

Systèmes fixes et multimedia par satellite - Examen

3SN - parcours Télécom

9 décembre 2020

Voie retour d'un service interactif par satellite

Description du système et hypothèses

On considère la voie retour d'un système broadband multimedia basé sur un satellite géostationnaire multifaisceaux en bande Ka. Les hypothèses suivantes seront considérées:

- Les bilans de liaisons pour les liens montants seront faits pour une fréquence porteuse de 30 GHz
- Une distance de propagation de 40 000 km sera considérée sur toute la couverture
- Les pertes atmosphériques en ciel clair sont estimées à 1 dB sur toute la couverture
- On négligera l'impact de la liaison feeder et du bruit d'intermodulation sur les performances
- Les terminaux utilisateurs déployés dans la couverture sont identiques, pointés correctement, et caractérisés par une PIRE à l'émission de 50 dBW
- On supposera que le diagramme de gain du satellite est identique pour tous les faisceaux, représenté sur la figure 1. Le gain d'antenne est supposé négligeable au delà d'un dépointage de 4° .
- La performance du satellite en réception est caractérisée par un rapport G/T de 13 dB/K en centre de faisceau, et 10 dB/K en bord de faisceau
- La couverture du satellite comporte 9 faisceaux, comme illustré sur la figure 2. On s'intéressera plus particulièrement aux faisceaux 1 à 4 dont on supposera qu'ils partagent les mêmes ressources radio-fréquence (même bande et même polarisation). L'écart angulaire entre les centres de ces faisceaux est donné dans le tableau 1
- L'allocation des ressources radio aux utilisateurs sur la voie retour est basée sur un schéma de type MF-TDMA. On supposera ici de façon simpliste que le plan de fréquence des faisceaux 1 à 4 comporte seulement deux porteuses, et que les trames MF-TDMA comportent seulement deux timeslots par porteuse. La largeur et la fréquence centrale des porteuses sont supposées identiques dans tous les faisceaux, et le tramage temporel est supposé synchronisé dans tout le système.
- La figure 3 illustre les ressources déjà allouées aux utilisateurs U1 à U10, répartis dans les faisceaux 1 à 4
- Les schémas de modulation et codage accessibles sont illustrés par le tableau 2
- Les signaux sont mis en forme avec une racine de cosinus surélevé de roll-off 0.2.

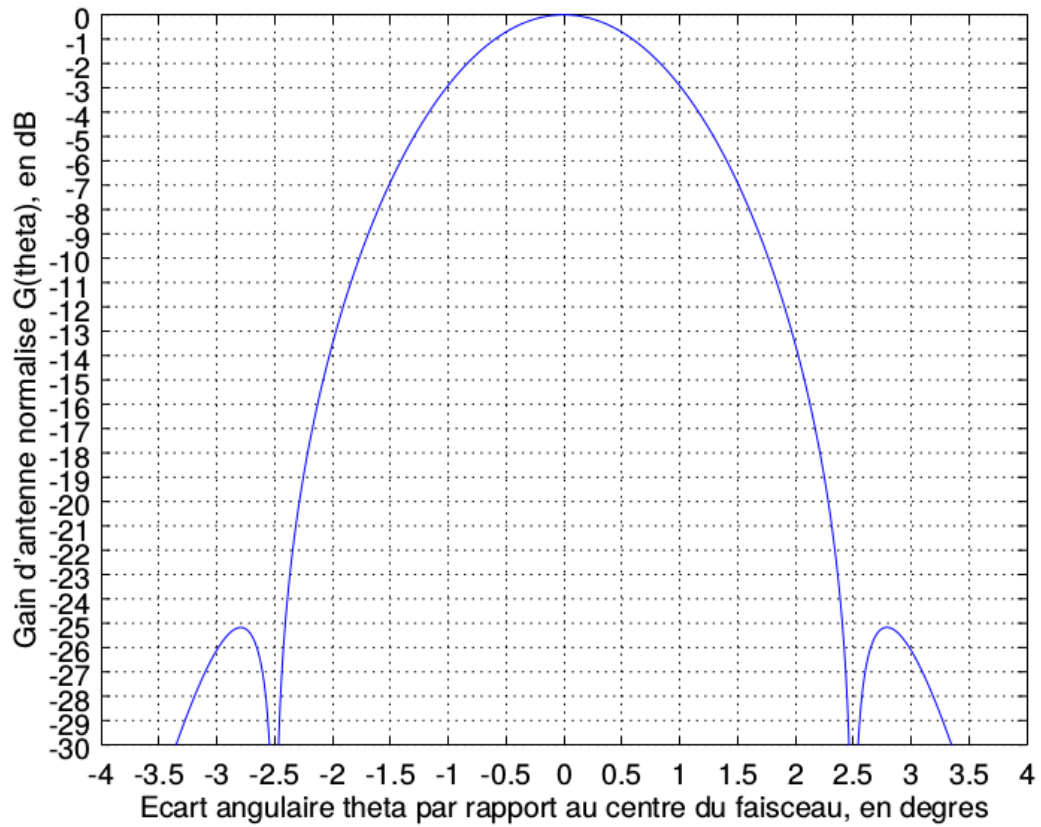


Figure 1: Diagramme de gain pour un faisceau du satellite

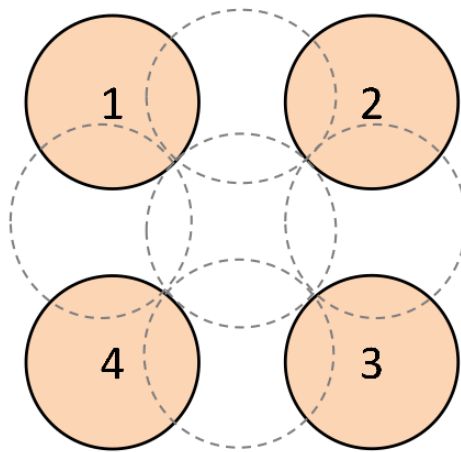


Figure 2: Localisation des faisceaux 1 à 4 dans la couverture

écarts angulaires en degrés	spot 1	spot 2	spot 3	spot 4
spot 1	-	3 °	4.2 °	3 °
spot 2	3 °	-	3 °	4.2 °
spot 3	4.2 °	3 °	-	3 °
spot 4	3 °	4.2 °	3 °	-

Table 1

Ecart angulaire entre les centres de faisceaux depuis le satellite

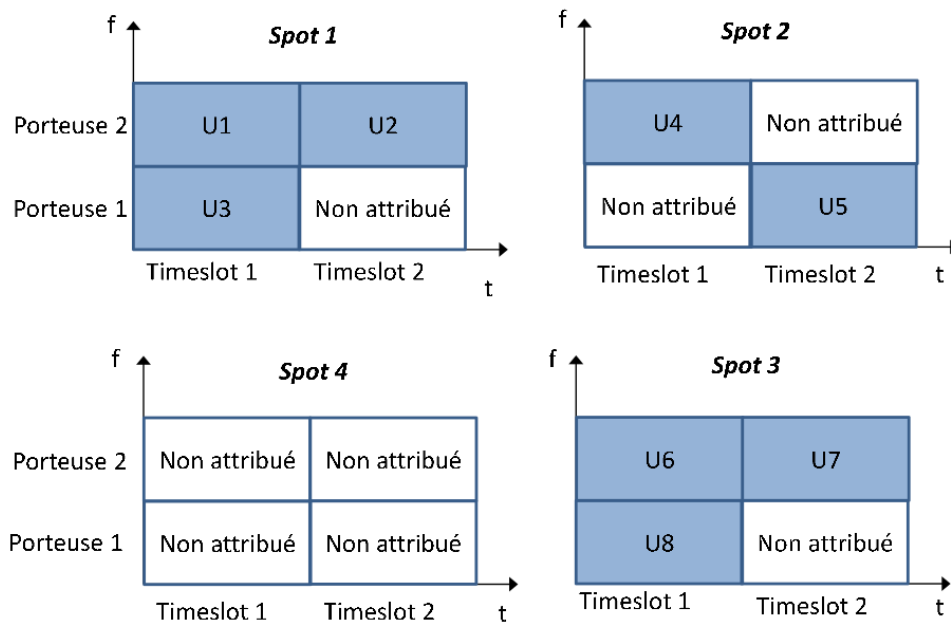


Figure 3: Ressources déjà allouées dans les faisceaux 1 à 4

Modulation	Rendement codage	C/N requis
QPSK	1/3	0.7 dB
QPSK	1/2	3.2 dB
QPSK	3/4	6.4 dB
8PSK	3/4	8.9 dB

Table 2
Schémas de modulation et codage disponibles

Questions

Performances sans interférences

1. Calculer le rapport C/N_0 relatif à la liaison montante pour un utilisateur situé en bord de faisceau.
2. En absence d'interférence sur la liaison montante calculer le rythme symbole maximal que l'on peut fixer pour permettre une transmission avec le schéma 8PSK 3/4 dans toute la couverture.

On supposera par la suite que la largeur des porteuses est fixée à 2Msps

3. Calculer le rapport signal à bruit minimal dans la couverture en ciel clair
4. En déduire l'atténuation maximale que l'on peut tolérer sur la liaison montante en absence d'interférences
5. Si l'on ne dépasse pas ce niveau d'atténuation, quel débit binaire minimal peut-on espérer garantir aux utilisateurs ?

Réutilisation de fréquence

6. Combien de combinaisons bande / polarisation sont-elles nécessaires pour qu'on puisse allouer des ressources dans tous les faisceaux de la couverture en garantissant que deux faisceaux voisins ne verront pas la même ressource ?
7. En supposant que l'on alloue des ressources équivalentes dans tous les faisceaux illustrés par la figure 2, calculer alors le facteur de réutilisation de fréquence dans la couverture.

Prise en compte des interférences

8. A partir du diagramme de gain illustré par la figure 1, que peut-on dire de la taille des faisceaux du satellite ? Quel est approximativement le diamètre d'antenne requis à bord du satellite pour former de tels faisceaux ?
9. Si l'on souhaitait allouer de la ressource radio à un utilisateur situé dans le faisceau 4, quel serait la combinaison porteuse / timeslot la plus favorable dans la trame MF-TDMA ?

On s'intéresse maintenant à l'utilisateur U1 situé en bordure du faisceau 1

10. Si on considère les allocations de ressources illustrées par la figure 3, quels sont les autres utilisateurs du système susceptibles d'interférer avec l'utilisateur U1 ?
11. En supposant que la localisation de ces utilisateurs dans leurs faisceaux respectifs est favorable du point de vue de l'interférence générée sur l'utilisateur U1, que peut-on dire du rapport C/I sur la liaison montante pour l'utilisateur U1, et de l'impact sur le bilan de liaison global ?
12. On suppose maintenant, au contraire, que la localisation de ces utilisateurs dans leurs faisceaux respectifs est la plus défavorable pour l'utilisateur U1.
 - (a) Indiquer sur un schéma (sur le modèle de de la figure 2) la position la plus défavorable pour les utilisateurs qui interfèrent l'utilisateur U1 : lequel sera le plus gênant pour l'utilisateur U1 ?
 - (b) Calculer le rapport C/I sur la liaison montante de l'utilisateur U1. On pourra considérer ici que l'interfèrent principal est largement prédominant dans le calcul.
 - (c) En déduire le débit binaire qu'on pourra alors offrir à l'utilisateur U1 s'il est situé en bord de faisceau. On rappelle que la largeur des porteuses est fixée à 2 Msps.

Accès multiple

13. Un temps de garde de $50\mu s$ est inséré entre les timeslots. En supposant que la durée d'un timeslot correspond à celle d'un paquet transmis, quelle doit être au minimum la taille de paquet (en nombre de symboles) pour que la perte d'efficacité spectrale due aux temps de garde soit inférieure à 1% ?
14. Quelle sera alors la durée de trame MF-TDMA si on considère le format de trame illustré par la figure 3 avec deux timeslots par trame ?
15. Si l'on transmet toujours exactement un paquet par timeslot, que peut-on dire du nombre de bits utiles transmis par paquet lorsque la modulation et le codage changent ?
16. Avec quelle granularité peut-on gérer l'allocation de débit binaire utile aux utilisateurs avec le format de trame illustré par la figure 3 ? Comment peut-on l'améliorer ?
17. En pratique, le format des trames MF-TDMA implique généralement des porteuses de plusieurs largeurs. Quel est l'intérêt pour le système ?