

Liaison de données - Plan

1. Circuit de données
2. Rôle de la liaison de données
3. Mécanismes de communication
4. Un exemple de protocole : HDLC
5. Cas des réseaux locaux



Kim Thai

-1-

Liaison de données - Plan

1. **Circuit de données**
2. Rôle de la liaison de données
3. Mécanismes de communication
4. Un exemple de protocole : HDLC
5. Cas des réseaux locaux



Kim Thai

-2-

Problématique



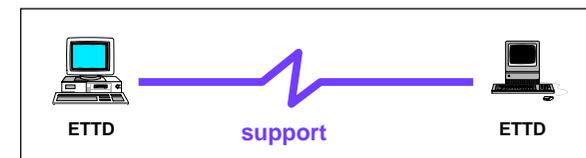
ETTD : Equipement Terminal de Traitement de Données



Kim Thai

-3-

Un support de transmission



- Les différents types
 - les supports électriques
 - les supports optiques
 - les supports aériens
- Les critères de comparaison
 - bande passante
 - atténuation
 - sensibilités diverses
 - coût
 - encombrement
 - poids, etc.



Kim Thai

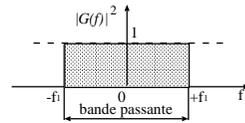
-4-

Notion de bande passante

Bande passante = $\{f \mid |G(f)| \neq 0\}$

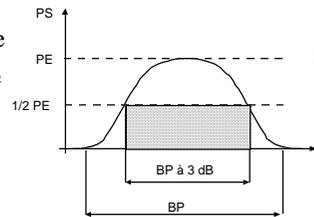
pour F tel que $G(f) = \begin{cases} 1 & \text{si } -f_1 \leq f \leq +f_1 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$

la BP est $[-f_1, f_1]$



Bande passante à n dB : $[f_1, f_2]$ tel que $10 \log_{10} \frac{P_E}{P_S} \leq n$

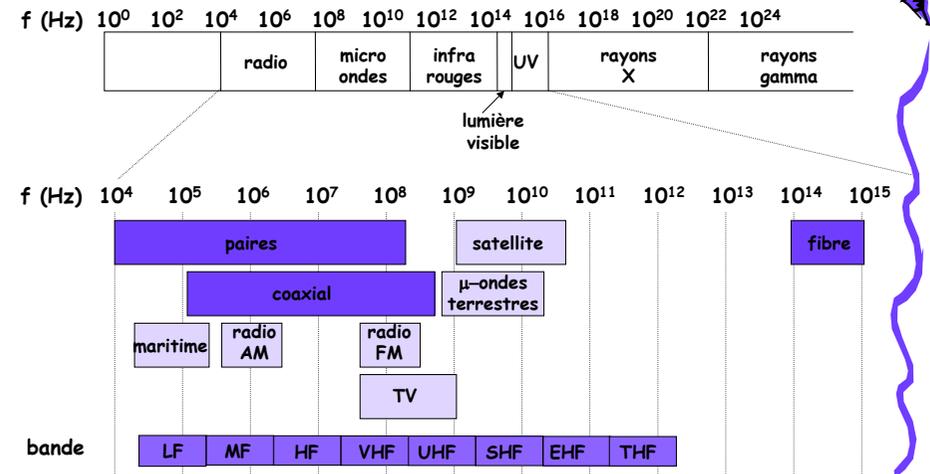
BP à 3 dB : la puissance du signal en sortie est au pire égale à la moitié de la puissance du signal en entrée



Kim Thai

-5-

Le spectre électromagnétique et son utilisation

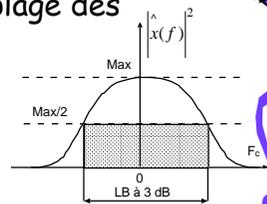


Kim Thai

-6-

Caractérisation du signal de données

- la largeur de bande du signal est la plage des fréquences qu'il utilise
- notion de largeur de bande à n dB
 - idem bande passante



↳ adéquation du signal au support ?

$$x(t) \xrightarrow{?} y(t)$$

$$x(t) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} C_k \cdot e^{2\pi i f_k t} \quad y(t) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} C_k \cdot G(f_k) \cdot e^{2\pi i f_k t}$$

$$\{ |C_k|^2 \} \quad \longrightarrow \quad \{ |G(f_k)|^2 \cdot |C_k|^2 \}$$

⊗ le plus souvent, la LB du signal n'est pas comprise dans la BP du support !!!



Kim Thai

-7-

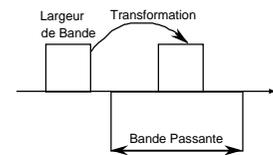
Techniques de codage

- ✓ problème : les signaux de suites de symboles binaires sont impropres à la transmission
 - le spectre est illimité et concentré autour de f=0
 - la valeur moyenne est de $\frac{1}{2}$
 - la restitution du signal d'horloge est difficile

✓ but du codage

✓ 2 familles de codage

- en bande de base
- par modulation d'une onde porteuse



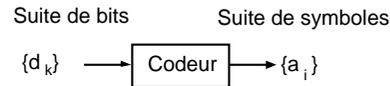
Kim Thai

-8-

Codage en bande de base

✓ Principe

- Le codage BdB transforme une suite binaire $\{d_k\}$ en une suite de symboles $\{a_j\}$



- les symboles a_j appartiennent à un alphabet fini de q éléments $\{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q\}$
- les symboles a_j ont tous la même durée Δ , égale à ou multiple de T (durée d'un bit)
- les θ_i sont les niveaux du signal
- q est la valence du signal (nombre de niveaux du signal)



-9-

Kim Thai

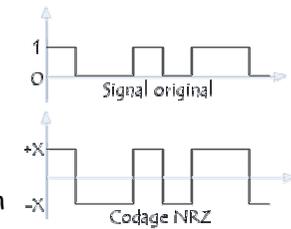


Codage NRZ

✓ No Return to Zero

✓ Principe

- $d_k = 0 \rightarrow$ le signal vaut $-X$
- $d_k = 1 \rightarrow$ le signal vaut $+X$



✓ Avantages et inconvénients

- ☺ la détection de la présence ou non du signal
- ☺ $q = 2$: bonne résistance aux bruits
- ☹ spectre de puissance concentré autour de la fréquence nulle, coupée par de nombreux supports
- ☹ la présence d'un courant continu lors d'une suite de 0 ou de 1, gênant la synchronisation entre émetteur et récepteur



Kim Thai

-10-

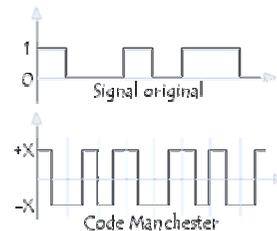
Codage de Manchester

✓ Principe

- $d_k = 0 \rightarrow$ front montant
- $d_k = 1 \rightarrow$ front descendant

✓ Avantages et inconvénients

- ☺ spectre ne contenant pas la fréquence nulle
- ☺ le non passage par zéro, rendant possible par le récepteur la détection d'un signal
- ☺ au moins une transition par intervalle
- ☹ un spectre occupant une large bande



-11-

Kim Thai



Codage par modulation

✓ Principe

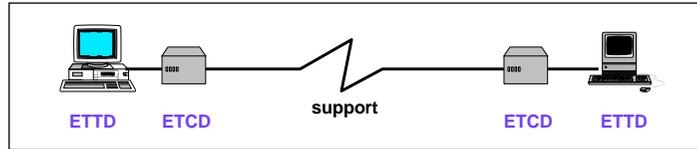
- La transmission est faite par modulation d'une onde porteuse caractérisée par :
 $A \sin(2\pi f t + \varphi)$
- Ses paramètres varient en fonction du signal de données (le signal modulant) :
 - en modulation d'amplitude : A varie
 - en modulation de fréquence : f varie
 - en modulation de phase : φ varie
- Ces différents types de modulation sont combinables



Kim Thai

-12-

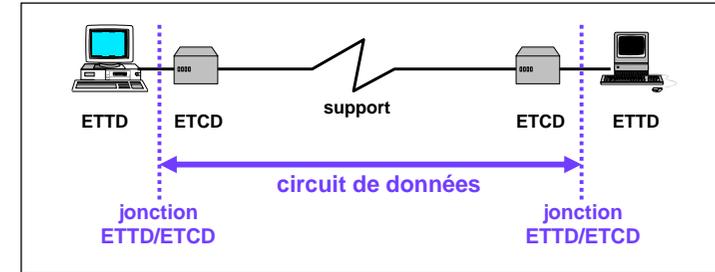
Le circuit de données



- **ETDD** (Equipement Terminal de Traitement de Données)
 - effectue les traitements sur les données (ainsi que la supervision de la transmission de données)
 - il s'agit d'une station (console, télétype, serveur, poste de travail, etc.)
- **ETCD** (Equipement de Terminaison du Circuit de Données)
 - adapte le signal numérique délivré par l'ETDD aux caractéristiques du support.
 - L'adaptation de l'information consiste en :
 - un codage / décodage bande de base (codec)
 - une modulation / démodulation (modem)



Le circuit de données



- Le **circuit de données** est composé par l'ensemble des moyens (physiques) permettant le transport d'un signal de données
- La **jonction ETDD/ETCD** spécifie les caractéristiques de la connexion (interface) physique entre l'ETDD et l'ETCD



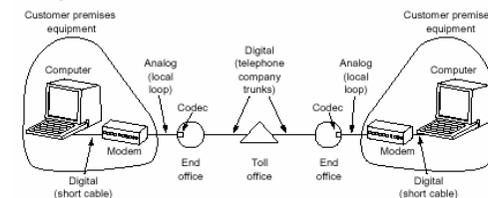
Rôle de l'interface ETDD/ETCD

- ✓ La normalisation s'impose !
 - pouvoir raccorder un ETDD (PC) à des ETCD (modems) différents...
- ✓ La jonction spécifie les caractéristiques de la connexion physique selon 4 aspects
 - **Mécanique**
 - concernent les spécificités du connecteur (nombre de broches, affectation des circuits, agencement du verrouillage du connecteur, des montages, etc.)
 - ex : IS 2110 pour un connecteur à 25 broches pour des interfaces de réseaux publics de données
 - **Electrique**
 - impédances, résistances, tensions, etc.
 - ex : V.28 pour des circuits de liaison à débits inférieurs à 19,2 kbit/s
 - **Fonctionnel**
 - classification des circuits : circuits de données, de contrôle, de base de temps (horloge), terres
 - ex : V.24 pour l'accès à un réseau analogique, X.24 pour l'accès à un réseau numérique
 - **Procédural**
 - concernent l'ensemble des procédures d'utilisation des circuits
 - ex : V.24 pour l'accès à un réseau analogique, X.21 pour l'accès à un réseau numérique



Modems

- ✓ acronyme de *modulateur-démodulateur*
- ✓ fonctions de base
 - la fonction *modulateur* transforme des signaux binaires appliqués en entrée en signaux à fréquence vocale que l'on peut envoyer sur une ligne téléphonique
 - la fonction *démodulateur* restitue les signaux binaires à partir des signaux sonores reçus
- ↪ pour que 2 correspondants puissent échanger des données via RTC, chacun doit placer un modem entre son ordinateur et sa ligne téléphonique



Modems

✓ fonctions supplémentaires

- choix entre plusieurs débits d'émission, utilisation de codes correcteurs d'erreurs, etc.
- autres services avancés



Modems

✓ 3 familles de modems

- **modems internes**
 - cartes d'extension qui s'installent sur les ports PCI et ISA de la carte mère
 - assurent les communications Internet, Minitel et fax
 - ne peuvent assurer aucune fonction lorsque l'ordinateur est hors tension
- **modems externes**
 - coffrets séparés ayant leur propre alimentation électrique, munis de diodes indiquant leur état de fonctionnement
 - offrent les mêmes fonctions que les précédents
- **modems autonomes**
 - peuvent assurer des services alors que l'ordinateur est hors tension
 - capacité mémoire : stockage possible de messages électroniques et de fax
 - répondeur enregistreur, téléphone mains libres
 - certains peuvent être programmés pour envoyer des fax et des mails à des heures prédéterminées



Modems

✓ normalisation UIT

- V.90
 - vitesse de transmission théorique de 56 kbit/s dans les 2 sens
 - en pratique : 34,4 en émission et entre 42 et 52 en réception
- pour des débits plus importants, voir les modems RNIS et ADSL

✓ connexion ordinateur-modem externe/autonome

- via un câble reliant le modem au port série du PC
 - via une connexion à un port USB du PC
 - sans fil : le modem est scindé en 2 parties
 - l'une est reliée à la prise téléphonique
 - l'autre est reliée au PC via le port série ou le port USB
- ↪ le PC et le modem peut être éloigné du modem d'une distance allant jusqu'à 50 m



La numérisation

✓ Avantages du numérique sur l'analogique

- facilités de stockage, de traitement et de restitution
- intégration (multimédia)
- faible taux d'erreurs des liaisons numériques par rapport aux liaisons analogiques (répéteurs vs. amplificateurs)
- coût des composants (équipements) numériques inférieur à celui des composants analogiques.

↪ la tendance : traiter des données numériques et les véhiculer par un signal numérique : le *tout numérique*.

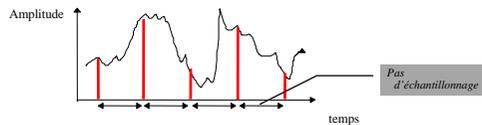
✓ La **numérisation** est une technique qui vise à numériser des données qui sont de nature analogique afin de permettre leur traitement par des équipements numériques

- processus en 3 étapes



L'étape d'échantillonnage

- ✓ consiste à prélever périodiquement la valeur du signal analogique
 - transformation d'un signal continu en un signal discret
 - Théorème de Shannon
La numérisation d'un signal analogique de fréquence maximum f_{max} est sans perte si la fréquence d'échantillonnage est :
 $f_e \geq 2.f_{max}$
- ↪ L'échantillonnage produit une représentation discrète du signal : on a une suite $\{a_i\}$ de réels quelconques

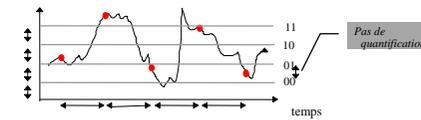


Kim Thai

-21-

L'étape de quantification

- ✓ consiste à représenter un échantillon par une valeur numérique appartenant à une échelle de quantification
 - introduit une erreur de quantification (d'autant plus importante que le niveau de quantification est faible et que le pas de quantification est grand)
 - ↪ utilisation d'échelles logarithmiques.
- ↪ La quantification donne une suite $\{a_i\}$ de valeurs appartenant à un ensemble de cardinal fini

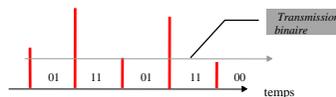


Kim Thai

-22-

L'étape de codage

- ✓ consiste à remplacer la suite $\{a_i\}$ d'échantillons par une suite binaire
 - s'il y a $q = 2^n$ niveaux de quantification, il faut n bits pour coder toutes les valeurs possibles d'échantillons quantifiés



Kim Thai

-23-

Exemple

- ✓ codage MIC (Modulation par Impulsion et Codage) à 2^8 niveaux (256 niveaux)
- ✓ application à la voix téléphonique
 - LB de la voix téléphonique analogique est de [300, 3400 Hz]
 - échantillonnage correct (sans perte de qualité) au moins à 6800 Hz, valeur "arrondie" par la normalisation à 8000 Hz, soit un échantillon prélevé toutes les 125 μs
 - échantillon codé sur 8 bits \rightarrow il faut un débit de 64 kbit/s pour transférer de la voix numérique

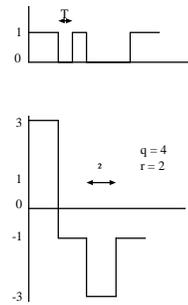


Kim Thai

-24-

Quelques relations utiles

- ✓ **débit binaire (D)** : nombre maximum d'éléments binaires transmis par seconde
 - T étant la durée d'un élément binaire, on a
 $D = 1/T$ bit/s
- ✓ **rapidité de modulation (R)** : vitesse (maximum) à laquelle les changements de niveaux du signal s'effectuent.
 - Δ étant l'intervalle significatif (i.e. la durée d'un niveau du signal (symbole θ_i)), on a
 $R = 1/\Delta$ bauds



-25-

Kim Thai



Quelques relations utiles

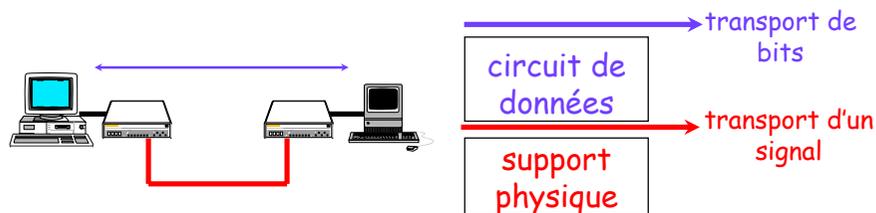
- ✓ soit r le nombre de bits codés par symbole θ_i et q la valence
 - on a : $r = \log_2 q$ ou $q = 2^r$
- ✓ relation liant D et R
 - $D = R \cdot r = R \cdot \log_2 q$
- ✓ formule de Shannon
 - $D_{max} = W \cdot \log_2 (1 + P_S/P_B)$
 - D_{max} est la capacité maximum théorique du support
 - W est la largeur de la bande passante (en Hz)
 - P_S/P_B est le rapport des puissances signal à bruit (sans unité)
 - $S/B = 10 \cdot \log_{10} (P_S/P_B)$
 - S/B en dB



-26-

Kim Thai

Etat de notre architecture



-27-

Kim Thai



Liaison de données - Plan

1. Circuit de données
2. Rôle de la liaison de données
3. Mécanismes de communication
4. Un exemple de protocole : HDLC
5. Cas des réseaux locaux



-28-

Kim Thai



Pourquoi une liaison de données ?

✓ Le circuit de données permet d'émettre et/ou de recevoir des bits en série

mais...

avec :

- un certain débit :
 $D = R \cdot \log_2 q$
- un certain délai :
 $T = l / D + d / v_p$
- un certain taux d'erreurs

↪ C'est insuffisant !

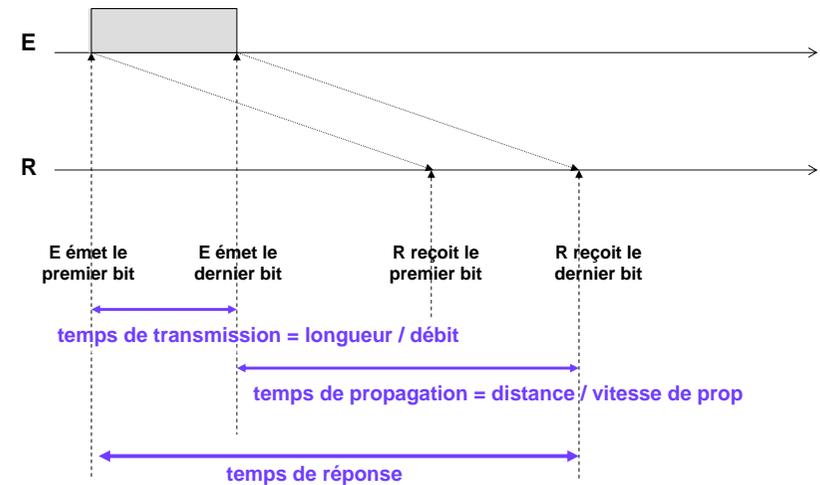
↪ ajout d'une interface logique



Kim Thai

-29-

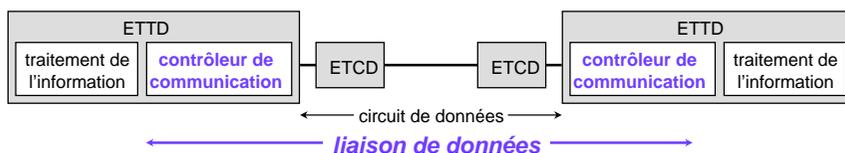
Temps de transmission et de propagation



Kim Thai

-30-

Qu'est-ce qu'une liaison de données ?



✓ Rôle : fiabiliser le transfert d'information entre 2 ETTD

✓ Fiabilité :

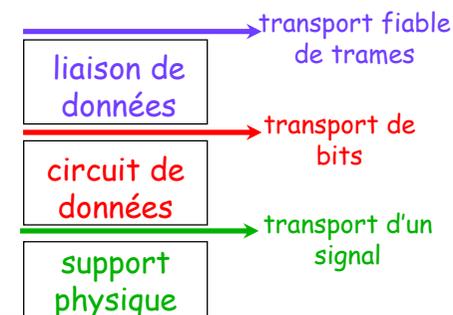
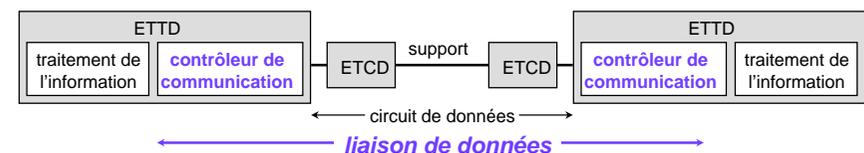
- pas d'erreur
- pas de perte
- pas de déséquencelement
- pas de duplication



Kim Thai

-31-

Vue en couches



Kim Thai

-32-

Services de liaison de données

- ✓ Les services à utiliser
 - services offerts par le circuit de données
- ✓ Les services à rendre
 - les utilisateurs doivent avoir l'illusion d'un canal de transmission fiable
 - les utilisateurs doivent pouvoir établir et libérer logiquement une liaison au dessus d'un circuit
- ↻ 3 éléments de service
 - établissement de liaison
 - transfert de données
 - libération de liaison

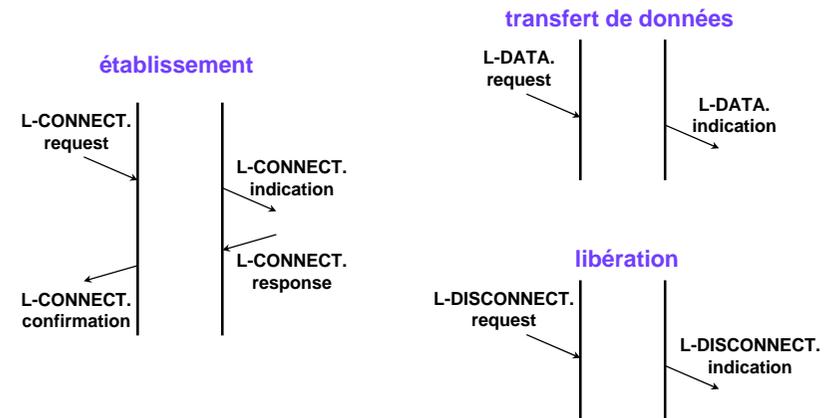


-33-

Kim Thai



Représentation des services



-34-

Kim Thai



Protocole de liaison de données

- ✓ une liaison de données : un canal physique capable de transmettre des bits, raccordant 2 (ou N) stations et leur permettant d'échanger de l'information structurée en trames
- ✓ un protocole de liaison de données : un ensemble de règles permettant de gérer la liaison
 - règles de codage
 - règles de structuration
 - règles d'échange
- ✓ le protocole met en œuvre un certain nombre de mécanismes de communication



-35-

Kim Thai



Liaison de données - Plan

1. Circuit de données
2. Rôle de la liaison de données
3. Mécanismes de communication
4. Un exemple de protocole : HDLC
5. Cas des réseaux locaux



-36-

Kim Thai



Délimitation des trames

✓ Problème

le récepteur doit savoir quand commence une trame et quand elle finit

✓ Idée

une trame doit commencer par un marqueur de début de trame et se finir par un marqueur de fin de trame

↪ Fanion de début/fin de trame



Kim Thai

-37-

Exemple de délimitation : 01111110

✓ mécanisme de transparence

- pour s'assurer qu'à l'intérieur de la trame, la configuration 01111110 ne soit pas interprétée comme un flag de fin
 - à l'émission : ajout d'un bit "0" après 5 "1" consécutifs
 - à la réception : destruction d'un bit "0" après 5 "1" consécutifs

✓ émission d'une trame

- construction de la trame
- calcul des bits de contrôle
- transparence (ajout)

✓ réception d'une trame

- transparence (retrait)
- calcul des bits de contrôle
- examen des champs de la trame



Kim Thai

-38-

Exemple de délimitation : 01111110

émission de

...110110111110101...

insertion de "0"

...11011011111 0 101...



destruction de "0"

...11011011111 0 101...

réception de

...110110111110101...

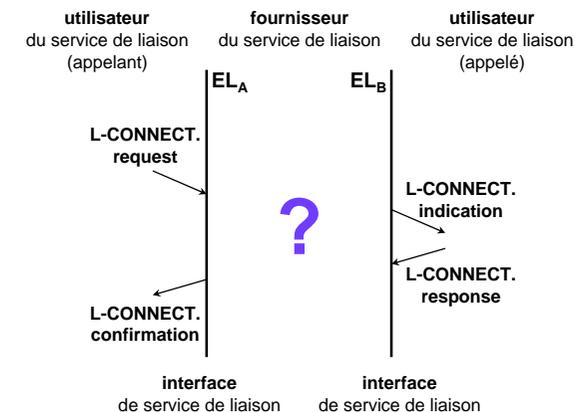


Kim Thai

-39-

Etablissement de la liaison

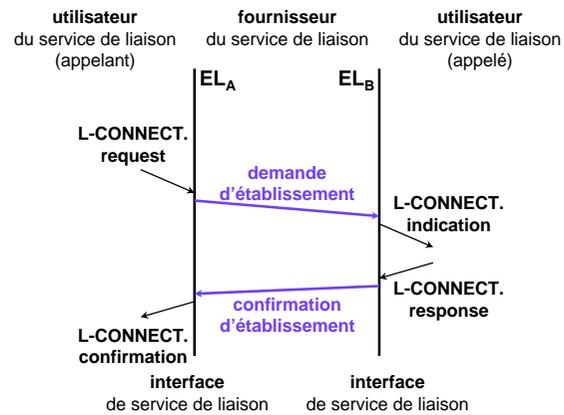
Le circuit de données est préalablement établi entre A et B



Kim Thai

-40-

Etablissement de la liaison



- ↪ Trame de demande d'établissement
- ↪ Trame de confirmation d'établissement

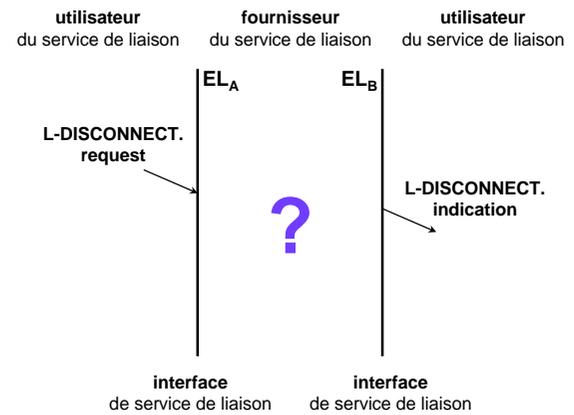


Kim Thai

-41-

Libération de la liaison

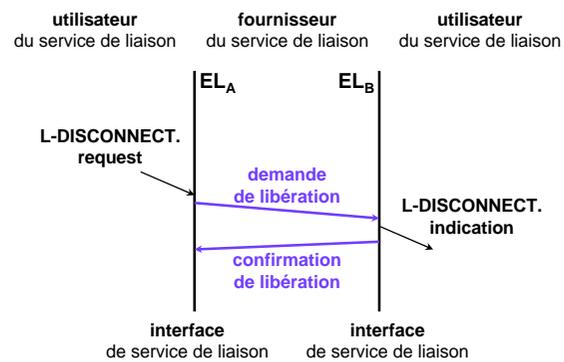
La liaison est en cours de transfert de données lorsque...



Kim Thai

-42-

Libération de la liaison



- ↪ Trame de demande de libération
- ↪ Trame de confirmation

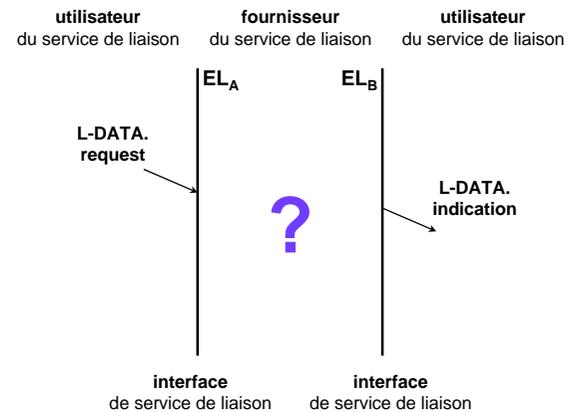


Kim Thai

-43-

Transfert de données

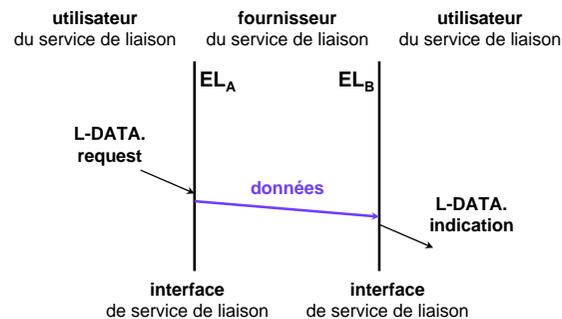
La liaison est établie



Kim Thai

-44-

Transfert de données



↳ Trame de données ou d'information

↳ Est-ce suffisant ???



Kim Thai

-45-

Les problèmes possibles...

- ✓ erreurs de transmission
- ✓ rupture du circuit de données
- ✓ pertes de trames
- ✓ débordement du récepteur
- ✓ panne d'un des ETTD
- ✓ panne d'un des ETCD
- ✓ etc.

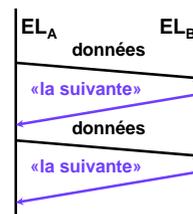


Kim Thai

-46-

Contrôle de flux

- ✓ Problème
 - pertes de données
 - possibles si engorgement du récepteur
- ✓ Idée
 - asservir le taux d'émission de trames au taux d'absorption du récepteur



↳ Trame « la suivante »
Protocole **Send-and-Wait**

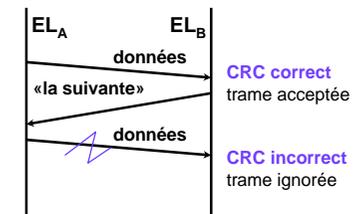


Kim Thai

-47-

Détection d'erreurs

- ✓ Problème
 - Des erreurs de transmission peuvent altérer les données
- ✓ Idée
 - Introduire de l'information de contrôle permettant de détecter la présence d'erreurs de transmission dans une trame



↳ champ de contrôle de type **CRC**



Kim Thai

-48-

Cyclic Redundancy Control

✓ Principe

- **hyp** : E et R utilisent le même *polynôme générateur* $G(x)$ de degré r
- en émission
 - $M(x)$ la forme polynomiale de la trame à émettre, de degré $k-1$
 - division mod2 : $x^r.M(x) = G(x).Q(x) + R(x)$
 - $T(x) = x^r.M(x) - R(x) = x^r.M(x) + R(x)$, $T(x)$ divisible par $G(x)$
 k premiers bits : bits d'information ; r derniers bits : bits de contrôle
- en réception
 - R reçoit une trame $T(x)$
 - division mod2 de $T(x)$ par $G(x)$
 - si reste $\neq 0$ alors erreur(s) de transmission
 sinon il y a une très forte probabilité pour que la trame soit exempte d'erreur (possibilité d'erreurs résiduelles)

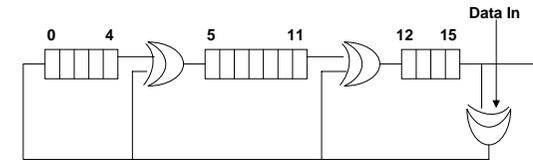


Cyclic Redundancy Control

✓ Exemples de polynômes générateurs

- V.41 : $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$
- CRC-16 : $x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$
- CRC-12 : $x^{12} + x^{11} + x^3 + x^2 + x^1 + 1$

✓ Mise en œuvre



↳ Le champ de CRC se situe généralement en fin de trame



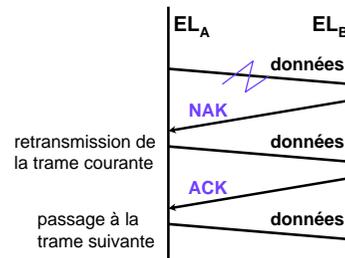
Reprise sur erreur

✓ Problème

recupérer une trame de données en erreur

✓ Idée

introduire une trame de contrôle demandant la retransmission de la trame de données



- ↳ Trame de contrôle **NAK**
- ↳ Trame de contrôle **ACK** (« la suivante »)



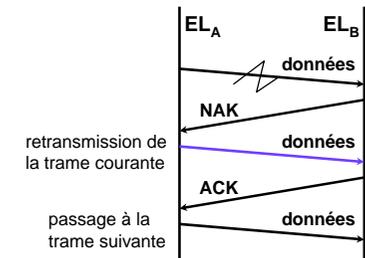
Rétention d'une copie

✓ Problème

pouvoir réémettre la dernière trame de données envoyée

✓ Idée

garder une copie de toute trame de données émise jusqu'à réception d'un acquittement positif



↳ **buffer** (tampon) d'émission



Anticipation

- ✓ Soit ρ le taux d'utilisation du canal de transmission

$$\rho = \frac{T_{td}}{R} \Rightarrow \rho \approx \frac{T_{td}}{T_{td} + 2 T_p} \Rightarrow \rho \approx \frac{l}{l + 2 T_p D}$$

- ✓ Cas d'une liaison satellite

- $D = 2$ Mbit/s
- $T_p = 270$ ms
- $l = 128$ octets $\Rightarrow \rho = 0,1\% !!!$



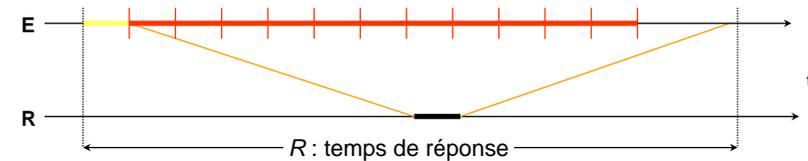
Kim Thai

-61-

Anticipation

- ✓ Idée

permettre à l'émetteur d'envoyer plusieurs trames consécutives avant de se bloquer en attente d'acquittement



- ↪ fenêtre d'anticipation de taille W



Kim Thai

-62-

Anticipation

- ✓ Principe

- la fenêtre est une liste de W numéros de séquence
- l'émetteur est autorisé à envoyer les W trames de données dont le $N(S)$ est tel que :
dernier $N(R)$ reçu $\leq N(S) \leq$ dernier $N(R)$ reçu + $W - 1$

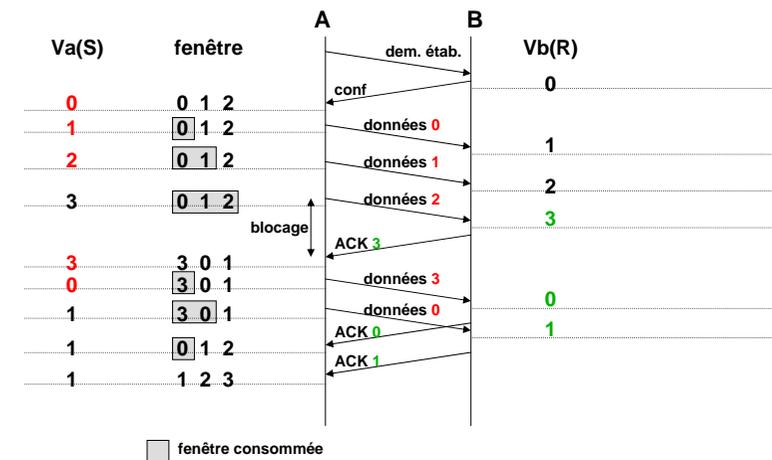
- ✓ Fenêtre coulissante



Kim Thai

-63-

Exemple : $m=4$ et $W=3$



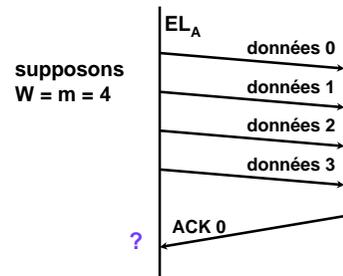
Kim Thai

-64-

Anticipation

✓ Dimensionnement de W

- cas du *Send-and-Wait* : $W = 1$ et $m = 2$
- (par absurde) supposons que $W = m$



- Règle : $W < m$



Kim Thai

-65-

Anticipation

✓ impacts sur les autres mécanismes

- acquittement positif : plusieurs stratégies
 - un ACK par trame
 - un ACK par fenêtre, etc
- acquittement négatif : plusieurs stratégies
 - rejet global
 - rejet sélectif
- régulation de flux
 - pouvoir suspendre temporairement le flux de données
 - pouvoir reprendre le flux de données

- ↳ Trame de **rejet global**
- ↳ Trame de **rejet sélectif**
- ↳ Trame « **stop** »



Kim Thai

-66-

Mécanismes : un bilan

✓ trames

- demande d'établissement
- confirmation
- demande de libération
- données
- acquittement positif
- rejet global / sélectif
- stop

✓ temporisateurs

- retransmission TI
- inactivité I

✓ paramètres

- modulo de la num. m
- nb max de transm. NI
- taille de la fenêtre W

↳ le protocole...



Kim Thai

-67-

Liaison de données - Plan

1. Circuit de données
2. Rôle de la liaison de données
3. Mécanismes de communication
4. **Un exemple de protocole : HDLC**
5. Cas des réseaux locaux



Kim Thai

-68-

Un exemple de protocole : HDLC

- ✓ High-level Data Link Control
- ✓ IS 3309-2, IS 4335
- ✓ configuration point-à-point ou multipoint
- ✓ exploitation en bidirectionnel à l'alternat ou simultané
- ✓ fonctionnement en mode connecté
- ✓ procédure orientée-bit
- ✓ utilisation d'une fenêtre d'anticipation (7 ou 127)



Kim Thai

-69-

Les modes de fonctionnement HDLC

- ✓ NRM (*Normal Response Mode*)
 - liaison point-à-point ou multipoint
 - gestion hiérarchique (un primaire, des secondaires)
 - exploitation par élection
- ✓ ARM (*Asynchronous Response Mode*)
 - liaison point-à-point ou multipoint
 - gestion hiérarchique (un primaire, des secondaires)
 - exploitation par compétition
- ✓ ABM (*Asynchronous Balanced Mode*)
 - liaison point-à-point
 - gestion symétrique (2 stations identiques)



Kim Thai

-70-

Structure de la trame HDLC

fanion	adresse	contrôle	information	FCS	fanion
8 bits	8 bits	8 bits	n bits ($n \geq 0$)	16 bits	8 bits

- fanion : '01111110'
 - délimitation de la trame, début et fin
 - synchronisation
 - mécanisme de transparence : par insertion d'un '0' après cinq '1' consécutifs dans les données
- adresse
 - identification de la station secondaire impliquée dans l'échange
 - trame de commande : la station secondaire destinataire
 - trame de réponse : la station secondaire émettrice



Kim Thai

-71-

Structure de la trame HDLC

fanion	adresse	contrôle	information	FCS	fanion
8 bits	8 bits	8 bits	n bits ($n \geq 0$)	16 bits	8 bits

- contrôle
 - type de la trame
 - numéros de séquence
 - extension à 16 bits en modulo 128
- information
 - données de l'utilisateur
 - toute trame de longueur inférieure à 6 octets est non valide
- FCS (*Frame Check Sequence*)
 - calculé à partir du polynôme V.41 ($x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$)



Kim Thai

-72-

Le champ de contrôle

trames I Information	0	N(S)	P/F	N(R)
--------------------------------	---	------	-----	------

trames S Supervisory	1	0	S	S	P/F	N(R)
--------------------------------	---	---	---	---	-----	------

trames U Unnumbered	1	1	U	U	P/F	U	U	U
-------------------------------	---	---	---	---	-----	---	---	---

- N(S) : numéro de séquence en émission
- N(R) : numéro de séq. de la prochaine trame I attendue
- P/F :
 - Poll : demande de réponse immédiate pour les commandes
 - Final : réponse au bit P ou trame finale (en NRM)
- jusqu'à 4 trames S différentes
- jusqu'à 32 trames U différentes



Les différentes trames

- ✓ trames I
- ✓ trames S
 - RR - Ready to Receive N(R)
 - REJ - Reject N(R)
 - SREJ - Selective Reject N(R)
 - RNR - Not Ready to Receive N(R)
- ✓ trames U
 - SNRM, SARM, SABM - Set NRM, ARM, ABM
 - SNRME, SARME, SABME - Extended
 - UA - Unnumbered Acknowledge
 - DISC - Disconnect
 - CMDR/FRMR - CoMmanD/FRaMe Reject
 - DM - Disconnect Mode

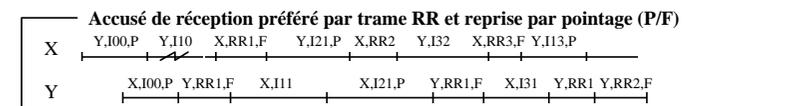
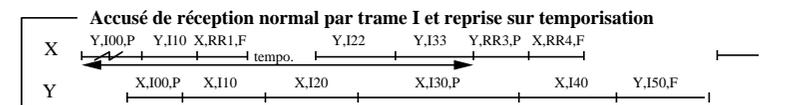
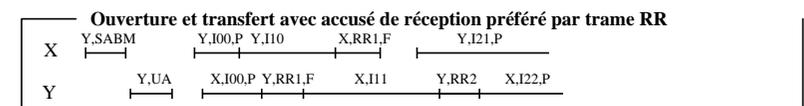
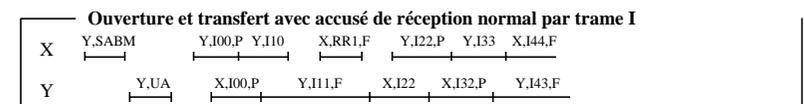


Les situations d'anomalie

- ✓ station temporairement occupée
 - indication d'un état d'occupation : émission d'un RNR N(R) indiquant le N° de la première trame non acceptée
 - indication d'un retour à la normale : émission d'un RR N(R) indiquant le N° de la prochaine trame attendue
- ✓ erreur de transmission
 - rejet des trames dont le FCS indique la présence d'erreurs
- ✓ erreur de numéro de séquence
 - émission d'un REJ ou d'un SREJ
- ✓ trame non valide
 - émission d'un CMDR ou d'un FRMR



Exemples d'échanges en mode ABM



Une variante : LAP-B

- ✓ Link Access Protocol - Balanced
- ✓ sous-ensemble de HDLC repris par le CCITT
- ✓ mode de fonctionnement équilibré uniquement
- ✓ utilisé dans :
 - l'interface d'accès X.25
 - les canaux B en mode circuit du RNIS



Une variante : LAP-D

- ✓ développé pour véhiculer les informations sur le canal D en mode paquet du RNIS
- ✓ canal D : en multipoint
- ↳ champ d'adressage
 - permet de déterminer un des équipements terminaux reliés au canal D
 - permet les adresses de diffusion et de multicast
 - codé sur 2 octets



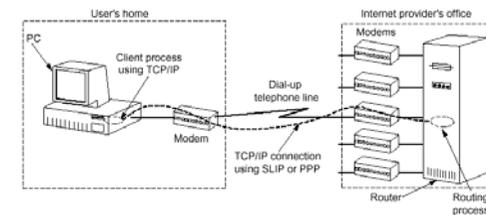
Une variante : LAP-F

- ✓ extension du LAP-D pour le relais de trames
- ✓ le champ d'adresse ne véhicule pas d'adresse mais un identificateur de connexion (*Data Link Connection Identifier*)



Liaison point à point dans l'Internet

- ✓ rôle majeur pour les accès domestiques par modem via un FAI
 1. le PC domestique se met en liaison avec un routeur
 2. il se comporte ensuite comme n'importe quel hôte du réseau



- ✓ protocoles de liaison de données nécessaires
 - SLIP
 - PPP



Le protocole SLIP

- ✓ Serial Line IP
- ✓ fonctionnalités
 - délimitation de trames
 - les paquets IP bruts sont délimités par le fanion 0xC0
 - transparence au fanion :
 - si 0xC0 apparaît dans le paquet, il est remplacé par (0xDB, 0xDC)
 - si 0xDB apparaît dans le paquet, il est doublé
- ✓ inconvénients
 - ⊗ pas de contrôle d'erreur (ni détection ni correction)
 - ⊗ mono-protocole (IP seulement)
 - ⊗ les 2 extrémités doivent connaître a priori leurs adresses réciproques → pas d'affectation dynamique
 - ⊗ pas d'authentification
 - ⊗ ce n'est pas un standard IETF → versions différentes et incompatibles



-81-

Le protocole PPP

- ✓ Point to Point Protocol
- ✓ variante de HDLC
- ✓ fonctionnalités
 - délimitation de trames
 - détection d'erreurs
 - négociation d'adresses
 - authentification
 - multi-protocole
- ↔ champ supplémentaire
 - de deux octets
 - déterminant le protocole de niveau supérieur
 - 0x0021 : IPv4
 - 0x002B : IPX
 - 0x800F : IPv6
 - situé après le champ de contrôle du format HDLC



-82-



Kim Thai



Kim Thai

Liaison de données - Plan

1. Circuit de données
2. Rôle de la liaison de données
3. Mécanismes de communication
4. Un exemple de protocole : HDLC
5. Cas des réseaux locaux



-83-

Réseaux locaux - Plan

1. Généralités
2. Méthodes d'accès
3. Normes IEEE
4. Réseaux Ethernet
5. Interconnexion



-84-



Kim Thai



Kim Thai

Réseaux locaux - Plan

1. Généralités

- ✓ qu'est-ce qu'un LAN
- ✓ caractéristiques d'un LAN

2. Méthodes d'accès

3. Normes IEEE

4. Réseaux Ethernet

5. Interconnexion



Kim Thai

-85-

Qu'est-ce qu'un LAN ?

✓ définition IEEE

- *A datacomm system allowing a number of independent devices to communicate directly with each other, within a moderately sized geographic area over a physical communications channel of moderate data rates*

↳ donc

- un LAN supporte des communications en point à point, tous les équipements en communication ayant le même statut dans le système
 - en opposition aux systèmes de communication hiérarchiques
- un LAN couvre typiquement un immeuble : < 10 km
 - en opposition aux WAN, MAN
- les équipements partagent un même support
 - en opposition aux réseaux maillés à commutation
- les débits visés vont de 10 à 100 Mbit/s
 - en opposition aux WAN



Kim Thai

-86-

Applications des LAN

- ✓ nés des besoins de communication, mais propres aux besoins d'une entité
- ✓ environnement bureautique
 - accès à des ressources partagées (fichiers, logiciels, imprimantes)
 - moyen de communication électronique entre les utilisateurs
- ✓ environnement industriel
 - interconnexion d'équipements de contrôle et de mesure
 - automatisation (Fabrication Assistée par Ordinateur)



Kim Thai

-87-

Objectifs de conception d'Ethernet

- ✓ débits allant de 1 à 10 Mbit/s
- ✓ distances géographiques d'au plus 1 km
- ✓ plusieurs centaines de nœuds
- ✓ simplicité
- ✓ fiabilité
- ✓ dépendance minimale vis-à-vis d'un composant central
- ✓ utilisation efficace des ressources partagées, en particulier du réseau lui-même
- ✓ stabilité sous forte charge
- ✓ accès équitable pour tous les nœuds
- ✓ facilité d'installation pour un petit réseau et évolution sans remise en cause de l'existant
- ✓ facilité de reconfiguration et de maintenance
- ✓ coût peu élevé



Kim Thai

-88-

Caractéristiques d'un LAN

- ✓ support de transmission
 - paires torsadées
 - câble coaxial
 - fibre optique
 - sans fil (ondes radio, infrarouges, laser)
- ✓ technique de transmission
 - numérique
 - analogique
- ✓ topologie
- ✓ méthode de contrôle d'accès



-89-



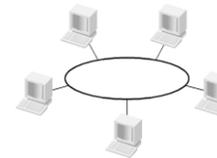
Kim Thai

La topologie physique

- ✓ ou le plan de câblage
- ✓ en théorie : 4 possibilités
 - l'étoile

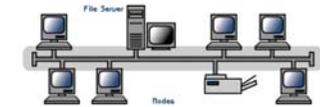


- l'anneau

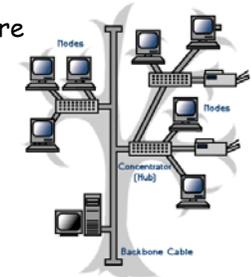


Kim Thai

- le bus



- l'arbre



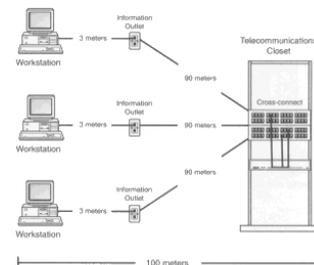
-90-

La topologie physique

- ✓ critères de choix
 - coût
 - le bus est probablement la topologie la moins chère (pas de concentrateurs)
 - longueur de câble
 - le bus utilise le moins de câble
 - pérennité
 - l'étoile permet aisément l'ajout de nouveaux nœuds
 - type de câble utilisé
 - le câble le plus répandu est la paire UTP qui est le plus souvent utilisée avec l'étoile
- ✓ en pratique : souvent l'étoile
 - armoire de brassage
 - située dans un local technique
 - sur laquelle arrivent les UTP



Maximum Distances for Horizontal Cabling



Kim Thai

In addition to the 90 meters of horizontal cable, a total of 10 meters is allowed for work area and telecommunications closet patch and jumper cables.

-91-



La topologie logique

- ✓ prise en compte par la méthode d'accès au support
 - décrit la manière selon laquelle circule "logiquement" l'information
- ✓ 3 possibilités
 - l'étoile
 - le bus
 - l'anneau
- ✓ exemples

log. \ phys.	étoile	bus	anneau
étoile	PABX	-	-
bus	10Base T	10Base5 DQDB	-
anneau	Token Ring	Token Bus	FDDI



Kim Thai

-92-



Réseaux locaux - Plan

1. Généralités
2. Méthodes d'accès
 - ✓ problématique
 - ✓ classification
 - ✓ accès statique
 - ✓ accès dynamique déterministe
 - ✓ accès dynamique aléatoire
3. Normes IEEE
4. Réseaux Ethernet
5. Interconnexion



Méthodes d'accès

- ✓ Problématique
 - un support unique partagé par l'ensemble des stations raccordées au support
 - les stations ne peuvent pas utiliser simultanément le support
- ↳ nécessité d'arbitrage !
- ✓ classification des mécanismes d'accès
 - accès statique
 - la bande passante est répartie de façon invariante dans le temps entre les stations
 - accès dynamique
 - la bande passante est allouée à la demande



Classification des méthodes d'accès

- ✓ accès statique
 - Accès Multiple à Répartition en Fréquence
 - Accès Multiple à Répartition dans le Temps
- ✓ accès dynamique
 - politiques d'accès dynamique à allocation déterministe
 - le polling
 - le jeton
 - non adressé
 - adressé
 - politique d'accès dynamique à allocation aléatoire
 - Aloha
 - Carrier Sense Multiple Access



TDMA

- ✓ Time Division Multiple Access
- ✓ Principe
 - le temps est découpé en intervalles réguliers qui sont affectés à chaque station de manière périodique
 - durant le slot qui lui est alloué, la station possède le droit exclusif d'accès au canal
- ✓ avantages
 - ☺ simplicité
 - ☺ équité
 - ☺ priorités faciles à mettre en œuvre
- ✓ inconvénients
 - ☹ manque d'efficacité, mauvaise utilisation de la BP
 - ☹ besoin de synchronisation → une station "primaire" émet un message de synchro. pour démarrer un nouveau cycle
 - ☹ problème de fiabilité de la station primaire
 - ☹ tout ajout ou retrait de station implique une modification du cycle



FDMA

✓ Frequency Division Multiple Access

✓ Principe

- la bande passante est découpée en sous-bandes
- une sous-bande est affectée à une seule station qui en a l'usage exclusif

✓ avantages

- ⊙ simplicité
- ⊙ équitabilité
- ⊙ priorités faciles à mettre en œuvre

✓ inconvénients

- ⊗ inter-bandes → gaspillage
- ⊗ manque d'efficacité, mauvaise utilisation de la BP
- ⊗ tout ajout ou retrait de station implique une modification du découpage de la BP



-97-

Kim Thai



Accès statique

✓ les méthodes d'accès statique

- sont adaptées aux cas où
 - le nombre de stations actives est réduit et fixe
 - les trafics sont prévisibles et à débits constants
- ne sont pas adaptées aux LAN où
 - le nombre de stations actives varie dans le temps
 - les stations génèrent un trafic sporadique

↳ il est préférable d'allouer la BP dynamiquement en fonction des demandes immédiates



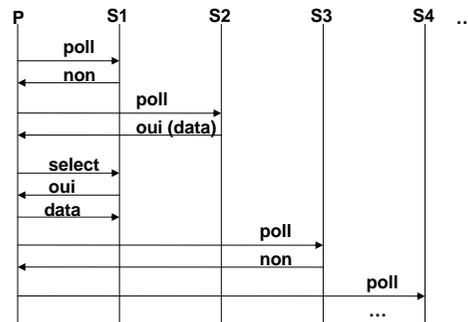
-98-

Kim Thai



Le polling

✓ Principe



✓ avantages

- ⊙ simplicité
- ⊙ équitabilité (en limitant la réponse)
- ⊙ priorités faciles à mettre en œuvre

✓ inconvénients

- ⊗ manque d'efficacité (*overhead*)
- ⊗ approche centralisée → fiabilité du primaire
- ⊗ approche centralisée → goulet d'étranglement du primaire



-99-

Kim Thai



Le jeton

✓ Principe

- consiste à faire circuler sur le réseau une trame spéciale : le jeton
 - seule la station qui possède le jeton, à un instant donné, est autorisée à émettre
- #### ✓ 2 variantes
- le jeton non adressé
 - le jeton adressé



-100-

Kim Thai



Le jeton non adressé

✓ utilisé sur des topologies en anneau

✓ Principe

- le jeton circule sur l'anneau et donne, selon son état (libre/occupé) le droit d'émettre à la station qui le détient
- une station qui veut émettre
 - attend un jeton marqué "libre"
 - sur réception de ce dernier
 - elle change l'état du jeton ("occupé")
 - elle attache au jeton son message, son @ et l'@ de dest.
 - elle transmet le tout sur l'anneau
- une station qui reçoit un jeton marqué "occupé"
 - consulte l'@ de dest.
 - si c'est la sienne, elle copie la trame et fait suivre la trame
 - consulte l'@ de source
 - si c'est la sienne, elle retire la trame et émet un jeton marqué "libre"



Le jeton non adressé

✓ avantages

- ☺ accès déterministe : chaque station est assurée de pouvoir émettre avant un délai borné
- ☺ stabilité à forte charge : les performances ne s'écroulent pas
- ☺ mise en œuvre de priorités possible

✓ inconvénients

- ☹ la connectivité doit être maintenue
- ☹ inefficacité à faible charge
- ☹ overhead du jeton
- ☹ nécessité d'une station de surveillance pour veiller à l'unicité du jeton

✓ méthode utilisée dans IEEE 802.5 (Token Ring)



Le jeton adressé

✓ utilisé sur des topologies en bus

✓ Principe

- un anneau virtuel est créé : chaque station connaît son prédécesseur et son successeur par leurs @
- seule la station en possession du jeton peut émettre
 - si elle n'a rien à émettre, elle envoie le jeton à son successeur logique → jeton adressé
 - si elle a de l'information à émettre, elle peut émettre pendant un temps limité, au bout duquel elle doit passer le jeton à son successeur



Le jeton adressé

✓ avantages

- ☺ accès déterministe : chaque station est assurée de pouvoir émettre avant un délai borné
- ☺ stabilité à forte charge : les performances ne s'écroulent pas
- ☺ mise en œuvre de priorités possible
- ☺ bus passif vs. anneau actif
- ☺ retrait implicite des trames (vs. jeton non adressé)

✓ inconvénients

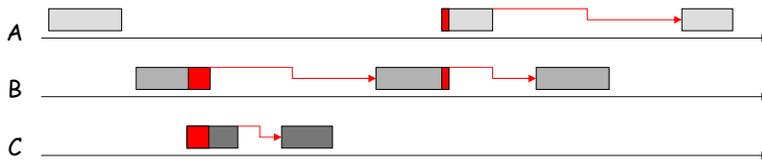
- ☹ inefficacité à faible charge
- ☹ overhead du jeton
- ☹ nécessité d'une station de surveillance pour veiller à l'unicité du jeton
- ☹ mécanismes lourds pour l'insertion et le retrait de stations
- ☹ nécessité d'une procédure d'initialisation de l'anneau

✓ méthode utilisée dans IEEE 802.4 (Token Bus)



(Pure) Aloha

- ✓ testé au début des années 70 sur un réseau reliant les îles Hawaï par faisceaux hertziens
- ✓ Principe
 - une station émet dès lors qu'elle le souhaite
 - en cas de **collision**, la station réémettra sa trame au terme d'un délai aléatoire
 - au bout de N collisions successives, la station abandonne

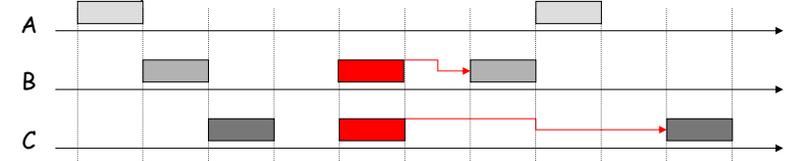


- ✓ efficacité très faible : 18% !

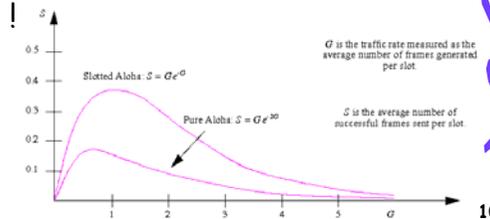


Slotted Aloha

- ✓ amélioration du Pure Aloha
- ✓ Principe
 - le temps est discrétisé
 - les stations ne peuvent émettre qu'en début de slots

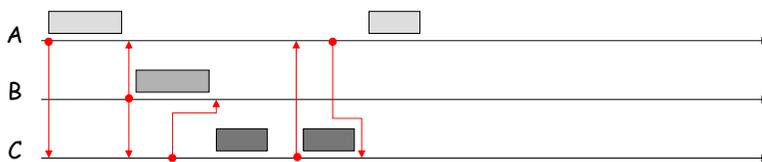


- ✓ efficacité faible : 36% !



CSMA

- ✓ Carrier Sense Multiple Access
- ✓ Principe
 - reprend le Pure Aloha
 - avec une "écoute" du canal avant d'émettre : la station n'émet que si le canal est libre

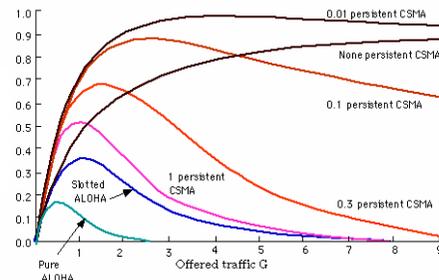
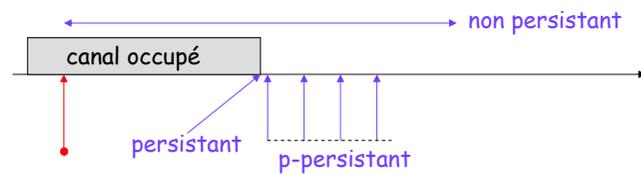


CSMA

- ✓ Variantes selon le type de décision prise par la station émettrice lorsqu'elle détecte le canal occupé
 - CSMA persistant
 1. écoute persistante du canal
 2. dès qu'il devient libre, émettre
 - CSMA non persistant
 1. faire une nouvelle tentative au bout d'un temps aléatoire
 - CSMA p-persistant
 1. écoute persistante du canal
 2. dès qu'il devient libre,
 - avec une probabilité p , émettre
 - avec une probabilité $(1-p)$, attendre un délai et aller en 1.



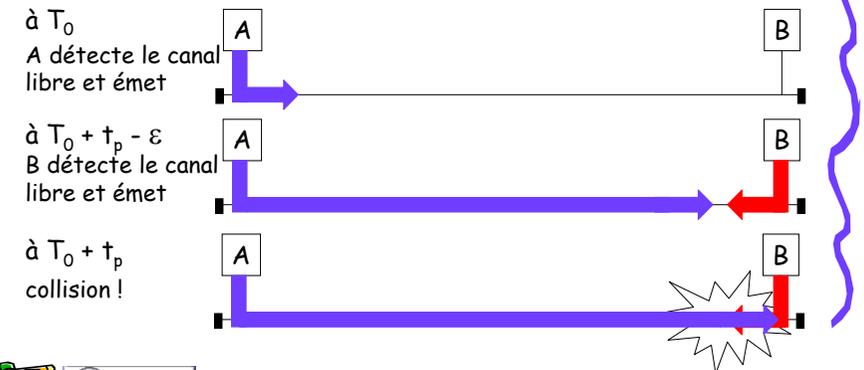
CSMA



Influence du temps de propagation

✓ Pourquoi peut-il y avoir encore des collisions ?

- deux stations A et B, situées aux extrémités d'un bus
- d la distance les séparant et v_p la vitesse de propagation sur le bus
- t_p le temps de propagation entre A et B : $t_p = d / v_p$



CSMA/CD

- ✓ Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection
- ✓ le protocole utilisé par Ethernet !
- ✓ Principe
 - reprend CSMA
 - une station qui émet continue à écouter le canal pendant sa transmission → détection des collisions
 - en cas de collision, chaque station impliquée déroule un algorithme de reprise

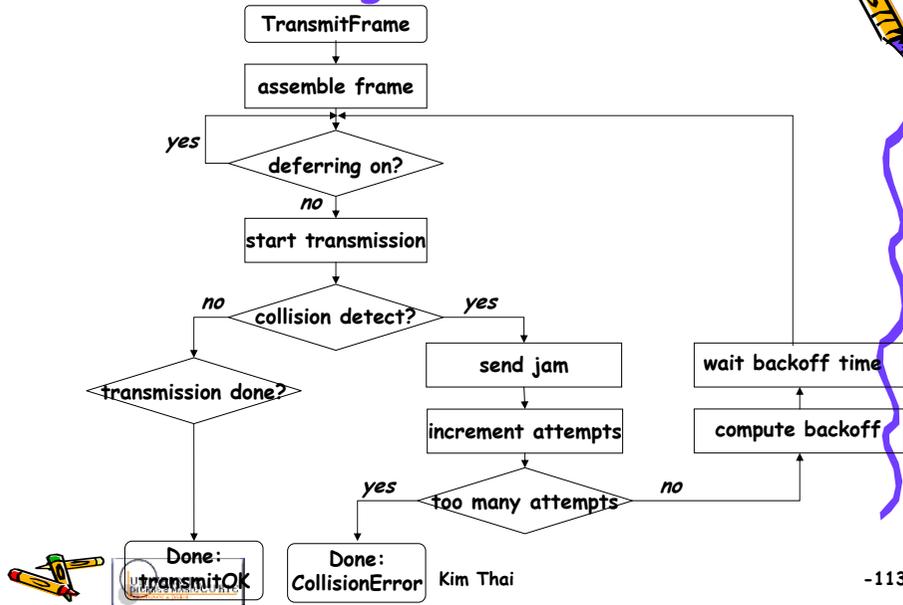


CSMA/CD : définitions

- période de vulnérabilité
 - intervalle de temps pendant lequel une station éloignée peut détecter le canal libre et transmettre à son tour
 - égale au maximum à un temps de propagation entre les 2 stations les plus éloignées sur le support
- fenêtre de collision (*time-slot*)
 - délai maximum qui s'écoule avant que l'on détecte une collision ou encore délai après lequel une station est certaine d'avoir réussi sa transmission
 - égale à deux fois le temps de propagation d'un signal sur le support.
 - ↳ c est l'unité de temps du protocole
- séquence de brouillage (*jam sequence*)
 - séquence de brouillage envoyée par une station dès qu'elle a détecté une collision, afin de la rendre détectable par l'ensemble des stations impliquées
- délai inter-trame (*interframe gap*)
 - silence minimum entre 2 trames successives



CSMA/CD : algorithme



Kim Thai

-113-

Exponential backoff

✓ algorithme de calcul du délai aléatoire d'attente

- détermine l'instant de retransmission d'une trame qui a subi une collision
- calcule la durée aléatoire D avant retransmission
- l'intervalle croît avec le nb de collisions subies
- lorsque n atteint 16, il y a abandon de la transmission

Backoff (D) ;
n : nombre total de collisions déjà subies par la trame
 $k = \min(n, 10)$
tirage d'une variable aléatoire M telle que $0 \leq M < 2^k$
 $D = M * \text{time-slot}$
return (D)



Kim Thai

-114-

CSMA/CD

✓ avantages

- ☺ approche complètement décentralisée
- ☺ simplicité
- ☺ équitabilité
- ☺ très efficace sous faible charge
- ☺ utilisation d'un bus passif
- ☺ facilité d'installation pour un petit réseau et évolution sans remise en cause de l'existant
- ☺ coût peu élevé

✓ inconvénients

- ☹ délais imprévisibles
- ☹ pertes de trames possibles



Kim Thai

-115-

Réseaux locaux - Plan

1. Généralités
2. Méthodes d'accès
3. Normes IEEE
 - ✓ architecture IEEE 802
 - ✓ LLC
 - ✓ MAC 802.3
4. Réseaux Ethernet
5. Interconnexion

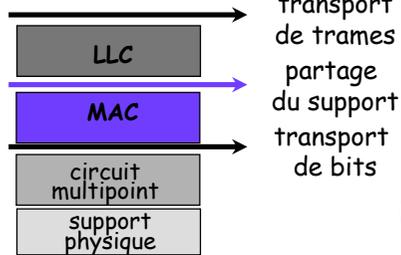


Kim Thai

-116-

La couche liaison dans les LAN

- ✓ 2 sous-couches
- ✓ MAC
 - Medium Access Control
 - définit des règles de partage du support multipoint
 - éviter les contentions d'accès
 - partager équitablement la BP
- ✓ LLC
 - Logical Link Control
 - fournit la plupart des fonctions de la couche liaison de données



L'architecture IEEE

LLC	IEEE 802.2							
	services : mode non connecté, avec ou sans acquittements mode connecté avec acquittements							
MAC	IEEE 802.3	CSMA/CD	IEEE 802.2	Bus à jeton	IEEE 802.5	Anneau à jeton	IEEE 802.4	DQDB
Physique	coaxial bande de base : 10Mbps paire torsadée: 10,100Mbps coaxial large bande/ fibre optique : 10Mbps		coaxial large bande: 1,5,10Mbps fibre optique : 5,10,20Mbps		paire torsadée isolée: 4,16Mbps paire torsadée : 4Mbps		fibre optique : 100Mbps	



Architecture IEEE

Overview Architecture and Management	802.1		802.10 Security and Privacy					application
	802.2		Logical Link Control					
	802.1		Bridging					liaison
	802.10		Secure Data Exchange					
	CSMA/CD	Token Bus	Token Ring	MAN	IVD	Sans fil	AnyLan	MAC
	802.3	802.4	802.5	802.6	802.9	802.11	802.12	PHY
		802.7	Broadband TAG					
		802.8	Fiber Optic TAG					



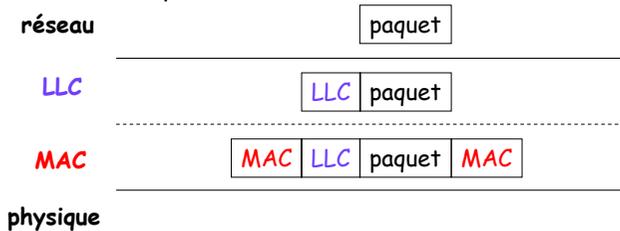
Architecture IEEE

- 802.1 Overview et architecture
- ↓ 802.2 Lien logique (LLC)
- ★ 802.3 CSMA/CD
- ↓ 802.4 Token Bus
- 802.5 Token Ring
- ↓ 802.6 MAN (DQDB)
- ↓ 802.7 Technologies Large Bande
- † 802.8 Technologies Fibre optique
- ↓ 802.9 LAN isochrone (temps réel)
- ↓ 802.10 LAN virtuels et sécurité
- ★ 802.11 LAN sans fil
- ↓ 802.12 Demand Priority (AnyLAN de HP)
- 802.13
- ↓ 802.14 Modems câble
- ★ 802.15 PAN (Bluetooth)
- ★ 802.16 Large bande sans fil
- 802.17 Resilient packet ring



La sous-couche LLC (IEEE 802.2)

- ✓ responsable de l'adressage et du contrôle du lien de données
 - indépendante de la topologie et du support de transmission
 - indépendante de la sous-couche MAC
- ✓ elle fournit
 - le choix entre plusieurs services
 - un format simple et une interface avec la couche réseau



Kim Thai

-121-

La sous-couche LLC

- ✓ 3 services et 3 protocoles
 - sans connexion : **LLC1**
 - aucun séquençement, aucun acquittement (→ pas de garantie de livraison, pas de notification en cas d'échec), aucun contrôle d'erreur
 - simple et utile pour des applications pour lesquelles un mode connecté serait pénalisant (diffusion, transactionnel, temps réel)
 - avec connexion : **LLC2**
 - contrôle d'erreur et contrôle de flux (comparable HDLC)
 - sans connexion avec acquittement : **LLC3**
 - vise une fiabilité des échanges sans avoir d'états de connexion à maintenir



Kim Thai

-122-

La norme IEEE 802.3

- ✓ les paramètres de la spécification
 - durée `time_slot` : 512 bit times (51,2 μ s pour un réseau à 10 Mbit/s)
 - délai inter-trame : 9,6 μ s
 - # max de retransmissions d'une trame : 16
 - multiplicateur max de l'intervalle de tirage : 10
 - longueur de la séquence de brouillage : 32 bits
 - **taille maximale d'une trame : 1518 octets**
 - **taille minimale d'une trame : 64 octets**
 - taille de l'adresse : 48 bits



Kim Thai

-123-

La norme IEEE 802.3

- ✓ format de la trame

7	1	2 ou 6	2 ou 6	2		4	
Amorce	Marqueur début	Adresse destination	Adresse origine	longueur	Données	Octets de bourrage	FCS

 - le champ *longueur* donne le # d'octets du champ de données
 - les octets de bourrage permettent d'atteindre éventuellement la taille totale minimum de 64 octets
- ✓ Ethernet
 - le champ *longueur* est remplacé par un champ *type* identifiant le protocole de niveau supérieur



Kim Thai

-124-

Les supports IEEE 802.3

- ✓ câble coaxial
 - câble épais : spécification de base (1985)
 - câble fin
 - ✓ paires torsadées
 - UTP5 : le support le plus courant aujourd'hui
 - ✓ fibre optique
- ✓ Ethernet 100 } il faut un commutateur
✓ GigaEthernet }



Kim Thai

-125-

Réseaux locaux - Plan

1. Généralités
2. Méthodes d'accès
3. Normes IEEE
4. Réseaux Ethernet
 - ✓ 10Base5
 - ✓ 10Base2
 - ✓ 10BaseT
5. Interconnexion

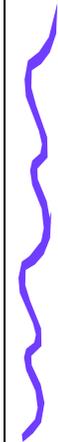
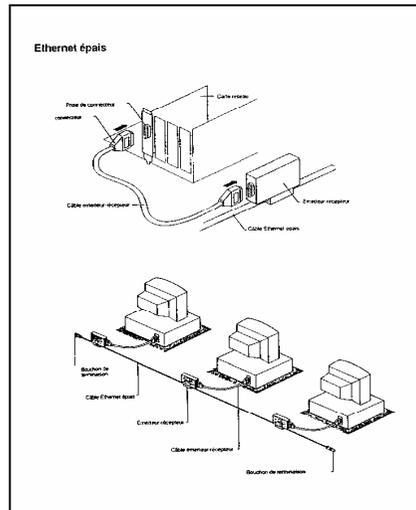


Kim Thai

-126-

Ethernet 10Base5

- ✓ topologie en bus
- ✓ débit : 10 Mbit/s
- ✓ codage en bande de base (Manchester)
- ✓ taille max. du réseau : 2,5 km
- ✓ longueur max. d'un segment : 500 m
- ✓ # max. de stations par segment : 100
- ✓ raccordement des stations au câble coaxial par :
 - câble de liaison (50 m max.)
 - transceiver (émetteur-récepteur)
- ✓ distance min. entre 2 transceivers : 2,5 m

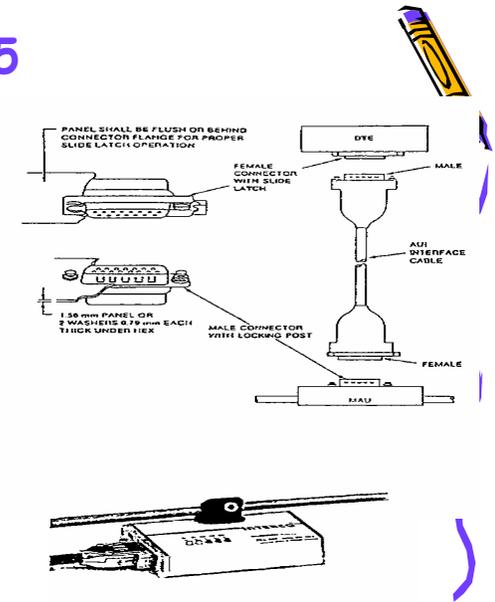


Kim Thai

-127-

Ethernet 10Base5

- ✓ câble coaxial épais RG11 dit câble jaune
 - impédance = 50 Ω
 - \varnothing 10 mm
 - rayon de courbure = 25 cm
 - atténuation 8,5 dB/100m à 10 Mhz
 - coefficient de vélocité = 0,77
- ✓ câble de liaison :
 - connecteurs DB15 (prise AUI)
 - 4 paires torsadées (émission, réception, collision, alimentation)
 - raccordement sur câble coaxial par prise vampire
- ✓ bouchon de terminaison 50 Ω



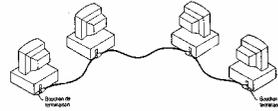
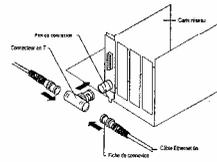
Kim Thai

-128-

Ethernet 10Base2

- ✓ topologie en bus
- ✓ débit : 10 Mbit/s
- ✓ codage en bande de base (Manchester)
- ✓ taille max. du réseau : 925 m
- ✓ longueur max. d'un segment : 185 m
- ✓ # max. de stations par segment : 30
- ✓ transceiver intégré dans la carte
- ✓ distance min. entre 2 transceivers : 0,5 m

Ethernet lin

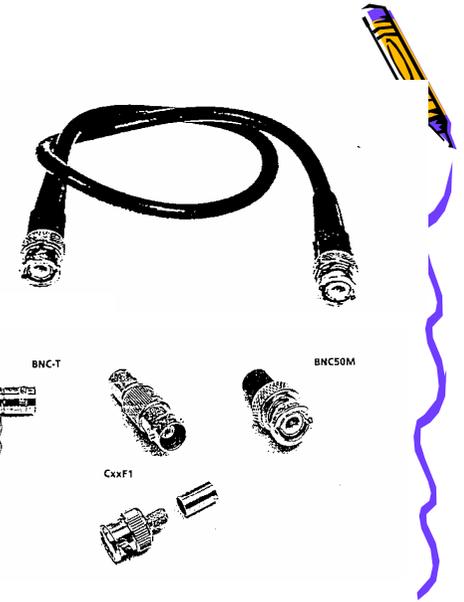


Kim Thai

-129-

Ethernet 10Base2

- ✓ câble coaxial fin RG58 dit câble noir
 - impédance = 50 Ω
 - \varnothing 4,6 mm
 - rayon de courbure = 5 cm
 - atténuation 4,6 dB/100m à 10 Mhz
 - coefficient de vélocité = 0,65
- ✓ connecteurs BNC:
 - raccord droit
 - raccord en T
- ✓ bouchon de terminaison 50 Ω

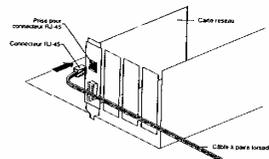
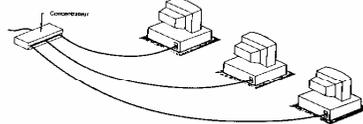


Kim Thai

-130-

Ethernet 10BaseT

- ✓ débit : 10 Mbit/s
- ✓ topologie physique en étoile
- ✓ topologie logique en bus grâce aux hubs
- ✓ distance max. d'une station au hub : 100 m
- ✓ codage en bande de base (Manchester)
- ✓ paires Torsadées



Kim Thai

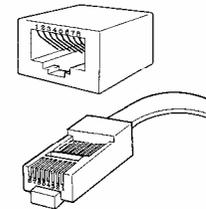
-131-

Ethernet 10BaseT

- ✓ paires torsadées
 - une paire en émission
 - une paire en réception
- ✓ connecteur RJ45
- ✓ en tenant le connecteur face à soi avec le clip de fixation vers le haut, les broches sont numérotées de 1 à 8 de la gauche vers la droite

N° Utilisation

- | | |
|---|------------------------|
| 1 | Sortie des Données (+) |
| 2 | Sortie des Données (-) |
| 3 | Entrée des Données (+) |
| 4 | Réservé pour le tél. |
| 5 | Réservé pour le tél. |
| 6 | Entrée des Données (-) |
| 7 | Réservé pour le tél. |
| 8 | Réservé pour le tél. |



Kim Thai

-132-

Ethernet sur fibre optique

- ✓ FOIRL (Fibre Optic Inter Repeater Link)
 - liaison point à point entre 2 équipements optiques actifs, sur 1 km max.
 - une fibre par sens de transmission
- ✓ 10BaseFL
 - remplace FOIRL avec un segment point à point de 2 km
- ✓ 10BaseFB (Fiber Backbone)
- ✓ 10BaseFP (Fiber Passive)
- ✓ ...



Kim Thai

-133-

Réseaux locaux - Plan

1. Généralités
2. Méthodes d'accès
3. Normes IEEE
4. Réseaux Ethernet
5. **Interconnexion**
 - ✓ répéteur
 - ✓ ponts



Kim Thai

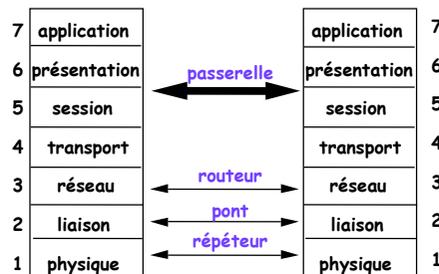
-134-

Interconnexion de LAN

- ✓ Problématique



- ✓ les solutions



Kim Thai

-135-

Le répéteur

- ✓ interconnexion au niveau de la couche physique
- ✓ permet l'interconnexion de 2 segments → augmenter la distance
- ✓ ne possède pas d'@MAC
- ✓ régénère le signal pour compenser un affaiblissement ou changer de média (câble coaxial à paire torsadée)
- ✓ n'effectue aucun filtrage
- ✓ aucune administration
- ✓ 4 répéteurs max. entre 2 stations (802.3 et 10Base5)

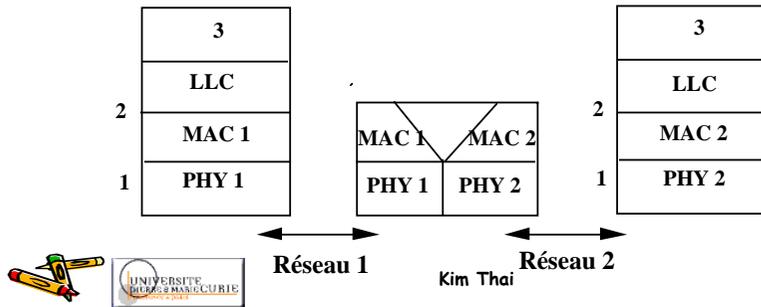


Kim Thai

-136-

Le pont (bridge)

- ✓ interconnexion au niveau MAC
- ✓ permet de
 - structurer un réseau d'entreprise en le segmentant physiquement
 - rallonger un réseau local
 - relier deux réseaux de technologies différentes
- ✓ possède une @MAC (transparente pour les stations)



-137-

Le pont (bridge)

- ✓ difficultés
 - les LAN peuvent utiliser un format de trame différent → reformatage
 - le pont peut constituer un goulet d'étranglement lorsque
 - les LAN ont des débits différents et que le pont relaie une communication d'un LAN rapide vers un LAN plus lent
 - plusieurs communications ont le même port de sortie



Kim Thai

-138-

Le pont (bridge)

- ✓ fonctions supplémentaires
 - filtrer le trafic non destiné à un segment
 - apprentissage des infos de filtrage
 - administration à distance (agent SNMP)
 - routage



Kim Thai

-139-

Le pont simple

- ✓ fonctions
 - conversion du format de trame
 - filtrage des collisions → pas de propagation d'un réseau à l'autre
 - pas de fonction de segmentation → une trame trop longue sera rejetée
 - pas de filtrage
 - pas de contrôle de flux
 - routage par une table statique ou par diffusion



Kim Thai

-140-

Le pont transparent

✓ Spanning Tree Bridge (802.1D)

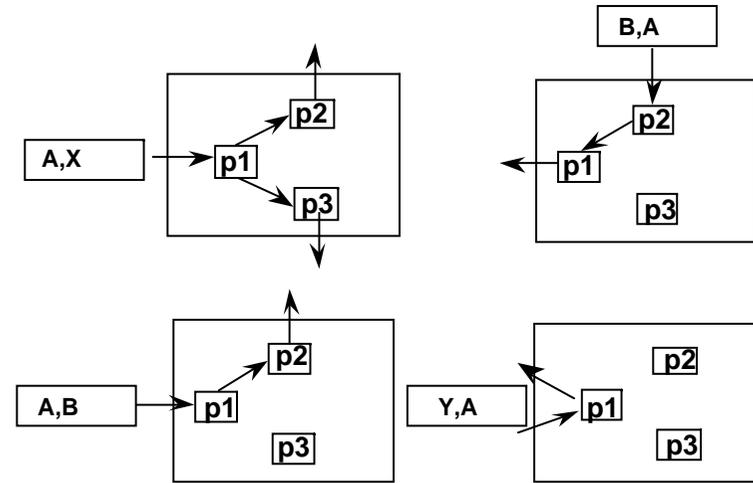
- principe : tout site possédant des LAN IEEE peut connecter ces ponts sans modification de matériel, de logiciel, et sans téléchargement de paramètres (tables de routage)

✓ fonctions

- routage par apprentissage
- filtrage
- contrôle de flux



Routage par apprentissage



Routage par apprentissage

1. sur le port p1, le pont reçoit une trame venant de A et destinée à X, il la diffuse sur p2 et p3
 2. sur le port 2, le pont reçoit une trame venant de B destinée à la station d'adr A, il sait que A est sur R1, il mémorise l'adr source B arrivant sur le port2
 3. une trame venant de A et destinée à la station d'adr. B est prolongée sur le port p2
 4. une trame arrive sur p1 et destinée à la station d'adr. A est abandonnée
- ✓ NB: des timers sont armés pour chaque entrée pour prévenir la saturation de la table, et éliminer de la table les entrées obsolètes (stations "déconnectées")



Le commutateur de niveau 2

- ✓ pont multi-port (Ethernet ou Token Ring)
- ✓ 2 méthodes de commutation

store and forward

réception intégrale de la trame puis stockage, choix du routage, et retransmission vers un port de sortie

- ☺ 100 vers 10 Mbit/s possible
- ☺ filtrage d'erreurs
- ☹ temps de latence fonction de la longueur de la trame

fast forward ou on the fly

retransmission de la trame en sortie dès le décodage des bits de l'adresse destinataire

- ☹ 100 vers 10 Mbit/s impossible
- ☹ pas de filtrage d'erreurs
- ☺ latence faible

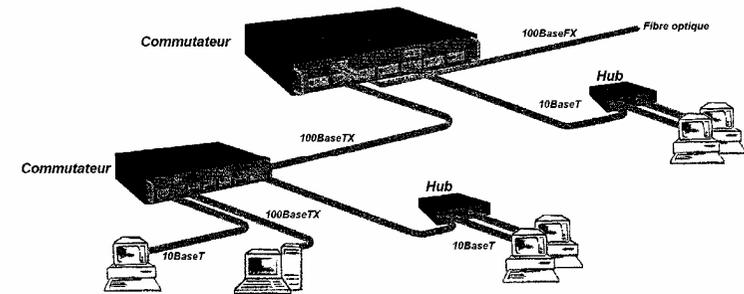


Ethernet commuté

- ✓ un LAN 10BaseT dans lequel on aurait remplacé le *hub* par un commutateur (*switch*) Ethernet
 - comparable à un pont multi-port
- ✓ protocole modifié
 - pas de détection de collisions
- ✓ paires torsadées utilisées en *full-duplex*
 - la station peut simultanément émettre et recevoir
- ✓ débits variables selon le port
 - 1, 10, 100, 1000 Mbit/s



Le commutateur



Gigabit Ethernet

- ✓ nouvelles couches physiques issues de Fibre Channel (standard ANSI) : super-switch de type *crossbar*
- ✓ 1000BaseSX (Short Wave)
 - fibre multimode, $\lambda = 850$ nm, sur 500 m
- ✓ 1000BaseLX (long Wave)
 - fibre monomode, $\lambda = 1310$ nm, sur 2~3 km
- ✓ 1000BaseCX
 - câble coaxial ou STP, sur 25 m
- ✓ 1000BaseT
 - UTP, sur 100 m



Le multiplexage : pourquoi ?

- ✓ Le coût d'installation et de maintenance est le même pour des artères que pour des liens de faible bande passante entre deux éléments de réseau
- ↪ Le **multiplexage** va permettre d'obtenir plusieurs conversations sur un même lien physique



Le multiplexage : comment ?



✓ multiplexage statique

- consiste à partager, par une méthode *invariable* dans le temps, le débit binaire D d'une voie *haute vitesse* entre plusieurs voies *basse vitesse*
 - le multiplexeur va combiner plusieurs voies BV en un seul train de données sur la ligne HV
 - la somme des débits D_i des voies BV ne peut excéder le débit D de la voie HV
- 2 façons de partager
 - multiplexage fréquentiel (*Frequency Division Multiplexing*)
 - multiplexage temporel (*Time Division Multiplexing*)

✓ multiplexage statistique (dynamique)

-149-



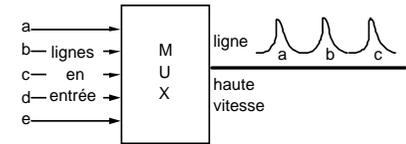
Kim Thai

Le multiplexage fréquentiel (FDM)



✓ consiste à :

- partager la bande de fréquences disponible en un certain nombre de **canaux** (ou *sous-bandes*) plus étroits
- affecter en permanence chacun de ces canaux à une communication exclusive



✓ principalement utilisé dans les systèmes analogiques

-150-



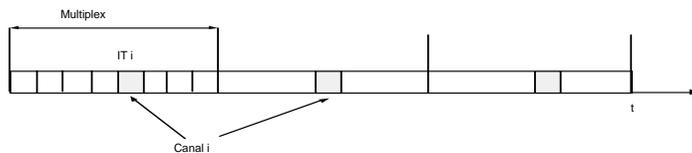
Kim Thai

Le multiplexage temporel (TDM)



✓ La totalité de la capacité du canal composite est allouée à un canal de communication pendant une tranche de temps fixe à intervalles réguliers

- le multiplexeur manipule des **slot-time** contenant des prélèvements d'unités de données de chaque canal
- les IT sont regroupés en une suite bornée nommée **multiplex**
- cette structure de trame est répétée avec une certaine fréquence
- un IT est réservé à chaque canal de communication qui a la même position à l'intérieur de 2 multiplex quelconques



✓ généralement réservé aux signaux numériques

-151-



Kim Thai

Multiplexage et artères de communication



- ✓ pour utiliser un multiplexage temporel dans les réseaux téléphoniques, il faut convertir les signaux analogiques en signaux numériques (p.e. MIC)
- ✓ originellement, il fût impossible d'obtenir une norme internationale :

- T1
- E1

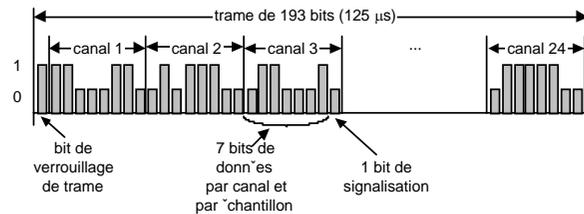
-152-



Kim Thai

Le système T1

- ✓ méthode la plus largement utilisée aux US et au Japon
- ✓ Le **carriér** T1 est constitué de 24 canaux de voix multiplexés
 - les signaux analogiques sont échantillonnés en *round-robin*, et le flux analogique résultant est soumis à un codec
 - chacun des 24 canaux doit insérer 8 bits dans le flux sortant (7 bits de voix et 1 bit de signalisation)
 - en début de trame on ajoute 1 bit de verrouillage de trame
 - une trame est émise toutes les 125µs



↳ débit T1 : 1,544 Mbit/s

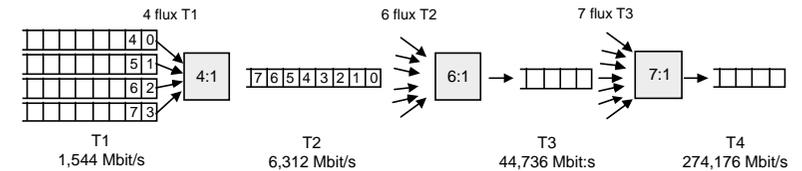


Kim Thai

-153-

Le système T1

- ✓ Le multiplexage temporel permet de multiplexer plusieurs T1 pour obtenir un *carriér* d'ordre supérieur
- ✓ Le multiplexage pour les ordres 2, 3 et 4 se fait bit à bit (par octet pour T1)



Kim Thai

-154-

Le système E1

- ✓ largement répandu en dehors des US et du Japon
- ✓ Le **carriér** E1 est constitué de 32 canaux de voix multiplexés
 - les signaux analogiques sont échantillonnés en *round-robin*, et le flux analogique résultant est soumis à un codec
 - IT de 8 bits (quantification sur 256 niveaux au lieu de 128)
 - une trame contient 30 IT de données et 2 IT de signalisation (canaux 0 et 16)
 - les trames sont émises toutes les 125 µs

↳ débit E1 : 2,048 Mbit/s



Kim Thai

-155-

Sonet/SDH

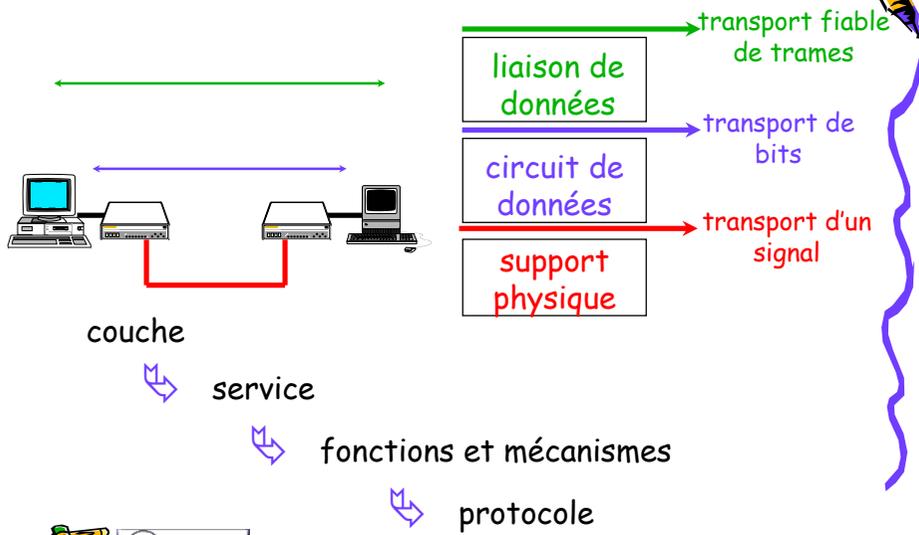
- ✓ Problème
 - dans les premiers jours de la fibre, chaque compagnie téléphonique avait son système propriétaire TDM optique
 - en 1984, les compagnies locales issues du découpage de AT&T durent se connecter à plusieurs transporteurs longue distance, chacun avec propre système TDM optique
- ↳ besoin de standardisation crucial
 - en 1985 : standard SONET (*Synchronous Optical NETWORK*) de Bellcore
 - en 1989 : recommandations SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) du CCITT (*G.707, G.708, G.709*)
 - SDH et SONET ne diffèrent que sur des points mineurs
- ✓ Objectifs
 - offrir un moyen de multiplexer des canaux numériques
 - rendre l'interfonctionnement possible entre différents *carriers*.



Kim Thai

-156-

Etat de notre architecture



Kim Thai