|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Couche Liaison Principes Fournir un transfert fiable et efficace de paquets – Contrôle d’erreurs de transmission – Contrôle de flux – Gestion de la communication.  **Rôle** : Faire paraitre un canal de communication non fiable comme étant parfait. Trames Unité d'information transférée entre deux entités de la couche liaison de données – groupe logique de N bits – La taille des trames est en général variable.  **Couche physique** : Transmet à la couche liaisons des bits. Il faut organiser les bits en trames.  **Character Stuffing**:  'DLE' 'STX' {contenu} 'DLE' 'ETX'  'DLE' 'STX' {1 2 3 'DLE' 'DLE' 4} 'DLE' 'ETX‘  **Bit Stuffing:**  On insère 0111110 au début et à la fin de la trame – S’il y a une suite de 5 bits à ‘1’ dans les données, on insère un bit **0** après le 5e bit. Transmission Fiable Pour assurer une transmission fiable, il existe 3 méthodes : **Écho** – détecttion d’erreurs par l’émetteur suivie d’une retransmission, **Code correcteurs** – détection et correction d’erreurs par le récepteur, **Détection et retransmission** – détection d’erreurs par le récepteur suivie d’une retransmission (**ARQ** : *Automatic Request Repeat*). Détection et correction des erreurs Pour assurer une transmission  **Hamming distance** : Combien de bits sont différents lorsqu’on compare nombre binaire de même longueur.  **Code de Hamming**: [www.youtube.com/watch?v=373FUw-2U2k](https://www.youtube.com/watch?v=373FUw-2U2k) [www.youtube.com/watch?v=4ZqIddyXK9o](http://www.youtube.com/watch?v=4ZqIddyXK9o) (+ Hamming distance) | CRC [www.youtube.com/watch?v=WPkT-Uw5qX0](http://www.youtube.com/watch?v=WPkT-Uw5qX0)  Permet la détection de la grande majorité des erreurs. **(1)** Grouper les données en bloc – data. **(2)** Diviser *data* par un polynôme géné-rateur – Il faut ajouter r-1 bits ‘0’ à la fin du *data* (r = taille du polynôme). **(3)** Transmettre (*data* + *reste de la division*). **(4)** Vérifier du côté du receveur si (*data* + *reste*) / *polynôme* = 0. Si oui, il n’y a pas d’erreurs dans la trame.  **Exemple**:  **Data** = 01001111; **Polynôme** = 0100  **Reste** = concat(**Data**, 000) / Polynôme  **Reste** = 011  send(**Data**, **Reste**)  **Check** = getRecieved() / **Polynôme**  If **Check** == 0 then Data is valid Contrôle de flux **\*\*\*À REVOIR\*\*\***  **Go-back-N + Selective Reject:**  [www.youtube.com/watch?v=raZYelgmyb0](http://www.youtube.com/watch?v=raZYelgmyb0)  **Go-back-N VS Selective Reject**  **SR** maximise l’utilisation du canal, car on ne conserve pas nécessairement l’ordre des trames.Utilisé pour des trames contenant des messages indépendants. – S’il faut reconstruire les trames, on a besoin de grands tampons pour stocker toutes les trames et essayer de les rassembler après.  **GB-N** conserve toujours l’ordre des trames. – Taille des tampons est minimisée. – Utilisation du canal est moins efficace. HDLC **\*\*\*À REVOIR\*\*\*** Point-to-Point Protocol **Architecture**  **PPP**: Transmission des trames de données. **LCP**: Link Control Protocol – Chargé de la négociation de certaines options, de l'authentification et de la fin d'une connexion.  **NCP**: Network Control Protocol – Chargé de négocier certains paramètres liés à l'utilisation de la couche liaison de données (ex: adresse IP, adresse serveur DNS, ...). | Couche Réseau Couche réseau Couche indépendante de la couche liaison – Responsable de l’acheminement des messages des expéditeurs aux destinataires – Choisi le chemin adéquat pour transmettre les données. Principe La couche liaison ne doit rien connaître de la couche réseau – Chaque routeur/station doit être identifié par une adresse réseau.  **Nœuds** : Routeurs  **Donnée** (unité) : Paquet. Sous-Réseaux Réseaux internes à la couche réseau. Deux types : **Circuit virtuel** et **Datagrammes**.  L’organisation interne de la couche réseau est indépendante du service fourni. Circuit Virtuel **VS** Datagrammes **Cricuit virtuel**  ~ Ligne téléphonique.  Problème si un routeur est en panne, etc.  **Datagrammes**  ~ Service sans connexion  Les paquets peuvent prendre diffèrent chemins – Les paquets peuvent être perdus – Chaque paquet est traité de façon indépendante – Plus fiable/flexible qu’un Circuit virtuel. Routage Déterminer le meilleur chemin – Transmettre les paquets le plus efficacement et rapidement.  **Algorithme de routage**  Doit respecter les attributs suivants : Correct/exact, simple, tolérant aux fautes, robuste. Stable, optimal, minimise le coût du transport de l’information. |
| **Type de routage**  Statique : Le calcul pour déterminer les chemins les plus courts n’est fait qu’une seule fois au démarrage.  Dynamique : Le calcul […] est effectué souvent.  Centralisé : Procédure de routage qui détermine les chemins les plus courts pour un réseau en entier (le réseau est connu).  Décentralisé : Le réseau n’est pas connu. Les nœuds connaissent leurs voisins et c’est tout. Algorithmes **Dijkstra** : [Youtube](https://www.youtube.com/watch?v=rHylCtXtdNs)  \* Ne fonctionne pas avec les négatifs.  **Bellman-Ford** : [Youtube](https://www.youtube.com/watch?v=obWXjtg0L64)  **\*\*\*À REVOIR\*\*\*** Méthodes de routage **Flooding** : Envoie l’information à tous les nœuds voisins du nœud courant – Robuste, non-optimal (ressources).  **\*\*\*À REVOIR\*\*\***  **Distance Vector** : Chaque routeur transmet périodiquement un vecteur comprenant pour chaque destination connue du routeur : l’adresse de la destination et la distance.  [Youtube](https://www.youtube.com/watch?v=x9WIQbaVPzY)  **Routing Information Protocol** (RIP)  Si un routeur ne reçoit pas de réponse de son voisin (après 180 secondes), celui-ci le considère en panne.  **Problèmes de convergence lente**  Si la distance change entre 2 nœuds, chaque nœud du réseau doit mettre à jour leur table. Ce processus peut prendre beaucoup de temps. Solution : Poison reverse.  [Youtube](https://www.youtube.com/watch?v=ksofnJF38lM)  **Link State** : Chaque nœud envoie à tous les nœuds (paquet d’information) leur entourage. Ceci permet de construire un plan du réseau – Lorsque le plan est fait, il ne reste plus qu’à remplir la table de routage en trouvant les plus courts chemins.  **Découverte des voisins** (méthode : **Hello**)  Envoyer périodiquement un paquet spécial – L’envoi permet de vérifier si la ligne reste active – Ceci permet aussi de mesurer le délai entre 2 nœuds. | Contrôle de congestion Il y a congestion lorsqu’un routeur utilise plus de 80% de sa capacité (traitement des paquets). Le but est de limiter le nombre de paquets dans le réseau à un niveau inférieur  **Backpressure**  Si un nœud devient congestionné, il peut ralentir ou arrêter le flot des paquets des autres nœuds. Ce phénomène se nomme : **Backpressure**.  **Choke packets**  Paquet de contrôle envoyé à la source. Indique de réduire le flow ou informe la source qu’un paquet a été détruit.  **Gestion de Trafic**  **Équité** : La destruction de paquet doit être équitable (il n’y a pas un utilisateur plus important qu’un autre) – **Qualité de service** – **Réservation** : Pour éviter les congestions. Il faut réserver des ressources. Il est alors possible de rejeter des réservations s’il n’y a pas de place (comme les restaurants).  IP Architecture Internet Réseau virtuel construit en interconnectant des réseaux physique par des routeurs – Service sans connexion – Protocole IP. Protocole IP Chaque paquet porte l’adresse du destinataire et est acheminé de façon indépendante.  Les paquets IP sont divisés en 3 parties : **en-tête** (20 octets), **options** et **données**. La taille maximale d’un paquet est de 64 Ko. Adressage IP **Rôle de l’adresse IP**  Identifier une station/machine/routeur supportant le protocole IP.  **IPv4 (32bits)** : xxx.xxx.xxx.xxx  [Youtube](https://www.youtube.com/watch?v=KFooN7Mu0IM) Sous Réseaux Il est possible de créer sa propre distribution (nb networks, nb hosts). Pour cela, il faut utiliser un mask qui délimite les réseaux des utilisateurs.  [Youtube](https://www.youtube.com/watch?v=Deq9Dq-Kc-k) | Configuration de l’adresse IP  * Configuration manuelle * Autoconfiguration en intérrogeant le serveur ( **RARP** || **DHCP** ).   **DHCP**  Dynamic Host Configuration Protocol  Principe: La station/machine contacte le serveur **DHCP** – Le serveur loue une adresse IP – La station re-confirme sa demande régulièrement.  [Youtube](https://www.youtube.com/watch?v=S43CFcpOZSI)  **\*\*\*À REVOIR\*\*\*** Traducteurs d’adresse réseau (NAT) Le routeur remplace les adresses IP privées par son adresse public – Le routeur prend note de la conversion qu’il vient de faire (**NAT table**) – Une fois la réponse reçue, le routeur reconvertit (grâce à la **NAT table**) l’adresse IP reçue et renvoie la réponse à la machine initiale.  [Youtube](https://www.youtube.com/watch?v=QBqPzHEDzvo) Fragmentation **Transmission de longs paquets** – L’hôte frag-  mente et le récepteur réassemble – Le réassemblage demande du CPU et introduit du délai – Chaque fragment contient un bit More. Celui-ci vaut **1** si ce n’est pas le dernier fragment et **0** sinon – Chaque fragment a un champ offset. Celui-ci sert à réorganiser les fragments – Chaque fragment contient un identifiant indiquant de quel paquet il provient. ICMP Rôle : Envoyer des messages d’erreurs (erreurs de routage, erreur dans le contenu de l’entête)  **Comment utiliser ICMP pour calculer la route actuelle entre une source et une destination?**  Utiliser TTL (Time to Live) des paquets. Il faut que le paquet survive jusqu’à la fin, donc il faut qu’il passe à travers un maximum de routeurs.  **Comment utiliser ICMP pour calculer la taille maximale d’un paquet pour éviter la fragmen-tation durant la transmission?**  Utiliser DF (do not fragment) bit. Si le routeur de la destination n’accepte pas le paquet avec DF = 1, alors le routeur répond avec sa taille maximale autorisée (pour un paquet).  **C’est quoi TraceRoute?**  Trace le chemin prit par un paquet. Envoi des messages ECHO. TTL. |
| Adresse IP Vs. Physique **Dans un réseau local, comment trouver l'adresse MAC qui permet de joindre une adresse IP donnée ?**  Envoyer une trame broadcast demandant à quelle adresse de couche 2 une adresse IP correspond – La station ayant cette adresse IP répondra. (Protocole ARP)  **ARP**  Chaque station maintient une table de conversion adresse IP – adresse physiques  • Si l’adresse IP ne figure pas dans la table, une requête ARP est diffusée à toutes les stations du réseau • La machine de destination, c-à-d. la station avec l’adresse IP retourne l’adresse physique.  [Youtube](https://www.youtube.com/watch?v=xTOyZ6TWQdM)  **Comment faire si une station change d'adresse IP ?** • Temporisateur associé à chaque entrée de la table ARP. Fonctionnement d’une station IP   TCP Couche Transport Permettre à deux applications de s'échanger de l'information. Adresse IP.  **Problèmes introduits?**  Erreurs/pertes des données – Des messages pas en ordre – Nouveau niveau d’adressage.  **Orienté connexion (Rappel)**  Livraison ordonnée, Stratégie de retrans-mission, Détection de duplication, Contrôle de flux, Établissement de connexion, Termi-naison de connexion, Recouvrement d’une panne. Temporisateur Quand il expire, le paquet est détruit. | **Exigence fondamentale sur la valeur du temporisateur?**  Doit être un peu plus grand que le temps aller-retour.  **Valeur fixe?**  Basée sur la connaissance du réseau – Ne peut pas s’adapter aux changements dans le réseau – Petite valeur cause des retransmissions inutiles – Grande valeur cause un délai dans le traitement des segments perdus.  **Technique adaptive**  Calculer la valeur en se basant sur les temps d’envoi de segments et de réception de ACKs. S’il n’y a pas de réception de ACK, retransmettre le segment.  **Problème?**  Ne peut pas faire la différence entre un ACK du segment d’origine et un ACK du segment retransmis (lorsqu’il y a une retransmission de segment).  **Solution**  Détection de la duplication – Numérotation ne permet pas de résoudre tous les problèmes. L’espace de numérotation doit être assez large pour ne pas se répéter durant la vie maximale d’un segment  ---  **Vie**=temps maximal de transit du segment dans le réseau. Contrôle de flux **Peut-on utiliser le mécanisme de fenêtre coulissante?**  NON! N’est pas adéquate sur un réseau non fiable.  **TCP Credit scheme**  **\*\*\*À REVOIR\*\*\*** Établissement de connexion **Solution?**  - Numéroter les SYN (SYN i) et commencer le i à une bonne distance du dernier SYN i.  - **Three way handshake** : Chaque entité de transport doit confirmer explicitement la réception de SYN, envoyé par l’entité paire, et le numéro de séquence. | TCP  TCP | Politiques **Send** :    ---    ---    ---    ---  **Si le receveur utilise la stratégie ‘Accept en ordre’, C’est quoi la meilleure stratégie ‘Retransmit’ on doit utiliser?**  Accept en ordre • Retransmission batch |
| **Si le receveur utilise la stratégie ‘Accept dans la fenêtre’, C’est quoi la meilleure stratégie ‘Retransmit’ on doit utiliser?**  Seulement le premier ou individual • Accept dans la fenêtre. Contrôle de Congestion As  **\*\*\*À REVOIR\*\*\*** Estimation de la variance de RTT: algorithme de Jacobson As  **\*\*\*À REVOIR\*\*\*** DHCP |  | Démonstration (revoir) **Démo 5** : #6  **Démo 6** : #1, 6  **Démo 7** : #4.1b, #4.3  **Démo 8** : #1.6, #2.1, #3, #4, #5.2 |