

## Notes sur le cours Interconnexion de Réseaux (Télécoms)

### DIAPO 1 :

Le modèle de référence OSI a été une des premières réponses pour bâtir l'interconnexion de systèmes hétérogènes. Comme on l'a vu à la fin de cours précédent, les architectures réelles ne sont pas parfaitement conformes. On va dans ce cours essayer d'identifier les problèmes classiques et les principales solutions pour traiter l'interconnexion de réseaux. On traitera ensuite l'interconnexion des réseaux télécoms de transmission de données.

### DIAPO 2 :

L'objectif de l'interconnexion va être de faire communiquer des équipements qui n'utilisent pas les mêmes moyens de communications y compris les supports physiques et des réseaux eux mêmes différents les uns des autres. Il s'agira d'étendre la portée des réseaux. Il donnera lieu à des logiciels spécifiques (quand ça se déroule à l'intérieur d'une machine) à des protocoles spécifiques (de résolution d'adresse par exemple) et à des équipements spécifiques. Ces équipements portent des noms variés selon le niveau protocolaire : répéteurs, régénérateurs au niveau physique, ponts et commutateurs au niveau liaison de données, routeurs et commutateurs au niveau réseau. Pas d'autre nom spécifiques pour les autres niveaux protocolaires. Le nom générique est passerelle ou Gateway.

### DIAPO 3 :

Les principales solutions pour traiter l'interconnexion consistent :

- à utiliser le modèle de référence. Si tous les réseaux étaient conformes au modèle OSI, il n'y aurait pas de problèmes d'interconnexion. Bon on a tout dit et on n'a rien dit ! L'hétérogénéité des réseaux est de mise et donc il n'y a pas de solutions uniques et d'architectures homogènes. On sent bien des périodes où il y a des uniformisations et puis on repart dans de la diversification. Dans le domaine des réseaux locaux, Ethernet a tué la concurrence... jusqu'à l'arrivée de WiFi ; le monde IP a tué le match sur les couches hautes et puis il y a eu IPv4 et IPv6 ; le monde mobile est toujours particulièrement proluxe en termes de standards, sans parler de l'IoT... et sans parler des réseaux moins grand public. A chaque fois les problèmes d'interconnexion se reposent ;
- la deuxième solution est la solution avec des passerelles. On veut interconnecter un réseau A à un réseau B. Quand je parle de réseau cela peut prendre des configurations variées comme vous le verrez dans les cours à venir. On met donc une passerelle entre les deux réseaux. Cette passerelle devra faire de la **traduction** pour faire communiquer des machines qui n'utilisent pas les mêmes protocoles ;
- la troisième solution est la solution par **encapsulation**. On veut faire passer des messages entre deux extrémités (ou équipements) qui utilisent un même protocole mais entre les deux, il y a un autre réseau. On doit alors encapsuler les messages que l'on récupère à l'autre extrémité de ce réseau.

### DIAPO 4 : Principes de l'Interconnexion par traduction

Les réseaux que l'on cherche à interconnecter n'utilisent pas les mêmes piles de protocoles. Dans ce cas, le principe consiste à regarder les piles de protocoles et à identifier **le niveau le plus élevé d'hétérogénéité**. On positionne alors une passerelle à ce niveau.

Le problème le plus classique qui se pose est en premier lieu de traiter l'adressage ie. trouver les adresses nécessaires à l'acheminement des informations dans l'autre réseau pour atteindre le destinataire.

Il s'agit ensuite de traiter les problèmes d'hétérogénéité et par exemple traiter le cas des fonctionnements avec/sans connexion. Les cas les plus simples seront les cas où l'on a la même philosophie de part et d'autre et encore plus

- Quand il s'agira du mode non connecté où il n'y a rien à faire !
- S'il s'agit de mode connecté de part et d'autre, le plus simple sera de faire simplement de profiter de l'arrivée d'une demande de connexion d'un côté pour mettre en place la connexion de l'autre.
- Dans le cas d'un mode hétérogène, dans le sens mode connecté vers mode non connecté pas grand chose ;
- Dans le cas du mode non connecté vers le mode connecté, il faut prendre des décisions de mise en place de connexion. Par exemple en identifiant des flux. La découverte d'un nouveau flux déclenche l'ouverture de la connexion.

C'est un peu pareil pour les déconnexions.

Il y a parfois des possibilités de connexions permanentes qui peuvent faciliter la vie !

Les problèmes de qualité de service sont âpres. Il y a des solutions qui peuvent consister à considérer que les mécanismes, les protocoles... vivent leur vie séparément dans les deux réseaux. On peut essayer de mettre en place des correspondances mais cela peut ne pas être si simple. Prenons des mécanismes de contrôle de congestion. Si une congestion a lieu dans le réseau 1, faut-il en informer le réseau 2. Là on rentre dans le dur ! On en reparlera le moment venu lorsque l'on présentera les exemples. La qualité de service de bout-en-bout en prend un coup.

Finalement le plus simple est sans doute la traduction des messages ! Les protocoles ne sont pas si souvent si hétérogènes que cela en particulier pour rendre un service donné.

### **DIAPO 5 : Interconnexion par encapsulation**

Il s'agit donc de faire passer des messages au-dessus d'un autre réseau. Il faudra mettre en place des mécanismes d'adaptation (taille des messages...)

Les problèmes à traiter sont alors les suivants.

Il y a encore une fois des problèmes d'adresse. Il faut trouver l'adresse de sortie du réseau traversé.

On a encore les problèmes des modes connectés/non-connectés avec sensiblement les mêmes configurations que dans l'interconnexion par traduction.

Il en va de même pour la qualité de service : attention, on ne peut au mieux faire que l'intersection de ce que proposent les deux réseaux.

Si l'on prend les mécanismes réseaux, ils peuvent exister en double dans les deux mondes et il faut savoir s'ils s'ignorent ou si on essaye de les faire collaborer.

### **DIAPO 6 :**

On va maintenant commencer l'interconnexion des réseaux télécoms de transmission de données. Cela permettra d'illustrer les points évoqués précédemment.

### **DIAPO 7 :**

Le premier exemple que l'on va prendre est celui de l'interconnexion entre X.25 et le relayage de trames. Les opérateurs ont en effet remplacé leur cœur de réseau X.25 par un réseau FR. On conserve les raccordements d'extrémité en X.25 avec la pile de protocole classique. Le commutateur de raccordement traite les paquets X.25 et se connecte à un réseau FR. C'est donc une interconnexion par encapsulation. En effet, on fait passer des paquets X.25 sur le réseau FR et ressortent à l'autre bout sur le commutateur de raccordement du destinataire.

En termes d'adressage, il faut déterminer au vu de l'adresse X.25 du destinataire le point de sortie du réseau Frame Relay. Frame Relay n'a pas d'adressage spécifique mais il utilise les adresses du monde dans lequel il se trouve. On utilisera ici des adresses X.121. Elle est hiérarchique et donc le commutateur de raccordement du destinataire se déduit simplement de l'adresse du destinataire X.25.

On est dans une configuration connecté sur connecté. On aurait pu envisager deux solutions qui auraient pu être d'ouvrir une connexion FR à chaque ouverture de connexion X.25. On intercepte la demande d'appel X.25, on utilise Q.933 pour ouvrir une connexion FR vers le point de sortie. Une fois que cette connexion est ouverte, alors on pourra poursuivre l'ouverture de la connexion X.25. C'est assez long !

La solution communément retenue à consister à utiliser les connexions FR permanentes ie. on pré-établit des connexions FR permanentes entre tous les commutateurs de raccordement X.25 et quand une demande de connexion arrive, il s'agira simplement au vu de l'adresse X.121 du commutateur FR de sortie d'utiliser la bonne connexion.

On pourrait envisager d'avoir plusieurs connexions permanentes en fonction de la qualité de service... pas trop le lieu ici avec X.25.

Il faut aussi traiter le cas des connexions X.25 permanentes. Là bien évidemment, il est largement préférable d'utiliser des connexions FR permanentes.

Pour la qualité de service, pas trop de souci. X.25 est surtout connu pour sa fiabilité. Il l'est plus que FR mais ce dernier fonctionne sur des supports fibres avec des débits plus élevés. X.25 sera de toute façon là pour traiter les erreurs de transmission du FR – des trous dans les paquets et des retransmissions. Attention, le réseau FR est vu comme un seul bond vu du monde X.25. Bon les mécanismes de notification de congestion seront traités les extrémités Q.922. Les paquets X.25 attendent gentiment ; ils ne sont pas très pressés.

### **DIAPO 8 : X.25 sur TCP XOT**

Pour les inconditionnels de X.25, on a conservé des accès en X.25 que l'on fait passer sur un réseau Internet. Le destinataire utilise X.25 aussi. On est encore une fois dans une interconnexion par encapsulation encore une fois. IP fonctionne avec un protocole de transport. X.25 n'en tient pas lieu. Comme X.25 a besoin de fiabilité, on préfère TCP qui remplit largement la fiabilité nécessaire. Un protocole applicatif va s'intercaler intitulé XOT pour traiter l'hétérogénéité.

En termes d'adresse, il faut faire la correspondance entre les adresses X.121 et les adresses IP. Il faut trouver l'adresse IP de la passerelle de sortie. On aurait pu faire des solutions compliquées de résolution d'adresses. Vu le petit nombre de clients... on peut simplement garder en mémoire des passerelles cette correspondance.

En termes de connexion, on a X.25 avec connexion et TCP avec connexion. C'est XOT qui va s'en occuper. On peut faire des demandes systématiques de connexions TCP à chaque demande de connexion X.25 ; on peut faire du multiplexage et si une connexion TCP est déjà ouverte s'en servir.

Le plus compliqué a plutôt été le traitement des connexions X.25 permanentes. Pour éviter de conserver des connexions TCP en permanence, si un paquet d'une connexion X.25 permanente arrive à la passerelle et que la connexion TCP n'est pas ouverte on l'ouvre. Si plus rien ne se passe pendant longtemps, on ferme la connexion TCP.

En termes de qualité de service, pas grand chose... TCP est bien assez têtue pour retransmettre.

(pour mémoire, le monde aéronautique envisage de quitter leur solution X.25 pour de l'IP mais ils envisagent de faire de l'IP sur X.25 – vous pourrez réfléchir à la mise en œuvre). Les

paquets X.25 de toute sorte ne posent pas spécialement compliqués à traiter pour être envoyés dans des segments TCP.

### **DIAPO 9 et 10**

Frame Relay sur ATM est une des configurations délicates. Là c'est encore un exemple d'encapsulation. La pile de protocoles consiste à mettre Q.922 sur AAL-5/ATM.

Les deux mondes sont avec connexion.

S'il s'agit d'avoir des connexions Frame Relay commutées, on aura la pile de protocoles présentée sur la diapo 10. Attention Q.933 est au-dessus de Q.922 lui-même au-dessus de la pile ATM. Attention, du coup les demandes de connexions Q.933 seront véhiculées comme des données ATM.

S'il y a besoin de connexions ATM commutées, il faudra avoir en plus la pile de protocoles de signalisation ATM sur les extrémités des réseaux ATM.

### **DIAPO 11 :**

L'interconnexion entre le réseau ATM et le réseau FR est aussi possible. Dans ce cas on met une passerelle entre Q.922 AAL-5/ATM dans le plan de données... et une passerelle de signalisation entre Q.933 et Q.2931.

### **DIAPO 12 :**

Les problèmes à traiter sont des problèmes d'adresse : adresse ATM de la passerelle de sortie dans le cas interco par encapsulation ; adresse ATM ou « FR » du destinataire. Il y a de nombreux types d'adresses ATM mais elles ne sont pas possibles pour FR. Les adresses ATM peuvent être construites à partir d'adresse E.164 (téléphonique) qui peuvent être utilisées (indirectement) dans les deux mondes.

Les modes connectés compliquent ensuite la tâche. Le plus simple est bien sûr d'avoir des connexions permanentes partout. Si l'on veut faire mieux, il faut un peu travailler...

Dans le cas par encapsulation, quand une demande de connexion arrive sur la passerelle, on ouvre une connexion ATM puis on termine le travail dans le monde FR.

Dans le cas par traduction, la dynamique est somme toute plus simple. Les protocoles Q.2931 et Q.933 sont cousins. Il y a une correspondance protocolaire assez simple.

Là où ça se complique c'est sur la mise en correspondance des paramètres. Assez naturellement, le service visé par FR est ABR. En termes de débit, on peut faire correspondre CIR au débit minimal garanti (MCR) ; (CIR + EIR) à (PCR) ; quid de la gigue à l'accès au réseau. Cela n'existe pas en FR.

Attention aux taux de perte, la garantie est au niveau trames d'un côté et au niveau cellule de l'autre – c'est un peu pour cela que le service GFR avait été proposé.

La correspondance des mécanismes de qualité de service n'est pas si simple. Propage-t-on les notifications de qualité de service ? Les demandes de réduction de débit ?

### **DIAPO 13 IP sur ATM les premières solutions**

L'ATM a déçu car la standardisation a été trop lente. La signalisation est compliquée, la détermination des descripteurs de trafic mais aussi des besoins en qualité de service ne sont pas si simples que cela. Les applications ont tardé à se développer au-dessus de la pile ATM. En parallèle, les applications ont commencé à se développer largement au-dessus de la pile TCP/IP. ATM a plongé pour devenir une solution de niveau 2 en-dessous d'IP.

C'est en particulier pour ces déploiements que l'AAL-5 a été normalisée.

Pour proposer des solutions IP sur ATM plusieurs tentatives ont commencé : les premières issues du monde ATM avec MPOA. ATM est prêt à tout transporter alors pourquoi pas IP.

En parallèle, l'IETF a réfléchi de son côté pour proposer des solutions. La principale intitulée Classical IP s'est surtout préoccupée d'adressage la seconde MPLS est plus générale pour essayer des qualités des deux mondes. Ce sera vu plus en détail dans le cours d'Emmanuel Chaput en fin de cours d'Interconnexion de Réseau... et vous en reparlerait potentiellement en 3<sup>ème</sup> année avec ses évolutions.

**DIAPO 15 : On peut faire simple**

En liaison point à point. Connexions ATM permanentes, adressage simple. Il ne reste que l'encapsulation à régler. IP Best Effort, on ne se fatigue pas ; on prend AAL-5 avec une SSCS vide. La CPCS formate. On verra l'encapsulation ensuite car elle est la même avec la solution suivante.

**DIAPO 16 et 17 : Classical IP ou ATM ARP**

On va considérer des sous-réseaux IP formés de machines utilisant IP sur ATM. On parle de LIS. Cette fois-ci on va donc avoir des problèmes d'adresses et de connexion. En fonction de l'adresse IP du destinataire, on sait si on est sur le même LIS. Si tel est le cas on interroge le serveur d'adresse ATM-ARP qui a une adresse connue dans le réseau et avec lequel on dialogue avec une connexion permanente. On garde la correspondance en cache.

On peut alors mettre en place une connexion ATM vers la machine considérée (ATM-AAL/5) de type UBR par exemple !

Si maintenant le destinataire n'est pas dans le même LIS, le routage IP indique que le next hop est le routeur, on peut alors une connexion ATM permanente avec le routeur ou pas. L'adresse ATM du routeur peut être en cache (ATM-ARP moins souvent utilisé). On lui envoie les paquets IP encapsulés. Quand on rentre dans le nouveau LIS, le routeur a l'adresse IP du destinataire et demande la correspondance à l'ATM-ARP. J'ai cité UBR qui est plus simple puisque l'on a rien à deviner.

**DIAPO 18 : Encapsulation**

La méthode d'encapsulation est LLC-SNAP que vous avez déjà vu dans les cours précédents. On encapsule en indiquant que c'est un paquet IP (ou un message ATMARP). La SSCS est vide. On encapsule alors dans une CPCS-PDU.

**DIAPO 19 : Pile de protocole**

La pile de signalisation ATM n'a pas été représentée.

**DIAPO 20 Conclusions**

Classical IP n'était qu'une version intermédiaire sans réelle prise en compte de qualité de service sans broadcast ni multicast. Les propositions pour interconnecter les LIS sans remonter au niveau 3 ont été prévues. Nous ne les présentons pas ici

Vous reviendrez sur des solutions plus complètes au travers de MPLS.