

Epreuve de Moyenne Durée du S1
Matière : Télécommunications Spatiales

Questions de cours :

1. La télécommunication par satellite présente quelques propriétés importantes par rapport aux réseaux terrestres, citer les.
2. De quoi est composé un satellite.
3. Citer les différents les différents types d'orbites en décrivant leurs propriétés.
4. Quels sont les avantages d'une constellation LEO.
5. Quel est le rôle du handover dans les systèmes de télécommunication par satellites.
6. Citer brièvement les sources de vibration des systèmes de transmission optiques.
7. Citer les différents avantages et inconvénients des systèmes de communication par satellite.

Exercice : Considérons un satellite en orbite basse d'altitude $h=600$ Km.

1. Calculer la vitesse et la période de révolution du satellite. On donne :

$R_T = 6380$ Km (Rayon de la terre)

$M = 5.97.10^{24}$ Kg (Masse de la terre)

$G = 6.67.10^{-11}$ m³/Kg.S² (Constante de gravitation)

2. On propose maintenant d'évaluer le rapport C/N_0 de la liaison de ce satellite avec les stations terriennes suivant ces paramètres :

Facteur de mérite du satellite $(\frac{G}{T})_{sat} = 3.4$ dB/k

PIRE_{sat} = 37 dB

Facteur de mérite de station terrienne $(\frac{G}{T})_{stater} = 25$ dB/k

PIRE_{Stat.Ter} = 56 dB

Fréquence montante (Uplink) $f_u = 14$ Ghz

Fréquence descendante (Downlink) $f_u = 12$ Ghz

La température du bruit $T = 300$ k

Constante de Boltzman $K = 1.38.10^{-23}$ J/k

En considérons l'affaiblissement en espace libre dans les deux voies,

- a) Calculer le rapport C/N_0 de la voie montante (stat.ter-satellite)
- b) Calculer le rapport C/N_0 de la voie descendante (satellite-stat.ter)
- c) Déduisez la valeur du rapport de la liaison globale
- d) Calculer le débit de la transmission pour un rapport $\frac{E_b}{N_0} = 12$ dB

NOM :

Prénom :

4/100

QCM :

9/10

1. Un transpondeur est un

- Amplificateur Filtre Mélangeur

9/10

2. La période de révolution d'un satellite GEO est :

- 2 jours 1 jour 21 jours

9/10

3. Exemples des constellations LEO

- Globstar ICO Iridium

9/10

4. Un satellite dont le temps de transfert est de l'ordre de 100ms, est situé sur une orbite

- LEO GEO MEO

9/10

5. Dans les constellations GEO et pour permettre de couvrir quasiment la totalité de la terre, il suffit de disposer :

- 2 satellites 3 satellites 4 satellites

9/10

6. La bande de fréquence allouée pour les services fixes de téléphonie la radiodiffusion est :

- La bande L La bande KU La bande C

9/10

7. Dans un type du handover, l'ancien lien est libéré après l'établissement du nouveau lien, il s'agit du :

- Hard handover Soft handover Seamless handover

9/10

8. Le protocole de transmission par satellite est le standard :

- DVB-T DVB-H DVB-S

9/10

9. Dans la transmission par satellite optique, on atteint un débit de :

- 1G bits/s 10G bits/s 100G bits/s

Corrigé du EMD de la matière: Télécommunications Spatiales

Réponses aux questions de cours :

SpS

1. Les systèmes de télécommunications par satellite offrent en effet plusieurs propriétés par rapport les réseaux terrestres, on cite :
- Le recouvrement de grandes zones géographiques
 - La possibilité d'avoir des accès et des distinctions multiples pour une même Communication
 - La possibilité de déploiement rapide des services
 - L'adaptation à des régions sans infrastructure de télécommunications
 - Observer la terre, le climat, la végétation et les océans
 - Retransmettre les ondes: la radio, la télévision, le téléphone, internet.

1/10

2. Un satellite est composé :

- D'une charge utile qui comprend les transpondeurs et les antennes
- D'une plate-forme qui comporte les sous-systèmes suivants :
 - l'alimentation électrique (panneaux solaires),
 - un système de commande,
 - le système de contrôle d'altitude et d'orbite et les équipements de propulsion,
 - les équipements de poursuite de télémessure et de télécommande TT&C
 - et le contrôle thermique.

1/10

3. Il existe trois types d'orbites :

➤ L'orbite géostationnaire :

C'est une orbite circulaire située dans le plan de l'équateur à une altitude de 35786 km du sol. A cette altitude la période de révolution du satellite correspond exactement à la période de rotation de terre soit 23 heures 56 minutes et 4 seconds. L'avantage du satellite géostationnaire est d'offrir, avec un seul satellite, une couverture importante de la Terre et une visibilité permanente (tourne avec la terre).

1/10

➤ Les orbites polaires :

Comme leur nom l'indique, ces satellites passent au-dessus des deux pôles, et peuvent au bout d'un certain temps couvrir toute la surface du globe. Leur domaine d'application se situe surtout dans l'observation ou la communication différée. Le satellite d'observation français Spot, situé à 800 km d'altitude, permet de couvrir toute la surface du globe en 21 jours.

➤ Les orbites elliptiques

Les orbites elliptiques sont utilisées pour réaliser une couverture régionale à des latitudes moyennes (de 40 à 70). Les satellites en orbite elliptique ont une vitesse très variable en fonction de l'endroit où ils se placent sur l'ellipse. Ils n'occupent donc pas une position fixe par rapport à la terre, ce qui suppose l'utilisation des antennes terrestres mobiles pour suivre ces satellites, contrairement aux satellites géostationnaires. Par contre, ils possèdent l'avantage de pouvoir desservir plus aisément des zones éloignées de l'équateur sous un angle assez élevé.

4. Avantages de constellation LEO :

- Couverture complète du globe
- Radiations moins importantes
- Temps de transfert réduit.

5. Le rôle du Handover dans les systèmes de télécommunication par satellites est de maintenir la communication entre les satellites sans interruption.

6. Les sources de vibration des systèmes de transmission optique :

- Sources externes :
 - L'asymétrie de l'attraction terrestre
 - L'attraction du soleil, de la lune, de la terre et des autres corps célestes
 - La pression de la radiation solaire
 - La traînée aérodynamique
- Sources internes
 - Les vibrations et les impacts dus aux bruits internes
 - Les vibrations des antennes du système de pointage
 - Le bruit du système de poursuite
 - Les opérations des sous-ensembles constituant le satellite.

7. Avantages et inconvénients des systèmes de transmission par satellite :

Avantages : Souplesse, capacité, couverture géographique et coût
Inconvénients : durée de vie utile, sensibilité aux brouillages.

- Consigne de l'exercice: **7,50 pts**

un satellite en orbite basse d'altitude
 $h = 600 \text{ km}$.

1. Calcul de la vitesse et la période de
révolution du satellite.

$$v = \sqrt{\frac{\mu}{a}} = \sqrt{\frac{G \cdot M}{a}} = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R_T + h}}$$

$$v = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,97 \cdot 10^{24}}{(6380 + 600) \cdot 10^3}} = 7,54 \cdot 10^3 \text{ m/s}$$

vitesse du satellite v : **1 pt** $v = 7,54 \text{ km/s}$

$$\text{On a: } \frac{a^3}{T^2} = \frac{G \cdot M}{4\pi^2} \Rightarrow T^2 = \frac{a^3 4\pi^2}{G \cdot M}$$

$$\Rightarrow T = a \cdot 2\pi \sqrt{\frac{a}{G \cdot M}} = \frac{2\pi a \cdot v}{v^2}$$

$$T = \frac{2\pi \cdot (6380 + 600) \cdot 10^3}{7,54 \cdot 10^3} = 5834 \text{ s}$$

la période de révolution: **1 pt** $T = 1 \text{ h } 36 \text{ min } 54 \text{ s}$

2. Evaluation du rapport $\left(\frac{C}{N_0}\right)$:

② la voie montante

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_m = \text{PIRE} \underset{\text{station ter.}}{*} \frac{1}{L_m} \underset{\text{sat}}{*} \left(\frac{G}{T}\right) \underset{\text{sat}}{*} \frac{1}{K}$$

PIRE: Puissance isotrope rayonnée de l'antenne de la station terrena.

L_m : Affaiblissement de la liaison montante

$\left(\frac{G}{T}\right)$: Facteur de mérite du satellite.

K : constante de Boltzmann.

Il faut d'abord calculer l'affaiblissement

L_m de la voie montante:

$$L_m = \left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2$$

d : distance entre satellite - station ter.

λ : longueur d'onde dans l'espace.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{14 \cdot 10^9} = 0,0214 \text{ m.}$$

$$L_m = \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot 600 \cdot 10^3}{0,0214}\right)^2$$

$$L_m(\text{dB}) = 20 \log \left(\frac{4\pi \cdot 600 \cdot 10^3}{0,0214} \right) = 170,93 \text{ dB}$$

$$\text{1pt} \left\{ L_m = 170,93 \text{ dB} \right\}$$

D'où :

$$\left(\frac{C}{N_0} \right)_m (\text{dB}) = \text{PERE} - L_m + \left(\frac{G}{T} \right) - K_{\text{dB}}$$

$$\left(\frac{C}{N_0} \right)_m (\text{dB}) = 56 - 170,93 + 3,4 + 228,6$$

$$\left(\frac{C}{N_0} \right)_m (\text{dB}) = 117,07 \text{ dB} \quad \text{1pt}$$

b) la voie descendante

$$\left(\frac{C}{N_0} \right)_d = \text{PERE}_{\text{sat}} * L_d * \left(\frac{G}{T} \right)_{\text{station}} * (K)$$

⇓

$$\left(\frac{C}{N_0} \right)_d (\text{dB}) = \text{PERE}_{\text{sat}} - L_d - K + \left(\frac{G}{T} \right)_{\text{station}}$$

L_d : Affaiblissement de la liaison descendante

$$L_d = 20 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{12 \cdot 10^9} = 0,025 \text{ m.}$$

$$L_d = 20 \log \left(\frac{4\pi \cdot 800 \cdot 10^3}{0,025} \right) = 169,58 \text{ dB}$$

1pt

$$L_d = 169,58 \text{ dB}$$

D'où :

$$\left(\frac{c}{N_0} \right) = 37 - 169,58 + 25 + 228,6$$

1pt

$$\left(\frac{c}{N_0} \right)_{dB} = 121,02 \text{ dB}$$

c) la valeur du rapport de la liaison globale

$$\left(\frac{c}{N_0} \right)_T = \left[\frac{1}{\left(\frac{c}{N_0} \right)_m} + \frac{1}{\left(\frac{c}{N_0} \right)_d} \right]^{-1}$$

$$= \left[\frac{1}{117,07} + \frac{1}{121,02} \right]^{-1} = [0,0168]^{-1}$$

$$\left(\frac{c}{N_0} \right)_T = 59,52 \text{ dB}$$

0,50

d) Calcul du débit de transmission

pour un rapport $\frac{E_b}{N_0} = 12 \text{ dB}$

On a la relation: $\frac{C}{N_0} = \frac{E_b}{N_0} \cdot R_b$

$$\Rightarrow R_b = \frac{C/N_0}{E_b/N_0}$$

En décibels: $R_b = \frac{C}{N_0} - \frac{E_b}{N_0}$

$$R_b = 59,52 - 12 = 47,52$$

$$\Downarrow R_b = 10^{4,75} = 56.234 \text{ bits/s}$$

Après } $R_b = 56,2 \text{ Kbits/s}$