 4 CV possibles sur abonnement de base (2B+D)
 - 16 CV possibles sur abonnement primaire (30B+D)
 - double facturation (RNIS + X25)

Les accès indirects asynchrones



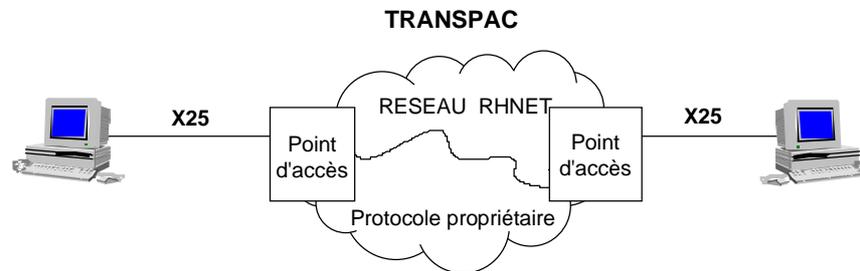
- Suivent les recommandations X3, X28 et X29
- Le point d'accès au PAD : Entrée Banalisée Asynchrone (débit jusqu'à 14 400 bit/s)
- Point d'entrée spécifique pour le vidéotex (PAVI)

Les accès indirects synchrones



- **Un service d'identifiant autorise la facturation à l'appelant (les deux correspondants peuvent disposer d'un accès indirect)**
- **Débits offerts :**
 - 2400 à 4800 recommandation V27 ter
 - 9600 avec repli à 4800 recommandation V32
 - 14400 avec repli à 4800 recommandation V32bis

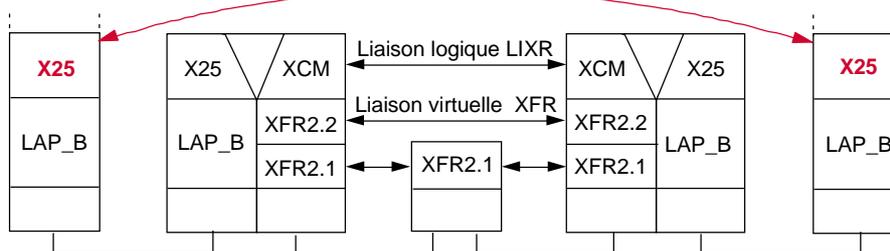
X25 en France : TRANSPAC



- TRANSPAC (TRANSMission by PACket) premier réseau mondial de transmission X25 ouvert au public en 1978
- Le besoin croissant en débit a conduit Transpac à utiliser en interne un protocole Haut Débit propriétaire dérivé du Frame Relay

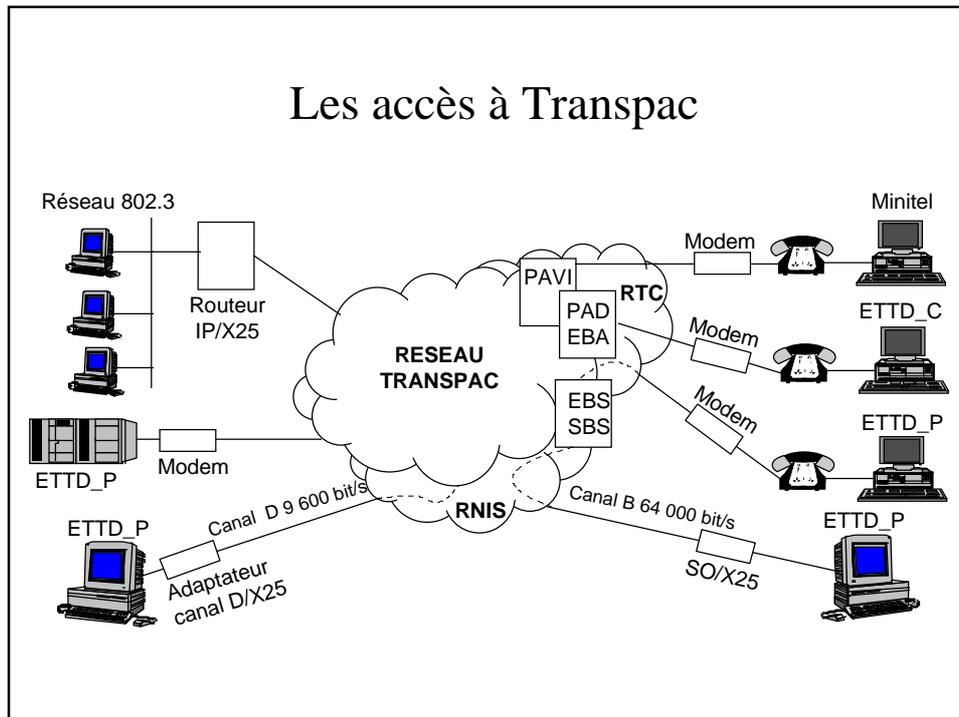
L'architecture de Transpac

Dialogue X25 entre ordinateurs d'extrémité



- Les modifications du FR concernent :
 - la numérotation des trames
 - mise en oeuvre d'un contrôle de flux par fenêtre dynamique
- les temps de commutation internes sont passés de 10 à 2ms

Les accès à Transpac



Transpac : La tarification principes généraux

- Accès au réseau (par extrémité)
 - frais de mise en service
 - redevance mensuelle (Débit, nombre de CV)
- Utilisation du réseau
 - taxe d'établissement de CV (paquet d'appel)
 - taxe de mise en relation facturation du CV
 - forfaitaire (CVP)
 - au temps (CVC)
 - volume (composante essentielle) par kilo-octet, l'unité de compte est le segment de 64 octets

Position du problème

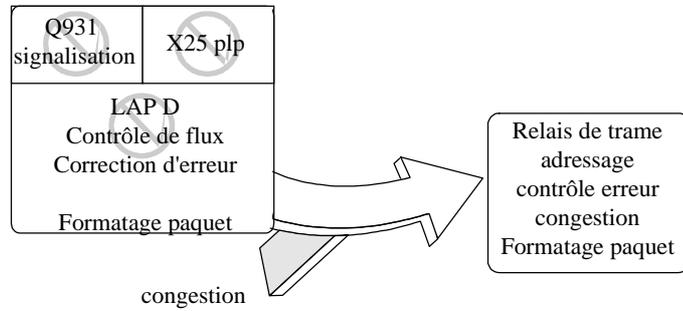
- Autrefois les lignes étaient non fiables
- **X.25:** Une technique destinée à travailler sur les lignes de manière efficace
- Mais
 - overhead de traitement
- "Aujourd'hui": Amélioration des techniques de transmission (fibre, numérisation...)
- Amélioration de la commutation de paquet :
 - Réduction des fonctionnalités offertes
 - 2 couches au lieu de 3
 - Routage dans la couche 2
 - Contrôle de bout en bout

FRAME RELAY

La nouvelle génération des protocoles de liaison

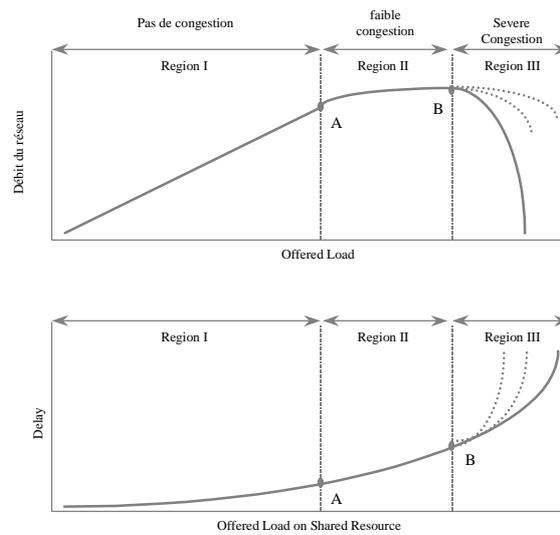
- Robustesse ou simplicité
- La robustesse garantit la fiabilité de bout en bout
 - utilisation sur les lignes analogiques bruitées
- La simplicité sera visée sur les lignes numériques fiables
- La fiabilité sera obtenue par les protocoles de niveau supérieur

Frame Relay



- Diminution des coûts d'accès
- Augmentation de l'efficacité
- Accroissement des performances vues des applications

Relation entre retard et charge réseau

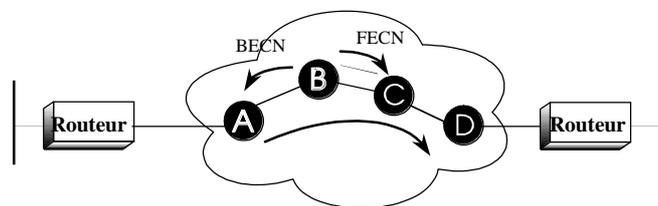


Congestion

- La congestion survient quand le réseau ne peut plus acheminer le trafic offert
- Pendant les périodes non congestionnées le réseau achemine un trafic égal à la charge offerte
- En A, "congestion faible" ; seules quelques trames sont rejetées (congestion locale)
- En B, " congestion sévère " ; les demandes de retransmission s'ajoutent au trafic offert
- La stratégie : Une fois en A, ralentir le trafic et ne jamais arriver en B

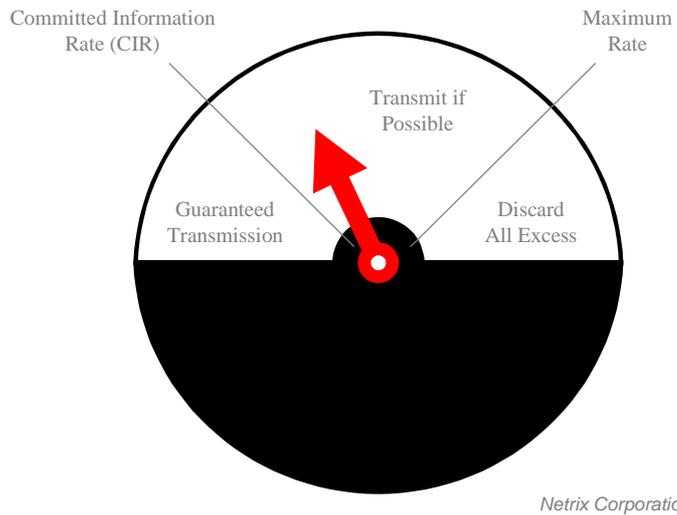
La notification explicite de Congestion

- Les bits de congestion sont positionnés par le réseau
 - Les spécifications donnent des suggestions de réponse aux bits ECN mais aucune action spécifique n'est exigée ...

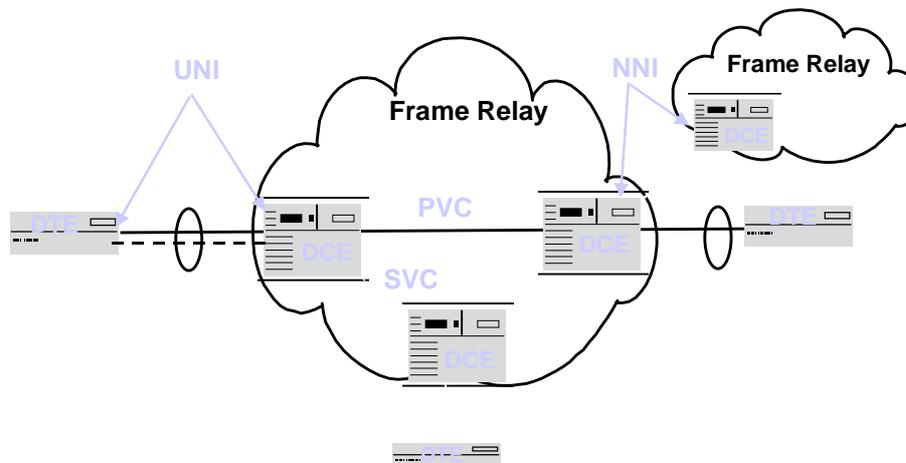


Risque d'incohérence : destinataire niv 3 essaie de ralentir le réseau
émetteur niv 4 continue à émettre : augmentation congestion
Appletalk vs deernet

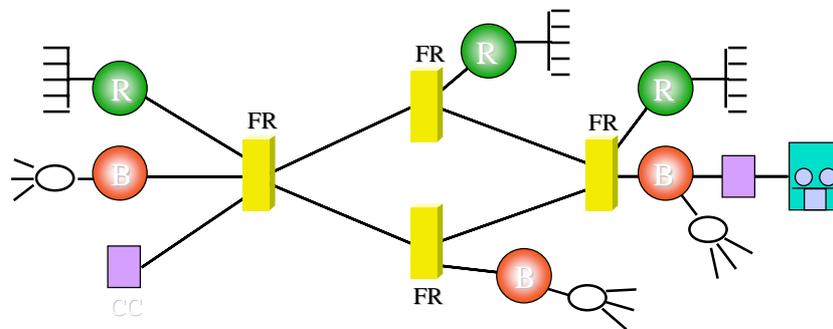
Frame Relay CIR



Architecture et normes

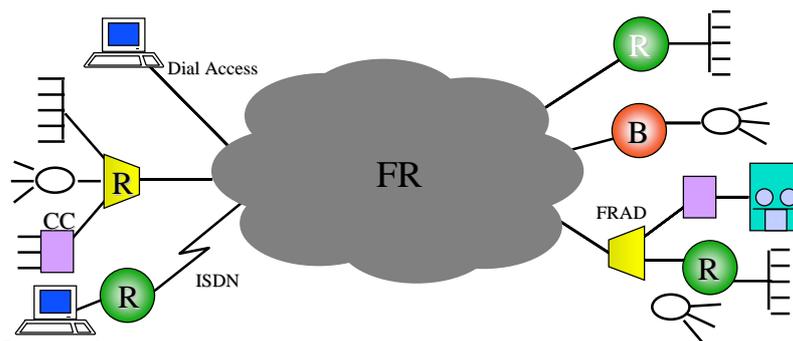


Réseau privé



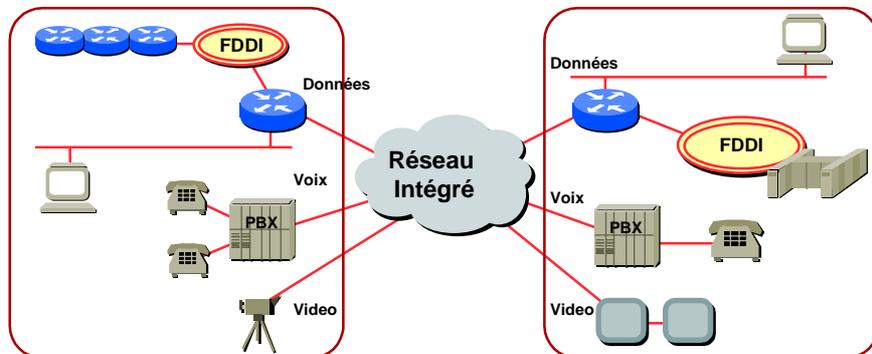
- Améliore l'utilisation des moyens télécom
- Récupération de l'existant
- Sécurité (et coût) d'exploitation du réseau

Réseau public (opérateur)



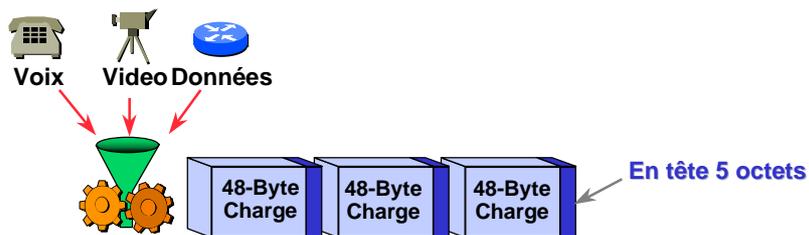
- Le cœur du réseau est sous-traité
 - Gestion par l'opérateur
 - Diminution des coûts de possession (Management and Equipment)
- Un seul accès au réseau (multiplexage)
- Le maintien du mode connecté protège la confidentialité et la sécurité

Intégration de services



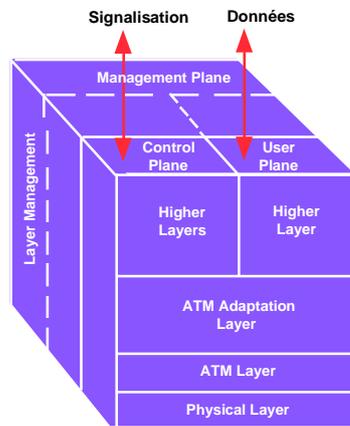
- Voix, Données, video
- RNIS
- RNIS Large bande

Caractéristiques de l'ATM



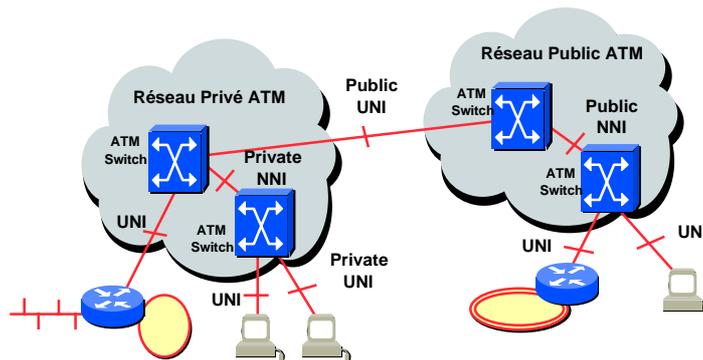
- Applicable aux réseaux à grande distance et LAN
- Débits allant de quelques Mbps à plusieurs Gbps
- Intégration Voix, video, et Données
- Retards déterministes

ATM : le Modèle de Référence



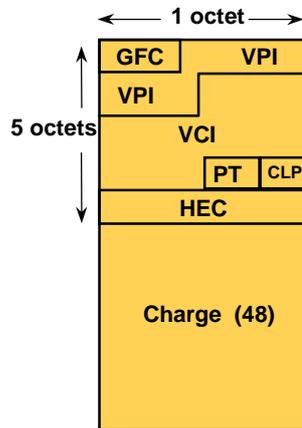
- Données, Voix, video
- Signalisation
- information des couches hautes pour la conversion en cellules
- relayage and multiplexage des cellules
- Tramage
- Adaptation au medium Physique

La couche ATM : Interfaces Réseau



- User-Network Interface (UNI)
- Network-Network Interface (NNI)

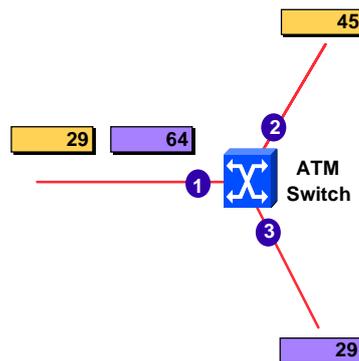
Couche ATM : Format Cellule



- UNI
 - Generic Flow Control (GFC)
 - Virtual Path/Channel Identifier (VPI/VCI)
 - Charge Type (PT)
 - Données utilisateur ou flux maintenance
 - Congestion rencontrée
 - End of message (AAL 5)
 - Cell Loss Priority (CLP)
 - Header Error Control (HEC)
- NNI
 - Pas de champ GFC
 - Champ VPI plus large (trunking)

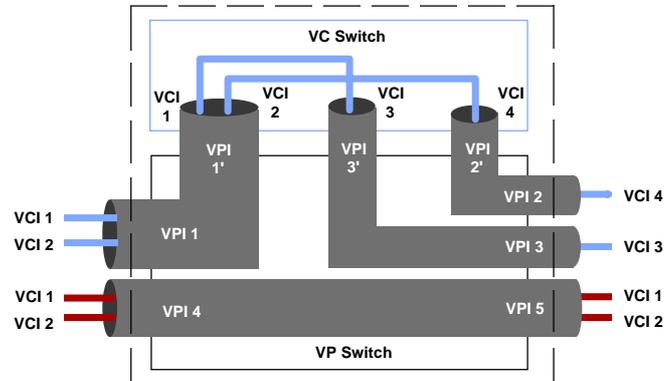
Couche ATM : Relayage de Cellule

Entrée		Sortie	
Port	VPI/VCI	Port	VPI/VCI
1	29	2	45
2	45	1	29
1	64	3	29
3	29	1	64



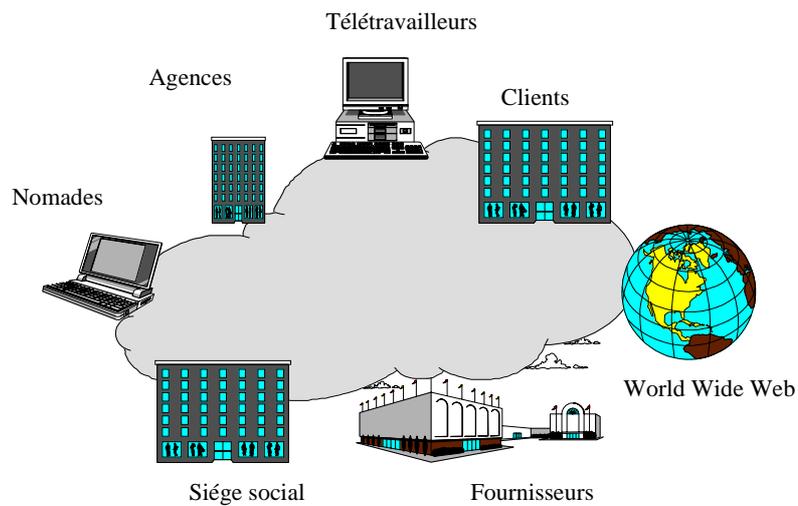
- Connexions Virtuelles VPI/VCI sur les differents ports
- Chaque commutateur change la valeur des VPI/VCI
- la valeur des VPI/VCI est unique sur chaque interface

Virtual Paths et Virtual Channels



- Les conduits virtuels (Virtual paths) regroupent plusieurs circuits virtuels (virtual channels)
- Les cellules vides sont marquées par VPI/VCI=0

Entreprise en réseaux... ou en réseau



Internet et TCP/IP

Plan

- Introduction : adressage, routage, services, TCP/IP et Internet

Les services réseau de TCP/IP

- Niveau de base (transport des paquets)
 - Sans connexion
 - "Best effort"
- Niveau transport
 - Connecté (TCP) ou non connecté (UDP)
 - Livraison fiable des données
 - Contrôle de flux (TCP)

Les services applicatifs

- Courrier électronique (SMTP, POP)
- Groupe de news (forums)
- Transfert de fichier (FTP)
- Connexion à distance (TELNET)
- Systèmes de fichiers répartis (NFS...)
- Archivage d'information (WAIS, GOPHER, WWW)
- Services d'annuaires

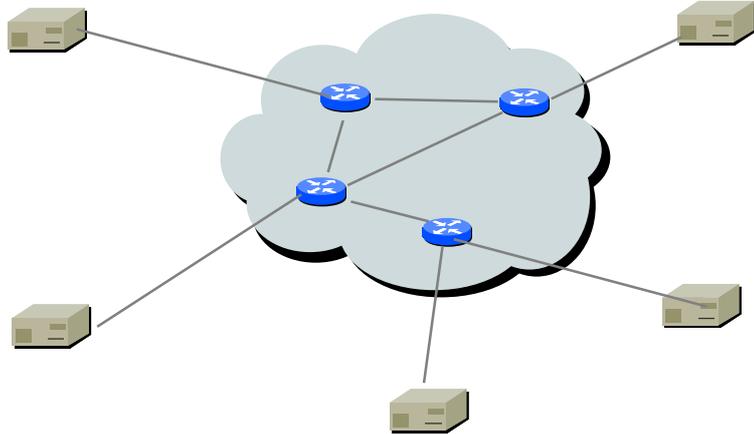
Une approche logicielle

- Utilisation de tout type de réseau (local, à distance)
- Utilisation de tout type de matériel
- Utilisation de tout type de réseau
 - circuit
 - paquet

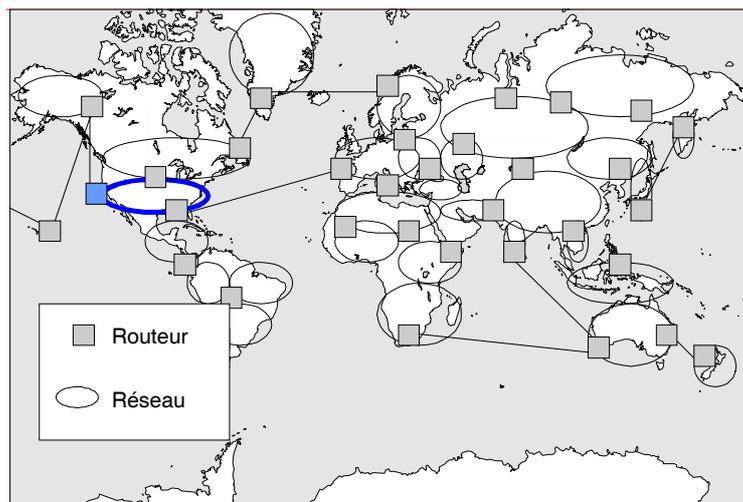
TCP/IP et l'Internet

- Un réseau de réseau
 - Une interconnexion universelle
 - Des protocoles standardisés
- Essentiellement du soft, pas de hard
- Des services
 - Réseau
 - Application
- Une percée technologique et commerciale

Une vue conceptuelle



Internet



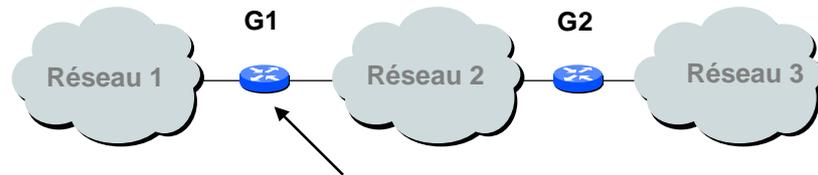
Le modèle d'adressage

- Adresses IP affectées à toute machine du réseau
- Les logiciels applicatifs utilisent ces adresses pour envoyer les informations sur le réseau
- La conversion en adresse physique se fait automatiquement

Notion de routage

- Si une machine peut atteindre son destinataire directement, elle envoie ses informations sur le réseau; sinon elle les envoie à une passerelle (le routeur)
- Si un routeur peut atteindre le destinataire directement, il envoie les informations sur le réseau; Sinon, il les envoie à un autre routeur.

Exemple : routage statique



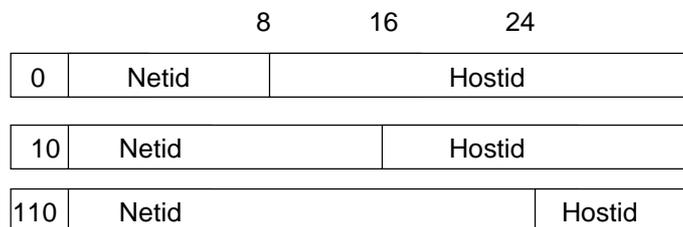
Réseau 1	direct
Réseau 2	direct
Réseau 3	G2
autre	erreur

Qualités d'un plan d'adressage

- Compacité
- universalité
- Utilisable sur tout type de matériel
- Efficace
 - Test de la possibilité d'un chemin direct
 - Décision de choix d'une passerelle
 - Choix du routeur le plus proche
 - Détermination du chemin le plus court

L'adressage IP

- Compact et universel
- 32 bits pour tous
- Attribué par autorité centrale pour les préfixes
- Attribué par l'administrateur local pour les suffixes



Caractéristiques du plan d'adressage TCP/IP

- Adressage sur 32 bits
- Identification du réseau par préfixe attribué par une autorité centrale (IANA)
- Identification des machines par un suffixe attribué par l'administrateur local

Les Protocoles TCP/IP :

- TCP/IP : une suite de protocoles
- TCP/IP peut être modélisé en 4 couches

Application	Web, FTP, Email
Transport	TCP, UDP
Réseau	IP, ICMP, IGMP
Liaison	Driver, Hardware

Couche liaison (link)

- Couche basse, dépendante du protocole
 - Connexions Physiques
 - Connexions Electriques
 - Matériel de transmission (carte)
 - Driver

Couche réseau

- Couche Internet - gère le routage des paquets dans le réseau
 - IP - Internet Protocol
 - ICMP - Internet Control Message Protocol
 - IGMP - Internet Group Management Protocol

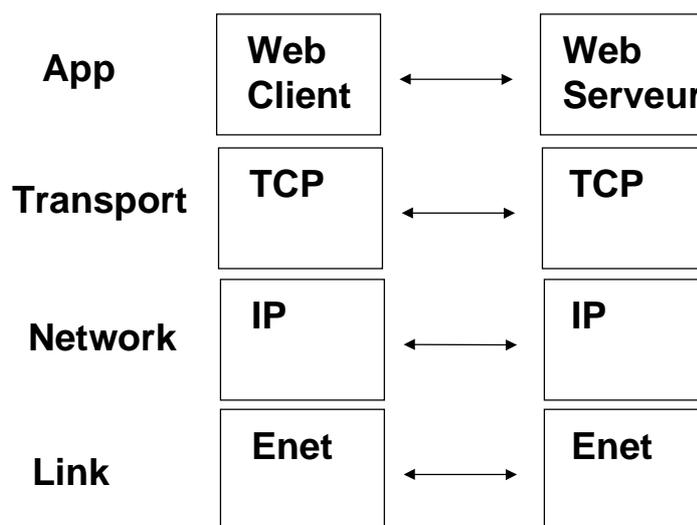
Couche Transport

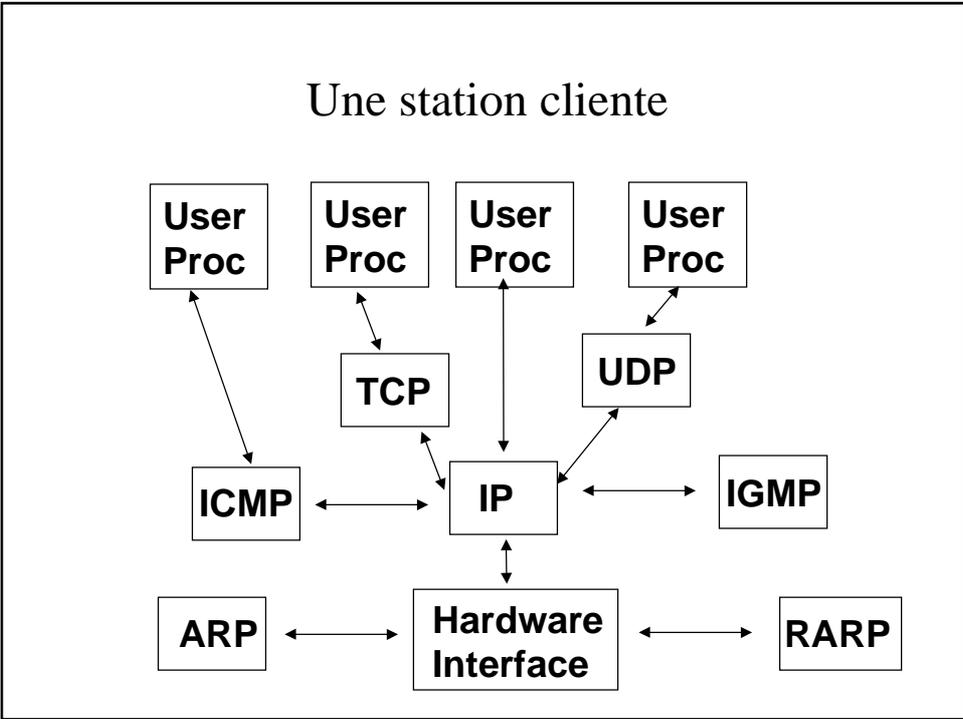
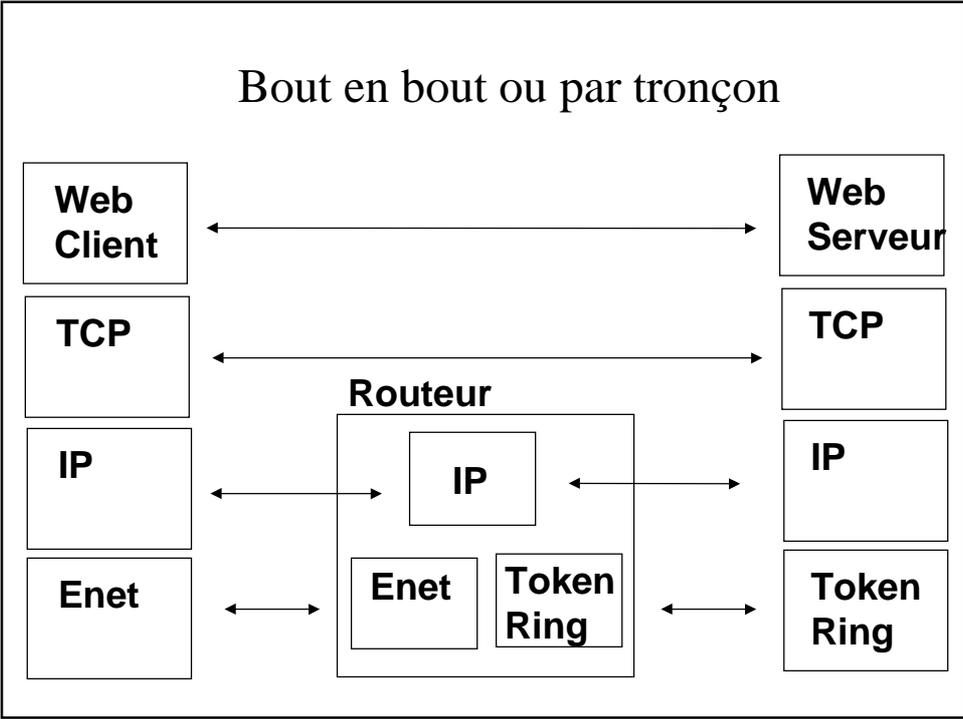
- Gère le transfert de données entre deux hosts
 - TCP - Transmission Control Protocol
 - Orienté connexion
 - Données assurées (sécurisation)
 - UDP - User Datagram Protocol
 - Sans Connexion
 - Pas de sécurisation

Couche Application

- Ce qui a rendu célèbre Internet : les applications utilisent un interface vers les couches basses (API, la plus connue : les sockets)
- Exemple
 - Telnet - remote login
 - FTP - file transfer protocol
 - SMTP - Simple Mail Transfer Protocol
 - SNMP - Simple Network Management Protocol

La communication de couche à couche





Plan

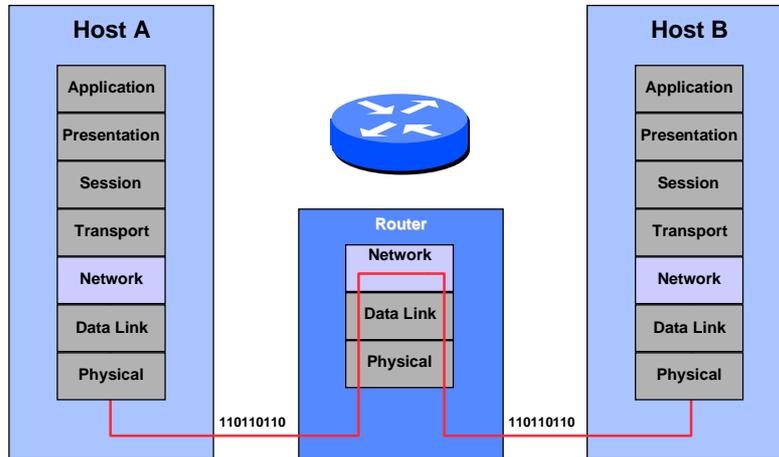
- Introduction : adressage, routage, services, TCP/IP et Internet
- Routage : qu'est-ce qu'un routeur? Statique et dynamique.

Fonctions d'un routeur

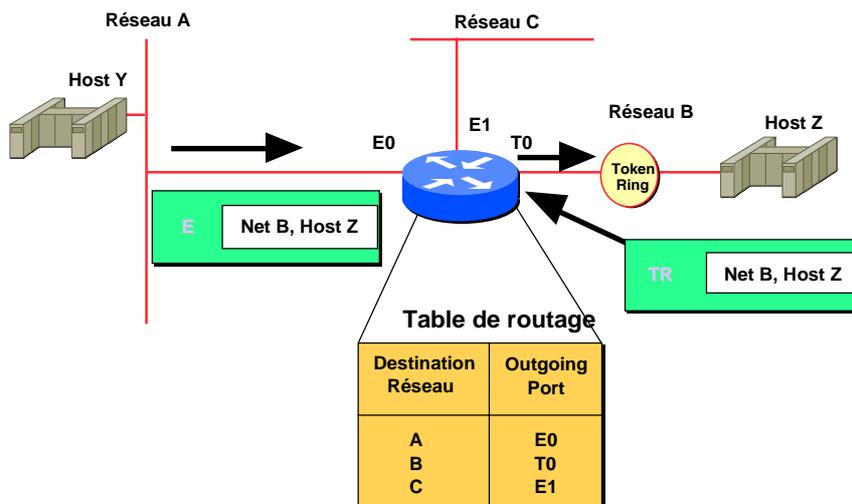
- Le routeur construit des cartes et donne les directions
- Le commutation achemine les trames entre des interfaces



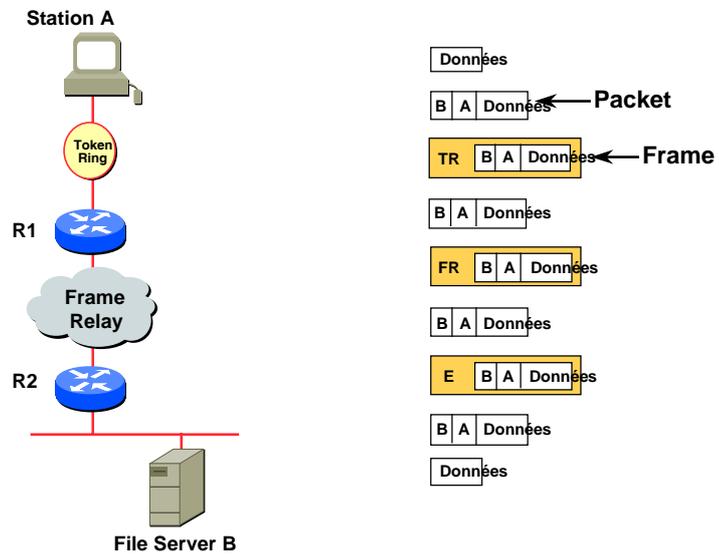
Les routeurs opèrent au niveau 3



Le fonctionnement de niveau 3



Trames et Paquets



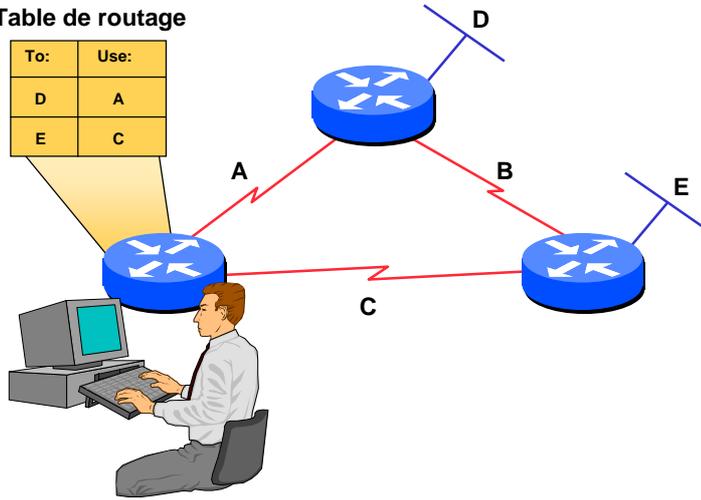
Construction de la Table de routage

- statique
- dynamique

Routage statique

Table de routage

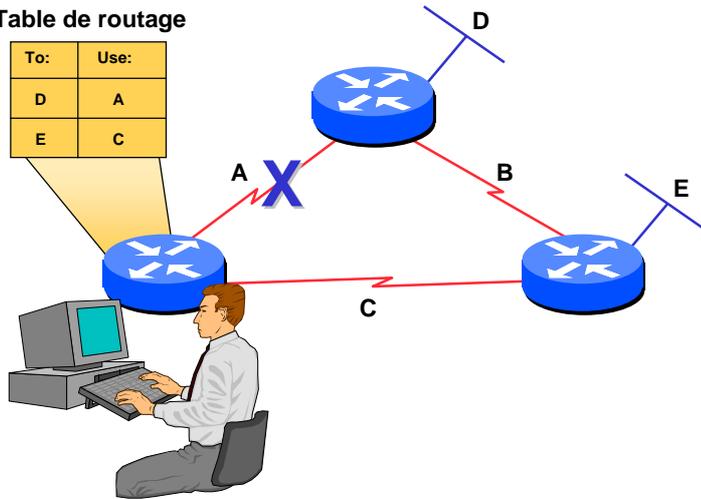
To:	Use:
D	A
E	C



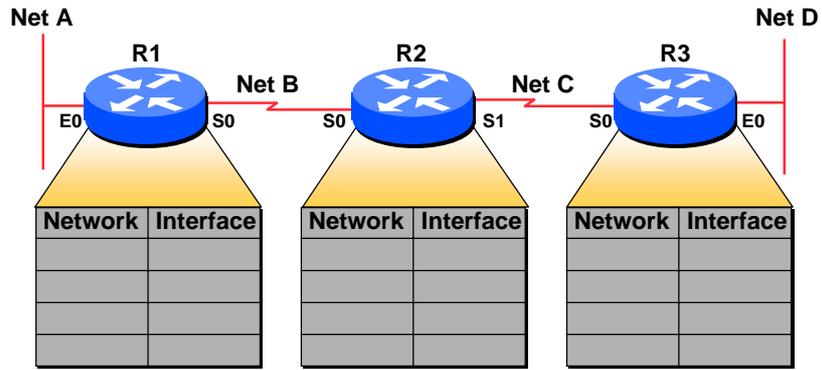
Routage statique

Table de routage

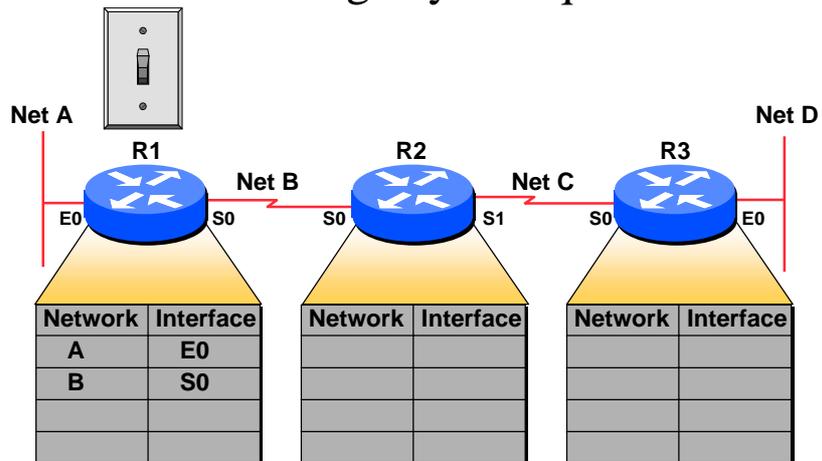
To:	Use:
D	A
E	C



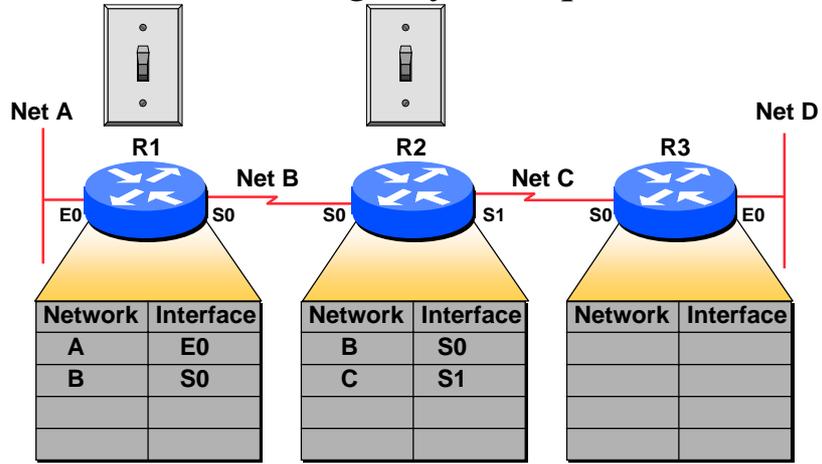
Routage dynamique



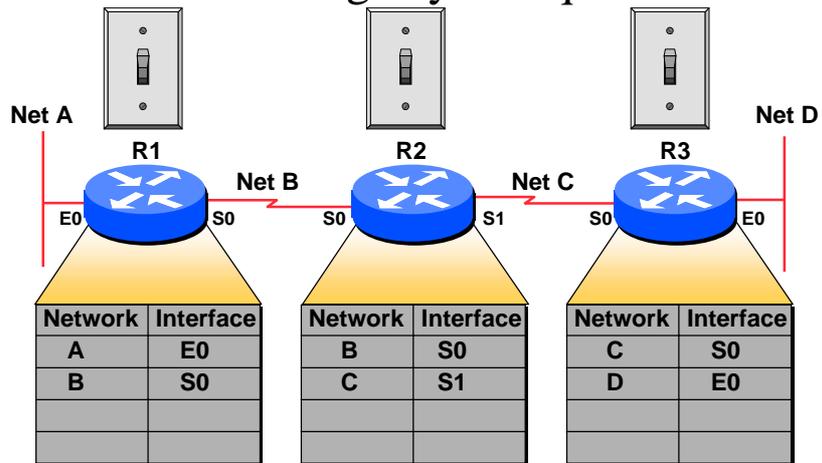
Routage dynamique



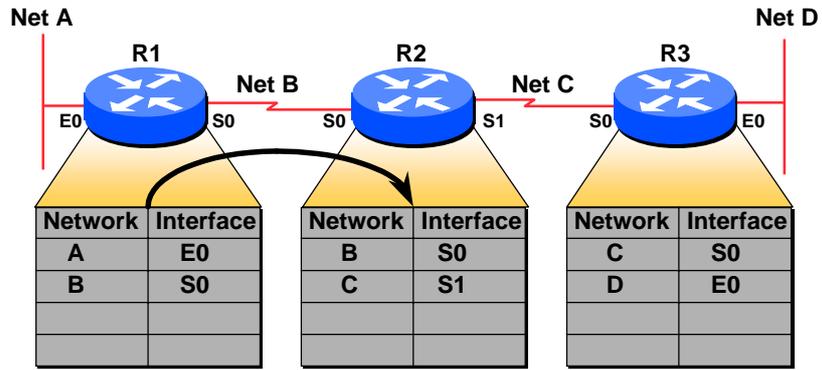
Routage dynamique



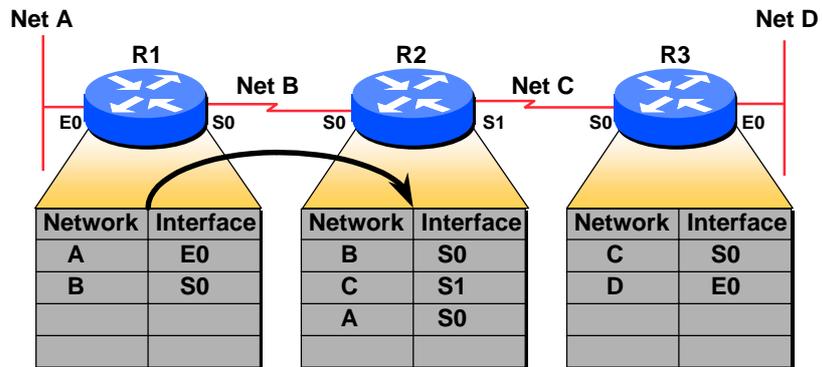
Routage dynamique



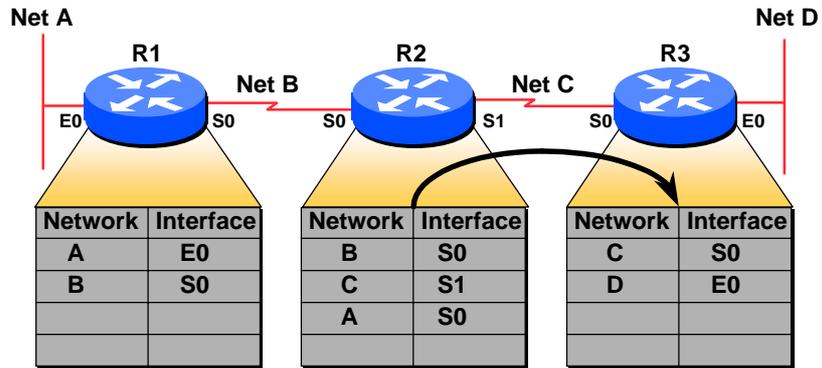
Routage dynamique



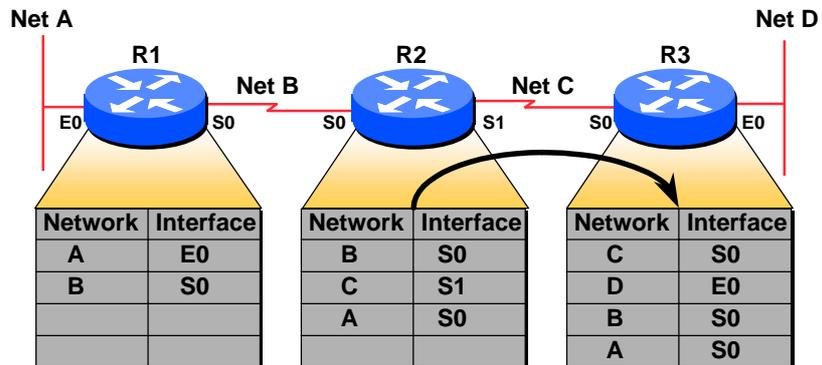
Routage dynamique



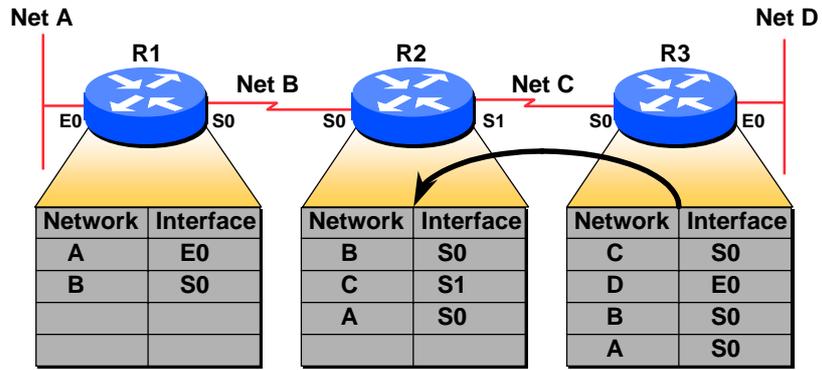
Routage dynamique



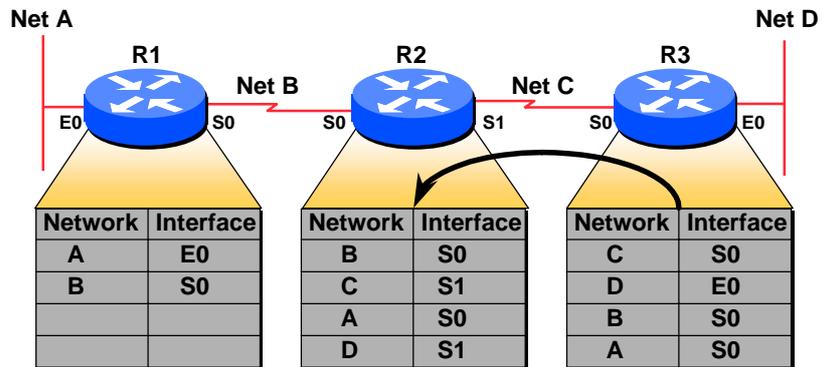
Routage dynamique



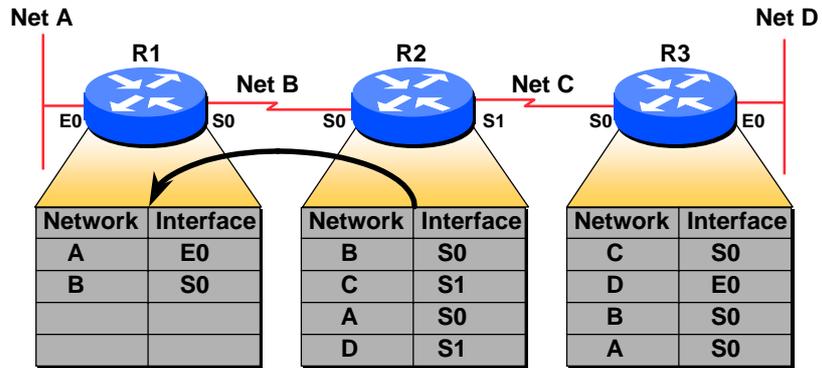
Routage dynamique



Routage dynamique



Routage dynamique



Routage dynamique

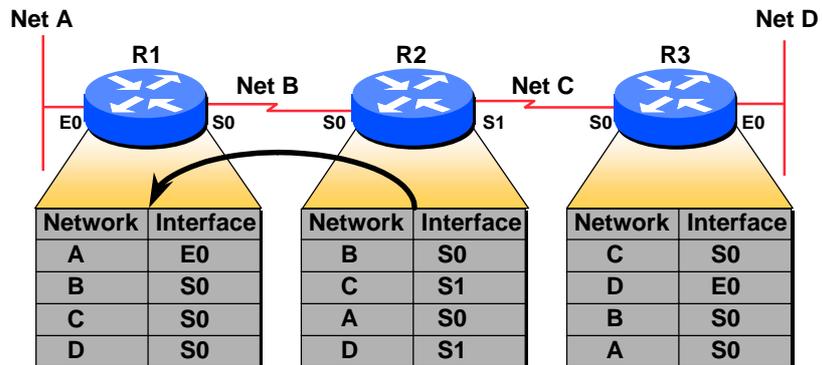


Table de routage

Network #	Interface	Next Saut	Metric	Age	Status
198.113.181.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/3047936]	02:03:50	D
198.113.178.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/3047936]	02:03:50	D
192.168.96.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/324608]	03:36:50	D
192.168.97.0	Ethernet0				C

Plan

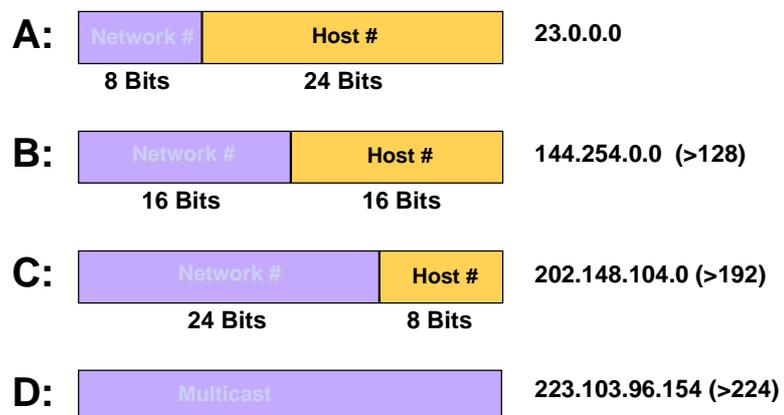
- Introduction : adressage, routage, services, TCP/IP et Internet
- Routage : qu 'est-ce qu 'un routeur? Statique et dynamique.
- Plan d 'adressage : réseau, sous réseau, masque

N° de réseau

- Attribué par l'administrateur du réseau
- Enregistré par le NIC

N° de réseau

- 32 Bit Address



Les adresses

- Chaque station a une adresse sur 32 bits
 - 10000000101010110001000100001101 mémorisable?



- L'adresse est divisé en quatre parties (notation pointée)
 - 10000000 10101011 00010001 00001101
- Convertie en décimal
 - 128.171.17.13

Les adresses (2)

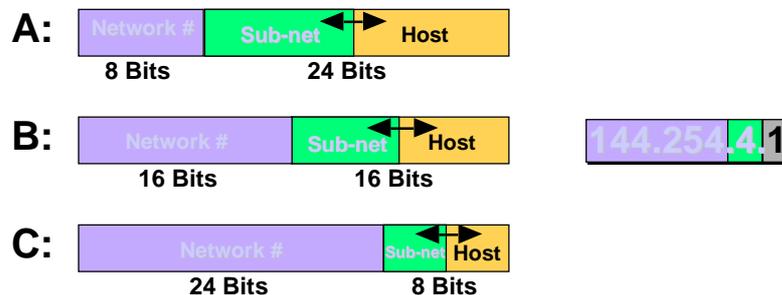
- Dans un réseau de classe B, les premiers 16 bits sont la partie réseau
 - 128.171 (1000000010101011)
- Dans un réseau de classe B, les 16 derniers bits correspondent à la partie locale (station, hosts)
 - 17.13 (0001000100001101)
- La partie réseau est affectée à une organisation par l'autorité centrale (IANA)
- La partie locale est affectée librement par l'organisation (entreprise, université...)

Sous adressage (sous réseaux)

- Les organisations ont de nombreux hosts
- Les services d'une organisation gèrent fréquemment leurs propres ressources, y compris les réseaux et les machines.
- Passage d'une structure à deux niveaux à une structure d'adresse à trois niveaux
 - Network
 - Subnet
 - Host

13

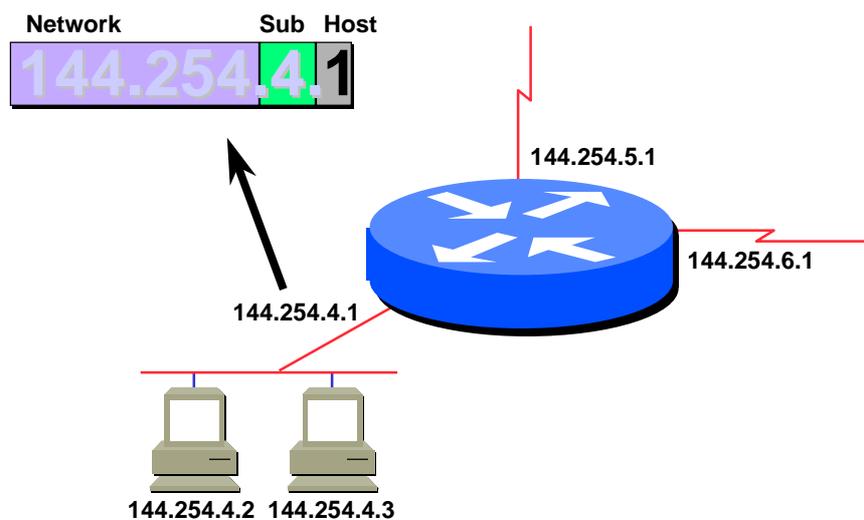
N° de sous-réseau



Masque de sous-réseau

- Problème: Les adresses IP n'incluent pas d'adresse de sous réseau
- Solution: Subdivision de l'adresse de station en deux parties (machine, sous réseau)
- Le masque de sous-réseau définit la partie de l'adresse IP qui correspond au sous-réseau
- Le format du masque est identique au format de l'adresse IP
- Le plus courant : 255.255.255.0
 - 11111111 11111111 11111111 00000000

Network/Subnet Number

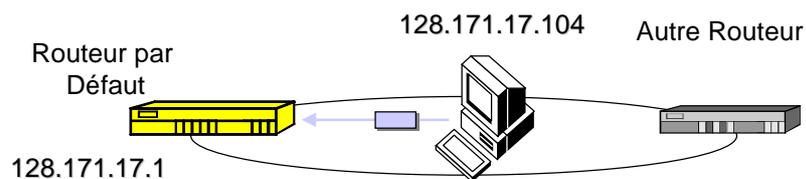


Exemple de sous-adressage

- adresse IP 128.171.17.13
- Classe B network
- Partie réseau (128.171)
- Partie locale (17.13)
- 17 peut correspondre au sous réseau
- 13 peut correspondre à la station ("0" is 00000000: 0s determine the host bits, 00001101)
- Masque : 255.255.255.0

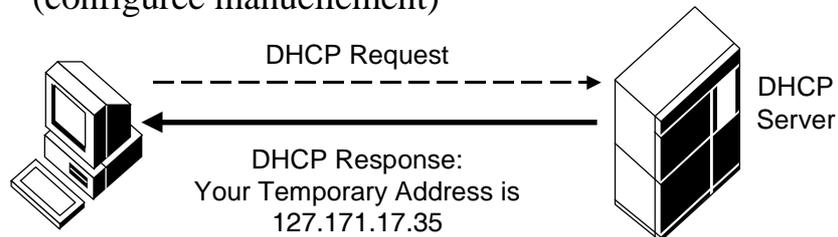
Routeurs et adressage

- Les Routeurs ont leur propre adresse IP
 - C'est à cette adresse que seront envoyés les paquets qui doivent être routés
 - Exemple: 128.171.17.1
- Si aucune adresse de routeur n'est spécifiée par la station, le paquet sera envoyé au routeur par défaut

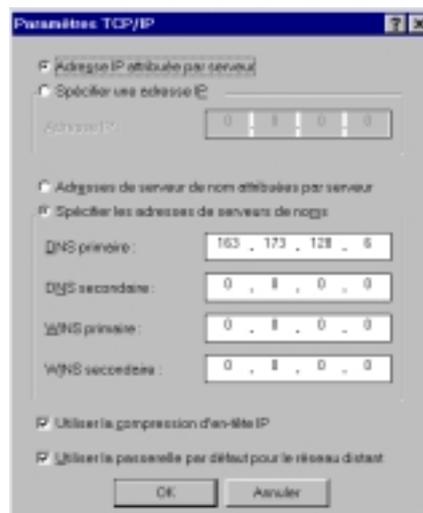


Configuration de la station

- L 'adresse peut être affectée au moment de la mise en communication (cas des PC, des connexions à distance...)
 - L adresse peut être prise dans une réserve d 'adresse IP
 - Nécessite un protocole : DHCP (in Windows 95) ou RARP
- Les stations plus importantes ou connectées fréquemment reçoivent une adresse permanente (configurée manuellement)

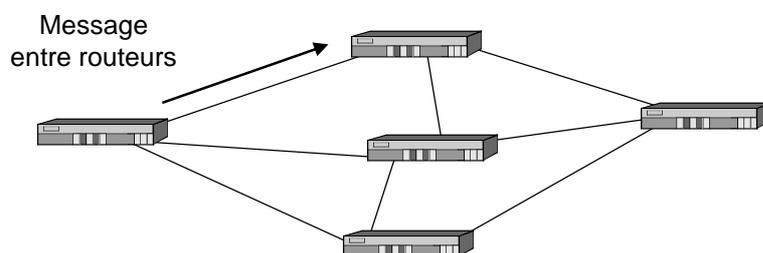


Configuration de la station de J.P. Arnaud



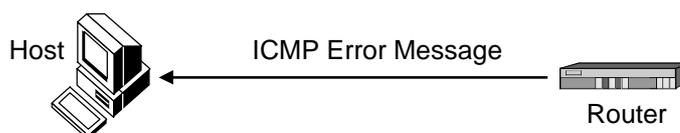
La communication entre les routeurs

- Pas de contrôle central
 - Acheminement des paquets
 - Mise à jour des tables de routage
 - les plus courants : RIP, OSPF, BGP



La gestion des erreurs

- Internet Control Message Protocol (ICMP) permet d'envoyer des messages d'erreur (entre autres)
- Le plus courant : "Host not found"



Plan

- Introduction : adressage, routage, services, TCP/IP et Internet
- Routage : qu 'est-ce qu 'un routeur? Statique et dynamique.
- Plan d 'adressage : réseau, sous réseau, masque
- Structure d 'une table de routage : métriques

Table de routage

Network	Interface	Next Saut	Metric	Age	Status
198.113.181.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/3047936]	02:03:50	D
198.113.178.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/3047936]	02:03:50	D
192.168.96.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/324608]	03:36:50	D
192.168.97.0	Ethernet0				C

Router Interfaces

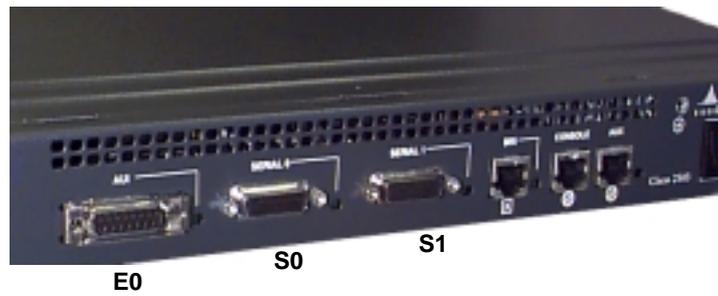


Table de routage

Network	Interface	Next Saut	Metric	Age	Status
198.113.181.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/3047936]	02:03:50	D
198.113.178.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/3047936]	02:03:50	D
192.168.96.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/324608]	03:36:50	D
192.168.97.0	Ethernet0				C

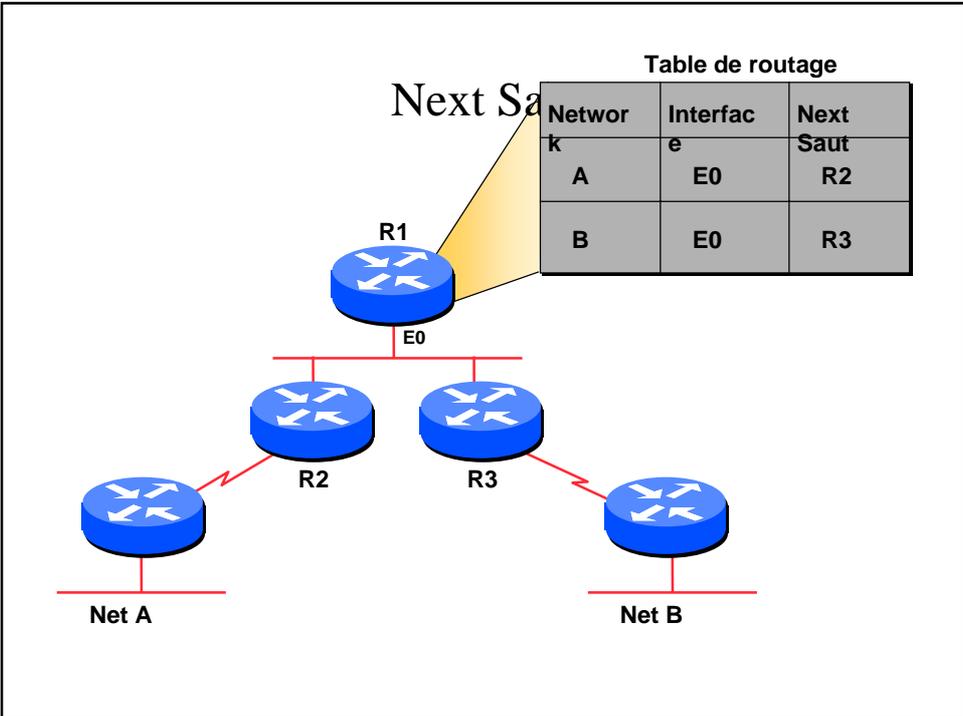
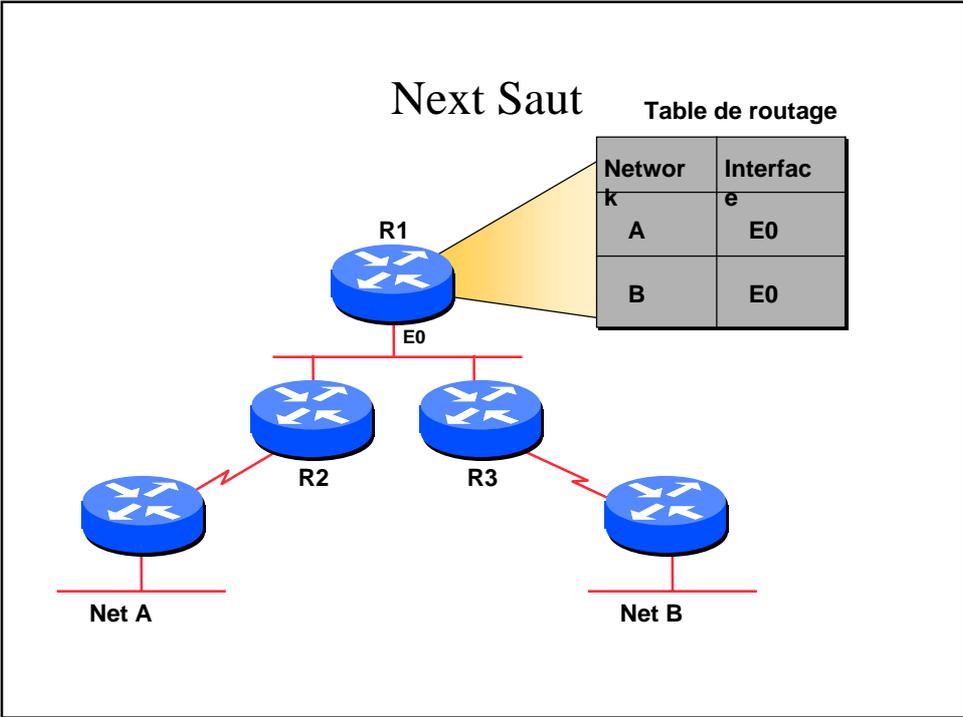
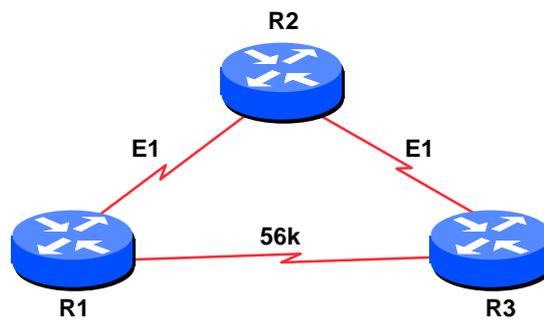


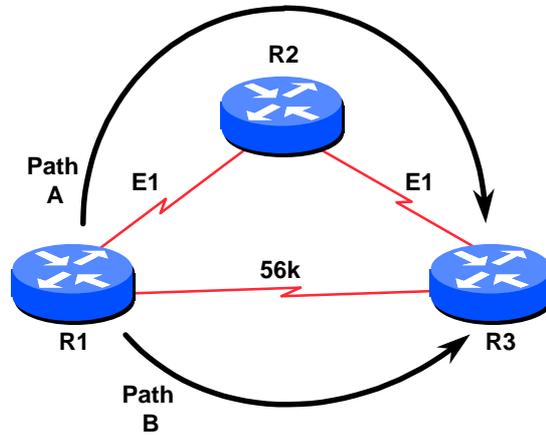
Table de routage

Network	Interface	Next Saut	Metric	Age	Status
198.113.181.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/3047936]	02:03:50	D
198.113.178.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/3047936]	02:03:50	D
192.168.96.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/324608]	03:36:50	D
192.168.97.0	Ethernet0				C

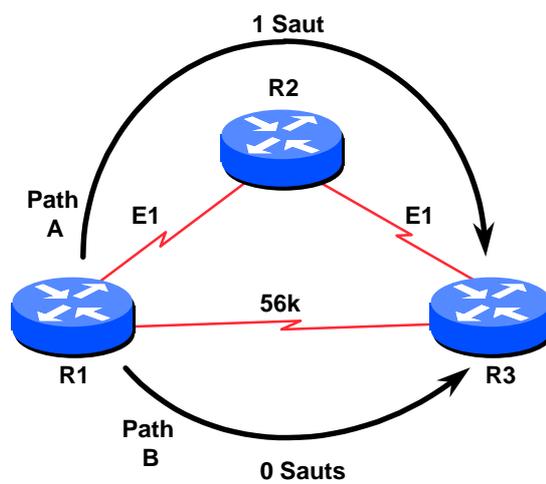
Mètrique



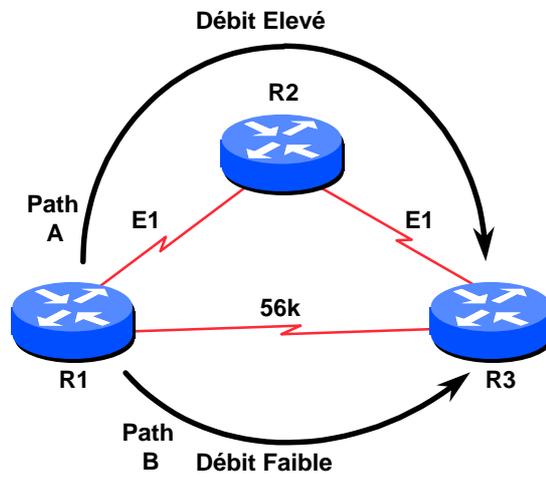
Mètrique



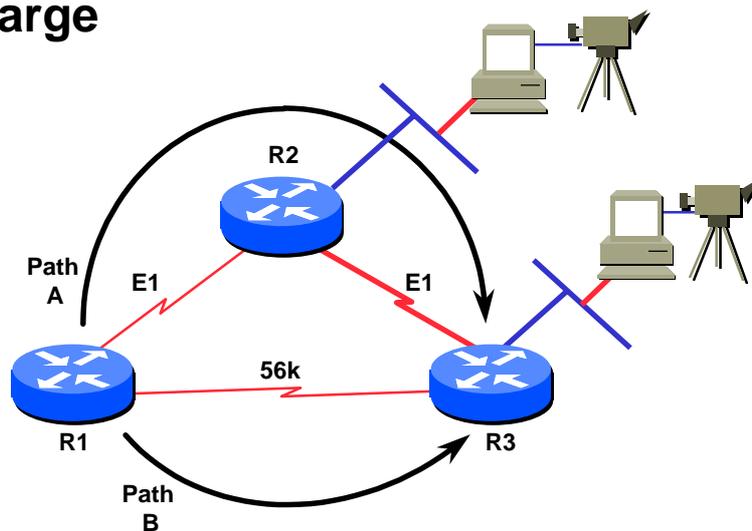
Sauts



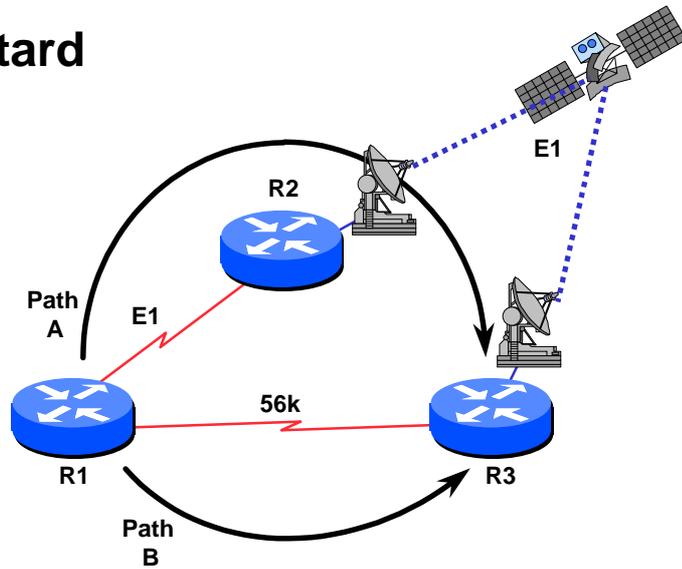
Débit



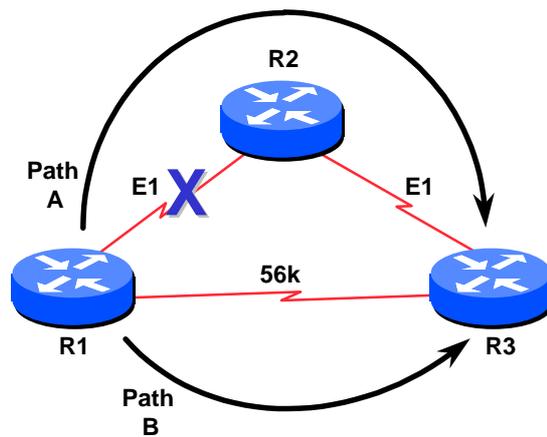
Charge



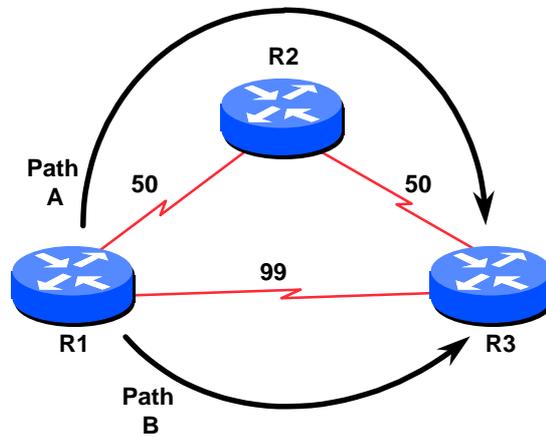
Retard



Fiabilité



Coût



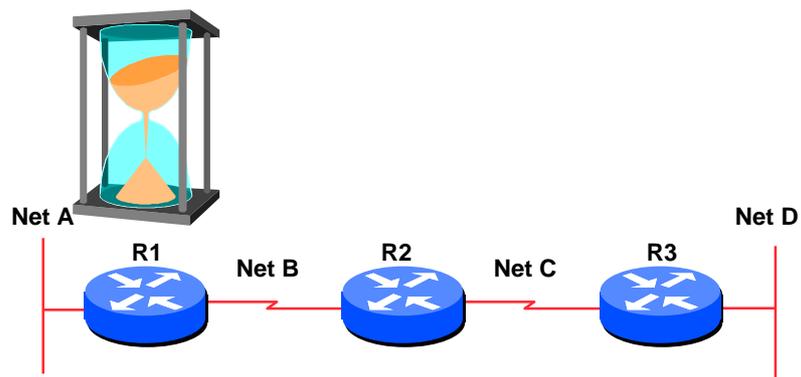
Métrique

- Sauts
- Débit
- Charge
- Retard
- Fiabilité
- Coût

Table de routage

Network	Interface	Next Saut	Metric	Age	Status
198.113.181.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/3047936]	02:03:50	D
198.113.178.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/3047936]	02:03:50	D
192.168.96.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/324608]	03:36:50	D
192.168.97.0	Ethernet0				C

Age/mise à jour périodique



Age/mise à jour périodique

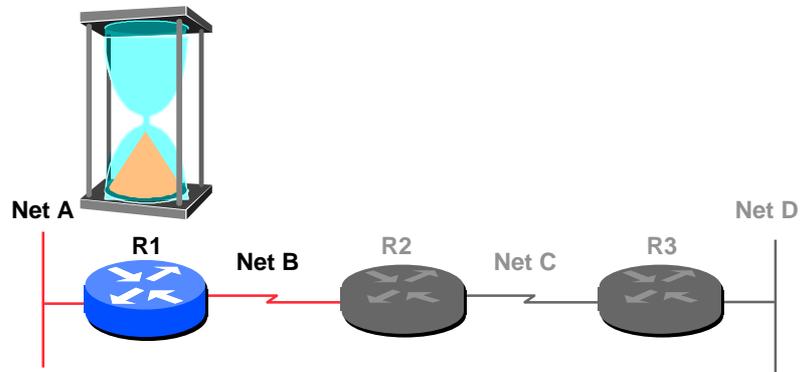


Table de routage

Network	Interface	Next Saut	Metric	Age	Status
198.113.181.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/3047936]	02:03:50	D
198.113.178.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/3047936]	02:03:50	D
192.168.96.0	Ethernet0	192.150.42.177	[170/324608]	03:36:50	D
192.168.97.0	Ethernet0				C

Plan

- Introduction : adressage, routage, services, TCP/IP et Internet
- Routage : qu 'est-ce qu 'un routeur? Statique et dynamique.
- Plan d 'adressage : réseau, sous réseau, masque
- Structure d 'une table de routage : métriques
- Algorithme de routage : RIP, OSPF

Les protocoles TCP/IP

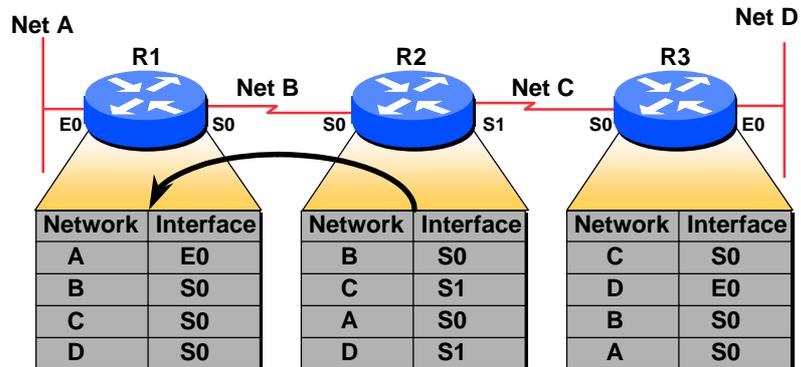
Distance Vector	Link-State	Distance Vector Amélioré
RIP IGRP	OSPF	EIGRP

RIP

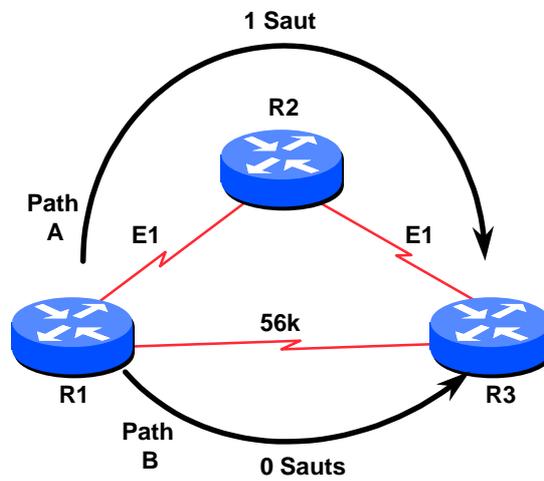
Distance Vector Link-State Distance Vector Amélioré

RIP IGRP	OSPF	EIGRP
-------------	------	-------

RIP—Distance Vector



Métrieque RIP



• Sauts

OSPF

- Link state
- Normalisé (RFC 1247)
- Algorithme SPF

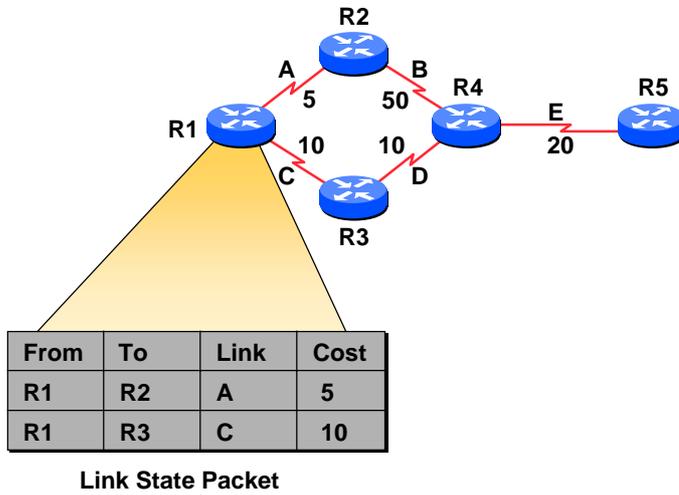
Métrique OSPF

- Evaluation des interfaces selon une métrique par défaut
 - Au démarrage : Débit
- configuration

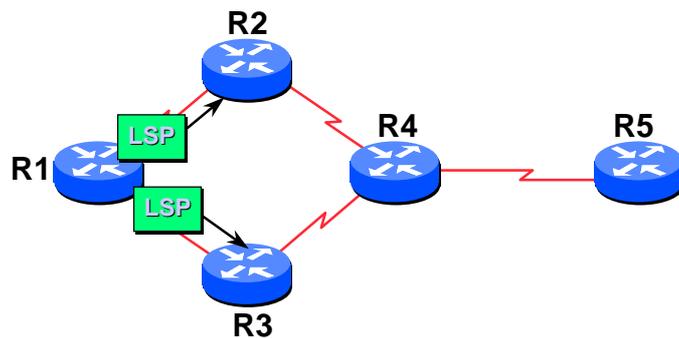
Routage Link State

- Découverte des voisins
- Construction du LSP
- Distribution du LSP
- Calcul des routes

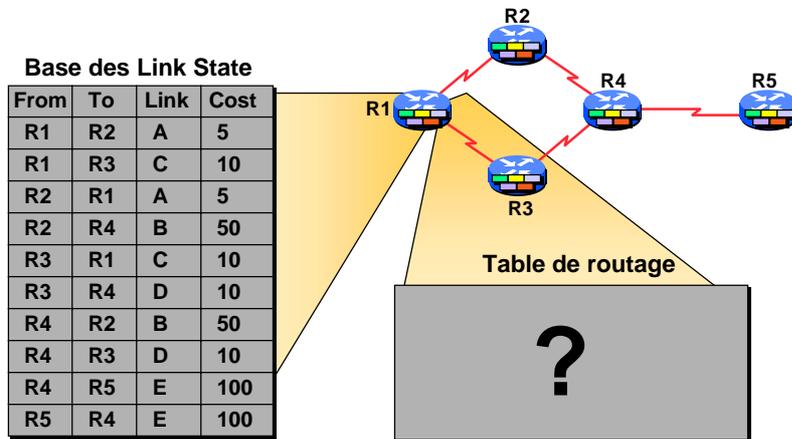
Construction d'un LSP



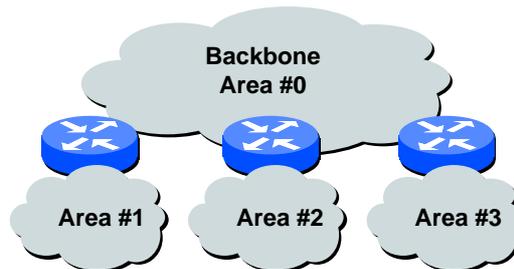
Distribution du LSP



Calcul des routes



Zones OSPF (areas)



- **Règles**

Toutes les zones ont une connexion au backbone

Le backbone doit être connexe

Plan

- Introduction : adressage, routage, services, TCP/IP et Internet
- Routage : qu'est-ce qu'un routeur? Statique et dynamique.
- Plan d'adressage : réseau, sous réseau, masque
- Structure d'une table de routage : métriques
- Algorithme de routage : RIP, OSPF
- Nommage

Domain Name Service

- Les adresses sont difficiles à mémoriser : on attribue des noms aux hosts
 - Voyager.cba.hawaii.edu
- Les paquets IP ne connaissent que les adresses
 - 127.171.17.13
- Si le logiciel applicatif ne connaît que le nom, on doit trouver un moyen de mettre en correspondance nom et @ IP

Règles d'attribution

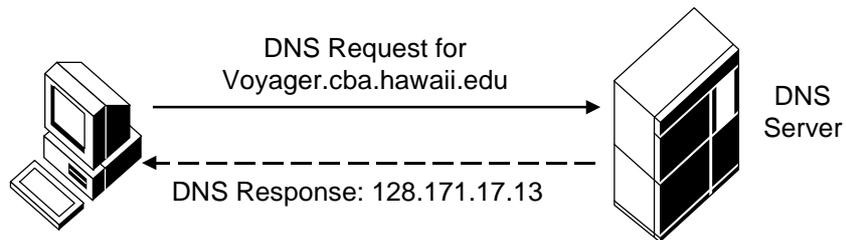
- Top Level Domains
- domaines en 3 lettres
 - .edu education
 - .com for commercial
 - .org for non commercial
- domaines nationaux en 2 lettres
 - .ca Canada,
 - .uk United Kingdom
 - .fr France

Les nouveaux gTLDs

- Créés en 1997
 - .firm Commercial identique à .com
 - .store vente en ligne
 - .web activités www
 - .arts
 - .rec Récréation
 - .info services d'information
 - .nom individuels (nomenclature)

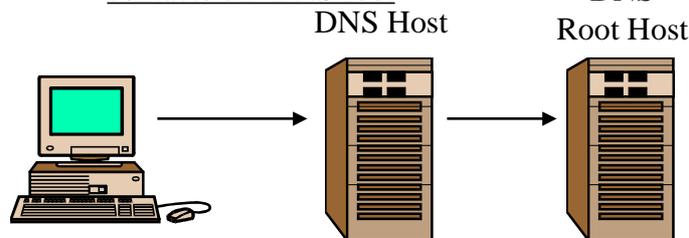
La résolution de noms (DNS)

- Le programme qui connaît un nom envoie une requête au serveur Domain Name Service (DNS) et reçoit en réponse une adresse IP



Domain Name System (DNS)

- Domain Name System (DNS)
 - Collection of DNS serveur dans le monde
 - ★ – Chaque organisation doit fournir un serveur DNS donnant les adresses IP locales
 - Si le DNS local est incapable de servir la requête, il contacte un DNS root ★



Plan

- Introduction : adressage, routage, services, TCP/IP et Internet
- Routage : qu'est-ce qu'un routeur? Statique et dynamique.
- Plan d'adressage : réseau, sous réseau, masque
- Structure d'une table de routage : métriques
- Algorithme de routage : RIP, OSPF
- Nommage
- Protocole réseau : IP, ICMP

Le paquet Internet Protocol

Version	IHL	Type of Service	Total Length (in Bytes)	
Identifier		Flags	Fragment Offset	
Time to Live	Protocol		Header Checksum	
Source Address				
Destination Address				
Options Plus Padding				
Data				

version actuelle
Version 4.
nouvelle version,
Version 6.



Le paquet Internet Protocol

Version	IHL	Type of Service	Total Length (in Bytes)	
Identifiant			Flags	Fragment Offset
Time to Live	Protocol		Header Checksum	
<p>Le contrôle d'erreur ne porte que sur l'en-tête.</p> <p><u>En cas d'erreur, le paquet est éliminé</u></p>				

Le paquet Internet Protocol

			Total Length (in Bytes)	
			Fragment Offset	
			Header Checksum	
<p>Version 4 : 32 bits.</p> <p><u>Version 6 : 128 bits</u></p>				
Source Address (32 bits)				
Destination Address (32 bits)				
Options Plus Padding				
Data				

Le paquet Internet Protocol

Version	IHL	Type of Service	Total Length (in Bytes)	
Identifiant		Flags	Fragment Offset	
Internet Header Length - 4 bits Permet de trouver facilement le début des données (valeur 5)		Header Checksum		
Source Address				
Destination Address				
Options Plus Padding				
Data				

Le paquet Internet Protocol

Version	IHL	Type of Service	Total Length (in Bytes)	
Identifiant		Flags	Fragment Offset	
Type Of Service - 8 bits Les 3 premiers bits indiquent 1 à 8 niveaux de priorité . Ignoré par certains routeurs .		Header Checksum		
Source Address				
Destination Address				
Options Plus Padding				
Data				

Le champ TOS Type Of Service

Objet	Bits	Valeur	Signification
Priorité	0-2	000	Priorité minimale, routine.
		001	Priorité normale.
		010	Immédiat.
		011	Flash.
		100	Flash overdrive.
		101	Critique/ECP.
		110	Contrôle du réseau ARPANET.
		111	Contrôle de réseau (administration).
Délai d'acheminement	3	0	Délai d'acheminement normal.
		1	Délai d'acheminement faible.
Transfert	4	0	Débit normal.
		1	Débit élevé.
Fiabilité	5	0	Fiabilité normale.
		1	Fiabilité élevée.
Coût	6	0	Coût normal
		1	Coût minimal
Réservés	7		

Le paquet Internet Protocol

Version	IHL	Type of Service	Total Length (in Bytes)	
Identifiant		Flags	Fragment Offset	
Longueur totale - 16 bits		Header Checksum		
Source Address				
Destination Address				
Options Plus Padding				
Data				

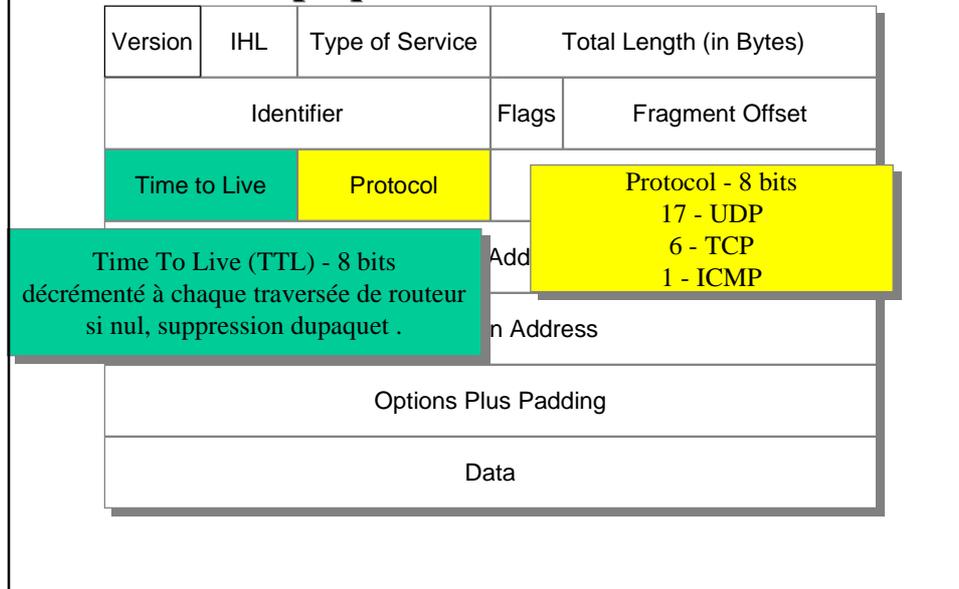
Le paquet Internet Protocol

Version	IHL	Type of Service	Total Length (in Bytes)	
Identifiant			Flags	Fragment Offset
Identification - 16 bits Permet d'identifier les fragments d'un datagramme . (unique pour chaque datagramme nouveau).			Header Checksum	
Destination Address				
Options Plus Padding				
Data				

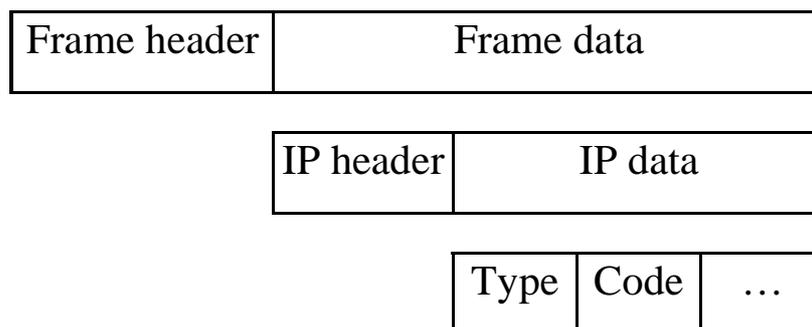
Le paquet Internet Protocol

Version	IHL	Type of Service	Total Length (in Bytes)	
Fragment Offset - 13 bits donne la position d'un fragment dans un datagramme			Flags	Fragment Offset
Time to Live		Protocol	Header Checksum	
Flags - 3 bits bit de poids faible = 0 , dernier fragment d'un datagramme - MF (More Flag) . Bit médian = 0 ne pas fragmenter - DF (Do not Fragment) .				
Options Plus Padding				
Data				

Le paquet Internet Protocol

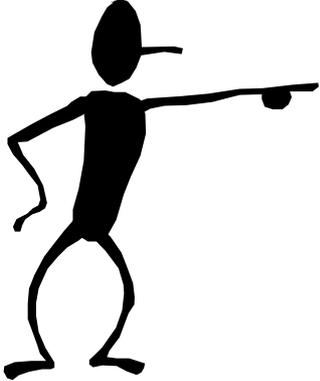


ICMP



*Les messages ICMP sont créés par le nœud qui détecte le problème et renvoyés à l'adresse émetteur.
Considéré comme de niveau 3 (réseau, IP) bien qu'il ne fournisse aucun service aux niveau supérieurs*

Type	Message
• 0	Echo reply
• 3	Destination unreachable
• 4	Source quench
• 5	Redirect
• 8	Echo request
• 11	Time exceeded for datagram
• 12	Parameter problem on datagram
• 13	Time stamp request
• 14	Time stamp reply
• 15	Information request
• 16	Information reply
• 17	Address mask request
• 18	Address mask response



ICMP echo datagram (0 or 8)

Type	Code	Checksum
Identifier		Sequence number
Optional data		
...		

Exemple : PING

- *Ping est un programme qui génère un message ICMP echo requests*
- *Ping n'est pas un applicatif qui utilise les primitives ICMP. Ping est un programme qui se comporte comme un programme ICMP et gère un datagramme ICMP (protocol number 1 premier octet de données à 8 - ICMP echo request).*

On ajoute ensuite les données à renvoyer en écho et on attend un message ICMP (protocol number 1 premier octet de données à 0 - ICMP echo reply)

```
C:\WINDOWS>ping fermi.cnam.fr
Envoi d'une requête 'ping' sur fermi.cnam.fr [163.173.128.60] avec 32 octets de
données :
Réponse de 163.173.128.60 : octets=32 temps=140 ms TTL=63
Réponse de 163.173.128.60 : octets=32 temps=127 ms TTL=63
Réponse de 163.173.128.60 : octets=32 temps=125 ms TTL=63
Réponse de 163.173.128.60 : octets=32 temps=124 ms TTL=63
Statistiques Ping pour 163.173.128.60:
    Paquets : envoyés = 4, reçus = 4, perdus = 0 (perte 0%),
    Durée approximative des boucles en milli-secondes :
        minimum = 124ms, maximum = 140ms, moyenne = 129ms
```

ICMP type 3 - Destination Unreachable

Type	Code	Checksum
Unused (must be 0)		
Internet header +64 bits of datagram prefix		
...		

Code value

Meaning

- 0 Network unreachable
- 1 Host unreachable
- 2 Protocol unreachable
- 3 Port unreachable
- 4 Fragmentation needed and the do not fragment bit set
- 5 Source route failed

ICMP type 4 , code 0 - Source Quench

- type 4 code 0 .
- Demande à la source des datagrammes de ralentir l'envoi.
- Utilisé en cas de manque de ressources (buffer) du destinataire (en particulier routeur)

ICMP type 5 - route change request

- Utilisé par les routeurs seulement
- Cas d'un routeur sachant qu'il n'est pas le meilleur et donnant l'indication d'un meilleur chemin.

Type	Code	Checksum
Adresse d'un meilleur routeur		
Internet header +64 bits of datagram prefix		
...		

ICMP type 11 - time exceeded for datagram

- Envoyé par un routeur pour signaler qu'un paquet a été détruit suite au décrémentation du TTL à 0. TTL trop faible pour le chemin considéré ou échec du routage.
- Envoyé par un nœud suite à l'échec d'une tentative de réassemblage de fragments
 - code 1 .

ICMP type 12 - Parameter problem message

- Indique q 'un mauvais format d 'argument faux a été place dans l 'en tête IP
Peut signifier une mauvaise implémentation.
- Envoyé seulement si le datagramme a été détruit. Le pointeur indique la position du champ invalide.

Type	Code	Checksum
Pointeur	Unused (must be 0)	
Internet header +64 bits of datagram prefix		
...		

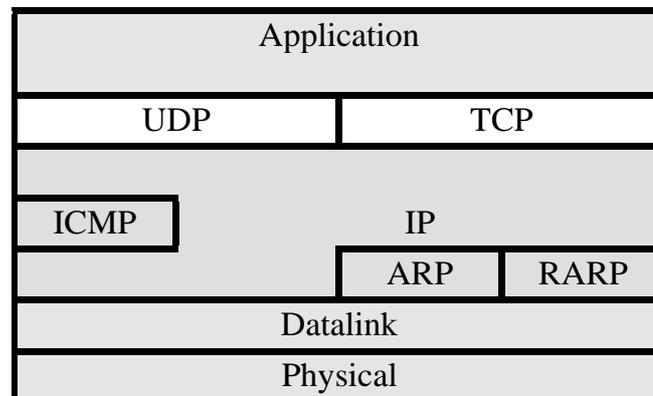
ICMP types 17,18 - Address mask request

- Permet à un nœud de découvrir le masque de sous réseau du réseau auquel il est connecté
- Envoyé à une adresse spécifique ou en broadcast.

Plan

- Introduction : adressage, routage, services, TCP/IP et Internet
- Routage : qu'est-ce qu'un routeur? Statique et dynamique.
- Plan d'adressage : réseau, sous réseau, masque
- Structure d'une table de routage : métriques
- Algorithme de routage : RIP, OSPF
- Nommage
- Protocole réseau : IP, ICMP
- Protocole transport : TCP, UDP

Transport Layer Protocols



Les deux options

- UDP - User Datagram Protocol
 - Service sans connexion non fiable.
 - Transmission rapide à une machine ou un groupe de machine (pas de temps pour établir la connexion)
 - Pas d'accusé de réception
 - exemple : TFTP , NFS ...
- TCP - Transmission Control Protocol
 - Service fiable orienté connexion
 - analogue à un tuyau entre deux points (Ni broadcast, ni *multicast*) .
 - La fiabilisation coûte en overhead (accus de réception, établissement de la connexion, contrôle de flux...)
 - exemples : Telnet , FTP ...

Ports

- Les portes de protocoles permettent à TCP et UDP de transmettre l'information à la couche applicative (application) visée..
- *port* : adresse sur 16 bit
 - well known ports : utilisés par les services les plus courants .
 - Portes spécifiques utilisés par le programmeur d'une application. Peuvent être allouées dynamiquement.
- Permettent la communication entre un client et un serveur

Quelques well known ports

- echo 7/tcp
- echo 7/udp
- ftp 21/tcp
- telnet 23/tcp
- smtp 25/tcp
- time 37/tcp
- time 37/udp
- name server 53/tcp
- name server 53/udp

Base du client serveur

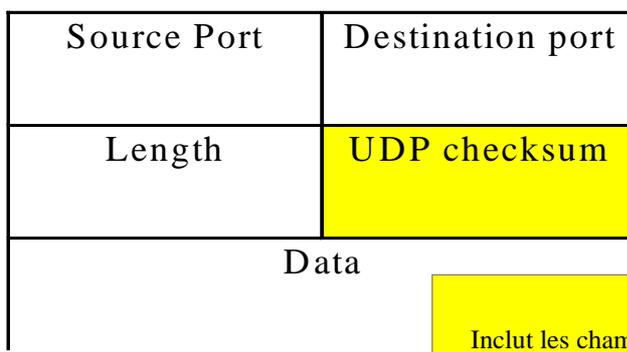
Quelques exemples de serveurs classiques

- Serveur d'horodatage
- Serveurs de noms (dns)
- Serveur de courrier électronique (smtp)
- Remote login
- Serveur de fichier
- Finger
- Echo ICMP
- Information server (gopher, www, wais)

Sockets

- concaténation de l'adresse IP et du numéro de porte .
- Identifie de manière unique une application sur un serveur.
- UDP and TCP incluent le numéro de socket dans le calcul du champ correcteur d'erreur de façon à assurer que le datagramme est envoyé au bon serveur et ne risque pas d'être accepté par la couche application sur un serveur erroné.

UDP



TCP

- *TCP* Fonctionne comme UDP et ajoute une fiabilisation de la transmission .
- *Orienté connexion*
 - Avant de commencer à transmettre les deux machines doivent ouvrir une connexion. Celle-ci doit être fermée lorsque la transmission est terminée.
- Le bloc de données transmise par *TCP* à IP , *TCP* header + données de la couche application s 'appelle *segment* .

La fiabilisation en TCP

- Fonctions offertes
 - Détection et correction d 'erreur
 - Contrôle de flux
 - Séquencement
 - Destruction des segments dupliqués
- Les mécanismes généraux TCP
 - Les numéros de séquence identifient les données
 - Les accusés de réception pour les données reçues dans l 'ordre correct et sans erreur
 - La retransmission sur temporisation des segments non acquittés

L 'en tête TCP

Source Port		Destination Port	
Sequence Number			
Acknowledgement Number			
Data Offset	Reserved	Code	Window
Checksum		Urgent Pointer	
Options			Padding
Data			
...			

L 'en tête TCP

Source Port		Destination Port	
Sequence Number			
Acknowledgement Number			
Data Offset		Window	
Checksum		Urgent Pointer	
Options			Padding
Data			
...			

D *Sequence number* - 32 bits
 Utilisé pour le contrôle des erreurs et compte les segments émis ou reçus. Compte les octets transmis à l'intérieur d'un segment. Les numéros de segment utilisés sont déterminés à l'établissement de la connexion.
 La longueur du champ permet de s'assurer que même sur un lien rapide le n° de séquence ne sera pas réutilisé. Tout segment reçu avec un ° déjà utilisé est un doublon et doit donc être éliminé

L 'en tête TCP

Source Port		Destination Port	
Sequence Number			
Acknowledgement Number			
Data Offset	Reserved	Code	Window
<i>Acknowledgment number - 32 bits</i> A réception d 'un AR, l'émetteur libère les trames mémorisées pour une éventuelle réémission.. Valide seulement si le flag ACK est positionné . égal au N° de séquence du dernier octet reçu correctement + 1 (égal au n° de séquence du prochain segment à émettre). .			

L 'en tête TCP

Source Port		Destination Port	
Sequence Number			
Acknowledgement Number			
Data Offset	Reserved	Code	Window
Checksum		Urgent Pointer	
<i>Data offset</i> Mesure le décalage jusqu 'au début du champ de données.		padding	
...			

L 'en tête TCP

Source Port		Destination Port	
Sequence Number			
Acknowledgement Number			
Data Offset	Reserved	Code	Window

Drapeaux

URG -Le pointeur urgent est valide, les données correspondantes doivent être traitées en priorité (blocage, interruption...)

ACK - le champ ACK est valide

PSH - Le récepteur passe le segment à l 'application immédiatement (terminal caractère...)

RST - reset force la cloture (erreur irrécupérable) .

SYN - Etablissement de la connexion .

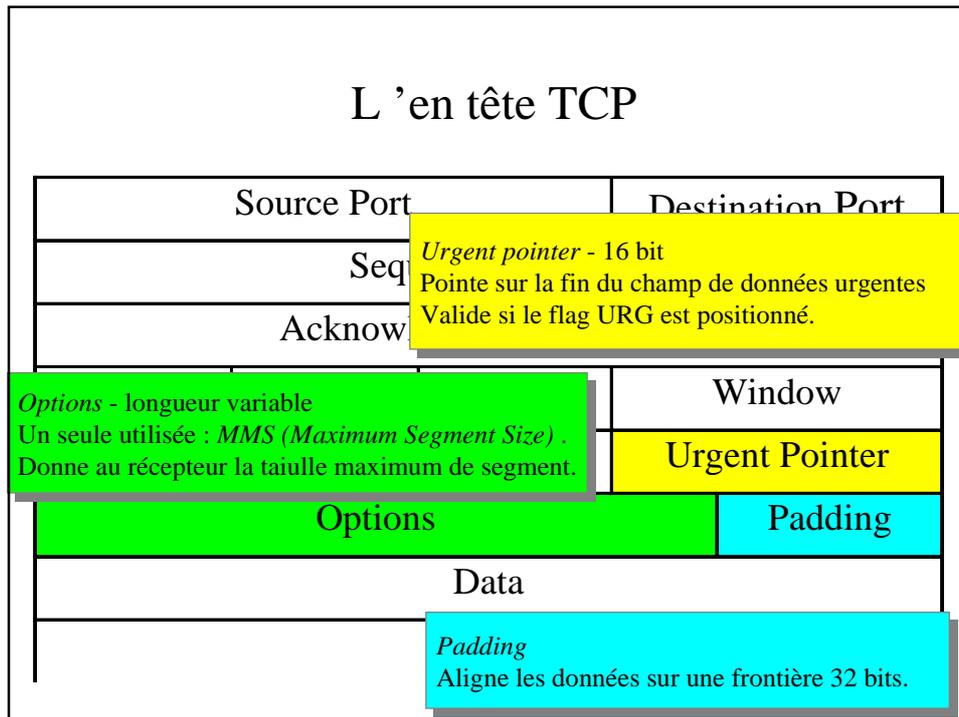
FYN - Fin de connexion (émis lorsqu 'il n 'y a plus de données à émettre)

Lorsque les deux extrémités émettent FIN, la connexion est fermée.

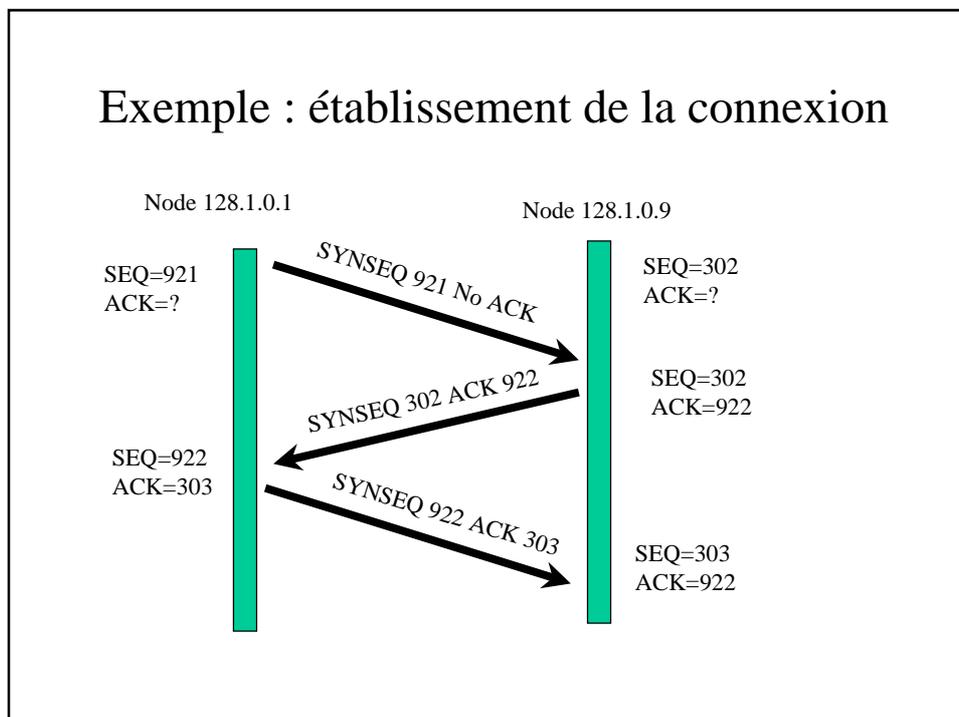
L 'en tête TCP

	<i>Window</i> - 16 bit Taille du buffer de réception. L émetteur ne doit pas envoyer plus de données non acquittées que la valeur indiquée.	Port	
Acknowledgement Number			
Data Offset	Reserved	Code	Window
Checksum		Urgent Pointer	
Options		Padding	
<i>Checksum</i> - 16 bit En-tête+données			

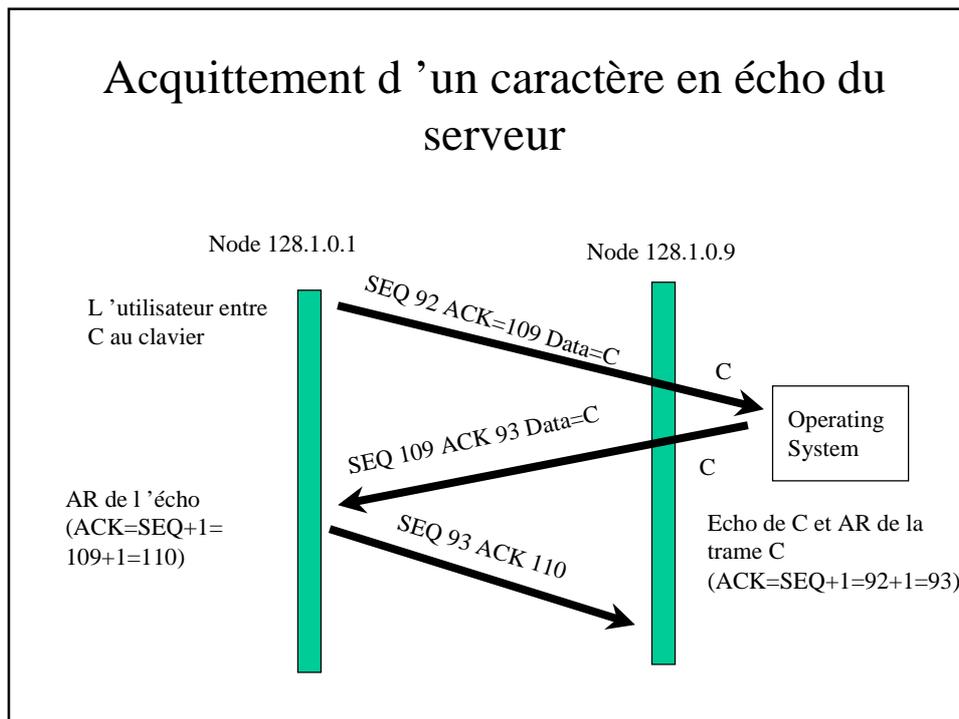
L 'en tête TCP



Exemple : établissement de la connexion



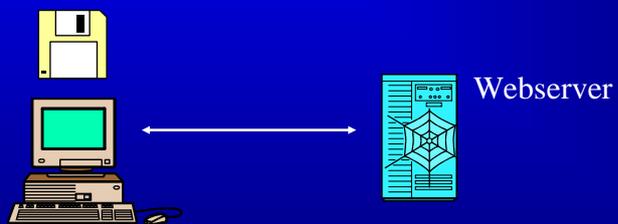
Acquittement d'un caractère en écho du serveur



Applications et serveurs

Browsers

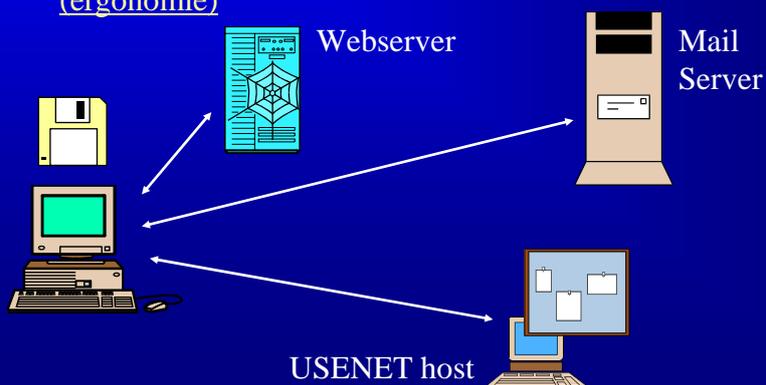
- ☞ Browser (Butineur, lecteur...)
 - Programme Client sur PC, Mac, terminal X...
 - Gère l'interaction avec le serveur Web



Browsers

☞ Browser (Butineur, lecteur...)

- Programme Client sur PC, Mac, terminal X...
- Gère l'interaction avec le serveur Web
- mais peut être utilisé avec d'autres serveurs (ergonomie)



Protocole applicatif

☞ L'en tête de l'URL donne le type de service

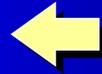
- http:// World Wide Web (HyperText Transfer Protocol)
- mailto: Email (no //)
- ftp:// File Transfer Protocol
- nntp:// Usenet (News Network Transfer Protocol)
- etc.

Les applications Internet

5

☞ Traitement à distance

- Telnet



☞ Communication

- E-mail
- Computer Conferencing (USENET, LISTSERVs)
- Chat, MUDs

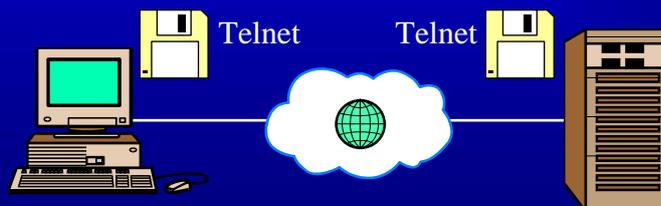
☞ Services d'accès à l'information

- FTP
- Gopher
- World Wide Web

Telnet

☞ Telnet

- Logging sur le host
- Le programme est fonctionnel sur le host : email, compilation... etc.
- Telnet sur le micro ordinateur, émulation de terminal (VT100, terminal X...)
- Application Telnet sur le host



Applications Internet

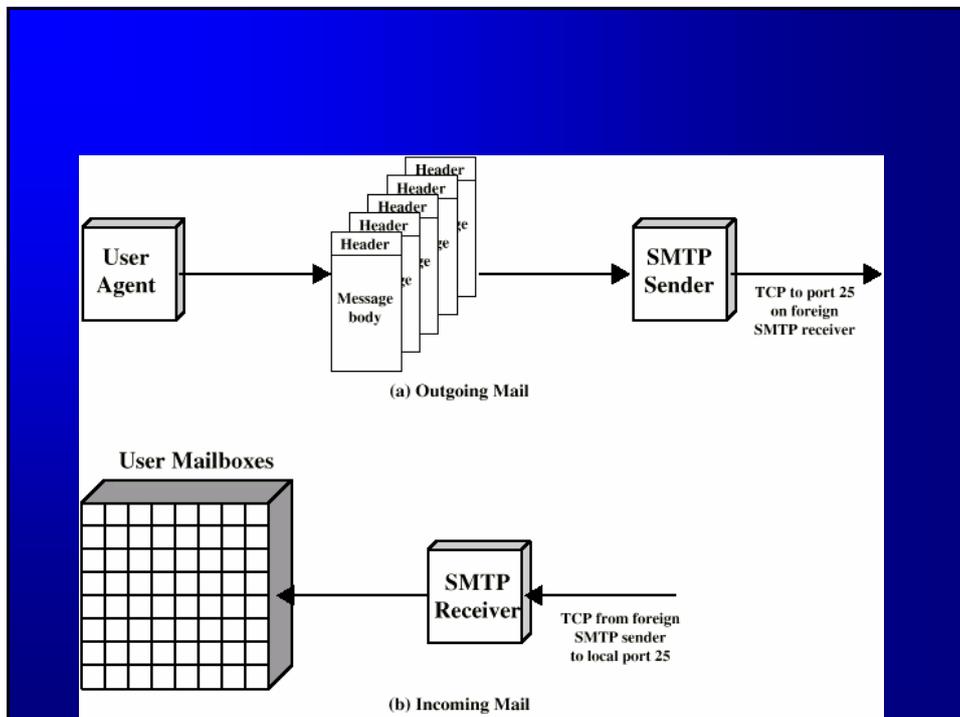
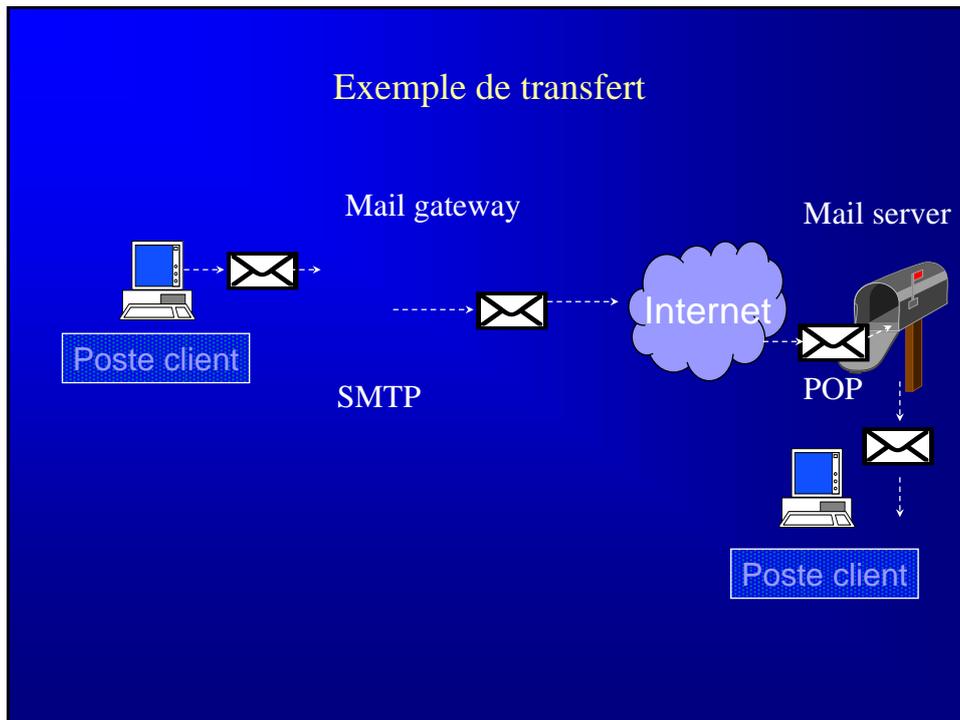
8

- ☞ Traitement à distance
 - Telnet
- ☞ Communication 
 - E-mail
 - Computer Conferencing (USENET, LISTSERVs)
 - Chat, MUDs
- ☞ Services d'information
 - FTP
 - Gopher
 - World Wide Web

Electronic Mail

- ☞ Destinataire unique ou multiple (liste de diffusion)
- ☞ Les principaux protocoles
 - SMTP (Simple Mail Transport Protocol)
 - ◆ envoi de messages depuis le client
 - POP 2/3 (Post Office Protocol)
 - ◆ réception de message et stockage sur le client
 - IMAP4 (Internet Message Access Protocol 4)
 - ◆ réception de message et stockage sur le serveur
 - MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions)
 - ◆ inclusion de documents multimodaux

Exemple de transfert



Les formats

- ☞ Transmission de caractères 7 bits
- ☞ Les fichiers au format 8 bits doivent être encodés et décodés aux extrémités
- ☞ Adresse
 - localname@host.domain
 - ◆ host est le nom de la machine serveur de courrier

Simple Mail Transport Protocol

- ☞ SMTP - Simple Mail Transfer Protocol (RFC821)
 - 1982 (J.B. Postel)
- ☞ Fonctionnement
 - Chaque serveur est équipé du logiciel SMTP. L'émission du courrier se fait en respectant le protocole et en contactant le serveur
 - la communication se fait de serveur à serveur (égal à égal)
- ☞ Utilisation du port TCP 25 (well known port)
 - Envoi d'une commande par l'émetteur
 - Réponse du récepteur (confirmation ou erreur)
 - ◆ code réponse sur 3 digits (200 et 300 pour confirmation, 400 et 500 pour erreur (+ texte variable selon implémentation))

En tête SMTP

☞ Format

- ◆ En tête (plusieurs lignes)
 - chaque ligne successive commence par un blanc ou une tabulation
- ◆ ligne vide
- ◆ texte du message text (corps)

☞ Format de l'en tête: mot clé : valeur

- la valeur peut s'étendre sur plusieurs mots

exemple:

```
- Received: from mailjr.netmanage.com ([156.27.3.1]) by nmi-  
gate.netmanage.co.il (8.6.9/8.6.9) with ESMTP id WAA29056; Mon,  
9 Dec 1996 22:53:41 +0200  
- From: xyz@netmanage.com  
- Received: from xyz.netmanage.com by mailjr.netmanage.com (SMI-  
8.6/SMI-SVR4)  
- id MAA05113; Mon, 9 Dec 1996 12:52:29 -0800  
- Date: Mon, 9 Dec 96 12:49:57 Pacific Standard Time  
- Subject: Fw: IDCFlash: TCP/IP Forecast Update  
- To: marketing@netmanage.com  
- X-Mailer: Chameleon ATX 6.0, Standards Based IntraNet Solutions,  
NetManage Inc.  
- X-Priority: 3 (Normal)  
- References: <852563FB:006FE9D0.00@notesmta.idcresearch.com>  
- Message-ID: <Chameleon.850164611.xy@xyz.netmanage.com>  
- MIME-Version: 1.0  
- Content-Type: TEXT/PLAIN; charset=US-ASCII  
- X-UIDL: ab97f703be14060978f7f063476537d7  
- Status: U  
- --- On Mon, 9 Dec 1996 15:38:38 -0400 rgreen@idcresearch.com
```

Quelques mots-clés SMTP

- ☞ To: adresse (seul mot clé requis)
- ☞ Subject: sujet du message
- ☞ From: adresse de l'expéditeur ou du signataire
 - ◆ permet de répondre au courrier
- ☞ Cc: adresse (Cc = Carbon copy)
- ☞ Bcc: adresse (Bcc = Blind carbon copy)
 - Deux messages sont envoyés au serveur
 - ◆ un avec la liste to +cc sans le header Bcc
 - ◆ l'autre à la liste Bcc avec le header complet

Quelques mots-clés SMTP (2)

- ☞ Reply-To:
 - adresse à laquelle la réponse doit être envoyée
- ☞ Message-ID: constitué du domaine name émetteur et d'une chaîne construite identifiant le message.
- ☞ References: renvoie à d'autres messages (souvent en utilisant le message id)
- ☞ Comments: texte
- ☞ Date: date de création
- ☞ Sender: adresse ayant transmis le message au serveur de départ
 - utilisé si le From: contient plus d'une adresse ou une adresse différente du système émetteur

Post Office Protocol (POP)

- ☞ Communication entre un client et son serveur
 - utilisation du port TCP 110
 - le client envoie une requête sur le port 110 et attend la réponse puis s'identifie
 - Transaction entre client et serveur
 - Fermeture de la connexion POP
 - Réponse du serveur et libération de la connexion TCP

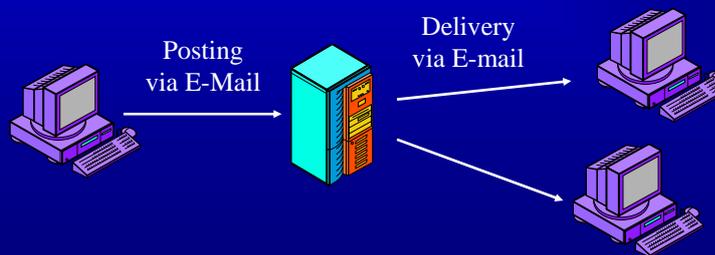
IMAP4

- ☞ IMAP - Interactive Mail Access Protocol (porte 143)
 - IMAP permet l'accès à des messages sur le serveur
 - “online”, “offline” and “disconnected” modes
 - ◆ offline : téléchargement des messages sur le client (comme en POP3) (store and forward)
 - ◆ on line : les messages restent sur le serveur (seuls les en têtes sont téléchargés) la connexion doit être maintenue pendant toute la session
 - ◆ disconnected : les messages sont manipulés puis la totalité de la session est mise à jour (problème de synchronisation)
- ☞ Permet l'accès depuis plusieurs clients à une même boîte aux lettres

LISTSERV

☞ Le serveur LISTSERV maintient la liste

- Abonnement à une liste spécifique
 - ◆ message `subscribe conferencename yourname` avec un corps de message vide (pas de signature)
- Les messages envoyés à la liste sont diffusés à tous les abonnés



Internet Applications

37

☞ Remote Processing

- Telnet

☞ Communication

- E-mail
- Computer Conferencing (USENET, LISTSERVs)
- Chat, MUDs

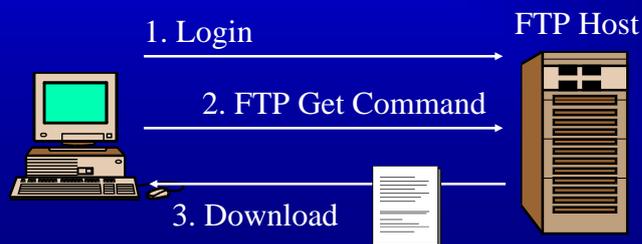
☞ Services d'information

- FTP
- Gopher
- World Wide Web



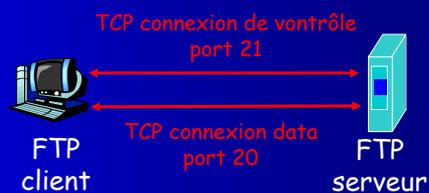
File Transfer Protocol (FTP)

- ☞ Login sur le serveur puis transfert (download ou upload)
- ☞ Connexion à un compte (avec mot de passe ou anonyme)
 - adresse IP toujours connue (TCP)



FTP (2)

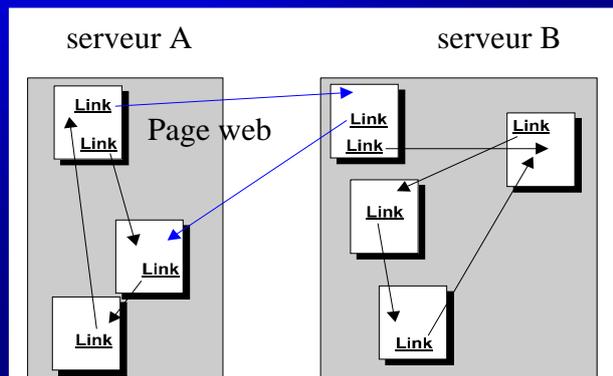
- ☞ Le client FTP contacte le serveur FTP sur le port 21, TCP
- ☞ Le client obtient une autorisation sur la connexion de contrôle
- ☞ Le client parcourt l'arborescence fichier (commande).
- ☞ Sur réception de la commande de transfert, le serveur ouvre une connexion TCP supplémentaire
- ☞ A la fin du transfert le serveur clot la connexion data



- ☞ Le serveur ouvre une deuxième connexion pour le transfert du fichier
- ☞ La connexion de contrôle est "hors bande"
- ☞ Le serveur FTP maintient un "état": répertoire courant, authentification du client

World Wide Web (WWW)

- ☞ Développé au CERN
 - Tim Berners-Lee, 1991
- ☞ Chaque page contient des liens vers d'autres pages (hypertexte)



Les normes World Wide Web

- ☞ HTTP (hyper text transfer protocol)
 - Requêtes et Transfert des pages
- ☞ HTML (hyper text mark up language)
 - Décrit la structure des pages et leur contenu
 - Chaque page contient du texte, et inclut éventuellement graphiques, sons, vidéo, applets java, ou d'autres objets

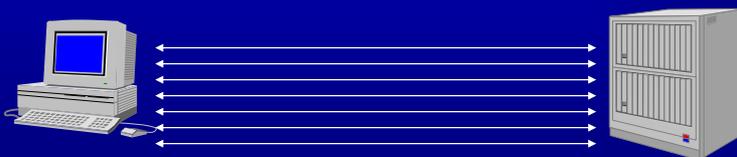
HTTP

- ☞ HyperText Transfer Protocol
- ☞ Le navigateur (client) envoie des requêtes au serveur
 - la requête contient l'URL (Uniform resource locator)
 - ◆ protocole utilisé (HTTP)
 - ◆ serveur
 - ◆ répertoire
 - ◆ fichier html (page)



HTTP

- ☞ Pour chaque composant du document ...
 - Récupération du fichier à partir du serveur
 - Affichage à l'écran, au sein du texte HTML
 - Plusieurs cycles de requêtes/réponses correspondant à chaque fichier (texte, audio, image...)



HTTP 1.0

☞ Pour chaque cycle:

- le PC ouvre une connexion TCP avec le serveur
- envoi d'une requête HTTP
- envoi par le serveur d'un ou plusieurs segments TCP pour la réponse
- clôture par le serveur de la connexion TCP

☞ Lent et inefficace

- la plupart des navigateurs sont capables d'ouvrir plusieurs connexions TCP simultanées

☞ HTTP 1.1

- ouverture d'une seule connexion TCP pour l'ensemble de la page

Les pages HTML

☞ Description de texte

- formatage, fontes...

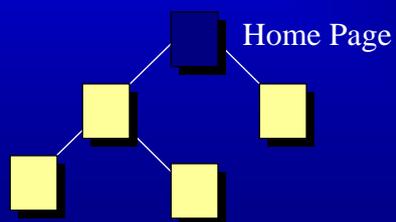
☞ Contient des balises pointant vers d'autres fichiers (URL)

- images, sons, animation...

☞ Contient des liens vers d'autres pages (balises URL)

Les sites Web

- ☞ Collection de pages organisées en un ensemble
 - La page d'entrée est la home page
 - Liens avec les autres pages du site
- ☞ Organisées le plus souvent en arbre



Les pages HTML

- ☞ Codées en caractères ASCII imprimables
 - Le formatage est décrit par des balises < >
- ☞ Les versions
 - HTML 2.0 universellement disponible, HTML 3.0 jamais livré, HTML 3.2 janvier 1997, HTML 4
 - extensions propriétaires (netscape, ie)

```
<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 3.2 Final//EN">
<HTML>
<HEAD><TITLE>First Webpage</TITLE></HEAD>
<BODY>
<H1>Hello World!</H1>
<P>This is my first webpage.
</BODY>
<HTML>
```

Le résultat



Quelques balises : Paragraphes

☞ Paragraphe

- Code <P>, fin de code </P> optionnel
- le lecteur insère un espace avant le paragraphe
- Pas d'indentation

```
<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 3.2 Final//EN">
<HTML>
<HEAD><TITLE>First Webpage</TITLE></HEAD>
<BODY>
<H1>Hello World!</H1>
➡ <P>This is my first webpage.
</BODY>
</HTML>
```

Quelques balises : Headings

☞ H1

- Tête de chapitre de premier niveau : **Hello World!**
- Commence avec <H1>; finit avec </H1>
- sous niveau : H2, H3, H4, H5, and H6

```
<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 3.2 Final//EN">
<HTML>
<HEAD><TITLE>First Webpage</TITLE></HEAD>
<BODY>
☞ <H1>Hello World!</H1>
<P>This is my first webpage.
</BODY>
<HTML>
```

Quelques balises : Doctype

☞ Norme appliquée

- ici : HTML 3.2

```
☞ <!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 3.2 Final//EN">
<HTML>
<HEAD><TITLE>First Webpage</TITLE></HEAD>
<BODY>
<H1>Hello World!</H1>
<P>This is my first webpage.
</BODY>
<HTML>
```

Quelques balises : HTML

☞ Délimite le document

- balise de fin requise `</HTML>`

```
<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 3.2 Final//EN">  
➡ <HTML>  
  <HEAD><TITLE>First Webpage</TITLE></HEAD>  
  <BODY>  
    <H1>Hello World!</H1>  
    <P>This is my first webpage.  
  </BODY>  
➡ <HTML>
```

Quelques balises : Head

☞ Head

- Information sur le document
- utilisé pour indexer la page dans les moteurs de recherche

☞ Title

- Utilisée comme barre de titre dans les lecteurs

```
<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 3.2 Final//EN">  
➡ <HTML>  
  <HEAD><TITLE>First Webpage</TITLE></HEAD>  
  <BODY>  
    <H1>Hello World!</H1>  
    <P>This is my first webpage.  
  </BODY>  
<HTML>
```


Caractères spéciaux

☞ Les caractères ASCII définissant les balises et les caractères spéciaux doivent être entrés au moyen de caractères spéciaux (commençant par &)

- Car. Code
- < <
- > ?
- & &
- “ "

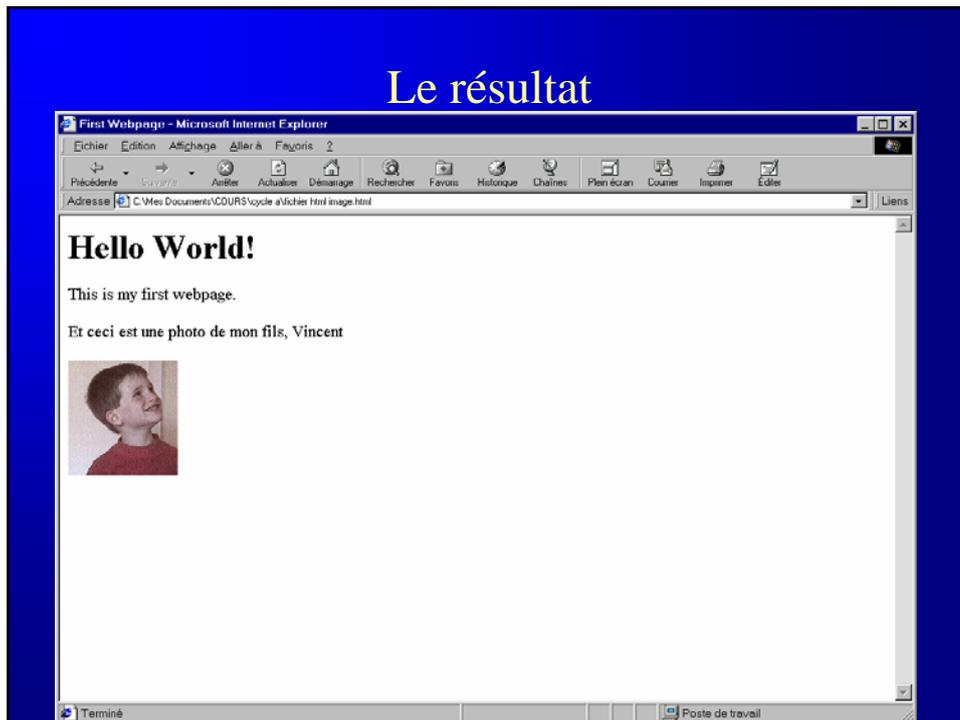
Quelques balises : les images

☞ Balise : IMG SRC

-
- URL de l'image
- Paramètres largeur et hauteur

```
<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 3.2 Final//EN">
<HTML>
<HEAD><TITLE>First Webpage</TITLE></HEAD>
<BODY>
<H1>Hello World!</H1>
<P>This is my first webpage.
<P> Et ceci est une photo de mon fils, Vincent</P>
<P><IMG SRC="VINC.JPG" WIDTH=130 HEIGHT=137></P></BODY>
</BODY>
<HTML>
```

Le résultat

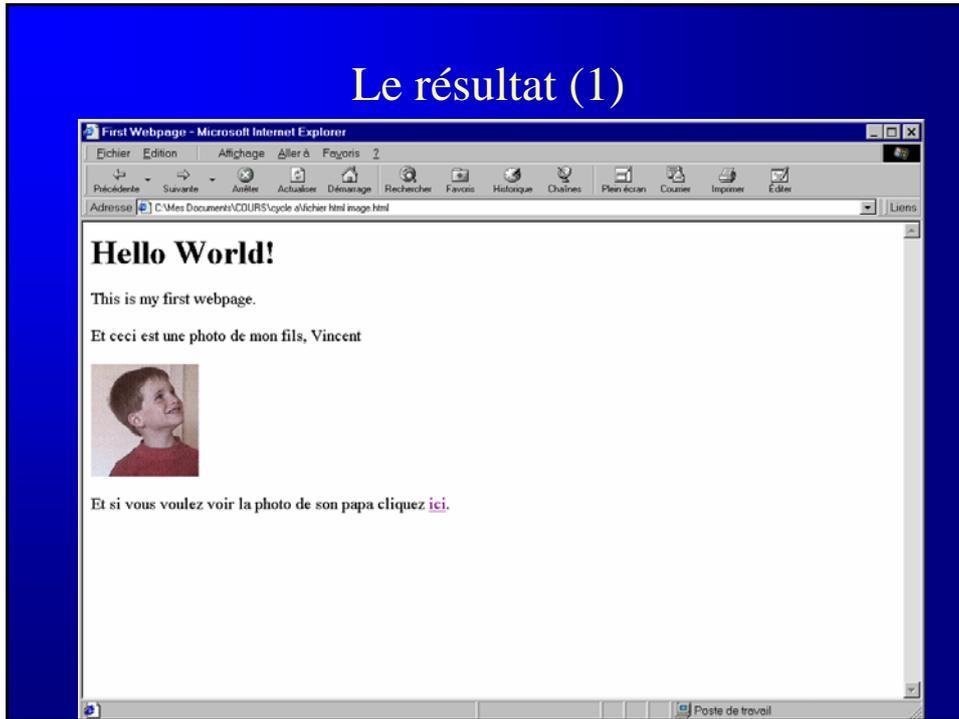


Les hyperliens

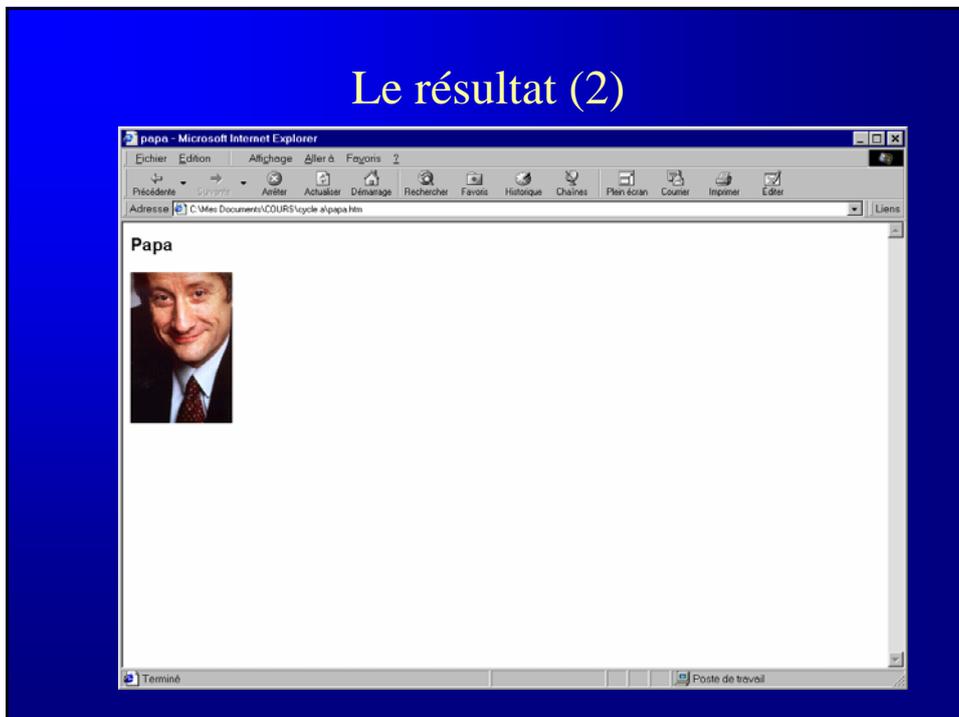
- ☞ Pointent vers une autre page
- ☞ `texte de référence`

```
<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 3.2 Final//EN">
<HTML>
<HEAD><TITLE>First Webpage</TITLE></HEAD>
<BODY>
<H1>Hello World!</H1>
<P>This is my first webpage.
<P> Et ceci est une photo de mon fils, Vincent</P>
<P><IMG SRC="VINC.JPG" WIDTH=130 HEIGHT=137></P>
<P>Et si vous voulez voir la photo de son papa cliquez <A HREF= papa.htm>ici</A>.
</P></BODY>
</BODY>
</HTML>
```

Le résultat (1)



Le résultat (2)



Les lecteurs ne sont pas limités au WWW

- ☞ Un seul client pour plusieurs serveurs
- ☞ Le lecteur accède directement à chaque serveur (ergonomie) et non pas au travers du web

