

# Interaction protocoles de transport/fiabilisation MAC pour service mobile par satellites

**Bastien Tauran**<sup>1</sup>      Jérôme Lacan<sup>1</sup>      Emmanuel Lochin<sup>1</sup>  
Fabrice Arnal<sup>2</sup>      Mathieu Gineste<sup>2</sup>  
Nicolas Kuhn<sup>3</sup>

Presented by Bastien Tauran

<sup>1</sup>University of Toulouse, TéSA, ISAE/DISC, Toulouse, France

<sup>2</sup>Thales Alenia Space, Toulouse, France

<sup>3</sup>CNES, Toulouse, France

19 octobre 2017

# Outline

## Introduction

### Communications Internet par satellite

- Environnement satellite

- Mécanismes de fiabilisation

- Protocoles de transport

- Caractéristiques de la simulation

### Performances de TCP

- Débit de TCP

- Cause de ces retransmissions

- Impact de DelAck

### Solutions proposées

- Mécanisme de réordonnancement

- Performances obtenues

- Impact de DelAck

### Conclusion

# Introduction

L'accès à Internet par satellite permet de relier des zones reculées du monde, ou des mobiles en mouvement, là où des solutions terrestres sont trop coûteuses voire impossible à déployer

- ▶ Territoires ruraux
- ▶ Mobiles en mouvement

Solution : passer par des constellations LEO de satellites  $\Rightarrow$  pose des contraintes spécifiques aux liées à l'utilisation de liaisons satellites

# Outline

## Introduction

## Communications Internet par satellite

- Environnement satellite

- Mécanismes de fiabilisation

- Protocoles de transport

- Caractéristiques de la simulation

## Performances de TCP

- Débit de TCP

- Cause de ces retransmissions

- Impact de DelAck

## Solutions proposées

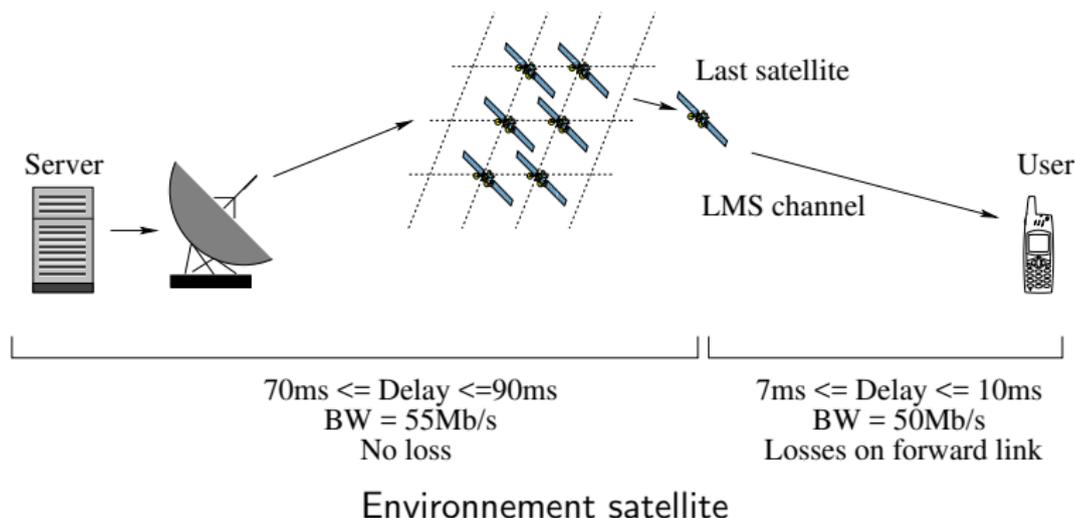
- Mécanisme de réordonnancement

- Performances obtenues

- Impact de DelAck

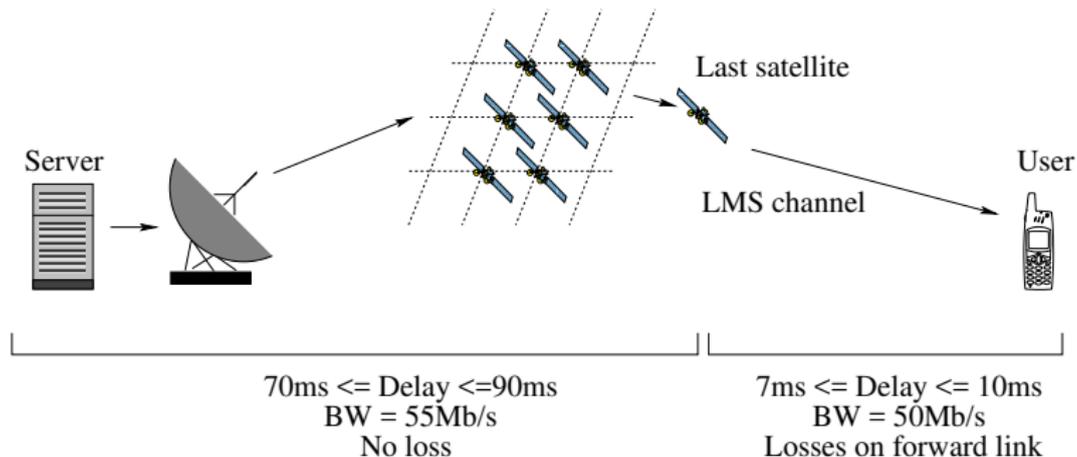
## Conclusion

# Environnement satellite



- ▶ Constellation LEO
- ▶ 66 satellites avec des liens inter-satellite (ISL)
- ▶ Délai de transmission entre 70 ms et 100 ms

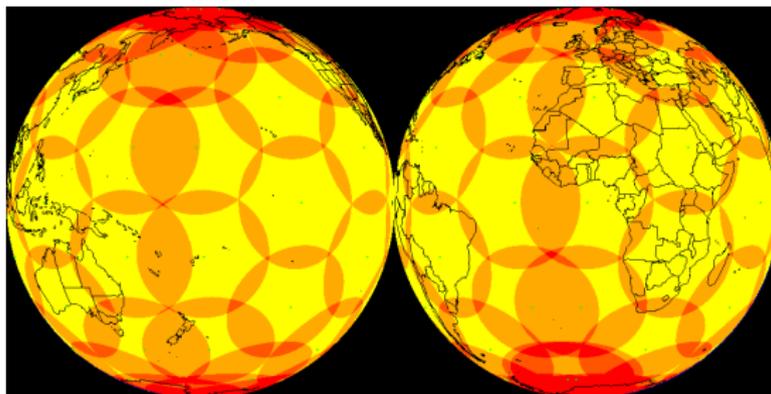
## Environnement satellite



## Satellite environment

- ▶ Erreurs de transmission entre le dernier satellite et le sol sur la voie aller
- ▶ Canal Land Mobile Satellite (LMS) sur ce lien
- ▶ Pas d'erreurs sur le reste du réseau

# Couverture satellite



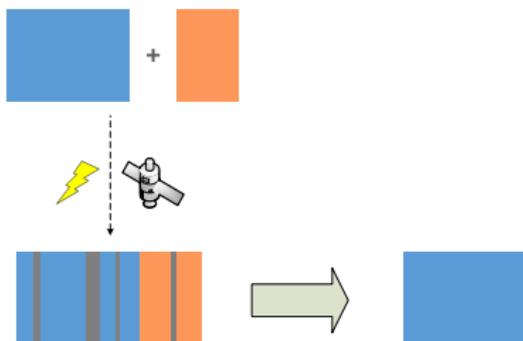
Couverture de la constellation

# Mécanismes de fiabilisation

Besoin d'utiliser des mécanismes de fiabilisation au niveau du canal LMS pour palier au grand taux d'erreurs

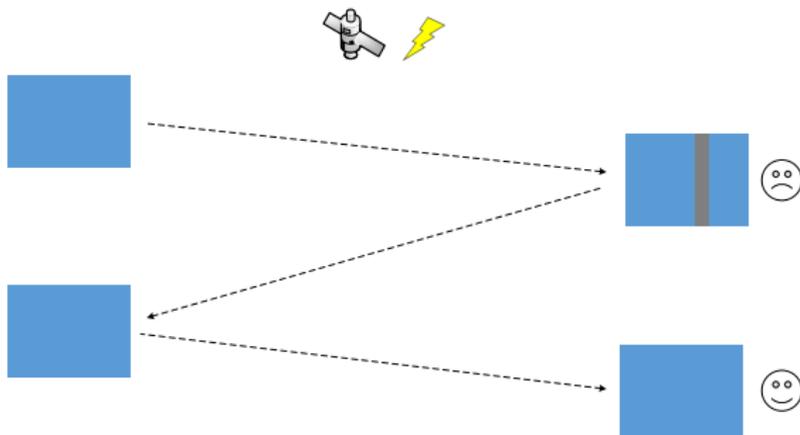
- ▶ Codes FEC (Forward Error Correction)
- ▶ ARQ (Automatic Repeat-reQuest)
- ▶ HARQ (Hybrid ARQ)

# Mécanismes de fiabilisation - FEC



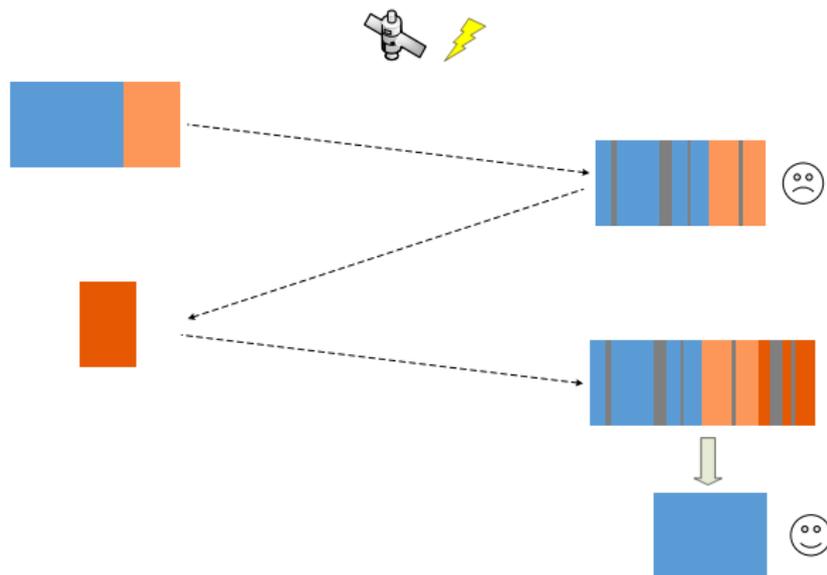
FEC (Forward Error Correction)

# Mécanismes de fiabilisation - ARQ

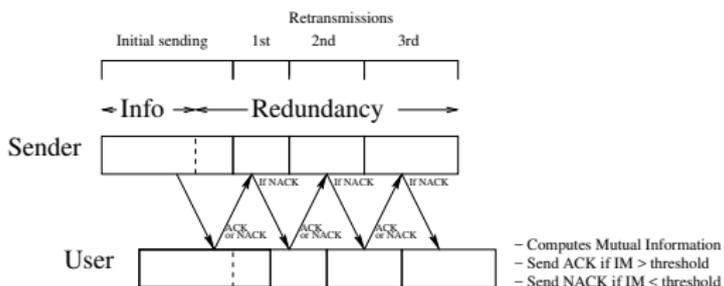


ARQ (Automatic Repeat-reQuest)

# Mécanismes de fiabilisation - HARQ



HARQ (Hybrid ARQ)



### Description of A-HARQ

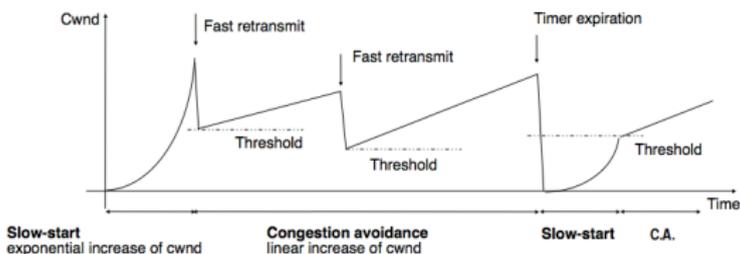
Version de HARQ étudiée : Adaptive-HARQ<sup>(1)</sup>.

- ▶ Adaptive-HARQ permet jusqu'à 3 transmissions de redondance supplémentaire
- ▶ Utilise l'Information Mutuelle pour calculer le nombre de bits à envoyer à chaque envoi

1. [Rami Ali Ahmad et al.](#) "Enhanced HARQ for Delay Tolerant Services in Mobile Satellite Communications".

# Transmission Control Protocol (TCP)

- ▶ Mode connecté : les messages arrivent sans pertes ou modifications
- ▶ S'assure que tous les paquets envoyés sont reçus
- ▶ Utilise une fenêtre de congestion pour réguler le débit d'envoi des paquets
- ▶ Principales variantes étudiées : NewReno et CUBIC



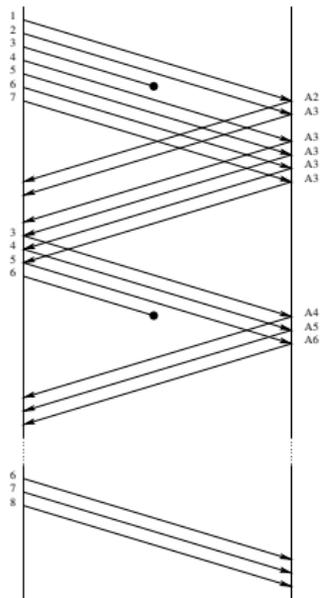
TCP congestion window

# TCP - Detection de pertes et retransmission

2 mécanismes permettent à TCP de détecter des pertes

- ▶ Duplicate acknowledgment (DUPACK)
- ▶ Timeout (RTO)

Entraîne une diminution de la fenêtre de congestion



Loss detection mechanisms

## TCP - Delayed Acknowledgment (DelAck)

Cette option de TCP permet de combiner les acquittements de 2 paquets ordonnés pour former un seul acquittement

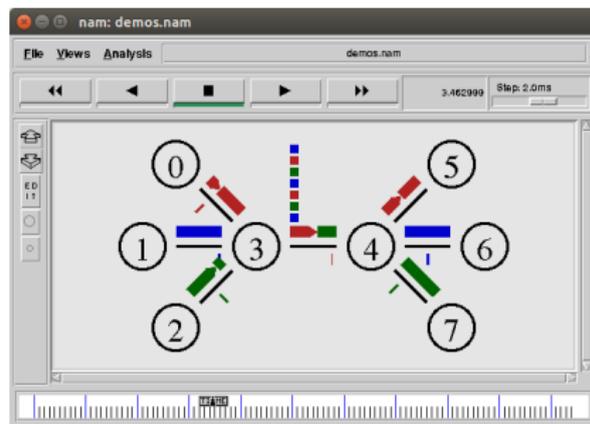
- ▶ Réduit l'utilisation de la voie retour
- ▶ Réduit la charge du CPU
- ▶ Largement activée par défaut

Contraintes :

- ▶ Les paquets doivent être ordonnés
- ▶ Le 2e paquet doit arriver dans une fenêtre de temps fixée, généralement 40 ms

# Caractéristiques de la simulation

- ▶ Simulation réalisée avec le logiciel Network Simulator 2 (*ns-2*)
- ▶ Durée de 600 s
- ▶ Adaptive-HARQ sur le canal LMS



Network Simulator 2

# Outline

## Introduction

## Communications Internet par satellite

Environnement satellite

Mécanismes de fiabilisation

Protocoles de transport

Caractéristiques de la simulation

## Performances de TCP

Débit de TCP

Cause de ces retransmissions

Impact de DelAck

## Solutions proposées

Mécanisme de réordonnancement

Performances obtenues

Impact de DelAck

## Conclusion

## Performances de TCP dans notre scénario

- ▶ Débit utile très faible : 500 kb/s
- ▶ La capacité du réseau permettraient théoriquement d'atteindre 40 Mb/s

### Concernant les autres métriques de TCP

- ▶ Nombre élevé de DUPACK et de spurious retransmissions
- ▶ Cela entraîne une diminution de la fenêtre de congestion
- ▶ Nécessité de minimiser ces valeurs

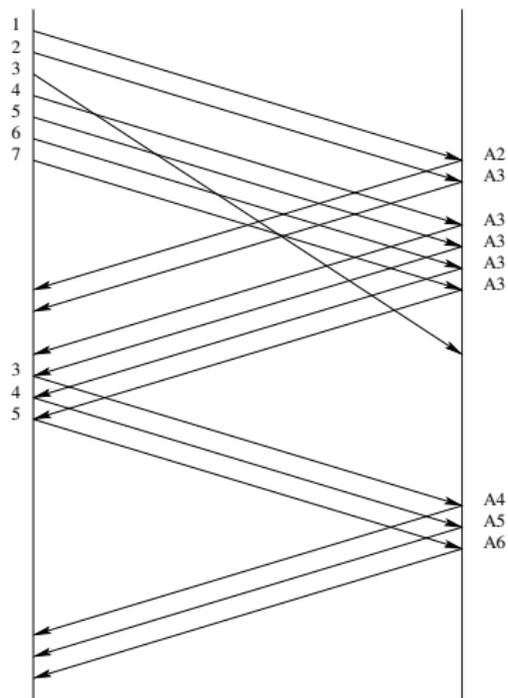
## Cause de ces retransmissions

HARQ a besoin d'un nombre variable de retransmissions pour décoder un paquet (entre 0 et 3)

- ▶ Un paquet ayant besoin d'une retransmission de plus que les autres arrivera 20 ms plus tard
- ▶ Le récepteur recevra les paquets dans le désordre et générera des DUPACK

Il faut donc minimiser le nombre de paquets désordonnés

# Cause de ces retransmissions



Impact of out-of-order packets

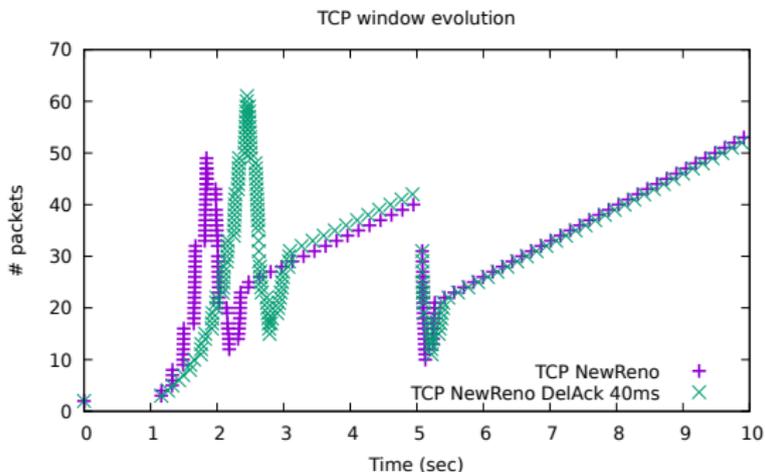
# Impact de DelAck

DelAck ne va pas avoir les même impacts en fonction des versions de TCP utilisées

- ▶ Améliore le débit avec les versions les moins agressives
  - ▶ TCP NewReno
- ▶ Diminue le débit pour les versions les plus agressives
  - ▶ TCP Hybla

Les version plus agressives vont causer plus de pertes, et vont devoir retransmettre plus souvent des paquets

# Impact de DelAck



Evolution of congestion window with and without DelAck

La fenêtre de congestion va évoluer plus lentement dans les phases de slowstart et fast recovery  $\Rightarrow$  les mécanismes retransmettant beaucoup vont être négativement impactés

# Outline

## Introduction

## Communications Internet par satellite

Environnement satellite

Mécanismes de fiabilisation

Protocoles de transport

Caractéristiques de la simulation

## Performances de TCP

Débit de TCP

Cause de ces retransmissions

Impact de DelAck

## Solutions proposées

Mécanisme de réordonnancement

Performances obtenues

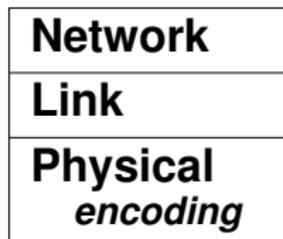
Impact de DelAck

## Conclusion

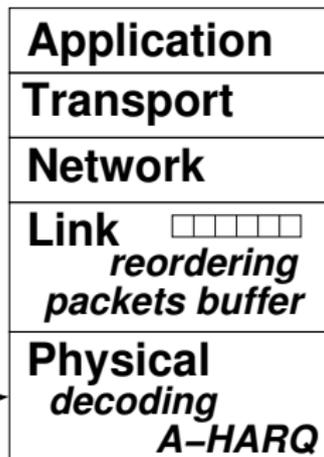
## Mécanisme de réordonnement

Solution proposée : ajout d'un mécanisme de réordonnement après HARQ

### Last satellite hop



### End-host



Description of A-HARQ with reordering mechanism

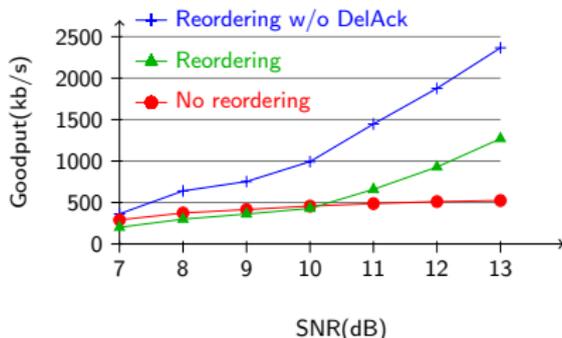
# Mécanisme de réordonnement

## Détails concernant ce mécanisme

- ▶ les paquets désordonnés sont stockés dans un buffer
- ▶ sa taille est de 125 paquets
  - ▶ meilleur compromis pour stocker le plus de paquets et éviter des timeout
  - ▶ calculé en fonction du débit et des valeurs des délais
- ▶ cas particuliers à traiter
  - ▶ si le buffer est plein
  - ▶ si un paquet n'est pas décodé par HARQ

## Performances obtenues

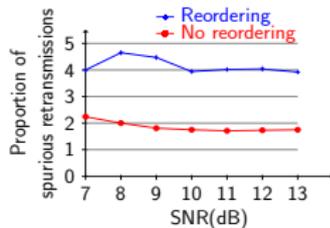
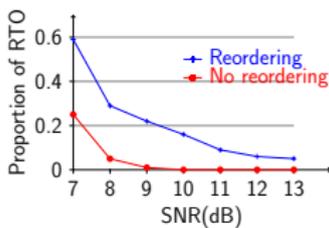
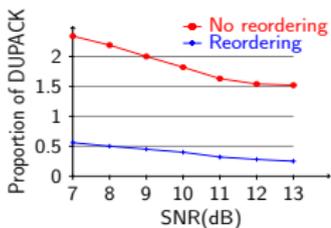
L'ajout de ce mécanisme de réordonnancement améliore grandement les performances de TCP, que ce soit avec NewReno ou CUBIC.



Impact of reordering mechanism on end-to-end goodput (CUBIC)

Les performances sont encore plus importantes en désactivant DelAck

## Performances obtenues



## Impact of reordering mechanism on CUBIC performance

- ▶ Grande diminution du nombre de DUPACK
- ▶ Cependant, augmentation du nombre de RTO et spurious retransmissions
- ▶ De la congestion apparaît sur le reste du réseau ⇒ fonctionnement normal de TCP

# Impact de DelAck

L'utilisation de DelAck est contre-productive en supplément des mécanismes de réordonnancement

- ▶ Diminution du débit
- ▶ DelAck rajoute un délai supplémentaire en plus du délai déjà apporté par le mécanisme de réordonnancement
- ▶ Il est recommandé de désactiver DelAck

# Outline

## Introduction

## Communications Internet par satellite

- Environnement satellite

- Mécanismes de fiabilisation

- Protocoles de transport

- Caractéristiques de la simulation

## Performances de TCP

- Débit de TCP

- Cause de ces retransmissions

- Impact de DelAck

## Solutions proposées

- Mécanisme de réordonnancement

- Performances obtenues

- Impact de DelAck

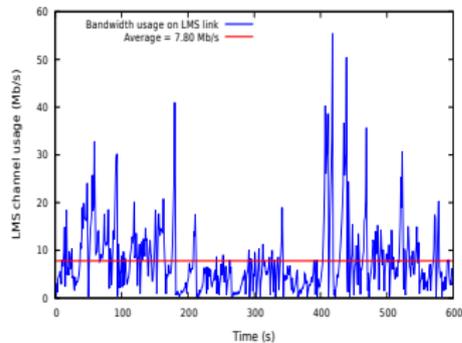
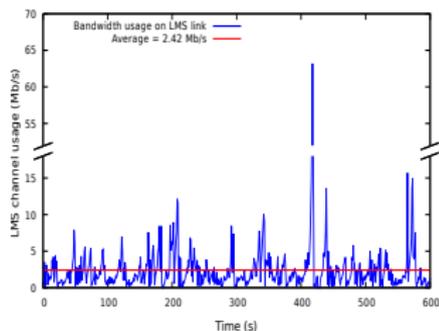
## Conclusion

## Conclusion

- ▶ TCP est fortement impacté par le jitter élevé dans le cadre de communications par satellite
- ▶ Un mécanisme de réordonnancement a été proposé pour palier à ce problème
- ▶ Pas besoin de modifier l'algorithme de TCP
- ▶ Fonctionne avec tous les mécanismes HARQ et toutes les variantes TCP
- ▶ L'impact de DelAck doit être pris en compte en fonction des caractéristiques du réseau et des protocoles utilisés

Questions ?

## Bandwidth usage with reordering



Usage of the LMS link, using CUBIC, with SNR=8 and SNR=13