

Optimisation de la Gestion des Ressources de la Voie Retour d'un Satellite Multi-Faisceaux

Yoann Couble^{1,2,3,4}, Emmanuel Chaput², Thibault Deleu³,
Cédric Baudoin³, Jean-Baptiste Dupé⁴, Caroline Bès⁴ and
André-Luc Beylot²

¹TéSA ²IRIT, ³TAS, ⁴CNES

7 Décembre 2017



La voie Retour

DVB-RCS2: Accès dédié

Gestion des Interférences

Bilan de liaison voie retour

4 couleurs

2 couleurs

Impact de la Coordination

Hypothèses système

Présentation des différents RRM suites

Résultats



Context of Satellite Uplink scheduling

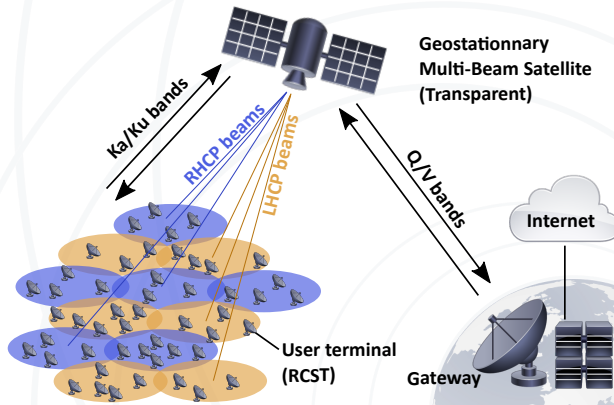


Figure: System Architecture

- ▶ Satellite transparent geostationnaire
- ▶ Antennes multi-faisceaux et Gateway centralisée

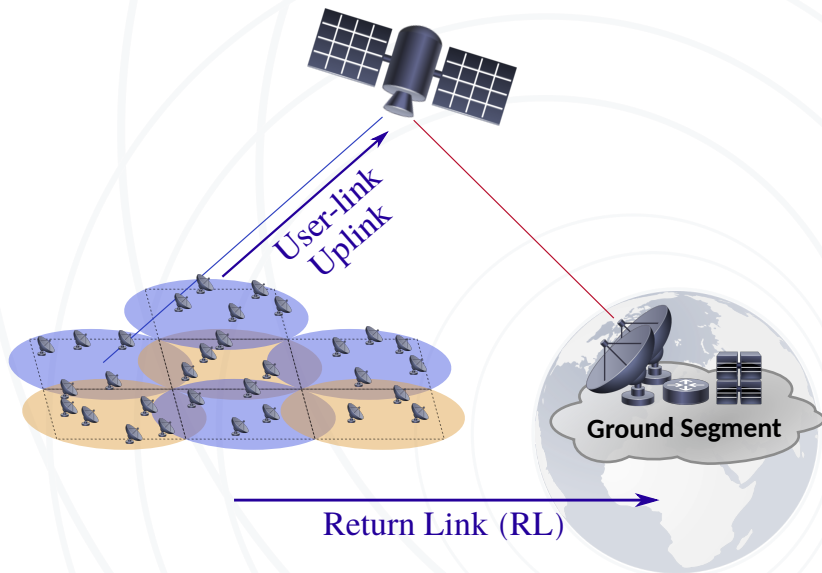
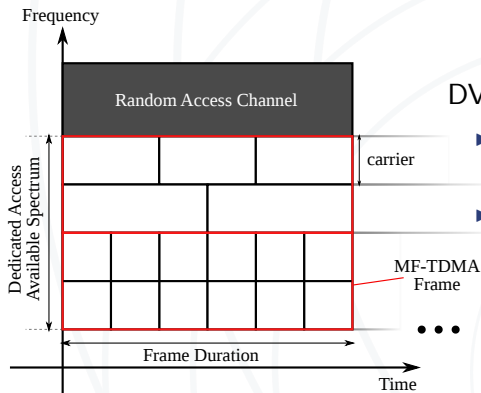


Figure: Return Link Uplink

La voie Retour



Protocoles de la voie retour (Accès)



DVB-RCS2:

- ▶ Canaux à accès aléatoire: CRDSA et autres.
- ▶ Canaux à accès dédié:
 - ▶ Demand Assigned Multiple Access (DAMA)
 - ▶ Multiple Frequency Time Division Multiple Access (MF-TDMA)

Figure: Example of MF-TDMA Frame

Principes du DAMA

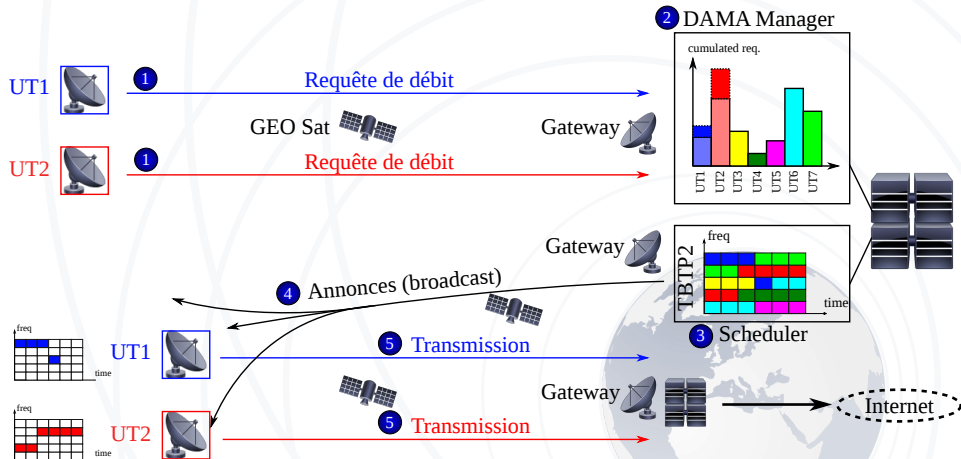


Figure: Schematic DAMA process

Gestion des Interférences



Bilan de liaison voie retour - Attenuation angulaire

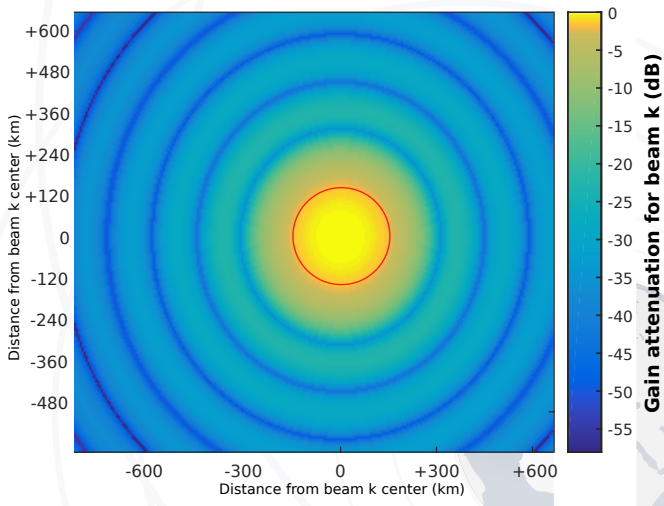


Figure: Attenuation en fonction de la distance au centre du beam

RCST 1 Rx:

$$P_a G_a(\alpha_{1,a}) + P_b G_b(\alpha_{1,b}) + P_c G_c(\alpha_{1,c})$$

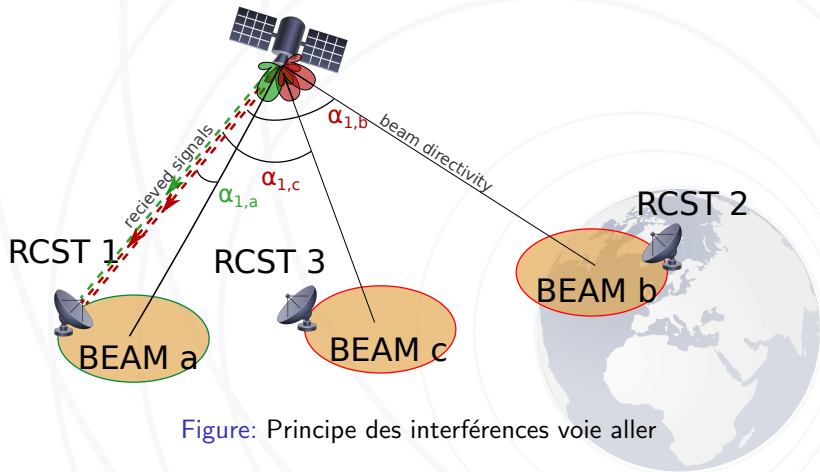


Figure: Principe des interférences voie aller

Beam a Rx:

$$P_1 G_a(\alpha_{1,a}) + P_2 G_a(\alpha_{2,a}) + P_3 G_a(\alpha_{3,a})$$

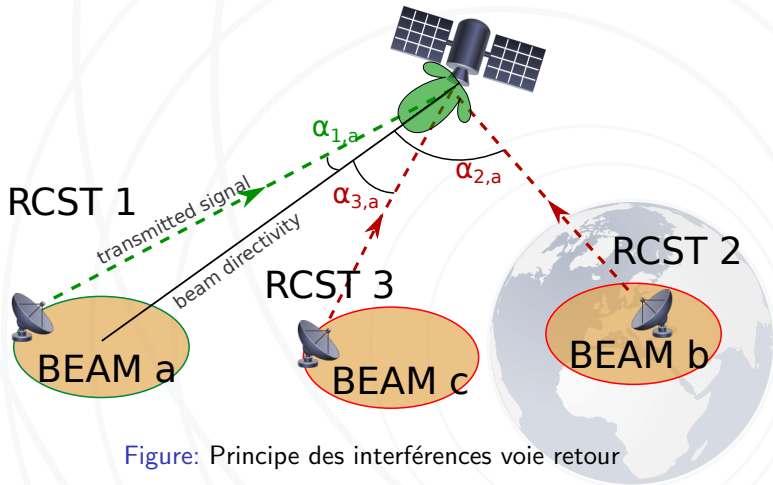


Figure: Principe des interférences voie retour

4 coloration - principes

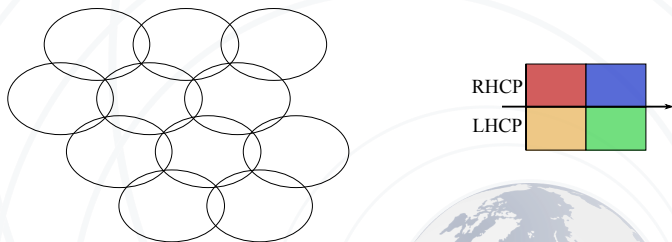


Figure: Exemple de coloration à 4 couleurs

4 coloration - principes

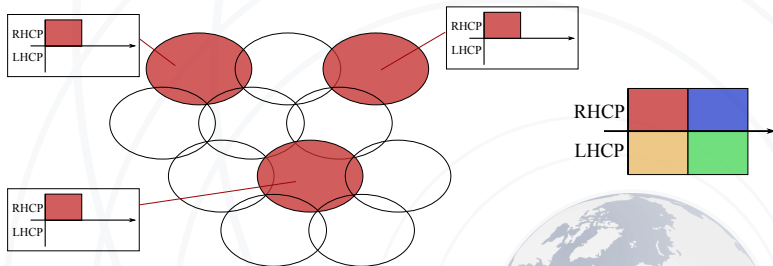


Figure: Exemple de coloration à 4 couleurs

4 coloration - principes

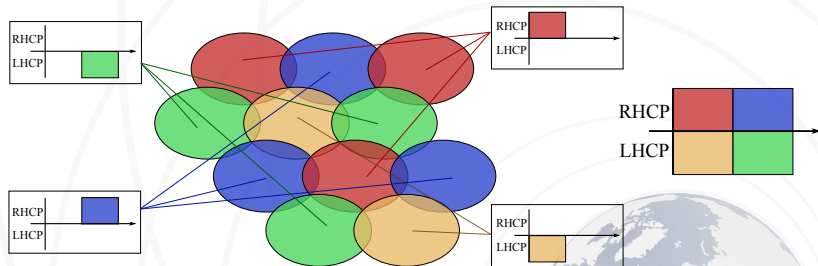


Figure: Exemple de coloration à 4 couleurs

Coloration à 2 couleurs

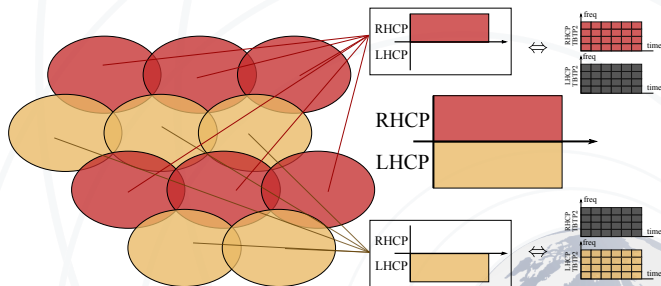


Figure: Schéma de coloration à deux couleurs sur maille hexagonale

- Interférences très fortes sur les beams voisins

Exemple - Scénario

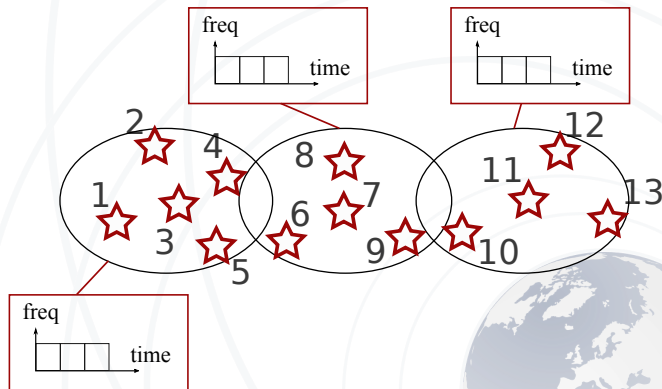


Figure: Scénario simpliste - Les couleurs correspondent aux utilisateurs ordonnancés sur la même ressource

Exemple - Scénario

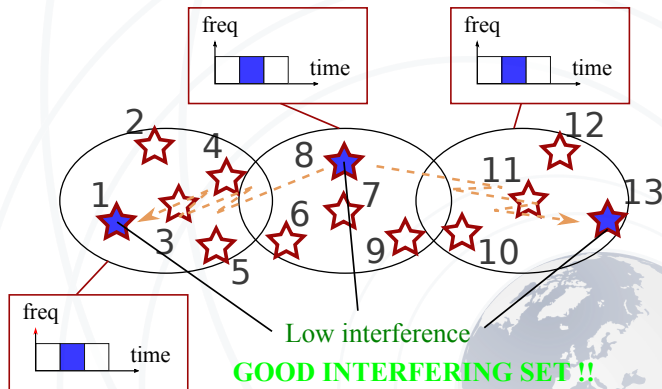


Figure: Scénario simpliste - Les couleurs correspondent aux utilisateurs ordonnancés sur la même ressource

Exemple - Scénario

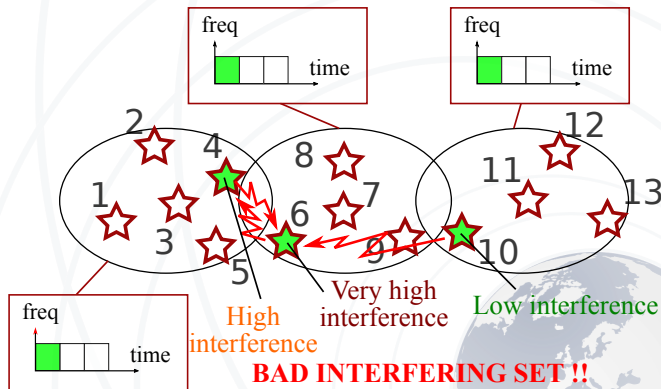


Figure: Scénario simpliste - Les couleurs correspondent aux utilisateurs ordonnancés sur la même ressource

Exemple - Scénario

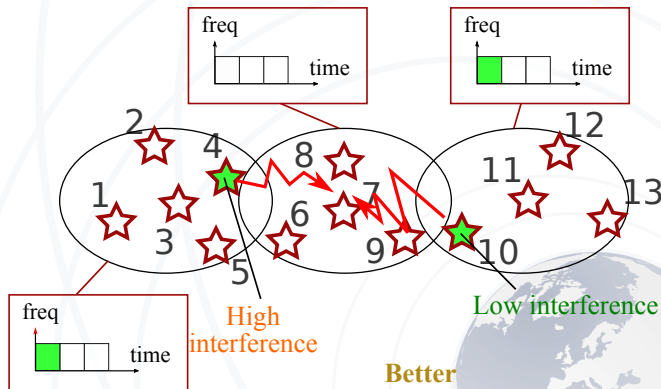


Figure: Scénario simpliste - Les couleurs correspondent aux utilisateurs ordonnancés sur la même ressource

Impact de la Coordination



Impact de la coordination

Cadre d'étude:

1. Maille Carrée (meilleure isolation d'interférence en 2 couleurs)
2. Les utilisateurs ont **toujours quelque chose à transmettre**
3. Ordonnancement **centralisé**
4. Différents degrés de **coordination**

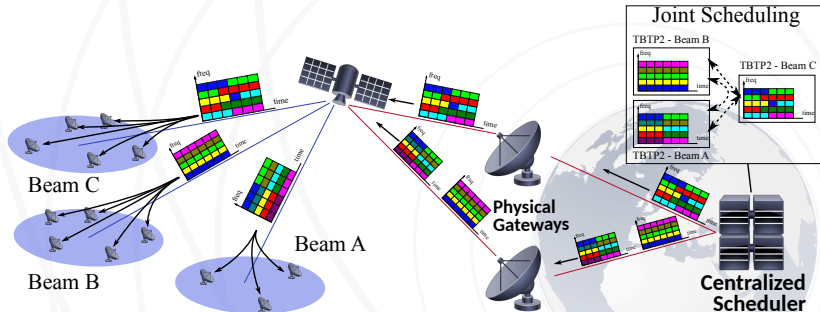
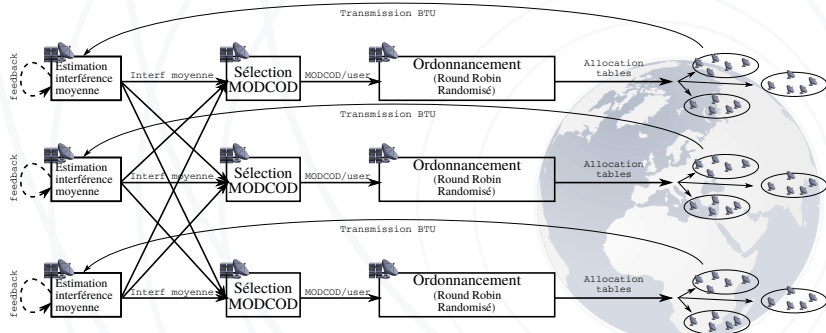


Figure: Centralized scheduling, with TBTP2 systematic advertisement

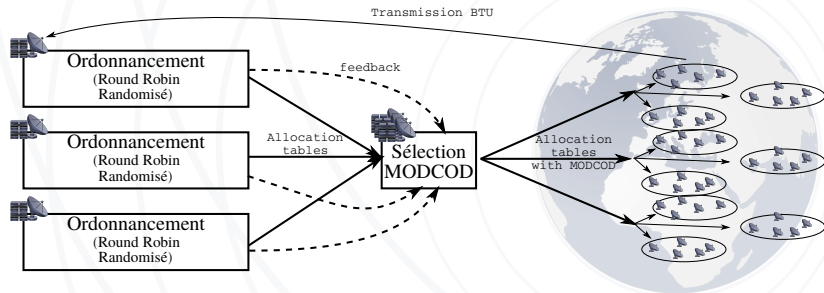
S₀: Coordination faible (état de l'art):

- ▶ Partage d'un **niveau moyen d'interférence** (e.g. mesure statistique)
⇒ MODCOD choisi de manière statique
- ▶ Ordonnancement **local** au beam (Randomized Round Robin)



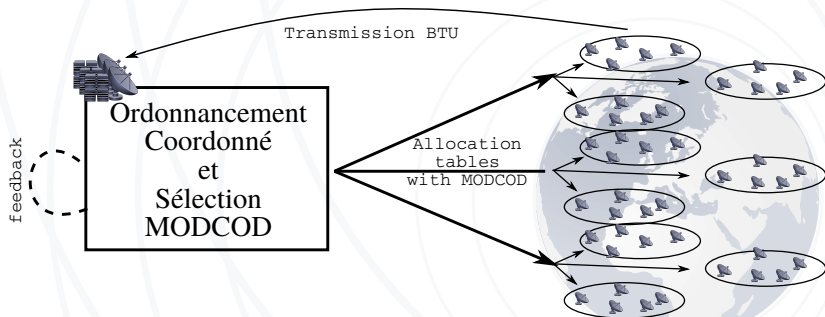
S₁: Coordination moyenne:

- ▶ Ordonnancement **local** au beam (Randomized Round Robin)
- ▶ Sélection (retardée) des MODCODS, **coordonnée** sur tous les beams
- ▶ **Nécessite** de connaître les gains de chaque utilisateur sur chaque beam

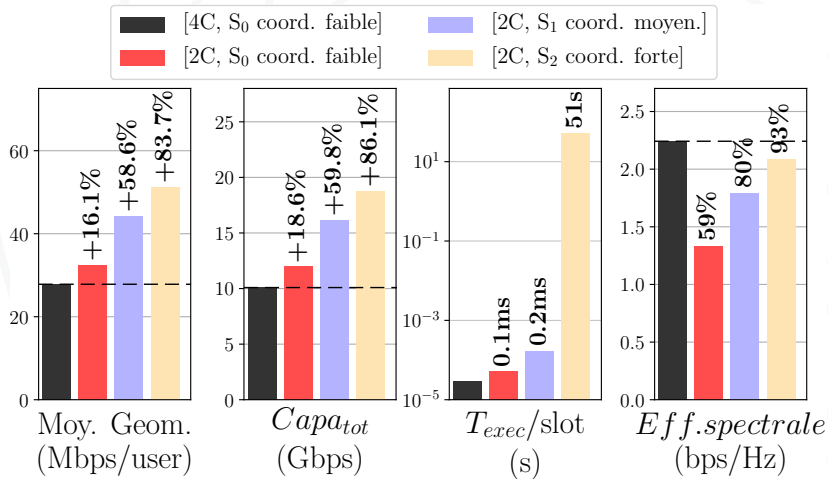


S₂: Coordination forte:

- ▶ Ordonnancement et Sélection MODCOD **conjoint**s et **coordonnés** sur tous les beams
- ▶ **Nécessite** de connaître les gains de chaque utilisateur sur chaque beam



Comparaison à l'état de l'art sur 4 couleurs



Faire du 2 couleurs

- ▶ C'est possible! à condition de bien gérer les interférences.
- ▶ La coordination de la sélection des MODCODS est primordiale.
- ▶ On peut faire mieux, mais c'est dur.



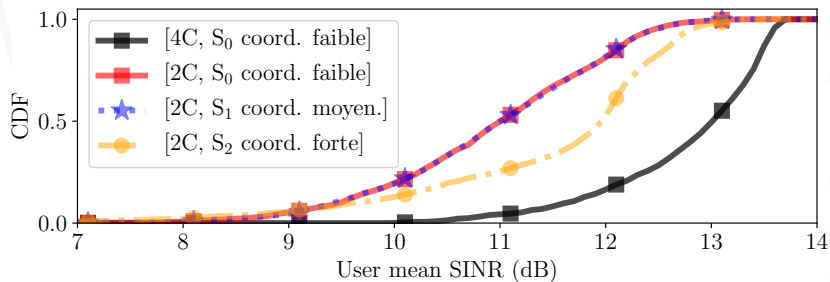
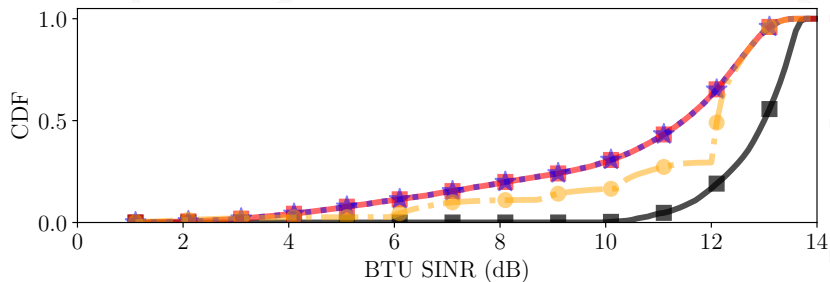
Questions ?



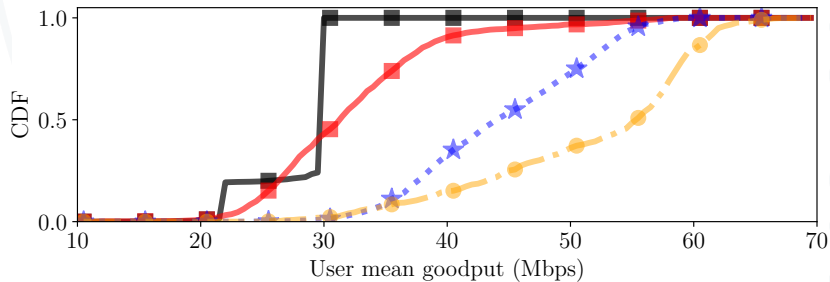
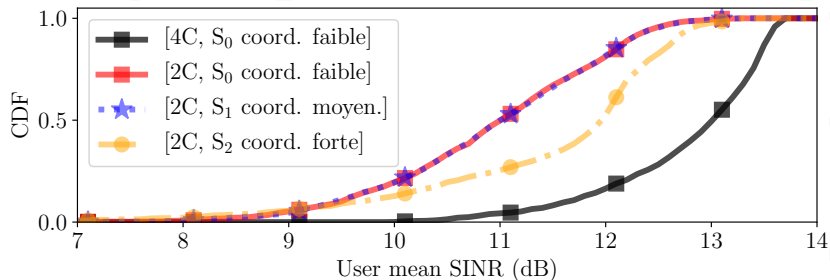
Bibliographie

- ▶ Yoann Couble et al. "Two Color Scheme For a Multi-Beam Satellite Return Link: Impact of Interference Coordination". In: *IEEE Journal On Specialized Areas in Communication, Special Issue on Recent Advances in Satellite Communications* (2017)
- ▶ Yoann Couble et al. "Interference-aware Frame Optimization for the Return Link of a Multi-Beam Satellite (regular paper)". In: *IEEE International Conference on Communications (IEEE ICC)*. 2017
- ▶ K. Kiatmanaroj. "Allocation de fréquence dans les systèmes de communication par satellites de type SDMA". . These. 2012
- ▶ Arie Koster. *Frequency Assignment - Models and Algorithms*. 1999
- ▶ Ui Yi Ng, Argyrios Kyrgiazos, and Barry Evans. "Interference coordination for the return link of a multibeam satellite system". In: *Advanced Satellite Multimedia Systems Conference and the 13th Signal Processing for Space Communications Workshop (ASMS/SPSC)*, 2014 7th. IEEE. 2014
- ▶ V. Boussemart, M. Beriole, and F. Rossetto. "User scheduling for large multi-beam satellite MIMO systems". In: *2011 Conference Record of the Forty Fifth Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers (ASILOMAR)*. 2011
- ▶ Valeria D'Amico and Jochen Giese. *ARTIST4G: Innovative scheduling and cross-layer design techniques for interference avoidance*. Tech. rep. 2012
- ▶ Raymond Kwan and Cyril Leung. "A Survey of Scheduling and Interference Mitigation in LTE". . In: *JECE* 2010 (2010). URL: <http://dx.doi.org/10.1155/2010/273486>
- ▶ S. Dimitrov et al. "Radio resource management techniques for high throughput satellite communication systems". In: *2015 European Conference on Networks and Communications (EuCNC)*. 2015
- ▶ G. Cocco et al. "Radio resource management strategies for DVB-S2 systems operated with flexible satellite payloads". In: *2016 8th Advanced Satellite Multimedia Systems Conference and the 14th Signal Processing for Space Communications Workshop (ASMS/SPSC)*. 2016
- ▶ ETSI. "EN301 545-2 v1.2.1: Second Generation DVB Interactive Satellite System (DVB-RCS2)". In: 2012
- ▶ ETSI. "TR101 545-4 v1.1.1: Second Generation DVB Interactive Satellite System (DVB-RCS2); Part 4 Guidelines for Implementation and Use of EN301 545-2". In: 2014
- ▶ Inc. Gurobi Optimization. *Gurobi Optimizer Reference Manual*. 2016. URL: <http://www.gurobi.com>
- ▶ S. Cioni, R. De Gaudenzi, and R. Rinaldo. "Adaptive coding and modulation for the forward link of broadband satellite networks". In: *IEEE GLOBECOM*. vol. 6. 2003
- ▶ BATS Project. *D4.5.1 - Overall Strategy and Algorithms for Interference Management*. 2015
- ▶ Michael Schneider, Christian Hartwanger, and Helmut Wolf. "Antennas for multiple spot beam satellites"

Résultats par utilisateurs



Résultats par utilisateurs



Bilan de liaison voie retour - Attenuation angulaire

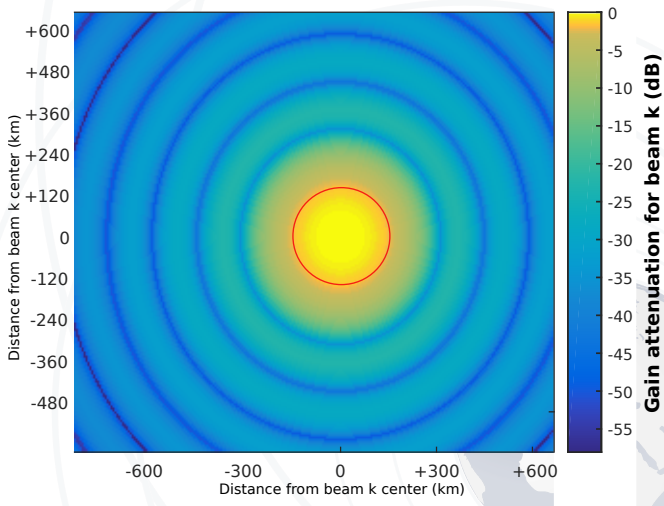


Figure: Attenuation en fonction de la distance au centre du beam

Bilan de liaison voie retour: SNIR

$$SNIR(i_k) = \frac{P_{i_k} G_k(i_k)}{N + \sum_{k' \neq k} \sum_{j_{k'}} x_{j_{k'}}^{t,c} P_{j_{k'}} G_k(j_{k'})}$$

Diagram illustrating the components of the simplified link budget formula for SNIR:

- User i_k transmission power**: Points to P_{i_k} .
- Reception Gain of the k -th beam for user i_k** : Points to $G_k(i_k)$.
- Noise power (same for each c)**: Points to N .
- Indicator of user $j_{k'}$ assigned to RB (t,c)** : Points to $x_{j_{k'}}^{t,c}$.

Figure: Formule du bilan de liaison (simplifié)

- ▶ $G_k(i_k)$ comprend tout type d'atténuation (angulaire, FSL, atmo. ...) ainsi que tous les autres paramètres constants du bilan de liaison
- ▶ N intègre aussi l'interférence Cross-Polarisation et Inter-Canaux (considérés comme du AWGN)

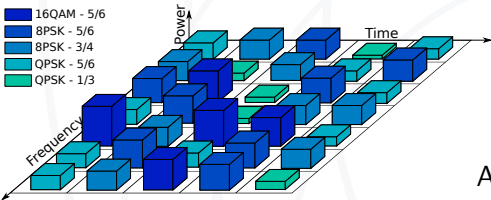


Figure: An example of MF-TDMA Frame, with various MODCOD in different slots.

Hypothèses:

- ▶ Porteuses à R_s égal
- ▶ Une seule taille de BTU (1616 symboles)
- ▶ MODCOD selection *just-in-time*

Autres caractéristiques du système considéré:

- ▶ 2 polarisations (RHCP, LHCP)
- ▶ N_C porteuses de 21MHz (BATS)

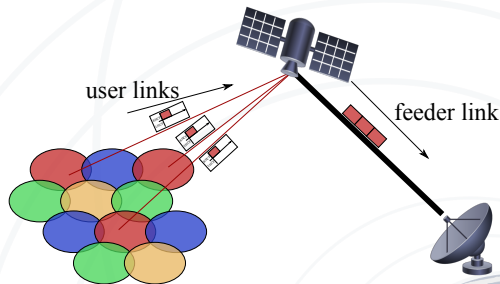


Figure: Bande Nécessaire Feeder Link

- Pour un taux de réutilisation de fréquence de $1/4$, il faut $N_{beams} \times Bande \times 2 \times 1/4$ de bande disponible sur le feeder link
- **Grande importance de l'efficacité en bande passante!**

- ▶ **Décentralisé + ACM** → Aucune corrélation à priori entre un slot et le suivant.
- ▶ **Décentralisé + Estimation d'interférence**
→ Trop de pertes et de MODCOD sous-optimaux

Explication: Interférence trop variable d'un interférent à l'autre.

Solution: Coordination individuelle d'interférence



Augmenter le débit d'un beam?

- ▶ Augmenter la bande de chaque couleur, en restant en 4 couleurs
⇒ Bande limitée
- ▶ Autre alternative: Améliorer la directivité des antennes, et réduire la taille des beams
- ▶ **Augmenter le taux de réutilisation de fréquences**
 - ▶ **Interférences prépondérantes!**
 - ▶ **Densifie l'utilisation des fréquences**
 - ▶ **Inévitable à long terme**

