

Réseaux et routage

Rôle et fonctionnement des
logiciels associables à la couche 3
du modèle OSI.

La couche réseau

La couche réseau a pour objectif de permettre à une machine X de dialoguer avec une machine Y par l'intermédiaire d'un chemin. Ce chemin est constitué d'un ensemble de supports physiques de communications hétérogènes, de machines nœuds du réseau supportant des protocoles de liaison et relayant les messages échangés de liaison en liaison.

2/30

AFI	IDI	DSP
-----	-----	-----

G.D.P. : *Global Domain Part*
(Définit la forme des adresses présentent dans D.S.P...)
A.F.I. : *Authority and Format Identifier*
I.D.I. : *Initial Domain Identifier*
D.S.P. : *Domain Specific Part*
(L'adresse selon le mécanisme d'adressage du réseau visé...)

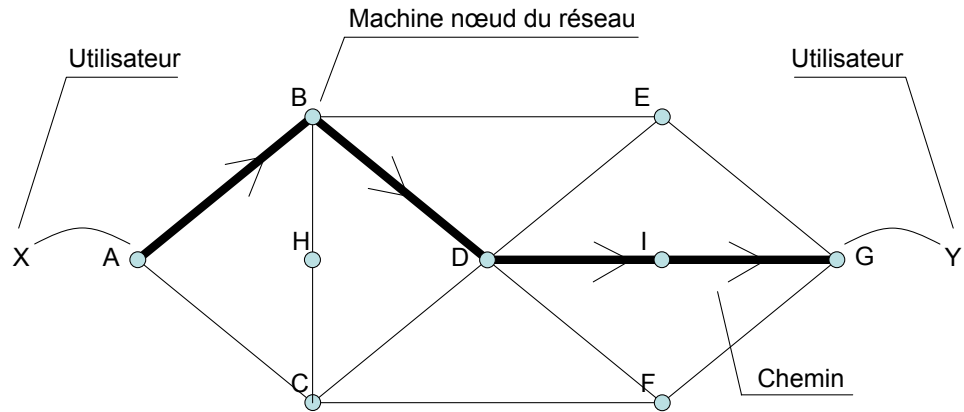
(X) Y Z Z Z Z Z Z

↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔

Région d'appel Identifiant de numéro à l'intérieur de la région

Identifiant de fournisseur de réseau global

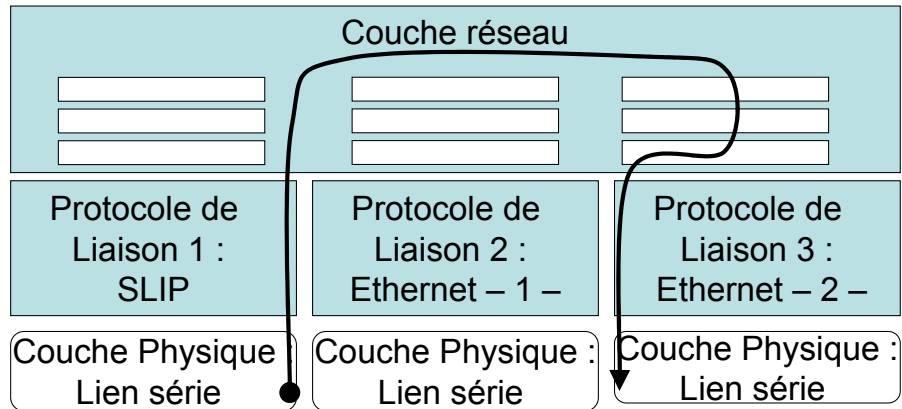
Structure d'un réseau



Les machines utilisateurs et les machines nœuds du réseau peuvent être confondues.

4/30

Mécanisme de relais d'information



Le temps moyen T_{moy} de traversée d'une file d'attente est donné par :

$$T_{moy} = 1/(\mu C - \lambda),$$

avec μ la taille moyenne d'un paquet (en bits) , C débit de la ligne en Kbits/s)
et λ quantité moyenne de paquets entrant chaque seconde.

5/30

Concevoir une couche réseau

Définir le modèle d'échange de l'information transportée :

- en mode connecté ;
- en mode non connecté.

Défenseurs du mode non connecté :
ARPA (Internet)

Défenseurs de mode connecté :
« les transporteurs »

6/30

Argumentaires

Sujet	Service avec connexion	Service sans connexion
Initialisation :	Nécessaire.	Impossible.
@ du destinataire :	Nécessaire uniquement à l'installation.	Nécessaire dans chaque paquet.
Séquencement des paquets:	Garanti.	Non Garanti.
Contrôle d'erreur :	À la charge du réseau.	À la charge des utilisateurs.
Contrôle de flux :	À la charge du réseau.	A la charge des utilisateurs.
Possibilité de négociations :	Oui	Non

7/30

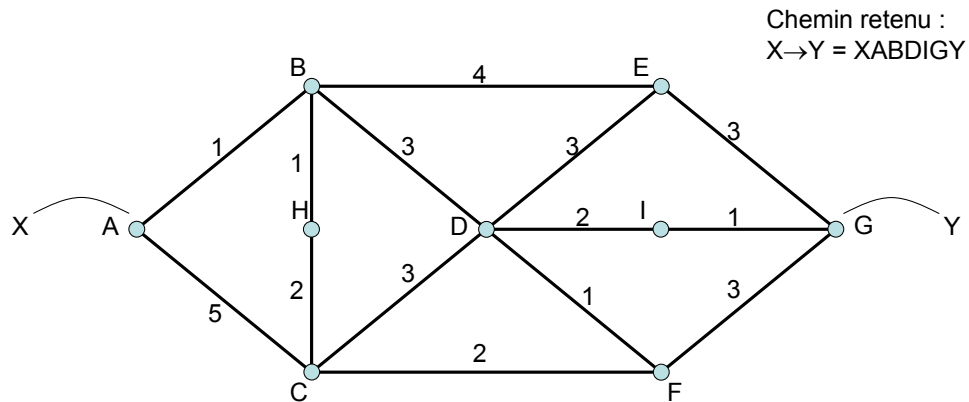
Propriétés souhaitables pour un algorithme de routage :

- Exactitude ;
- Simplicité ;
- Robustesse (aux MaJ & Défaillances des Machines) ;
- Stabilité (garantie de convergence) ;
- Justice (vis-à-vis des usagers) ;
- Optimisation (minimiser le temps de traversée, mais aussi, maximiser le flux de transmission) .

(Propriétés parfois contradictoires)

8/30

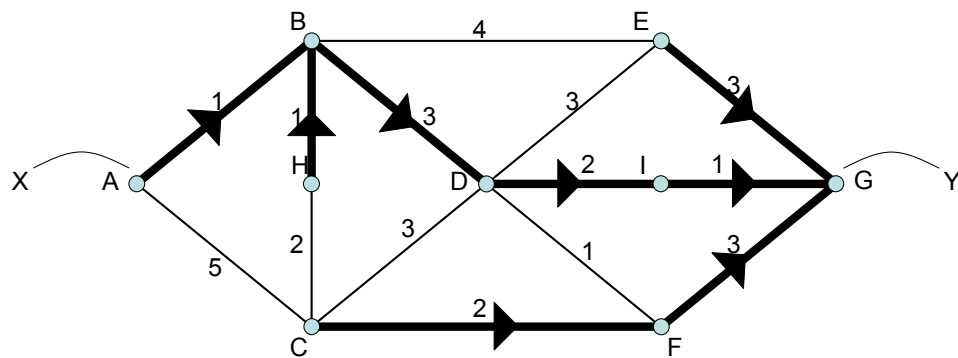
Algorithme du plus court chemin



A partir du graphe du réseau, déterminer une valeur pour chaque liaison/arc (1 fois pour toutes ou périodiquement avec des messages de contrôle de la couche liaison par exemple), dans l'unité de mesure choisie (distance, temps de transmission, charge supportée,...).

9/30

Arbre collecteur



Arbre collecteur ayant G pour destination.

10/30

Algorithme de routage multi-chemin

Objectif : disposer de chemins de substitution,

- en cas de perturbation de certaines liaisons ;
- en cas de panne de certaines machines nœuds.

Stratégie : Dans les tables de routage de chaque machine nœud indiquer n liaisons possibles pour atteindre la machine cible. Chaque liaison pourra être pondérée avec un poids qui permet alors de définir la probabilité que les paquets soient routés par chacune des liaisons possibles pour sa destination.

Exemple : Table de routage de A :

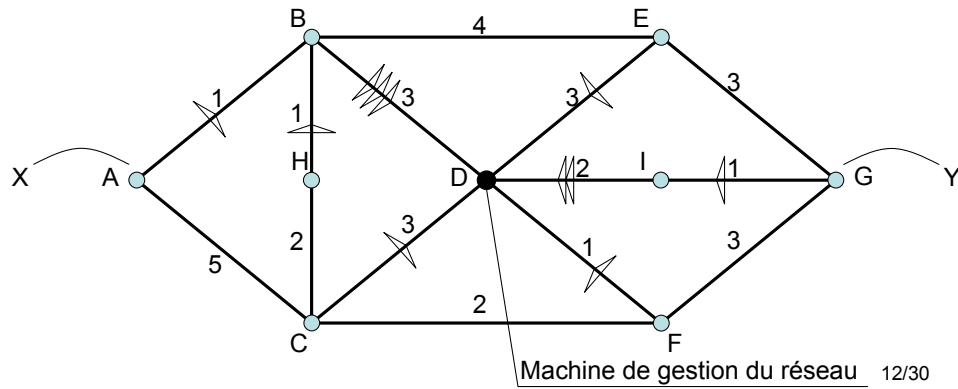
		Id de liaison	Probabilité d'usage
@dest. : A	liaisons :	{ (-, 1) }	
@dest. : B	liaisons :	{ (→B; 0, 95) , (→C; 0, 05) }	
@dest. : C	liaisons :	{ (→C; 0, 95) , (→C; 0, 05) }	
@dest. : *	liaisons :	{ (→B; 0, 77) , (→C; 0, 23) }	

11/30

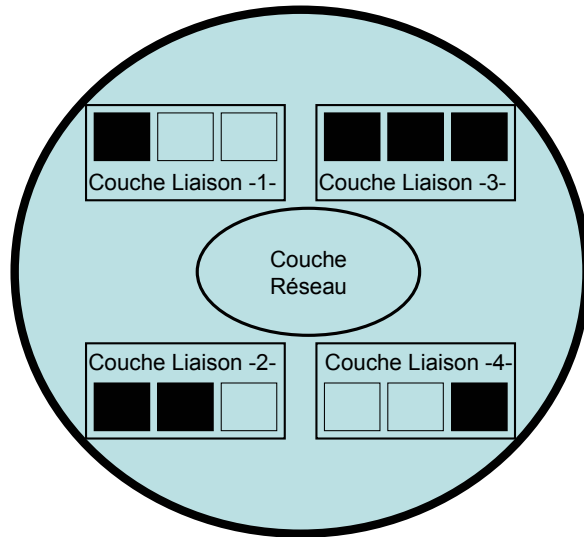
Algorithmes centralisés

Maintenir l'état des tables de routages : Qui, Quand et Comment ?

- manuel, automatique centralisé, automatique décentralisé ;
- sur décision humaine, périodique, aperiodique ;
- Décision humaine, algorithmes centralisés, algorithmes distribués.



Algorithmes de routage local



- **Local simple :**
exemple : choisir la file de sortie la moins chargée.
- **Local / statique :**
en cas de surcharge, abandonner la liaison prévue statiquement.
- **Savoir différé :**
Local+marquage des paquets avec infos Source+Distance.
A chaque réception de paquet via une liaison on note que via cette liaison la source est à cette distance, on incrémente la distance parcourue par le paquet et on le réémet sur une autre liaison (appropriée).

13/30

Algorithmes de routage par inondation

Tout paquet reçu est réémis sur toutes les liaisons.

⇒ Génération d'un nombre infini de duplication de paquets!

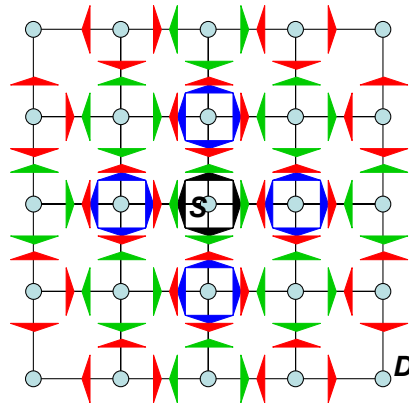
Limiter le processus en utilisant par exemple un compteur de durée de vie du paquet. Cet algorithme ne nécessite aucune connaissance minimale du réseau. (la distance max entre deux nœud).

▶ Paquet initial Pack1
(transmit sur les 4 liaisons de S)

▶ Paquets générés à l'étape 1
(1ere retransmission du Pack1)

▶ Paquets générés à l'étape 2
(2ere retransmission du Pack1)

▶ Paquets générés à l'étape 3
(3ere retransmission du Pack1)



14/30

Algorithme de routage distribué

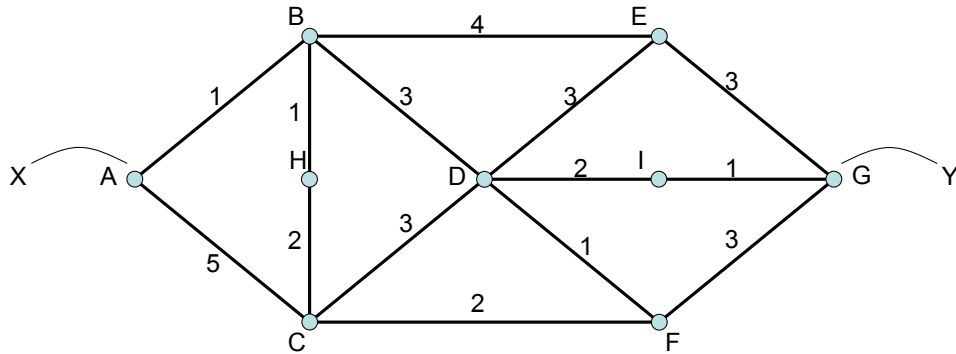


Table initiale de A :	Table initiale de B :	Table initiale de C :	Table de A après réception de B et C :	
A→A : -	B→A : (A) 1	C→A : (A) 5	A→A : -	A→B : (B) 1
A→B : (B) 1	B→H : (H) 1	C→H : (H) 2	A→C : (C) 5	A→H : (B) 2
A→C : (C) 5	B→D : (D) 3	C→D : (D) 3	A→D : (B) 4	A→E : (B) 5
	B→E : (E) 4	C→F : (E) 2	A→F : (C) 6	

15/30

Les algorithmes de routage hiérarchiques

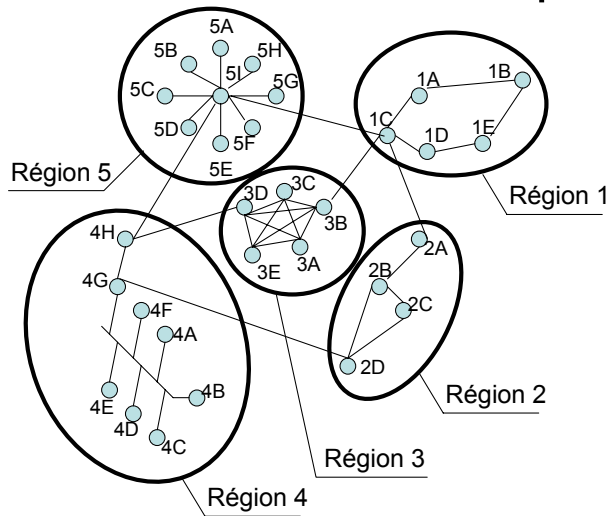


Table de routage de 2C :

2A → 2B
 2B → 2B
 2C → -
 2D → 2D
 1* → 2B
 3* → 2D
 4* → 2D
 5* → 2B

Algorithmes de gestion de la diffusion

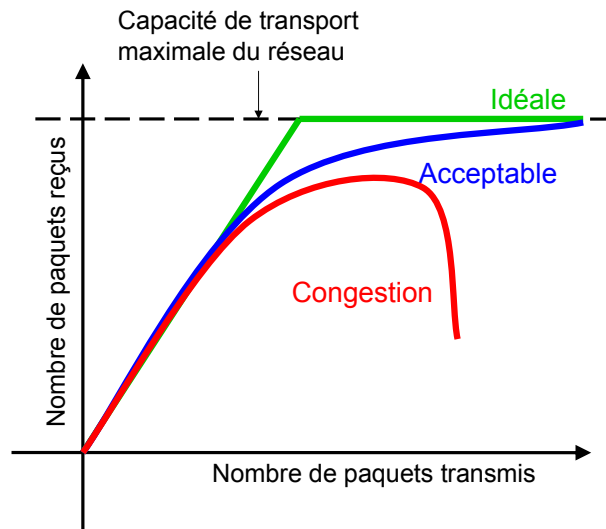
Certains paquets sont destinés à plusieurs interlocuteurs présents sur le réseau global (multicast).

Les techniques de routage de ces paquets peuvent être :

- 1 paquet par dest. : rendement médiocre du réseau ;
- Inondation de ces paquets : largement sous optimal ;
- Routage multi destination :
Chaque paquet contient une liste d'@ destination. Le paquet est réémis sur les liaisons associées à au moins 1 adresse de la liste.
- Routage selon le chemin inverse :
Lorsqu'un paquet est reçu en mode multi destinataire, la machine de routage regarde l'adresse de l'émetteur. Si le paquet vient de la liaison qui aurait été utilisée pour retransmettre un paquet vers la source il le retransmet sur toutes les autres liaisons. Sinon il ne retransmet pas le paquet reçu...

17/30

Congestion du réseau



Gérer la congestion :

Proposer des mécanismes visant à garantir le bon fonctionnement du réseau lorsque le nombre de paquets entrant excède les capacités du réseau.

18/30

Gestion de la congestion

- Pré allocation des tampons -

L'excès de paquet se manifeste par une saturation des tampons d'émission des machines qui forment les nœuds du réseau.

Première idée : Pré réserver les tampons pour chaque chemin initié dans le réseau.

⇒ Connaître les chemins utilisés

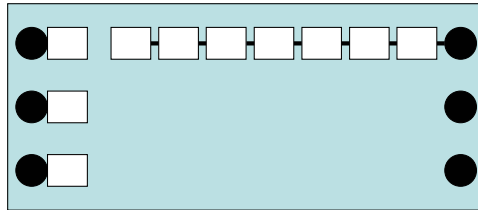
⇒ Réseau en mode connecté

⇒ En cas de protocole « à fenêtre glissante » entre la source et la destination, il faut autant de tampons que le prévoit la fenêtre glissante dans chaque intermédiaire.

19/30

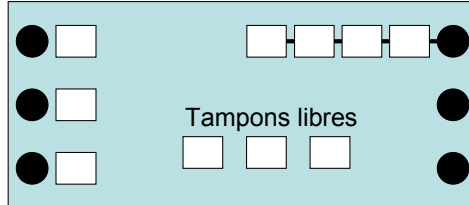
Gestion de la congestion

- Destruction des paquets -



⇒ Si une liaison monopolise l'ensemble des tampons disponibles, les paquets à destination d'autres liaisons sont perdus.

Il faut conserver un nombre minimum de tampons libres pour d'autres liaisons. ⇐



Selon les résultats d'Irland (78), un maximum simple est :

$$m = k / \sqrt{s}$$

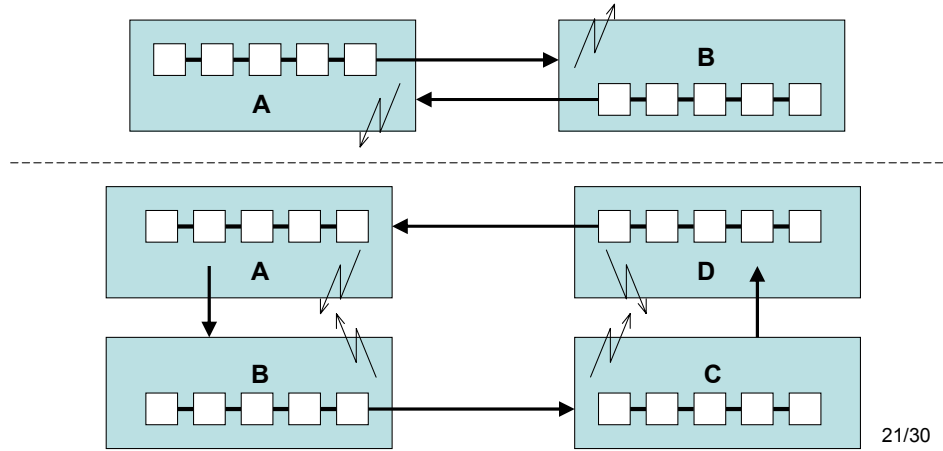
avec m le nombre max. de tampon pour une file, k le nombre de tampon dispos, et s le nombre de liaisons de sortie.

20/30

Les étreintes fatales (*DeadLock*)

e.g. Liaison en « fenêtre glissante »

La couche réseau est bloquée, le réseau se congestionne.



- Contrôle de congestion isarithmique -

Objectif :

interdire l'émission de paquets lorsque le réseau a atteint sa charge de travail maximale.

Proposition :

Chaque paquet représente un jeton. Chaque machine nœud du réseau dispose initialement d'un certain nombre de jetons.

Lorsqu'une machine émet un paquet elle perd un jeton. Lorsqu'elle reçoit un paquet elle gagne un jeton.

Limite de la solution :

- ⇒ Problème de perte de performance du réseau lorsque des paquets sont perdus entre leur émission et leur réception.
- ⇒ n'empêche pas un nœud de recevoir plus de paquet qu'il ne peut en gérer (pas de garantie de flux).

22/30

Le contrôle de flux

Réduire la quantité de paquets échangés entre les machines nœuds chaque seconde lorsque le réseau se congestionne pour éviter la congestion.

Solution correcte pour éviter la surcharge :

- des liaisons physiques ;
- des capacités de traitement des machines nœuds ;

Solution médiocre pour répondre à une congestion.

⇒ Inadaptée à un trafic irrégulier ;

⇒ Sous-exploite la capacité de transport du réseau.

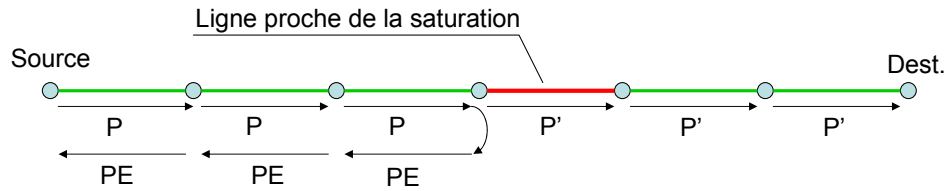
Paquets d'engorgement

Calculer un taux d'occupation (u) maximum et décider d'un seuil d'occupation acceptable.

On peut calculer u avec : $u_{\text{nouveau}} = a.u_{\text{ancien}} + (1-a)f$

Où f est 0 ou 1 selon que la ligne est occupée lors de l'échantillonnage.

a est la « faculté d'oublier » les échantillons anciens.



P : Paquet émis par la Source (et réémis par les intermédiaires) ;

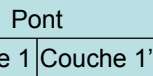
P' : Paquet émis par la Source avec un tag de saturations ;

PE : Paquet d'engorgement à destination de la source.
(pour que la source réduise son débit vers la Dest.)

24/30

Interconnecter des réseaux

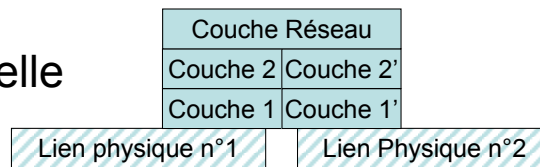
Répéteur



Pont



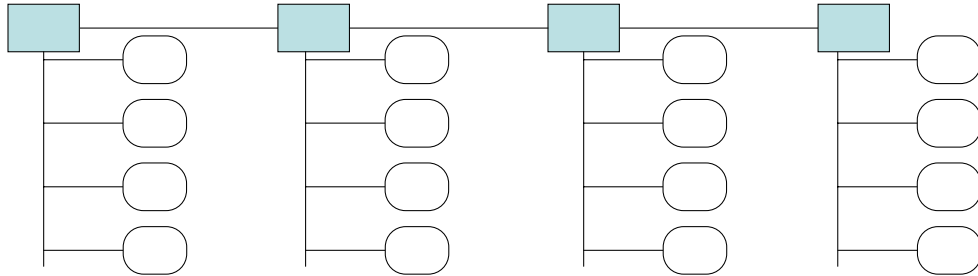
Passerelle



25/30

Interconnexion par **répéteur**

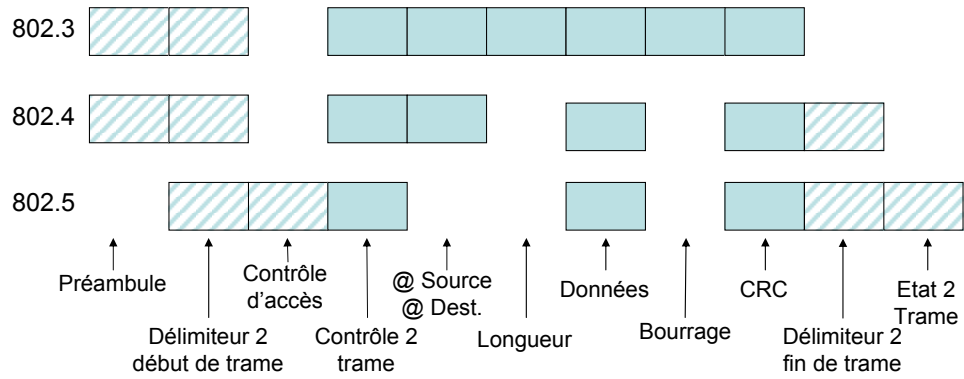
Nécessite l'homogénéité du support de communication physique.



Sur l'exemple d'une liaison de type Ethernet (802.3) les répéteurs entraînent + d'émetteurs potentiels sur le même support, donc plus de collisions et un risque d'effondrement des performance au-delà d'un certain seuil.

26/30

Interconnexion par pont



Suppose une certaine « équivalence » entre le contenu des trames ci-dessus des trames IEEE.

Interconnexion par pont

Exemples des traitements informatiques à réaliser pour chaque type de conversion.

	802.3 « Ethernet »	802.4 « Token bus »	802.5 « Token ring »
802.3		1,4	1,2,4,8
802.4	1,5,8,9,10	9	1,2,3,8,9,10
802.5	1,2,5,6,7,10	1,2,3,6,7	6,7

Actions :

1. Reformater la trame et recalculer le CRC
2. Inverser l'ordre des bits
3. Copier la priorité qu'elle ait ou non un sens
4. Générer une priorité fictive
5. Annuler la priorité
6. Vider l'anneau
7. Positionner les bits A et C
8. Problème de congestion Lien rapide vers Lien Lent
9. Problème du jeton de transfert, ACK reporté ou annulé
10. Panique lorsque la trame est trop longue!

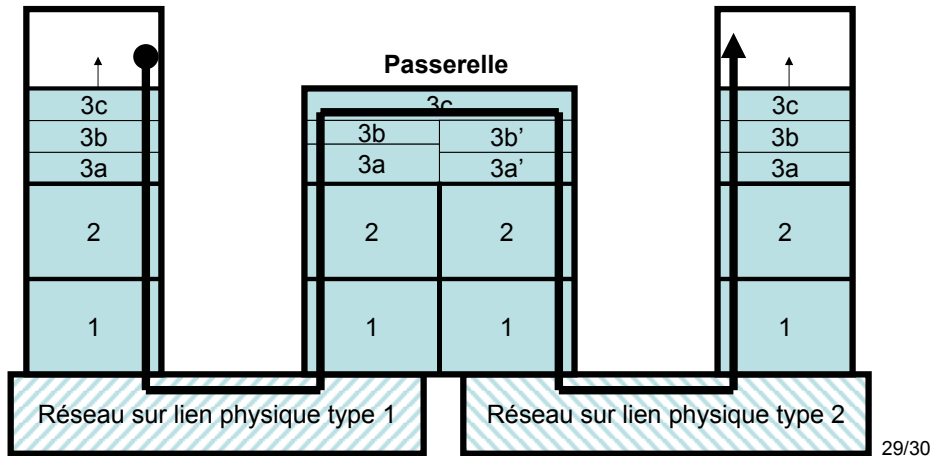
Annexes :

802.3	1518 octets	10Mbits/s
802.4	8191 octets	10Mbits/s
802.5	5000 octets	4Mbits/s

28/30

Interconnexion par passerelle

Une passerelle est une « machine nœud » exclusivement dédiée à l'aiguillage de paquet. Dans un réseau conventionnel une passerelle est le premier objet à pouvoir faire un routage « intelligent » parce que reposant sur la couche 3.



Interconnexion par **passerelle**

- fragmentation -

