
Transmission de données Internet par satellite

Cité des Sciences

17 mars 1999

Walid Dabbous

INRIA Sophia Antipolis

Walid.Dabbous@inria.fr



Plan

- Performance des protocoles de l'Internet
- Spécificité des liens satellitaires
- Optimisation du protocole TCP
- Routage dynamique
- Multipoint fiable
- Problèmes ouverts

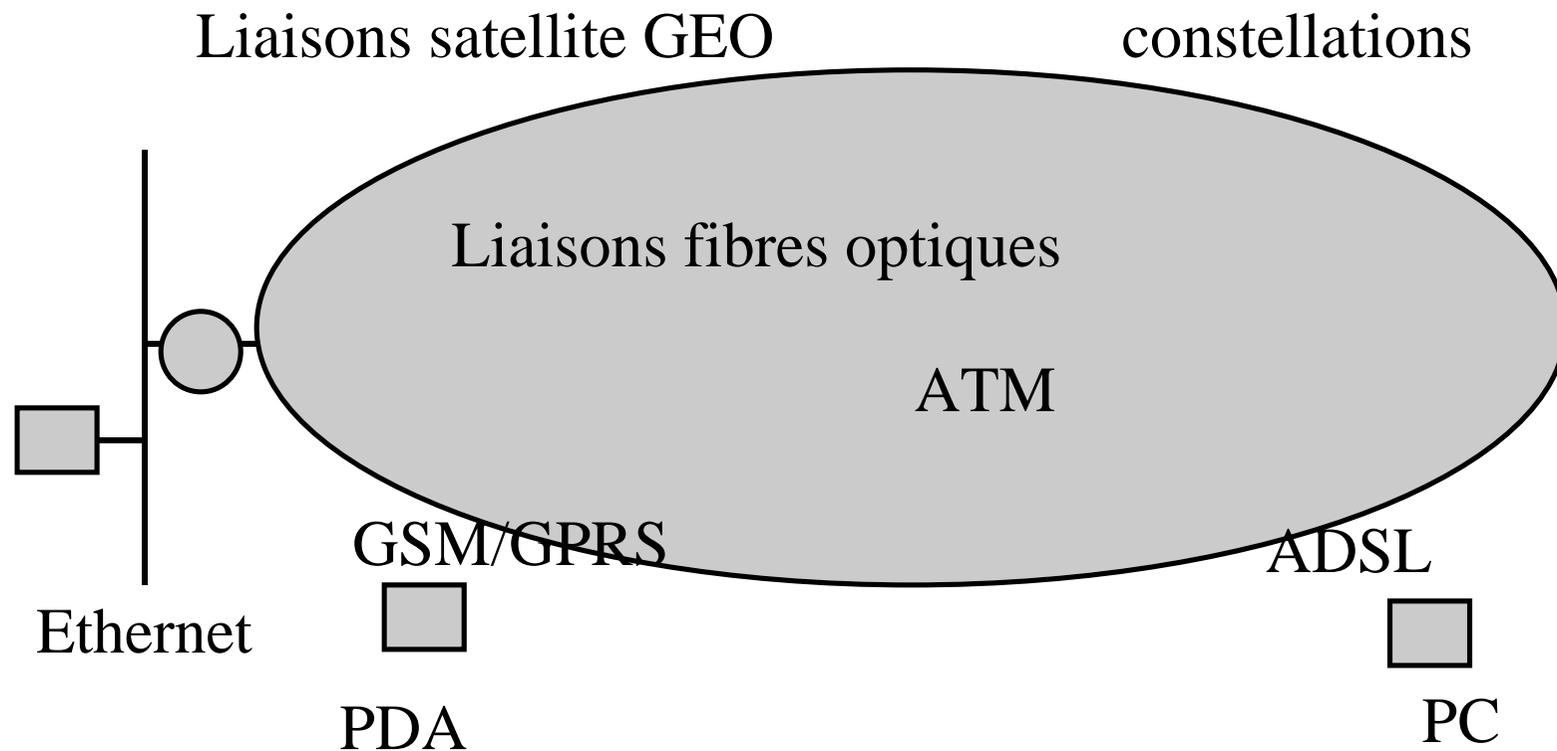


Performance des protocoles

- Le principe de bout en bout
- TCP « TransmissiControl Prbtoco
- UDP/IP multipoint
- Impact de l'hétérogénéité : comment optimiser?



Le principe de bout en bout



Le protocole TCP

- Contrôle de transmission de bout en bout
- Etablissement de connexion (point à point) en trois étapes
- Contrôle de congestion par slow start (L. Toutain)
- Support de plusieurs applications (ftp, http, telnet, etc...)
- Notion « TCP friendly »



UDP/IP multicast

- UDP : protocole de transport sans connexion
- extensions IP multicast : duplication efficace des paquets dans le réseau
 - protocole de gestion de groupe (IGMP)
 - protocole de routage multipoint
- Pas de contrôle de congestion à ce niveau
- Pas de support de la fiabilité
- Applications multimédia

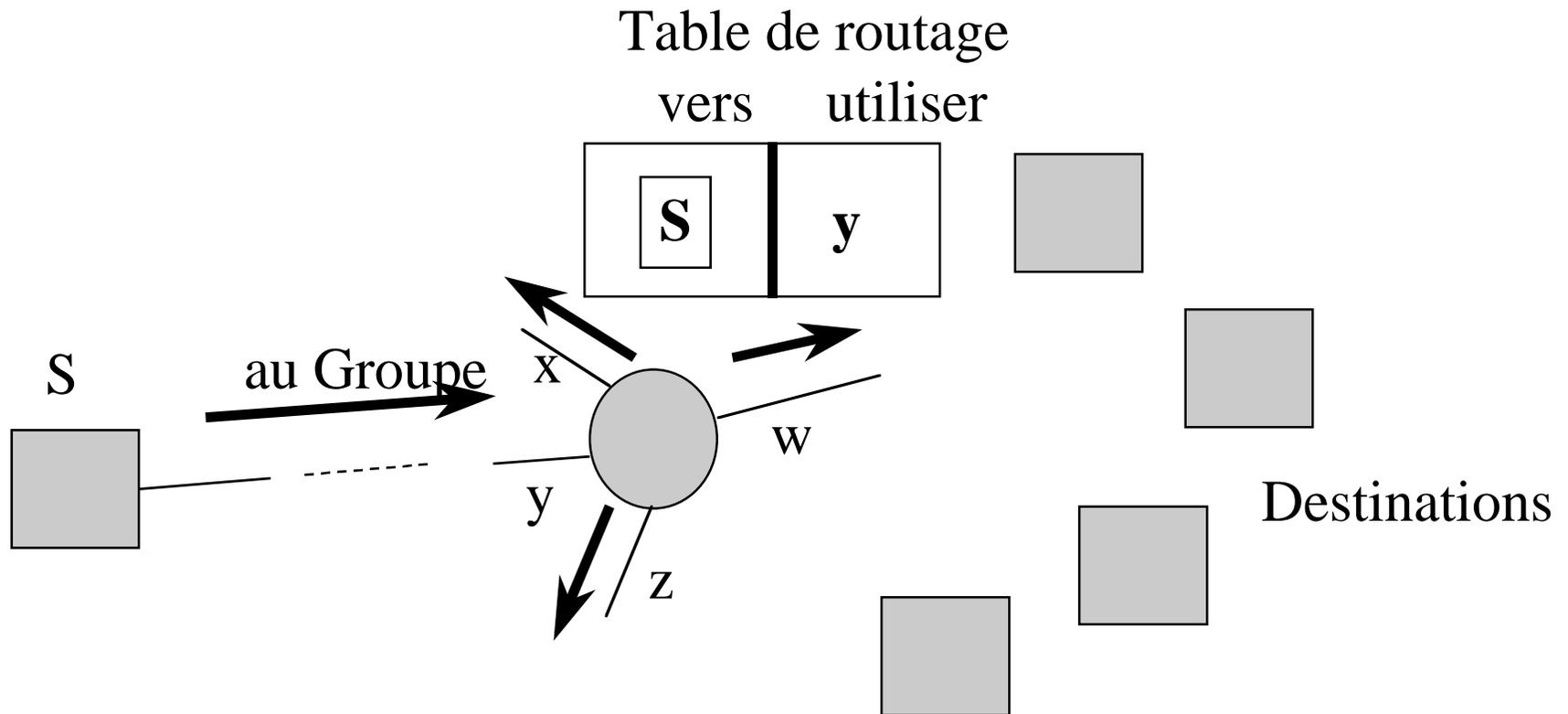


Gestion des groupes par IGMP

- Pour rejoindre le groupe, envoi d'un paquet IGMP « report »
- Ne rien faire pour quitter
- Le routeur envoie périodiquement une sollicitation sur le sous-réseau
- les machines concernées répondent de façon aléatoire à une adresse spécifique
- Les groupes non demandés ne sont pas diffusés sur le sous-réseau

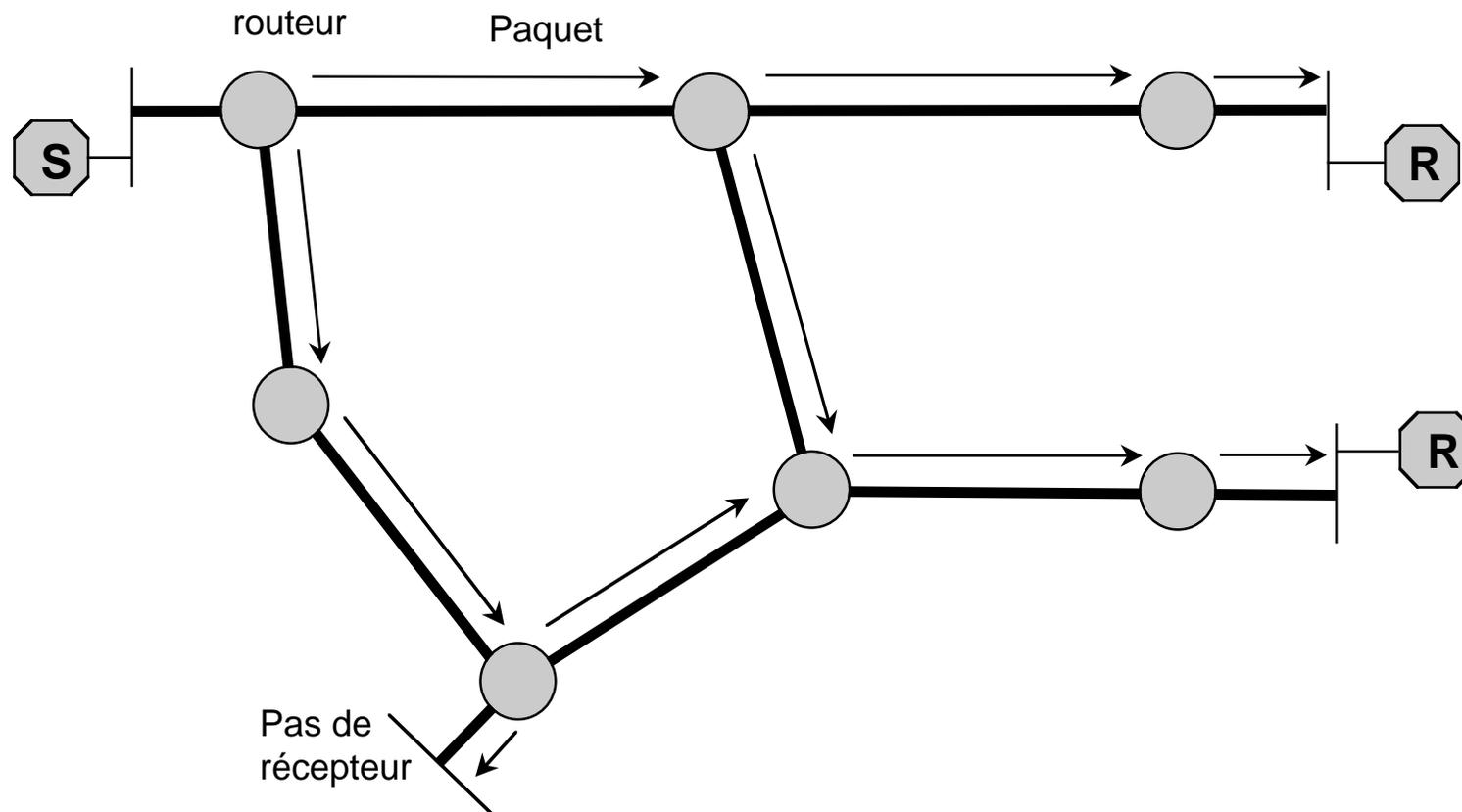


Le Reverse Path Forwarding



Relais des paquets par DVMRP

Inonder (par RPF) puis élaguer



Optimisation des performances

- Difficulté d'optimisation « théorique »
- Hétérogénéité
- Passage à l'échelle
- Applications adaptatives
- Optimisation partielle
 - liée aux spécificités des liaisons
 - basée sur des mécanismes au niveau application



Spécificités des liaisons satellite

- Avantages
 - diffusion naturelle
 - vers des utilisateurs mobiles
 - dans des zones éloignées
 - ou sans infrastructure terrestre



Spécificités des liaisons satellite

- Inconvénients:
 - Long délai aller-retour
 - Produit bande passante-délai élevé
 - Erreur de transmission
 - Bande passante limitée
 - Asymétrie
 - Délai aller-retour variable



Délai

- Délai de propagation terre-sat-terre
 - entre 239.6 and 279.0 ms pour les GEO
- Délai aller-retour ~ 558 ms
 - impact sur l'interactivité.
- Pour les LEOs
 - de qq ms à 80 ms
- Délais variables



Erreur de transmission

- signal décroît en $1/d^2$
 - faible rapport signal/bruit
- Mécanismes des codages avancés pour la correction d'erreurs
 - Reed Solomon
 - très coûteux
- Plusieurs systèmes ne fournissent pas un service sans erreur



Bande passante limitée et utilisation asymétrique

- Ressource limitée : le spectre radio
 - Les satellites ne fourniront pas des terra octets
 - » C (6/4)
 - » Ku (14/12)
 - » Ka (30/20)
- Réseaux satellite asymétriques
 - le cas unidirectionnel
 - accès asymétrique



Performance de TCP

- Pourquoi TCP ne fonctionne pas de façon optimale sur des liaisons satellite
- Mécanismes standards pour l'amélioration des performances
- Problèmes ouverts concernant TCP sur satellite



Problèmes de performance

- Objectifs de performance
 - partage efficace de la liaison (mutualisation)
 - remplir le tuyau quand on est seul (application « haut débit »)
- Les numéros de séquence TCP
 - Accusés de réception cumulatifs, un champ de numérotation à 32 bit
 - débit théorique maximum de 286 Mbps (TTL de deux minutes)



Problèmes de performance (suite)

- La fenêtre de transmission TCP
 - valeur maximum de 64 Koctets (16-bit)
 - débit maximum de 1 048 576 bps (pour un délai aller-retour de 500 ms).
- La stratégie d'acquittement
 - les Acks cumulatifs sont moins efficaces que la retransmission sélective



Problèmes de performance (suite)

- Le « slow start »
 - commencer avec un fenêtre de 1, augmenter de façon exponentielle
 - jusqu'au dépassement du seuil ssthresh ou bien jusqu'à la détection d'une perte
- Le « congestion avoidance »
 - augmenter la fenêtre plus lentement que le slow start (1 segment/RTT)
 - le délai important implique une mauvaise utilisation
 - importance du « Path MTU discovery »



Problèmes de performance (suite)

- Le « fast retransmit »
 - implementé dans TCP-Reno (avril 1990)
 - 3 ACKs dupliqués -> perte de paquet soupçonnée
 - retransmettre le paquet
- le « fast recovery »
 - $ssthresh = cwnd/2$;
 - $cwnd = cwnd/2$; $cwnd += 1$; (pour chaque ack dupliqué)
 - quand un « nouveau » ack est reçu : $cwnd = ssthresh$;



Mécanismes standards

- TCP-Large windows (RFC1323)
 - option « window scale »
 - PAWS
 - RTTM
- Acquittements Sélectifs (RFC2018)
 - informer la source des paquets arrivés
 - réduit la période de transmission



Propositions de solutions

- Etablissement de la connexion
- Partage d'états entre les connexions TCP
- Slow start
 - Fenêtre initiale plus grande que 1
 - Incrément basé sur le nombre d'octets acquittés
 - Terminaison précoce du slow start



Propositions de solutions

- Imposer un espacement des paquets
 - de données
 - des acks
- TCP Spoofing
- Connexions multiples



tcp-over-satellite

- Groupe de travail à l'IETF
- terminé à la dernière réunion
 - par une série de recommandations
 - pas de version TCP pour les satellites
- Nouveau groupe de travail (PILC)
 - étude de l'impact des couches liaisons sur les performances des protocoles Internet

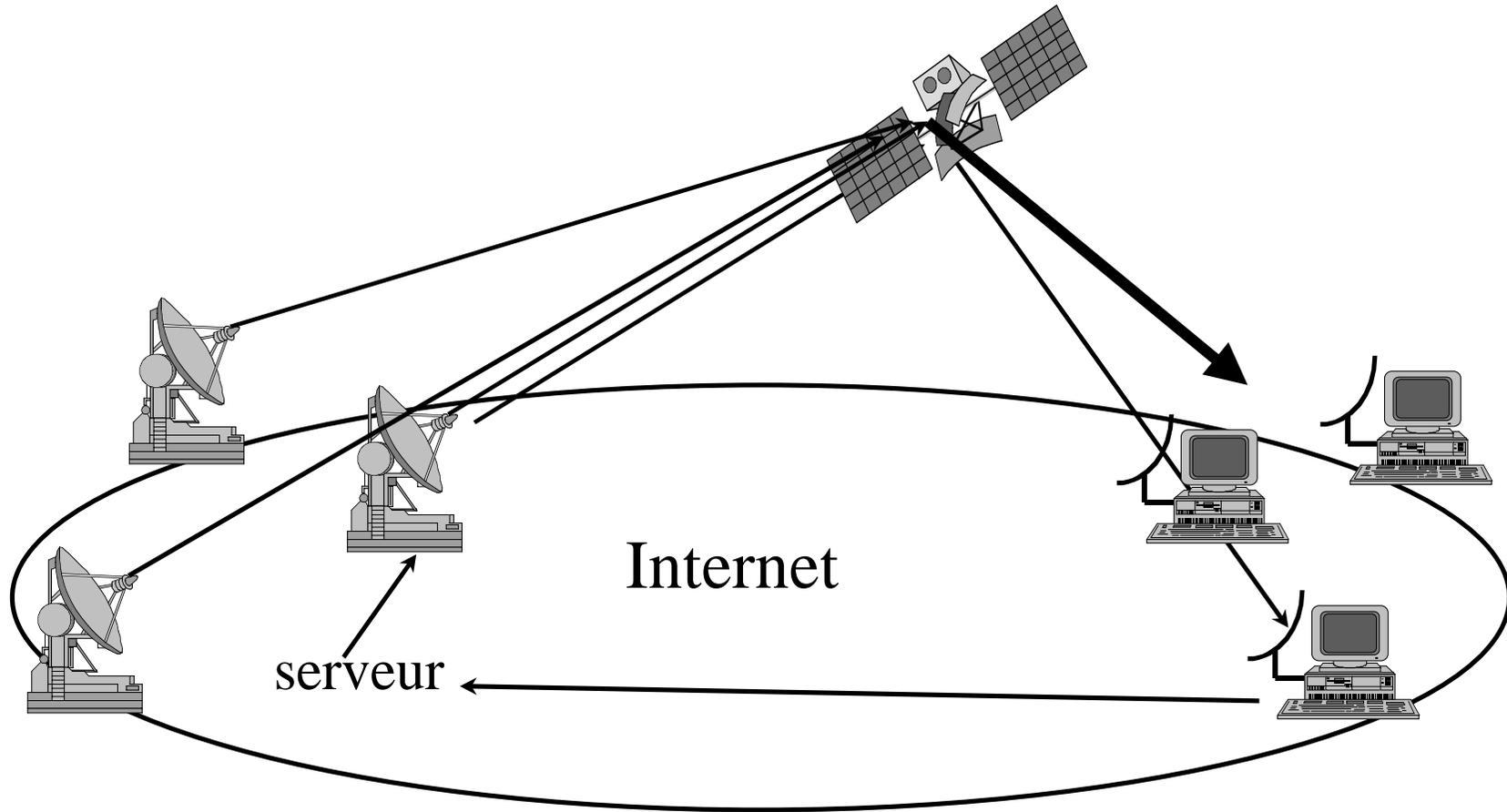


Le routage dynamique

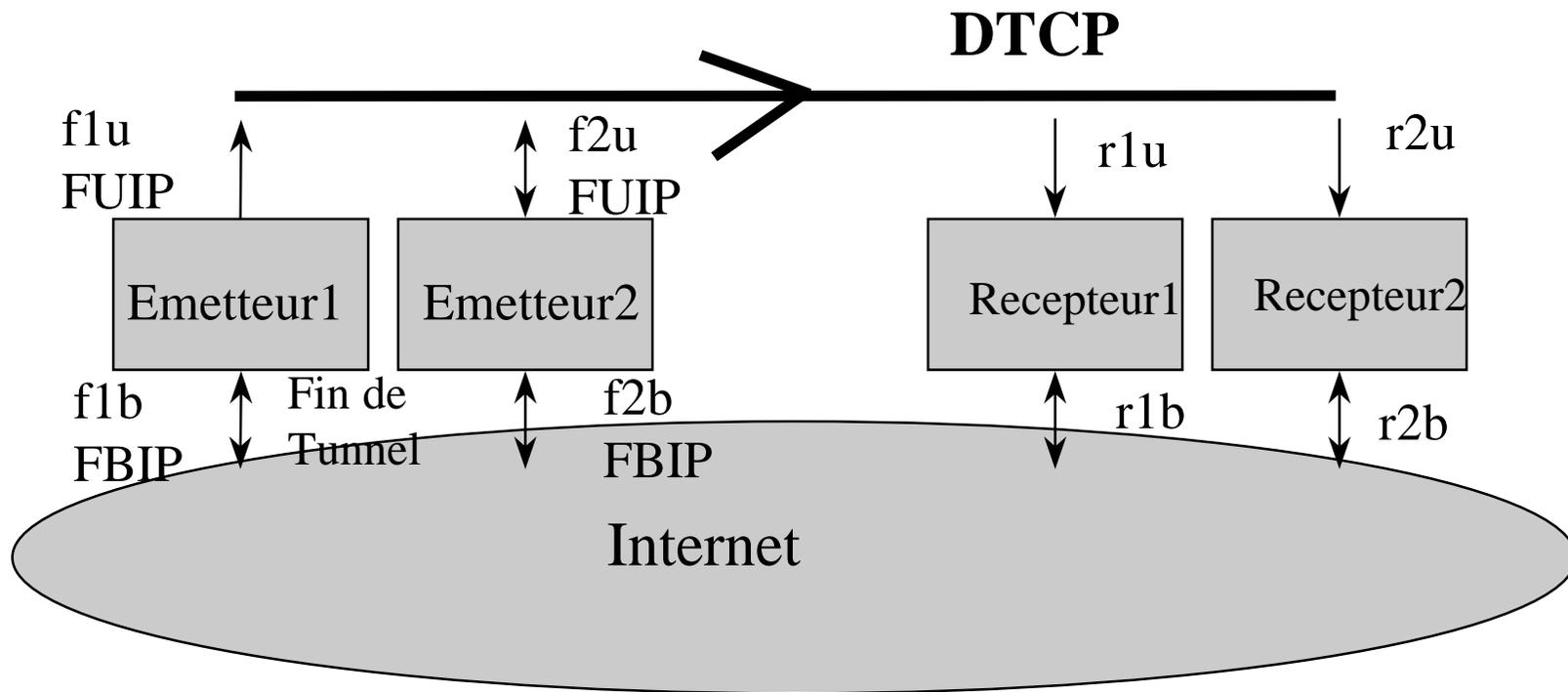
- Le problème :
 - support du routage dynamique (point à point et multipoint) au dessus de liens unidirectionnels
- Intérêt :
 - accès haut débit à l'Internet par satellite et réseau terrestre
- Contrainte à respecter
 - support transparent des applications



Le réseau hybride



Architecture du réseau

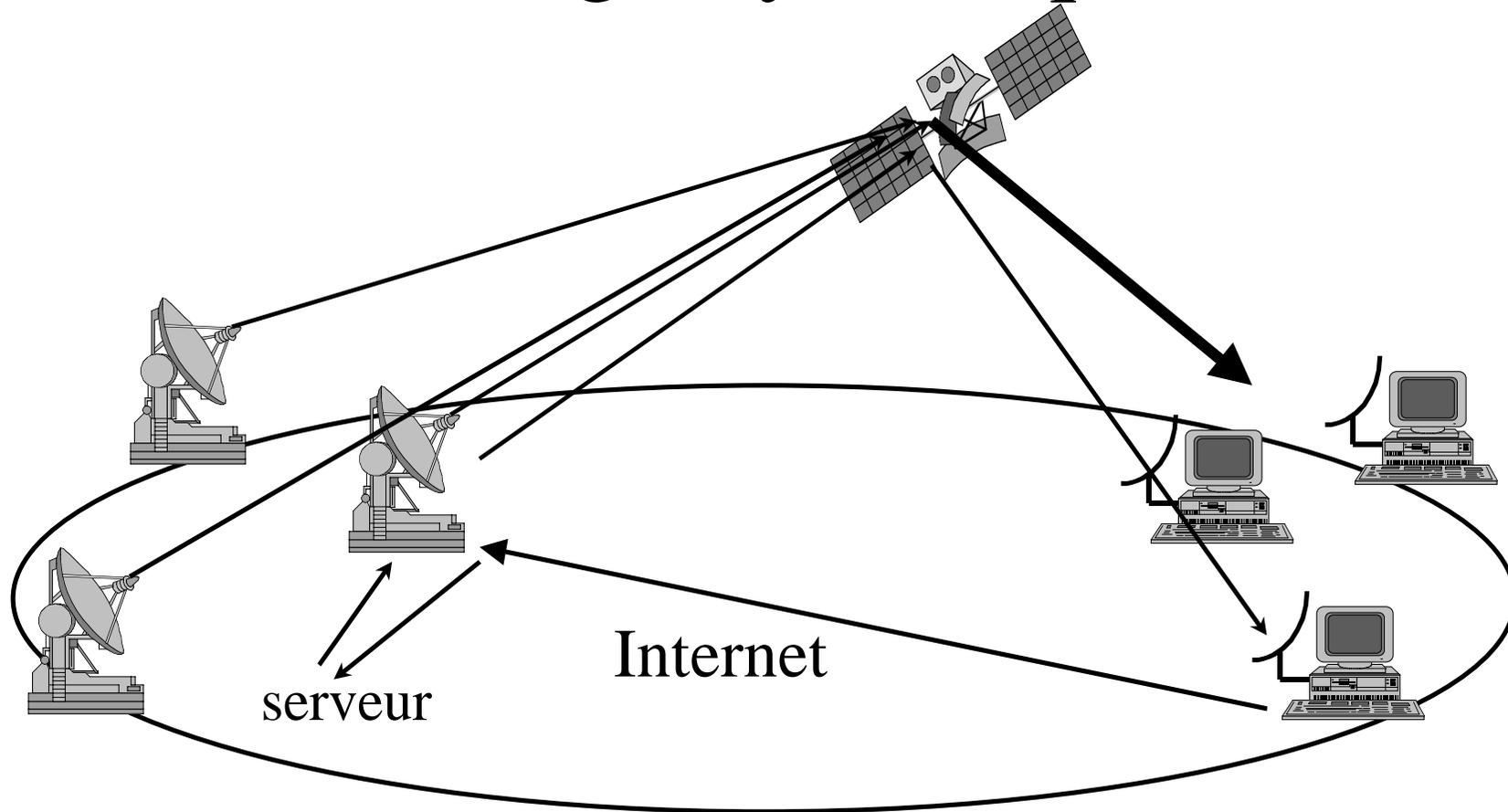


Emulation d'une liaison bidirectionnelle à diffusion

- Etablir des « tunnels » entre les récepteurs et les émetteurs
- Utilisation d'un mécanisme d'encapsulation
- Etablissement dynamique des tunnels
- Tous les scénarios de communication sont faisables : R à R, R à E, E à E, R à tous, E à tous et E à R
- Pas besoin de l'accord de l'ISP
- Routage par le chemin le plus court



Routage dynamique



Le gros concurrent

L'ADSL



Avantages et inconvénients

- Support de la transmission multipoint
- Mais manque :
 - Passage à l'échelle
 - Routage par qualité de service
 - Support efficace du routage multipoint
 - » IGMP
 - » DVMRP
- Et le multipoint fiable?
 - Un problème à part...



udlr

- Groupe de travail à l'IETF
 - co-présidé par W. Dabbous et Y. Zhang
- RFC sur le mécanisme de tunneling
- Une implémentation est disponible à l'INRIA (voir www.inria.fr/rodeo/udlr)
- Des tests d'interopérabilité avec les participants au groupe (cisco, Sony, etc)



Déploiement

- Le consortium OR :
 - Alcatel, Eutelsat, INRIA, Polycom et Softway)
 - Diffuser les news et le MBone pour Renater
 - réponse à l'appel d'offre CNES



Le multipoint fiable

- Réseau hybride satellite/MBone terrestre
- Fiabilité et scalabilité
- S'adapter à la vitesse de réception de chaque récepteur
- Autoriser l'entrée tardive en groupe
- Ne pas interpréter les pertes dues à l'altération comme signaux de congestion



Minimiser le retour

Pour corriger les erreurs : utiliser la FEC au lieu de retransmettre ARQ.

Correspond à nos objectifs de :

- Scalabilité
 - Evite l'implosion des NACK
 - un même paquet pour corriger des pertes différentes
- Voie de retour terrestre
 - Limite les messages en retour



Fiabilité sans retour?

- On continue à transmettre de la redondance.
- On arrête la transmission quand :
 - tous les récepteurs auront quitté le groupe
 - après une « longue » période
 - » compromis fiabilité ↔ délai de réponse
 - suite à une information de la couche session
- Puis on entre le mode « inactif »



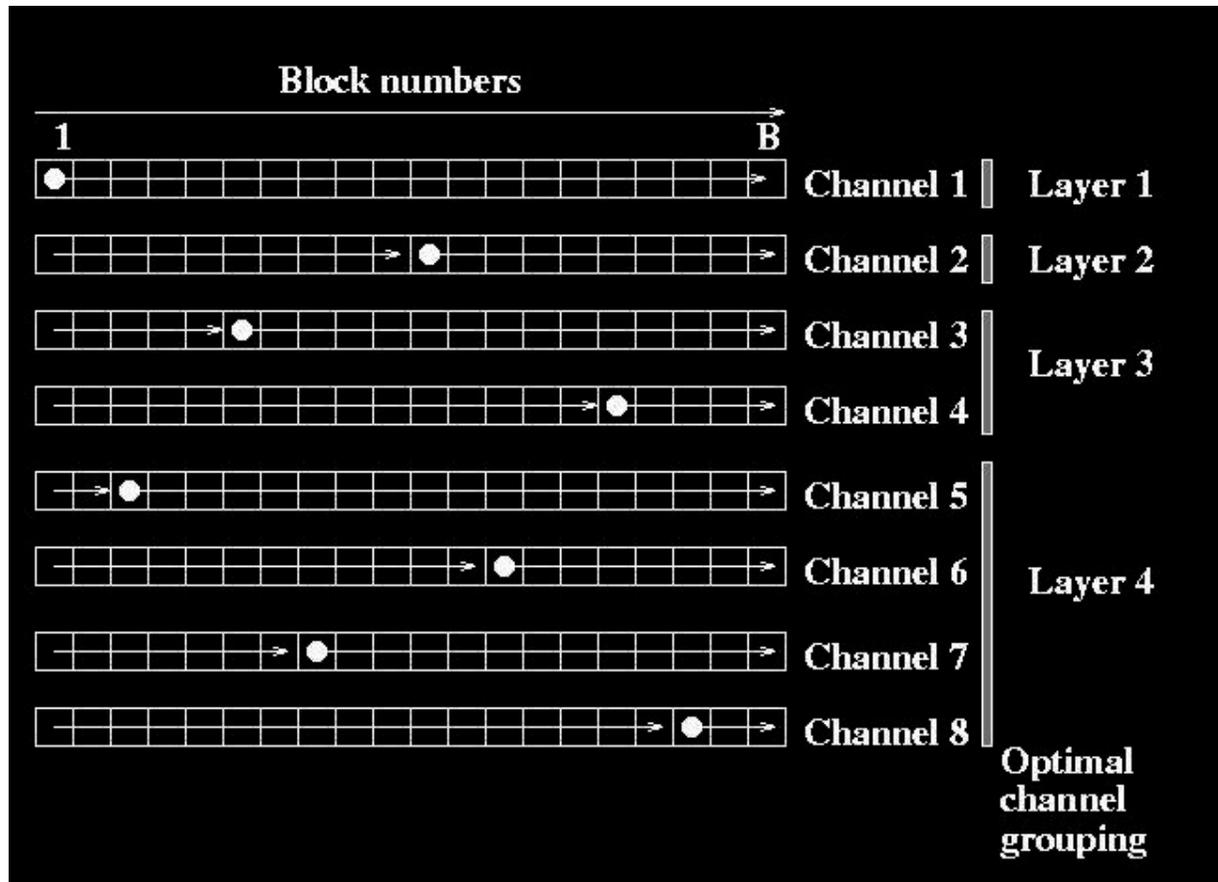
Une approche multi-couche

- Débits de réception différents
 - ⇒ Envoyer les données sur des groupes multipoint différents
 - ⇒ joindre et quitter les groupes pour contrôler le débit en réception
 - ⇒ en cas de congestion derrière un même goulot d'étranglement, quitter le même groupe
 - ⇒ Organisation hiérarchique des groupes en couche



Organisation des données

- Transmission sur des couches différentes



Résultat

- Mécanismes proposés
 - imitent le comportement de TCP
 - permettent de recevoir en temps minimum
 - prennent en compte les arrivées tardives
- travaux futurs
 - détection et contrôle de congestion
 - synchronisation des opérations joindre/quitte



Problèmes ouverts

- TCP
 - Une grande difficulté des optimisations spécifiques
- UDLR
 - routage par QoS / A quel niveau?
 - constellations de satellites
- Multipoint fiable
 - où contrôler?



Axes futurs

- Les réseaux actifs
 - routage
 - contrôle de transmission
 - passerelles applicatives
- La recherche sur l'ingénierie des protocoles
 - défi de la scalabilité et de la mobilité

