

## TD pour TP

### Exercice 5 Questions de cours :

#### Corrections

##### 5.1

- ICMP est utilisé pour véhiculer des messages de contrôles et d'erreur pour l'internet, par exemple lorsqu'un service ou un hôte est inaccessible. Lorsqu'un routeur/station ne peut transmettre / délivrer un paquet vers sa destination, il doit informer la source du paquet du problème rencontré.
- On utilise ICMP avec le message d'écho.
- On envoie un paquet vide avec un TTL=1, puis on envoie un second avec un TTL=2, etc.

##### 5.2

- Le Domain Name System est un service permettant d'établir une correspondance entre une adresse IP et un nom de domaine et, plus généralement, de trouver une information à partir d'un nom de domaine. Quand un utilisateur souhaite accéder à un serveur web, par exemple celui de fr.wikipedia.org, son ordinateur émet une requête spéciale à un serveur DNS, demandant « Quelle est l'adresse de fr.wikipedia.org ? ». Le serveur répond en retournant l'adresse IP de serveur xx.xx.xx.xx.
- 16 octets, cela représente  $2^{128}$  ou  $3,4 \times 10^{38}$  adresses. Si l'on attribue ces adresses à la vitesse de  $10^{18}$  adresses par seconde, cela prendra  $10^{13}$  années pour les affecter toutes, ce qui correspond à 1000 fois l'âge de l'univers. Bien sûr, toutes les adresses ne sont pas envisageables, certaines sont réservées, d'autres inaccessibles. Elles ne sont pas non plus allouées de façon linéaire. Toutefois, en ne considérant qu'un espace réduit à 1/1000(soit 0,1% de l'espace), le nombre d'adresses disponibles est toujours très important.

##### 5.3

- Le but du jeu est de rechercher l'adresse IP de la machine. Pour ce faire, on fait appel ARP (Address Resolution protocole). Il est utilisé pour envoyer un paquet spécial contenant l'adresse IP destination et l'adresse Ethernet (Physique) source. Les paquets sont émis sur tout le réseau local en utilisant l'adresse Ethernet de broadcast. Toutes les stations du réseau local reçoivent le paquet ARP mais seul la machine dont @IP correspond à @IP destination renverra un paquet ARP contenant son @Ethernet.
- Si la destination ne se situe dans le réseau local, le routeur répond au message ARP en donnant son adresse physique (on appelle cela le proxy ARP). Avec l'obtention de l'adresse physique du routeur, on passe par différents routeurs afin de trouver l'adresse IP destination. Le dernier routeur (celui étant sur le réseau contenant la machine destination) fait une requête ARP pour obtenir l'adresse Ethernet de la station destination pour enfin émettre la trame vers le destinataire (l'envoi de la trame nécessitait l'@ IP destination).
- Le protocole RARP est utile pour les stations de travail (sans disque dur). Il est utile pour récupérer l'@ IP dans la machine.

##### 5.4

- (le troisième) Il est possible de fermer un seul circuit sur les deux. Le mode obtenu est « half duplex ». la station qui est fermée continue toujours à acquitter

lorsque c'est nécessaire. Cette action n'est pas considérée comme un accès de données.

## TD5

### Exercice 4 : Binary Exponential Backoff

Rappel :

CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) peut se traduire en français par « protocole d'accès multiple avec surveillance de porteuse (signal circulant sur le canal) et détection de collision ». Avec cette méthode d'accès, toute machine est autorisée à émettre sur la ligne à n'importe quel moment et sans notion de priorité entre les machines. Deux règles simples gouvernent l'accès au support :

- chaque machine « écoute » ce qui se passe sur le support et vérifie qu'il n'y a aucune communication sur la ligne avant d'émettre ;
- lorsqu'une machine détecte une collision, elle cesse d'émettre ses données.

Lors d'une collision, les deux machines impliquées interrompent leur communication et attendent un délai aléatoire avant de réémettre. La valeur de ce délai est déterminé par l'algorithme du « retrait exponentiel » (*exponential backoff*) :

- après la première collision, une machine attend un temps aléatoire égal soit à 0 soit à 1 ( $= 2^1 - 1$ ) unité de temps (appelé généralement *intervalle de temps élémentaire* ou *slot time*) ;
- après la seconde collision, une machine attend un temps aléatoire compris entre 0 et 3 ( $= 2^2 - 1$ ) unités de temps ;
- après  $i$  collisions, une machine attend un temps aléatoire compris entre 0 et  $2^i - 1$  unités de temps ; Il existe généralement une limite sur le nombre maximum d'unités de temps ( $1023 = 2^{10} - 1$  pour les réseaux Ethernet) ainsi que sur le nombre maximum de tentatives de retransmission après collision (16 dans les réseaux Ethernet).

La technique d'accès CSMA/CD est la plus répandue. Elle est utilisée dans les réseaux locaux de type Ethernet (norme IEEE 802.3).

- Si une station détecte une collision et s'arrête sa transmission, il attends un certain moment et puis réessayer. A chaque fois qu'il essaie de retransmettre mais n'a pas réussi. Cette station doit doubler le temps d'attente avant un autre essaie. Donc cette stratégie de doubler le délai d'intervalle entre chaque retransmission qui s'appel généralement exponential backoff.
  - ✓ Un équipement doit écouter le média avant de transmettre. S'il détecte qu'un autre équipement émet, il attend un temps donné avant de tenter. En absence de trafic, il transmet tout en écoutant. A la fin, l'équipement retourne à l'écoute.
  - ✓ Chaque équipement ayant à tout instant la possibilité de débiter une transmission de manière autonome. Dû à la distance entre les équipements, la latence, il arrive que deux équipements émettent en même temps et une collision dans ce cas se produit.
  - ✓ Lors d'une collision, l'équipement arrête l'envoi de son paquet et tentera plus tard. De façon à minimiser le risque de rencontrer une 2ème collision avec le même équipement, il attend pendant un délai aléatoire avant de réémettre. Pour ne pas saturer le réseau, après un certain nombre d'essais infructueux, le paquet est éliminé. Le délai d'attente est fixé par l'algorithme BEB et dépend du nombre de tentatives infructueuses.
- Le slot-time est la base de temps dans un réseau Ethernet. Il est égal au temps de transmission d'une trame de longueur minimale ( $51,2 * 10^{-6}$ s pour un Ethernet standard à 10Mbits/s). L'algorithme du backoff(détermination du délai de retransmission après détection de collision) attend un nombre entier de slot-time pour la retransmission.
- Exemple de diagramme :

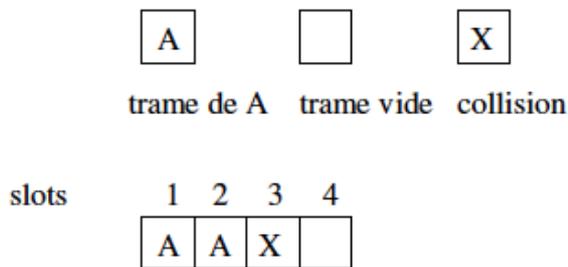


Figure 1: Exemple de diagramme.

**Attention :** Ne pas confondre numéro de tirage et numéro de tentative.  
Ne pas confondre non plus numéro de tirage et numéro de collision

**Remarques :** Le slot est utilisé ici comme unité de mesure du temps.  
Le temps est divisé en slots égaux et que chaque émission démarre au début d'un slot.  
Un slot correspond au temps d'émission de la trame minimale de 64 octets.  
On suppose que le temps d'émission d'une trame quelconque est de 4 slots.

Correction :

- Num\_essai : compteur de tentatives de transmission
- Maxbackoff : borne supérieure de l'intervalle de tirage
- Delai : Nombre de slots d'attente avant le retransmettre
- 

1. La taille d'une trame est de 6 slots de temps, 1 slot de temps est de 51,2 microsec. La capacité du canal (C, le débit binaire du canal) est de 10Mbit/s.

On calcul le nombre de Bits emis durant 1 slot-time, il est de 512 bits soit 64 octets.

Comme une trame fait 6 slots, la taille totale d'une trame est de 384 octets.

2. le diagramme des temps pour ce scénario est le suivant :

A	A	A	A	A	A	X	B	B	B	B	B	B	X	O	X	O	D	D	D
T=0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

D	D	D	C	C	C	C	C	C
20	21	22	23	24	25	26	27	28

- à t=0 : A émet sa trame qui occupe 6 slot-time ;
- à t=6 : collisions entre B, C et D, appel à la fonction BEB.
- à t=7 : B émet sa trame car obtient un TBEB = r = 0
- à t=8 : C et D essaye d'émettre en écoutant le canal
- à t=13 : collision entre C et D
- à t=14 : aucune transmission sur le réseau
- à t=15 : collision entre C et D
- à t= 16 aucune transmission sur le réseau
- à t=17 : D émet sa trame
- à t=23 : C émet sa trame
- à t=28 : fin des transmissions

<i>N° essai</i>	<i>N° Station</i>	<i>Maxbackoff</i>	<i>Random()</i>	<i>R = delay</i>
<i>1</i>	<i>B</i>	<i>2</i>	<i>1/4</i>	<i>0</i>
	<i>C</i>	<i>2</i>	<i>1/2</i>	<i>1</i>
	<i>D</i>	<i>2</i>	<i>3/4</i>	<i>1</i>
<i>2</i>	<i>C</i>	<i>4</i>	<i>1/4</i>	<i>1</i>
	<i>D</i>	<i>4</i>	<i>1/4</i>	<i>1</i>
<i>3</i>	<i>C</i>	<i>8</i>	<i>1/2</i>	<i>4</i>
	<i>D</i>	<i>8</i>	<i>1/8</i>	<i>1</i>

## Interconnexion des Réseaux locaux

### Exercice 1 : comparaison d'équipement d'interconnexion

Rappel :

#### Les équipements d'interconnexion

L'interconnexion de réseaux peut être locale: les réseaux sont sur le même site géographique. Dans ce cas, un équipement standard (répéteur, routeur etc ...) suffit à réaliser physiquement la liaison. L'interconnexion peut aussi concerner des réseaux distants. Il est alors nécessaire de relier ces réseaux par une liaison téléphonique (modems, etc..).

Le répéteur Il permet d'interconnecter deux segments d'un même réseau. Le répéteur est passif au sens où il ne fait qu'amplifier le signal. Il ne permet pas de connecter deux réseaux de types différents. Il travaille au niveau de la couche OSI 1. Ces fonctions sont : la répétition des bits d'un segment à l'autre la régénération du signal pour compenser l'affaiblissement changer de média (passer d'un câble coaxial à une paire torsadée)

Le pont (Bridge) Ce sont des équipements qui décodent les adresses machines et qui peuvent donc décider de faire traverser ou non les paquets. Le principe général du pont est de ne pas faire traverser les trames dont l'émetteur et le destinataire sont du même côté, afin d'éviter du trafic inutile sur le réseau. Il permet d'interconnecter deux réseaux de même type. Il travaille au niveau de la couche OSI 2. Il permet aussi de filtrer les trames. Si les stations émettrices et réceptrices se trouvent du même côté du pont, la trame ne le traversera pas pour aller polluer le deuxième segment.

Le routeur (Router) Les routeurs manipulent des adresses logiques (ex : IP) et non physiques (ex : MAC). Ils ne laissent pas passer les broadcasts et permettent un filtrage très fin des échanges entre les machines, grâce à la mise en oeuvre de listes de contrôle d'accès dans lesquelles les droits de chaque machine vont être décrits. C'est un équipement qui couvre les couches 1 à 3 du modèle OSI. Il est généralement utilisé pour l'interconnexion à distance. Il est surtout employé pour l'interconnexion de plusieurs réseaux de types différents (Ethernet, Token ring). Un routeur est multi-protocoles : IP, IPX, DECnet, OSI, Appletalk, etc .... Le routeur est capable d'analyser et de choisir le meilleur chemin à travers le réseau pour véhiculer la trame. Il optimise ainsi la transmission des paquets.

La passerelle C'est un système complet du point de vue de la connexion. C'est généralement un ordinateur. C'est le seul qui travaille jusqu'à la couche OSI 7 des différents protocoles qu'il utilise. Une passerelle est utilisée pour la connexion entre un réseau local et un système informatique qui ignore totalement le réseau local, par exemple pour relier un réseau PC sous NT avec un AS/400 ou un VAX.

Le concentrateur (HUB) C'est un boîtier qui a la fonction de répéteur. Mais sa fonction principal, est de pouvoir concentrer plusieurs lignes en une seule. On peut y connecter plusieurs stations, dont le nombre dépend du type de HUB. Un HUB sera connecté sur un autre HUB ou sur un serveur qu'avec une seule et unique ligne.

Le commutateur Le commutateur (ou switch) est un système assurant l'interconnexion de stations ou de segments d'un LAN en leur attribuant l'intégralité de la bande passante, à l'inverse du concentrateur qui la partage. Les commutateurs ont donc été introduits pour augmenter la bande passante globale d'un réseau d'entreprise et sont une évolution des concentrateurs Ethernet (ou hubs). Ils ne mettent en oeuvre aucune fonctionnalité de sécurité (certains commutateurs savent gérer toutefois l'adresse ethernet (@ MAC)), hormis l'amélioration de la disponibilité. Plusieurs communications simultanées peuvent avoir lieu à condition qu'elles concernent des ports différents du commutateur. La bande passante disponible n'est plus de 10 Mbit/s partagés entre tous les utilisateurs, mais  $n \times 10$  Mbit/s. Donc,

- Concentrateur (Hub) et Répéteur- Couche 1 : Extension de LANs
- Ponts et Commutateur (Switch)-Couche 2 : Communication inter-LANs
- Routeur- Couche 3 : Communication LAN-WAN

Donc corrections :

	Hub	Commutateur supportant le protocole STP	Routeur IP
Propage les collisions	V	F	F
Doit posséder une adresse MAC par interface	F	V	V
Doit posséder une adresse IP par interface	F	F	V
Fait passer une trame dont l'adresse destination MAC est : FF-FF-FF-FF-FF-FF	V	V	F
Doit respecter un délai limite de passage d'une trame afin de garder le temps d'aller/retour en dessous de la tranche canal	F	V	V
Peut être utilisé pour interconnecter plusieurs réseaux Ethernet suivant un graphe comportant des cycles	F	V	V
Sépare des réseaux Ethernet	F	V	V
Sépare des réseaux IP	F	F	V

Exercice2 : Algorithmes STP

Rappels : les étapes pour construire un STP

- 1. Déterminer le Switch Root.
  - ✓ Election : Chaque Switch prétend qu'il est root et annonce son identité à tous les autres Switch voisins par un message appelé BPDU. (Identité de 8 octets: priorité de 2 octets + adresse MAC de 6 octets)
  - ✓ Si un Switch X reçoit d'un Switch Y un BPDU annonçant une identité inférieure (meilleure) à celle qu'il possède alors X annonce Y comme root dans ses prochains BPDUs. (inférieure : il s'agit  $ID1 < ID2$ . Si  $priority1 < priority2$  ou si  $priority1 = priority2$  et  $MAC1 < MAC2$ )
  - ✓ Le Switch qui a l'identité la plus inférieure devient root.
- 2. Déterminer les RootPort (RP)
  - ✓ Chaque Switch (autre que le root) possède un seul RP
  - ✓ Le RP est celui qui a le coût cumulé le plus inférieur par rapport à la racine.
  - ✓ Attention : Tous les RPs sont en mode : forwarding
- 3. Déterminer les DesignatedPort (DP) sur chaque segment.
  - ✓ Dans chaque segment il y'a un seul DP.
  - ✓ Le DP est celui qui offre le moindre coût vers la racine.
  - ✓ Attention : Tous les DPs sont en mode : forwarding

- 4. Bloquer les autres ports de cascade

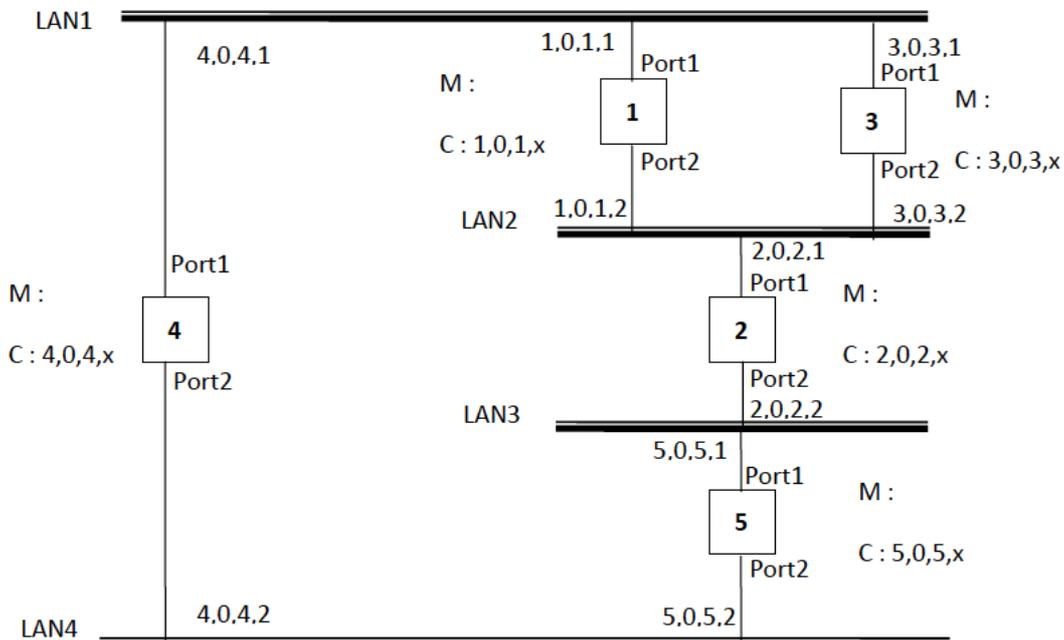
Conclusion : STP(802.1d) permet d'éliminer les boucles physiques entre des Switches.

Références :

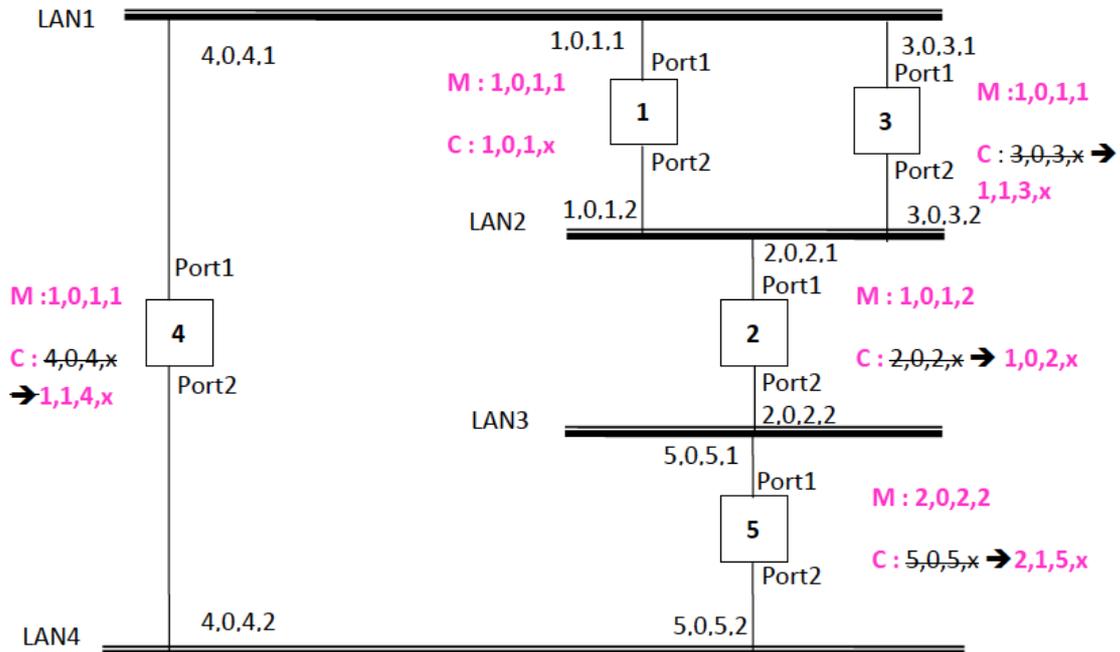
- 1. [http://www.cisco.com/image/gif/paws/10556/spanning\\_tree1.swf](http://www.cisco.com/image/gif/paws/10556/spanning_tree1.swf)
- 2. <http://wiki.wireshark.org/STP>
- 3. <http://www.ccontrols.com/pdf/abc7.pdf>
- 4. <http://www.routeralley.com/ra/docs/stp.pdf>
- 5. [ftp://ftp.hp.com/pub/networking/software/59903016e7\\_ch13.pdf](ftp://ftp.hp.com/pub/networking/software/59903016e7_ch13.pdf)
- 6. [ftp://ftp.iol.unh.edu/pub/bfc/UNH-IOL\\_BFC\\_Knowledgebase\\_STP.ppt](ftp://ftp.iol.unh.edu/pub/bfc/UNH-IOL_BFC_Knowledgebase_STP.ppt)

Correction :

- 1) Pourquoi un commutateur (transparent) n'ayant pas recours au « Spanning Tree » est incapable de fonctionner correctement sur le réseau ci-dessus ?  
 ⇒ Existence de boucles
- 2) Sachant que l'algorithme du « Spanning Tree » est appliqué, en quoi est-il utile de prévoir des chemins redondants?  
 ⇒ Pour la tolérance aux pannes
- 3) Invalider (inhiber, désactiver, fermer) les ports résultants de l'application du « Spanning Tree ».  
 ⇒ Initialement chaque commutateur suppose qu'il est racine et émet un message (id,0,id,x) sur chacun de ses port (x représenté le numéro de port)

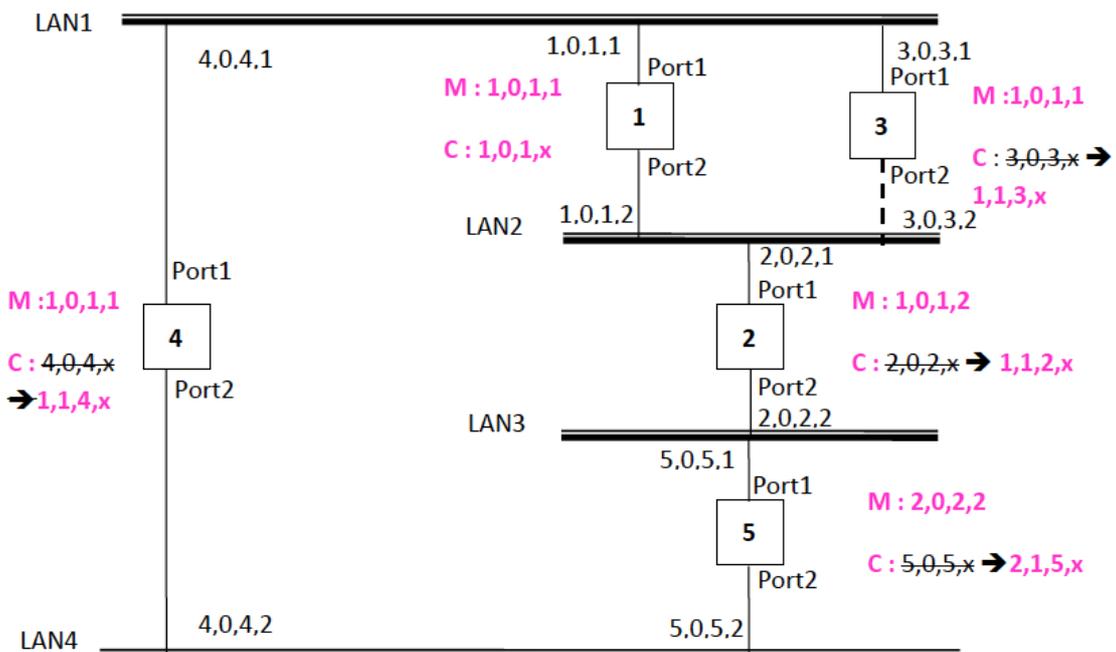


⇒ Chaque pont calcule la meilleure configuration (parmi les messages qu'il a envoyé et ceux qu'il vient de recevoir) et la nouvelle configuration calculée comme indiqué dans le schéma suivant

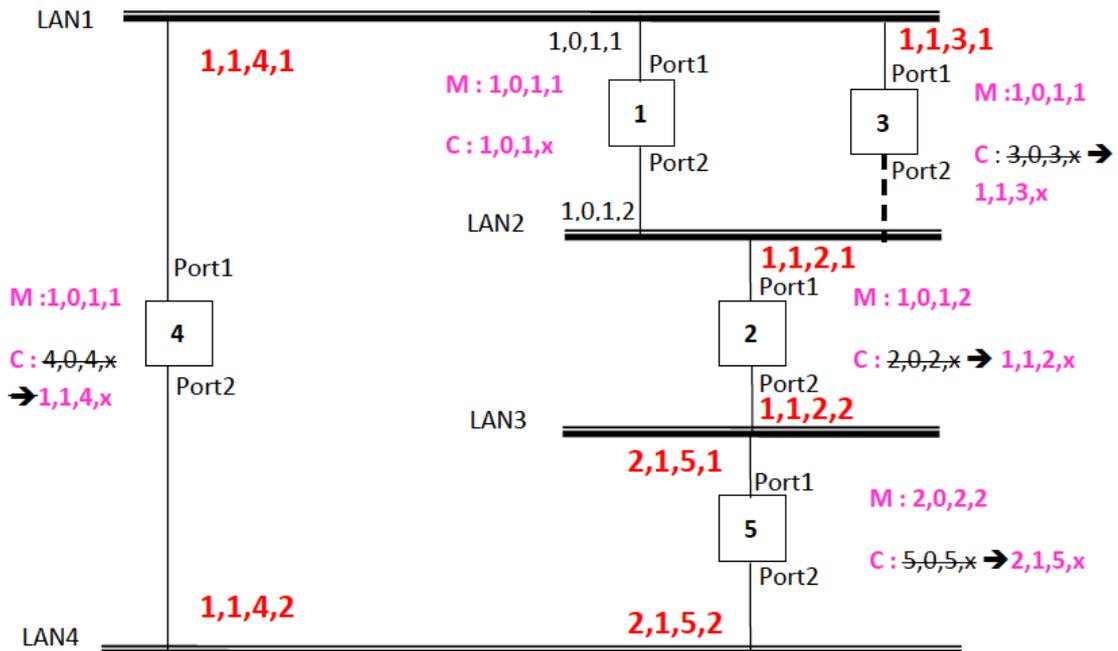


⇒ Invalidation des ports : pour chaque port, si le meilleur message reçu sur ce dernier est compris entre M et C alors le port est inhibé. Ainsi

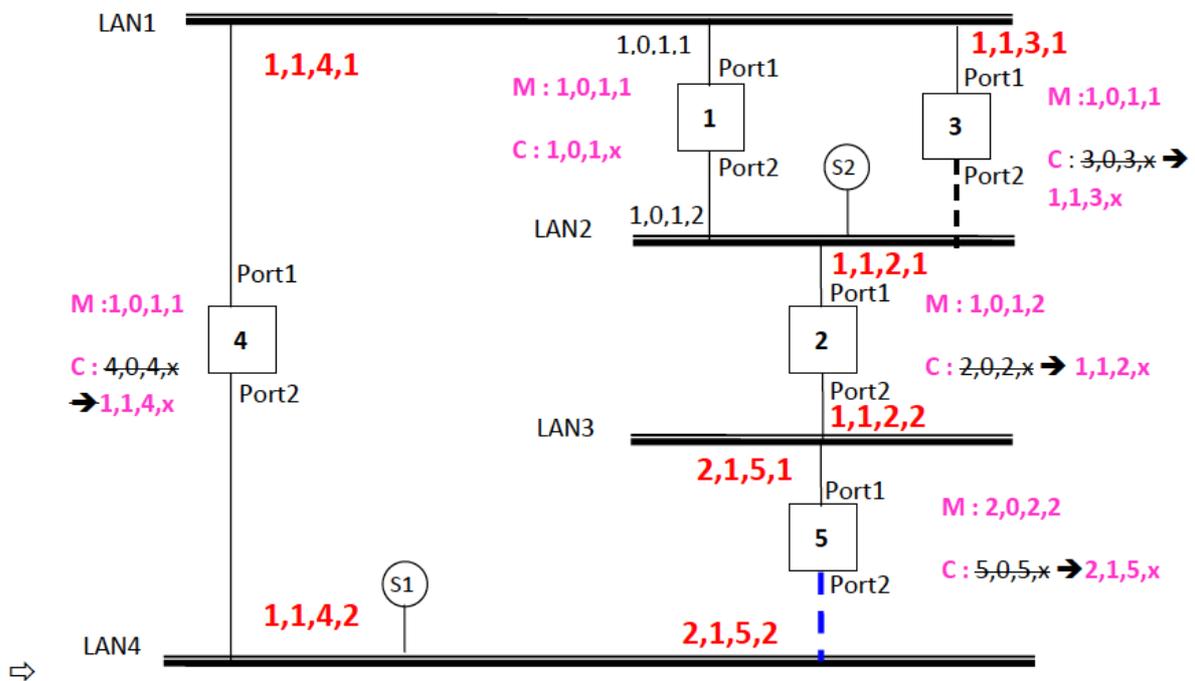
- Le port2 du commutateur 3 est inhibé : meilleur message=1,0,1,2 est compris entre M et C.



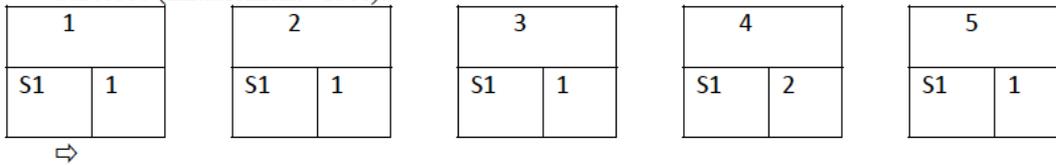
⇒ Deuxième itération : Envoi de la nouvelle configuration



- ⇒ Recalcul de M et C : seul le commutateur 5 aura des changements : M devient 1,1,2,2 et C devient 1,2,5,x
- ⇒ Invalidation des ports : port2 du commutateur 5 est fermé car 1,1,4,2 est compris entre M et C nouvellement calculés.



4) En retenant ces invalidations de ports et en supposant qu'une première trame est émise par la station 1, décrire les modifications conséquentes dans les différentes tables d'apprentissage des adresses (initialement vides).



- 5) Une seconde trame est émise de la station 2 vers la station 1, décrire le parcours de cette trame (et de ses différentes copies).
- ⇒ Chemin1: LAN2, comutateur1, commutateur4, S1
  - ⇒ Chemin2 : LAN2, comutateur1, commutateur3
  - ⇒ Chemin3 : LAN2, commutateur2
- 6) Supposons maintenant que l'algorithme du « Source routing » est appliqué, en quoi est-il utile de prévoir des chemins redondants?
- ⇒ Le plus important est pour la tolérance aux pannes
- 7) En appliquant l'algorithme du « Source routing » décrire les différents chemins obtenus de la station 1 vers la station 2 (répondre sur la figure ci-dessous).
- ⇒ Exécuter SRouting : découverte des routes
- 8) En quoi l'utilisation de l'algorithme du « Spanning Tree » est plus avantageuse ?
- ⇒ Les commutateurs sont transparents et il y a moins de trafic qui circule pour pouvoir envoyer les trames.

## TD 6

### Exercice 1 :

1. La synchronisation est assurée par l'émission du fanion (0 1 1 1 1 1 1 0). Cette séquence de bits est systématiquement envoyée en l'absence de données.
2. L'émetteur émet la séquence de bits suivante, dans laquelle les bits en gras sont ceux rajoutés par le mécanisme de "transparence" :  
0 1 1 1 1 1 0 1 0 0 1 1 0 1 1 1 0 1 1 1 1 1 0 0 ...
3. On constate que l'erreur de transmission introduit un fanion en plein milieu de la trame. A la reconnaissance du fanion, le récepteur arrête la trame et considère que les bits qui suivent font partie de la trame suivante.
4. Deux cas peuvent se présenter :
  - la trame tronquée est trop courte (moins de 4 octets, FCS compris). Elle est considérée comme invalide et est ignorée ;
  - la trame tronquée fait plus de 4 octets, mais elle a toutes les chances d'être incorrecte, puisque les 2 octets de données qui précèdent le "fanion" sont considérés comme les caractères du FCS et ne correspondent probablement pas à la valeur calculée par le récepteur.

Donc

- 1) Le nombre d'octets entre les 2 fanions est inférieur à 4 (longueur minimum d'une trame hors fanions). Dans ce cas, la trame est considérée comme invalide et elle est ignorée du récepteur. La trame suivante sera vraisemblablement dotée d'une syntaxe incorrecte (voir le cas suivant) ;
- 2) Le nombre d'octets entre les 2 fanions est supérieur à 4. Dans ce cas, la syntaxe du message a toutes les chances d'être syntaxiquement incorrecte, puisque la trame a été coupée arbitrairement. En particulier, le champ FCS (servant à la détection des erreurs) n'aura pas la bonne valeur. Dans la trame suivante, l'octet suivant sera une adresse invalide ou encore l'octet de contrôle sera incohérent avec le contexte d'échange de trames. Ces trames seront ignorées au niveau du protocole de liaison.

Le logiciel (ou matériel) de gestion de la liaison de données du récepteur détecte l'erreur.

Pour la reprise sur erreur, il procède de la façon suivante :

- il ignore la trame terminée par le "fanion fantôme" et la reprise se fait soit sur temporisation, soit par émission de la trame REJ (selon qu'il y a ou non une trame I correcte derrière la trame erronée) ;
- dans le cas où la trame a été considérée comme invalide, la trame qui suit comporte vraisemblablement un champ adresse incorrect et n'est pas prise en compte.

## Exo 2 :

**Diagramme 1 :** I,1,2 puis REJ 2.

En effet, aux temps 5 et 6, A renvoie les trames 2 et 3, donc en 4, B a envoyé un REJ 2 (rejet à partir de 2).

**Diagramme 2 :** I,1,2 puis SREJ 2.

Ici, A renvoie seulement la trame 2, pas la 3, donc en 4, B a envoyé un SREJ 2 (rejet sélectif de 2).

## Supports des exos HDLC dans TD5

### Descriptions des échanges

La figure 44 décrit les phases d'un échange HDLC bidirectionnel entre deux stations. Pour chaque trame, est indiqué le type (SABM, UA, RR ou I pour une trame d'information) et la valeur des variables significatives (N(S), N(R) et P/F).

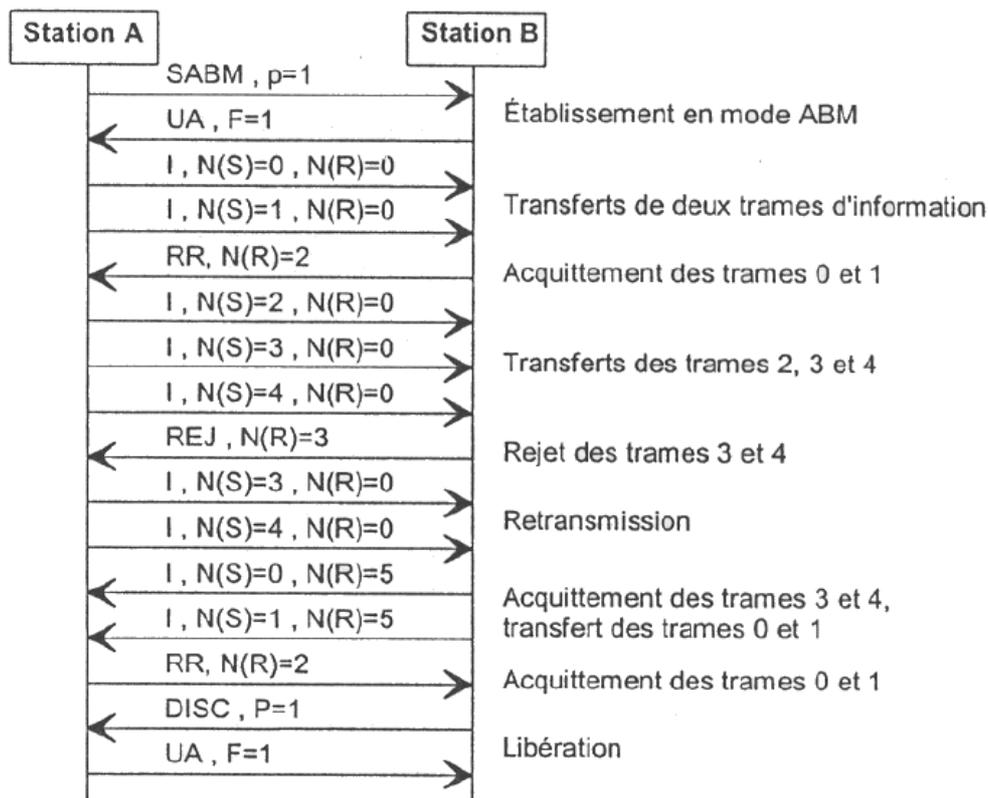
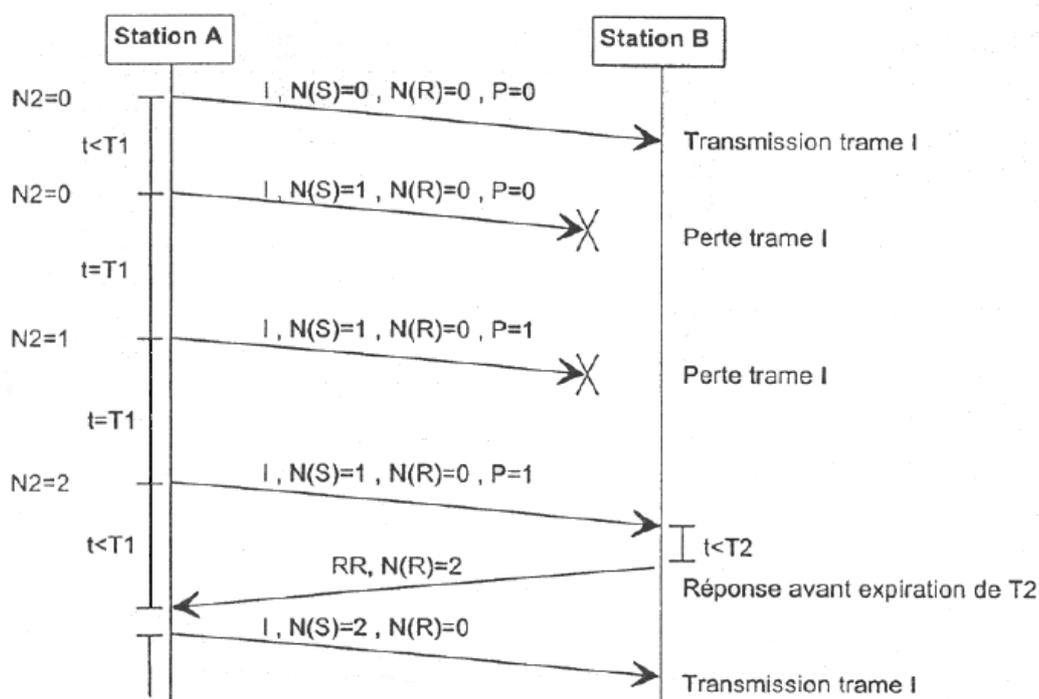


figure 44 : Exemple d'échange HDLC

- **Etablissement** de la liaison par émission des trames non numérotées SABM et UA. Le bit P/F est positionné à 1 dans la trame de commande SABM invitant la station B à répondre, celle-ci émet tout de suite un acquittement UA avec le bit F à 1.
- **Transmission** bidirectionnelle de trames d'information I avec gestion des numéros de séquence N(R) et N(S). L'acquittement des trames I émises jusqu'au numéro N(S)=x est réalisé par renvoi dans une trame RR ou I de N(R)=x+1, x+1 est le numéro de la trame attendue (exemple : N(R) = 4 acquitte les trames N(S) < 4). La trame REJ avec N(R) = x signifie le rejet des trames N(S) ≥ x. La gestion des numéros N(S) et N(R) est symétrique pour les deux stations (en mode LAPB) ; le transfert des trames I peut donc être réalisé en duplex intégral.
- **Libération** de la liaison par émission des trames non numérotées DISC et UA.

La figure 45 décrit un échange lorsque l'une des deux stations n'émet pas de réponse suite à une commande (perte d'une trame I) ; dans ce cas, plusieurs compteurs et temporisateurs permettent le contrôle de l'échange.

- Taille maximale de la trame  $N1$  : nombre maximum de bits d'une trame, fanions exclus ( $N1=2104$  pour le réseau Transpac).
- Délai maximal  $T2$  : le récepteur d'une trame doit fournir une réponse avant dépassement du délai  $T2$ .
- Temporisateur  $T1$  : à l'émission d'une trame, un temporisateur est armé avec une valeur  $T1$  ; si l'acquittement n'intervient pas avant l'expiration de  $T1$ , une retransmission est effectuée.  $T1$  dépend de la durée d'émission d'une trame de longueur maximale, de la valeur de  $T2$ , du temps de traitement d'une trame reçue et du temps nécessaire pour désamorcer le temporisateur ( $T1=100$  ms pour un débit de 48000 bit/s sur Transpac).
- Nombre maximum de retransmissions  $N2$  : une station, suite à une absence de réponse, peut effectuer sur expiration du temporisateur  $T1$  un nombre maximum  $N2$  de retransmissions ( $N2 = 10$  sur Transpac), au-delà une procédure de défaillance est mise en oeuvre.



*figure 45 : Echange HDLC avec absence de réponse*

La figure 46 décrit un échange lorsque les tampons de la station réceptrice sont temporairement saturés et représente l'évolution des variables d'état internes.

- Variable d'état en émission  $V(S)$  : variable interne qui indique le numéro de séquence de la prochaine trame  $I$  à émettre.  $V(S)$  peut prendre les valeurs 0 à 7 et est incrémentée de 1 à chaque émission d'une trame  $I$ .  $V(S)$  ne peut dépasser le numéro  $N(R)$  reçu d'une valeur supérieure au nombre de trames en anticipation  $K$  ( $V(S) \leq N(R) + K$ ).
- Paramètre d'anticipation  $K$  : ce paramètre dont la valeur est fixée par les utilisateurs ; ( $K \leq 7$ ) indique le nombre de trames pouvant être émises sans acquittement.
- Variable d'état en réception  $V(R)$  : variable interne qui indique le numéro de séquence de la prochaine trame  $I$  attendue en réception.  $V(R)$  peut prendre les valeurs 0 à 7 et est incrémentée de 1 à chaque réception sans erreur d'une trame  $I$ .

Après établissement et initialisation des variables, la station A envoie trois trames. La variable  $V(S)$  est incrémentée de 0 à 3 et devient égale à  $N(R) + K$  (avec  $N(R) = 0$  et  $K = 3$ ) ; la station A ne peut alors plus anticiper et doit attendre un acquittement de la station B. La trame  $RR$  avec  $N(R) = 2$  permet ensuite une anticipation jusqu'à  $V(S) = 5$ . La station B acquitte les trames 3 et 4 et indique une saturation de ses tampons par une trame  $RNR$ . La station A est contrainte à une attente de reprise durant laquelle elle interroge la station B par des trames  $RR$ . Lorsque celle-ci est à nouveau disponible, elle envoie une trame  $RR$  et le transfert peut se poursuivre.

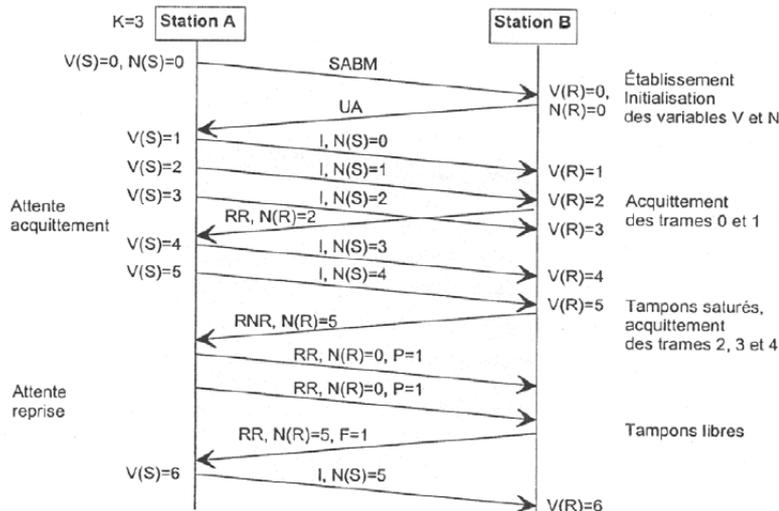


figure 46 : Echange avec saturation du récepteur

Les séquences d'établissement, de transmission, de reprise et de libération sont complètement décrites par des diagrammes d'état de la procédure HDLC.

## Annexes

Le tableau suivant récapitule les principales trames de commande et de réponse :

format	symbole	cmd	rép	champ de cmd	fonction
I	I	X	X	0 N(S) P/F N(R)	Trame d'information
S	RR	X	X	1 0 0 0 P/F N(R)	<i>Ready to Receive</i> acquitte toutes les trames reçues de $N(S) < N(R)$ et sert à la régulation de flux (sortie de l'état d'occupation)
	RNR	X	X	1 0 1 0 P/F N(R)	<i>Not Ready to Receive</i> acquitte toutes les trames reçues de $N(S) < N(R)$ et sert à la régulation de flux (état d'occupation temporaire)
	REJ	X	X	1 0 0 1 P/F N(R)	<i>Reject</i> acquitte toutes les trames reçues de $N(S) < N(R)$ et rejette toutes les trames à partir de $N(R)$
	SREJ	X	X	1 0 1 1 P/F N(R)	<i>Selective Reject</i> acquitte toutes les trames reçues de $N(S) < N(R)$ et demande la retransmission de la trame de $N(S) = N(R)$
U	SARM	X		1 1 1 1 P 0 0 0	<i>Set ARM</i> demande l'établissement en mode ARM
	SNRM	X		1 1 0 0 P 0 0 1	<i>Set NRM</i> demande l'établissement en mode NRM
	SABM	X		1 1 1 1 P 1 0 0	<i>Set ABM</i> demande l'établissement en mode ABM
	SARME	X		1 1 1 1 P 0 1 0	<i>Set ARME</i> demande l'établissement en mode ARM étendu (mod 128)
	SNRME	X		1 1 1 1 P 0 1 1	<i>Set NRME</i> demande l'établissement en mode NRM étendu (mod 128)
	SABME	X		1 1 1 1 P 1 1 0	<i>Set ABME</i> demande l'établissement en mode ABM étendu (mod 128)
	DISC	X		1 1 0 0 P 0 1 0	<i>Disconnect</i> libère la liaison
	UA		X	1 1 0 0 F 1 1 0	<i>Unnumbered Acknowledge</i> indique la réception et l'acceptation d'une commande non numérotée
	CMDR FRMR		X	1 1 1 0 F 0 0 1	<i>Command (ARM, NRM) / Frame Reject (ABM)</i> : indique la réception d'une trame incorrecte et que la reprise ne peut s'effectuer par retransmission (avec la cause du rejet dans le champs de données)
	DM		X	1 1 1 1 F 0 0 0	<i>Disconnect Mode</i> indique que la station se trouve en mode déconnecté