

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE DE BATNA

FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR

Département d'Electronique

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magister en Electronique

OPTION : Micro-onde pour Télécommunication

Présenté par :

Nour el houda HEDJAZI

Thème

*Optimisation du problème du Handover
dans les constellations de satellites en
orbites basses*

Jury :

Pr. Malek BENSLAMA	Prof.	U. Constantine	Président
Pr. Djamel BENATIA	Prof.	U. Batna	Rapporteur
Dr. Tarek FORTAKI	M.C.	U. Batna	Examineur
Dr. Lamir SAIDI	M.C.	U. Batna	Examineur

Année universitaire : 2008/2009

Remerciements

Je voudrais remercier **Pr. Djamel BENATIA** d'avoir accepté de diriger ce mémoire et qui, avec beaucoup de disponibilité, a suivi ce travail. Je le remercie pour ses conseils judicieux et pour ses qualités scientifiques et pédagogiques.

J'adresse ma profonde reconnaissance au **Pr. Malek BENSLAMA**, professeur à l'Université de Constantine, pour l'honneur qu'il m'a fait en présidant le jury.

Je tiens à associer à ces remerciements, **Dr. Tarek FORTAKI**, maître de conférence à l'Université de Batna et **Dr. Lamir SAIDI**, maître de conférences à l'Université de Batna d'avoir accepté de participer dans ce jury et d'examiner ce travail. Sans oublier **Mr. Messaoud GAREH**.

Mes pensées iront également à mes parents qu'ils trouvent ici toute ma profonde reconnaissance pour leurs aides et leurs encouragements.

Sans oublier les personnes qui m'ont partagé les années d'études dans le département d'électronique de l'université de Batna que je souhaite bon courage.

Dédicaces

A:

Mes chers parents

Mes frères et mes sœurs

Toute ma famille

Tous mes collègues et amies sans exception.

Je dédie ce mémoire

Sommaire

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Chapitre I

La communication par satellite

I.1. Introduction	4
I.2. Principe de transmission par satellites	4
I.2.1. Le satellite	4
I.2.1.1. Les satellites passifs	4
I.2.1.2. Les satellites actifs	5
I.3. Utilisation des satellites de communication	5
I.4. Les liaisons ascendantes et descendantes	5
I.4.1. Station terrienne d'émission	6
I.4.1.1. Lien montant	6
I.4.1.2. Station spatial	6
I.4.1.3 Lien descendant	8
I.5. Orbites	9
I.5.1. Orbites elliptiques	9
I.5.2. Orbites circulaires	10
I.5.3. Orbite géostationnaire	11
I.6. Constellations de satellites	14
I.6.1. Architecture du réseau LEO	14
I.6.2. Caractéristique des différentes constellations	15
I.6.2.1. Constellations polaires	16
I.6.2.2. Constellations inclinées	16
I.6.3. Liaisons satellitaires	16
I.7. Paramètres des satellites LEO	18
I.7.1. Coordonnées des satellites LEO (sphériques)	18
I.7.2. Position d'un satellite	19

I.7.2.1. Définition.....	19
I.7.2.2. Calcul de la position des satellites dans les coordonnées sphériques.....	20
I.7.3. Vitesse de rotation des satellites.....	21
I.7.4. Surface de couverture des satellites.....	22

Chapitre II

La gestion du Handover

II.1. Introduction.....	23
II.2. Principe de base du Handover	23
II.3. Buts du Handover	23
II.3.1. Du point de vue utilisateur	23
II.3.2. Du point de vue opérateur	25
II.4. Gestion du Handover (Phases du Handover).....	25
II.5. Le lancement du Handover	26
II.6. Types du Handover	27
II.7. Contrôle du Handover.....	28
II.8. Modèle Du Trafic.....	34
II.8.1. Modèle du trafic de Hong et de Rappaport (Deux-Dimensionnel).....	34
II.8.2. Modèle de El-Dolil et al.'s (omni--Dimensionnel).....	35
II.8.3. Modèle de Steele et Nofal (bi-Dimensionnel)	36
II.8.4. Modèle du trafic de Xie et de Kuek (omni et bi-Dimensionnel).....	37
II.8.5. Le modèle approximé de Zeng a et al du trafic (sans dimension)	37

Chapitre III

Modélisation mathématique

III.1. Introduction	38
III.2. Stratégie de non priorité « Non Prioritized Scheme NPS ».....	38
III.2.1. Mécanisme	38
III.2.2. Calcul analytique	39
III.3. Stratégies de priorité.....	40
III.3.1. La mise en queue des requêtes du Handover	41
III.3.1.1. Mécanisme	41

III.3.1.2. Calcul analytique.....	42
III.3.2. La Réserve des canaux de garde RCS	43
III.3.2.1. Mécanisme	43
III.3.2.2. Calcul Analytique	44
III.3.3. La réserve des canaux de gardes avec la priorité du Handover.....	45
III.3.3.1. Mécanisme	45
III.3.3.2. Calcul analytique.....	46
III.3.4. La mise en queue des nouveaux appels et du Handover et la réserve des canaux de gardes.....	47
III.3.4.1. Mécanisme	47
III.3.4.2. Calcul analytique.....	47

Chapitre IV

Résultats de la simulation

IV.1. Introduction	52
IV.2. Modèle de cellule	52
IV.3. Modèle de mobilité.....	52
VI.4. Les paramètres de la simulation	53
VI.5. Stratégie de non priorité	54
VI.5.1. Organigramme	54
VI.5.2. Résultat de simulation	54
VI.6. Stratégies de priorités	55
VI.6.1. La mise en queue des requêtes du Handover.....	55
VI.6.1.1. Organigramme	55
VI.6.1.2. Résultat de simulation.....	56
VI.6.2. La Réserve des canaux de garde RCS	57
VI.6.2.1. Organigramme	57
VI.6.2.2. Résultat de simulation.....	58
VI.6.3. La réserve des canaux de gardes avec la priorité du Handover.....	60
VI.6.3.1. Organigramme	60
VI.6.3.2. Résultat de simulation.....	61
VI.6.4. La mise en queue des nouveaux appels et du Handover et la réserve des canaux de gardes.....	63

VI.6.4.1. Organigramme	63
VI.6.4.2. Résultat de simulation.....	64
VI.7. Comparaison entre les différentes techniques	66
VI.7.1. Discussion.....	66
IV.8. Conclusion.....	69
Conclusion générale.....	70
Références bibliographiques.....	72

Introduction

générale
générale

Introduction générale

Les télécommunications par satellite sont l'aboutissement d'une recherche vers des portées et des capacités toujours plus grandes à des couts aussi faibles que possible. La seconde guerre mondiale favorise l'essor de deux techniques très éloignées : les missiles et les micro-ondes. La maîtrise atteinte ultérieurement dans l'utilisation conjointe de ces deux techniques ouvre l'ère des télécommunications par satellite [1].

L'ère spatiale débute en 1957 avec le lancement du premier satellite artificiel, le satellite russe Spoutnik. En 1965, le premier satellite de télécommunication est placé en orbite. Après 35 ans de perfectionnement, les satellites ont eu en charge les transmissions d'un tiers du trafic vocal mondial et la plupart des signaux de télévision qui transitent entre les pays. De plus, le lancement et la mise en orbite de nouveaux satellites sont devenus une action tout à fait banale, voire même quotidienne. Mais au delà du grand nombre de lancement de satellites effectués, le fait le plus marquant est la diversification des services offerts grâce au développement et à l'organisation des satellites en constellations, non plus à des fins uniquement militaires comme dans le passé, mais pour des applications destinées au domaine civil et particulier. De nos jours, nous pouvons dire que les télécommunications par satellites sont de plus en plus présentes en utilisant des technologies de plus en plus avancées et que cette évolution n'est pas prête d'être achevée.

Durant les dernières années, l'intérêt mondial pour les communications mobiles a augmenté. Cette demande croissante pour les services mobiles a poussé les concepteurs des réseaux mobiles à développer de nouvelles technologies.

Les régions à population peu nombreuse, éloignées ou sous-développées qui ne génèrent pas de trafic suffisant n'encouragent pas les opérateurs de réseaux à faire des investissements dans ces régions. Ces dernières seront alors pauvrement servies et perdront le contact avec les services terrestres.

Les réseaux satellitaires mobiles présentent un défi et une solution à ce problème. Cette classe de réseaux est convenable pour élargir la zone de services cellulaires tout en fournissant un moyen aux utilisateurs pour maintenir leur communication indépendamment de leur position.

Dans le cadre de notre projet, nous nous intéressons plus particulièrement au problème du Handover dans le système mobile satellitaire LEO. En effet, un appel d'un utilisateur fixe ou mobile peut être transféré d'une cellule à une autre (respectivement d'un satellite à un autre) puisque l'appel ne peut pas bénéficier d'un canal de communication convenable dans la cellule courante (respectivement dans le système satellitaire) à cause de la mobilité de l'utilisateur, du mouvement du satellite, des raisons de propagation (fading, shadowing, ...). Le Handover établit le transfert de liaison de communication du canal courant à un autre.

Comme l'échec du Handover est moins souhaitable que le rejet d'une nouvelle connexion, une étude poussée a été faite sur les différentes stratégies de priorité des requêtes du Handover sur les nouveaux appels [2]-[8], [14]-[20]. Nous avons également étudié quelques techniques.

Une simulation a été élaborée avec le logiciel Matlab Simulink afin d'évaluer la performance de ces techniques en termes de probabilité de blocage de l'établissement de l'appel et du Handover.

Pour cela notre mémoire est structuré autour de quatre chapitres organisés comme suit :

- *Le premier chapitre* concerne des généralités sur la transmission par satellites, les orbites, les constellations de satellites ainsi que les paramètres des satellites LEO.
- *le deuxième chapitre* concerne le principe de base du Handover, le but du Handover et la gestion du Handover puis on va donner quelques modèles du trafic.
- *Dans le troisième chapitre* nous étudierons quelques techniques de la stratégie de priorité du Handover

Intrtroduction générale

- *Le quatrième chapitre* fera l'objet de commentaires et discussions sur nos résultats obtenus par notre modélisation.

Enfin, une conclusion terminera ce rapport résumant les principales tâches accomplies.

Chapitre I

La communication par satellite

La communication par satellite

- I.1. Introduction
- I.2. Principe de transmission par satellites
- I.3. Utilisation des satellites de communication
- I.4. Les liaisons ascendantes et descendantes
- I.5. Orbites
- I.6. Constellations de satellites
- I.7. Paramètres des satellites LEO

I.1. Introduction

Qu'est ce que les communications par satellite mobile ? en un mot, ce sont des systèmes de radiocommunications pour les mobiles tels que les bateaux, les avions, les véhicules terrestres, et les terminaux mobiles utilisant des satellites ; on se doit de noter que la notion de satellite mobiles n'engendre pas forcément le mouvement du satellite.

Les réseaux satellitaires en orbite basse sont l'une des conséquences des avancées technologiques réalisées sur les réseaux géostationnaires. Ils présentent de nombreux avantages pour la fourniture d'un service mobile à couverture mondiale.

L'utilisation de satellites en orbite basse permet le développement de nouveaux réseaux de communication alliant une zone de disponibilité étendue des services à vocation mondiale à l'utilisation de petits terminaux. Ces nouvelles possibilités sont cependant obtenues au prix d'une complexité accrue par rapport aux satellites géostationnaires

I.2. Principe de transmission par satellites

La transmission par satellites se divise en deux parties [28] :

- Une base d'émission (station de transmission) : liaison ascendante (Emetteur-satellite)
- Une base de réception (station de réception) : liaison descendante (Satellite- récepteur)

I.2.1. Le satellite

On distingue deux sortes de satellites, les satellites actifs et les satellites passifs.

I.2.1.1. Les satellites passifs

Ils servent de réflecteur, ils n'agissent pas sur le signal à transmettre. Le signal est reflété par le satellite dans toutes les directions et peut donc être reçu n'importe où dans le monde. La capacité de ces satellites est très restreinte car ils nécessitent des émetteurs puissants et de grandes antennes au sol. Les premiers satellites de communication étaient des satellites passifs.

I.2.1.2. Les satellites actifs

Ce sont les satellites les plus utilisés aujourd'hui. Tout d'abord ils reçoivent le signal émis par l'antenne. Ensuite ils amplifient, filtrent, changent de fréquence (pour éviter les interférences) du signal pour le retransmettre dans une zone précise du globe.

I.3. Utilisation des satellites de communication

Les satellites de communications sont utilisés dans cinq configurations de base :

- Les communications publiques
- Les communications d'entreprises
- Les communications mobiles
- Les communications de remplacement
- Les communications militaires

I.4. Les liaisons ascendantes et descendantes

Un système de transmission d'information par satellite est composé des éléments suivants :

- La station terrienne d'émission ;
- Lien montant ;
- La station spatiale (satellite) ;
- Le lien descendant.

La figure **(I.1)** illustre les différentes composantes d'un système de télécommunication par satellite :

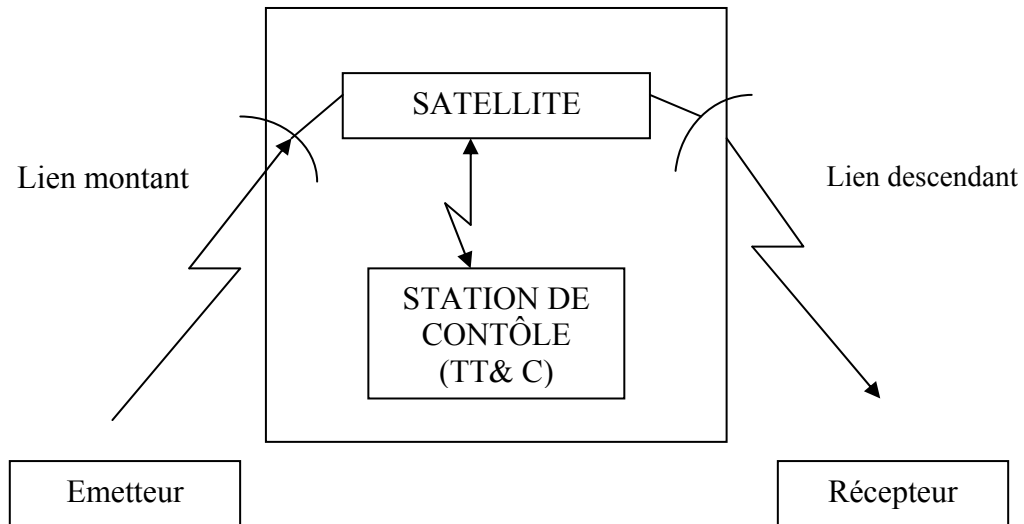


Figure I.1 : Composantes d'un système de télécommunication par satellite

I.4.1. Station terrienne d'émission

Elle comprend le centre où sont élaborés les signaux d'informations à transmettre c'est-à-dire les signaux vidéo et audio pour la télévision ou d'autres signaux comme les signaux téléphoniques ou les données pour les communications professionnelles, les signaux sont transmis par câble, fibre optique ou relais hertzien à la station d'émission proprement dite où se trouve la liaison montante qui comprend l'émetteur.

I.4.1.1. Lien montant

L'élément principal à l'intérieur de la section du lien montant d'un système satellitaire est l'émetteur de la station terrestre.

I.4.1.2. Station spatial

Elle comporte le satellite et l'ensemble des moyens de contrôle situés au sol c'est-à-dire l'ensemble des stations de poursuite, de télémétrie et de télécommande (TT&C : tracking, telemetry and command) ainsi que le centre de contrôle du satellite où sont décidées toutes les opérations liées au maintien à poste et vérifier les fonctions vitales du satellite.

➤ Le satellite

Le satellite est naturellement la partie essentielle d'un système de communication par satellite. Au début des années 60, époque à laquelle diverses possibilités de télécommunications spatiales étaient expérimentées, le satellite n'était qu'un objet purement passif, une grande sphère réfléchissante se déplaçant dans le ciel dont la seule fonction était de réfléchir l'énergie reçue, mais les résultats médiocres obtenus ont entraîné l'abandon d'un tel système.

Le satellite maintenant est de type actif, il se comporte comme un véritable retransmetteur vers la terre (liaison descendante) après translation de fréquence et amplification .

➤ Constitution du satellite

Le satellite est constitué d'une charge utile et d'une plate-forme, la charge utile comporte les antennes de réception et d'émission, et l'ensemble des équipements électriques assurant la transmission des signaux. La plate-forme comporte l'ensemble des sous-systèmes permettant à la charge utile de fonctionner. On y trouve :

- a) La structure ;
- b) L'alimentation électrique ;
- c) Le contrôle thermique ;
- d) Le contrôle d'altitude et d'orbite ;
- e) Les équipements de propulsion ;
- f) Les équipements de poursuite, de télémétrie et de télécommande (TT&C).

La charge utile d'un satellite comporte un ensemble de canaux (transpondeurs), chaque canal étant équipé d'un amplificateur d'émission opérant dans une sous-bande particulière de la bande allouée au satellite. Cette disposition de canaux permet d'offrir, dans chaque canal, une puissance en rapport avec l'état de développement technologique des amplificateurs

micro-ondes embarqués, alors que la mise en œuvre d'un seul amplificateur pour l'ensemble de la bande conduisait à une dispersion de la puissance de cet amplificateur.

I.4.1.3 Lien descendant

L'élément principal à l'intérieur de la section du lien descendant d'un système satellitaire est le transmetteur à bord du satellite.

Le transmetteur du satellite est constitué par les étages finaux qui ont classiquement pour objet l'amplification en puissance du signal radiofréquence RF niveau bas et la transmission.

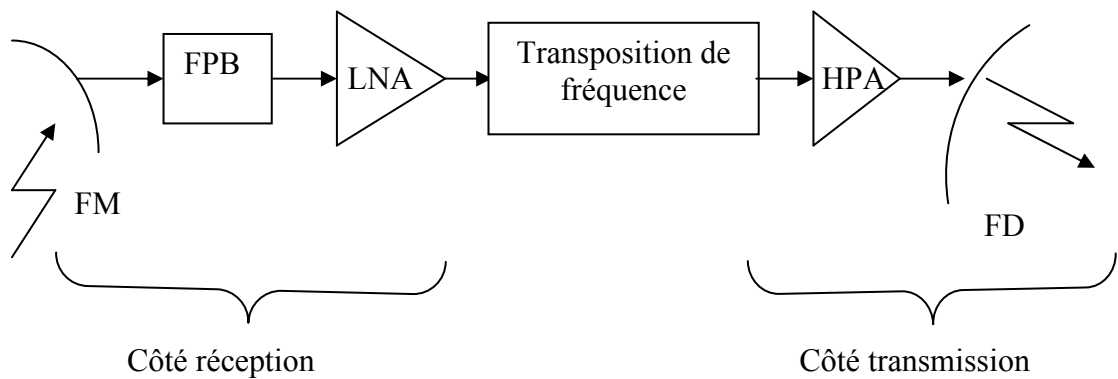


Figure I.2 : Schéma bloc d'un transpondeur de satellite

Avec :

LNA : amplificateur d'entrée à faible bruit ;

FPB : filtre d'entrée passe-bande ;

HPA : amplificateur à haute puissance.

I.5. Orbites

I.5.1. Orbites elliptiques

La quasi-totalité des satellites, qu'ils soient à usage d'observation ou de télécommunication, ont des orbites (Fig. *I.3*), c'est à dire des trajectoires spécifiques à un corps animé d'un mouvement périodique, propres à leur utilisation. On peut ainsi distinguer trois types d'orbites différentes : les orbites elliptiques, les orbites circulaires et l'orbite géostationnaire, chacune ayant des caractéristiques différentes des autres.

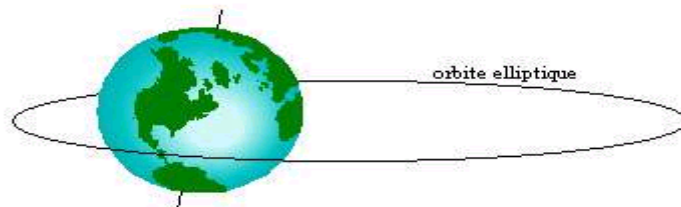


Figure I.3 : Trajectoire

Comme son nom l'indique, un satellite placé dans une orbite de ce type décrit une trajectoire en forme d'ellipse autour de la terre. Afin de placer un satellite en orbite elliptique, la vitesse de lancement dans l'espace doit, d'après Newton et ses théories sur la gravitation, être supérieure à 7900 m/s. La principale caractéristique de ce type d'orbite est la grande variation en vitesse que subissent les satellites.

Un cas particulier intéressant est l'orbite elliptique inclinée sur l'équateur à environ 64° et ayant une période égale à la moitié de la période de rotation de la terre. L'axe de l'ellipse et l'orbite ne tournent pas autour du centre de la terre et l'apogée se situe donc toujours au-dessus du même lieu géographique. Le système " Molnya " utilisé par l'URSS, est un système de ce type, 3 satellites couvrent totalement la Sibérie car leur partie lente (apogée) correspondent au deux tiers de leur période et ils se situent alors à la verticale du territoire sibérien.

Les orbites elliptiques présentent des avantages, comme la couverture des zones éloignées de l'équateur, mais également des inconvénients tels que les aspects qualitatif et financier des équipements mobiles sur Terre. Cependant il existe des orbites où ce type d'inconvénients n'apparaît presque pas : ce sont les orbites circulaires.

I.5.2. Orbites circulaires

Il existe une infinité d'orbites circulaires, chacune correspondant à une inclinaison par rapport au plan orbital, mais on peut en distinguer 3 sortes : l'orbite circulaire polaire et les orbites circulaires inclinées.

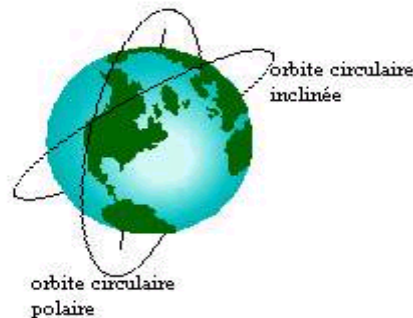


Figure I.4: Orbites

L'orbite polaire est une orbite circulaire qui passe par-dessus les deux pôles de la Terre. L'inconvénient principal, pour les satellites inscrits dans ce type de trajectoire, est la lenteur de leur couverture mais cette faible vitesse permet tout de même au satellite de couvrir une grande partie de la surface du globe, voire la totalité de la terre, compte tenu de la rotation de la terre sur elle-même. On peut citer l'exemple des satellites d'observation français "Spot", situés à 800 km d'altitude, qui assurent la couverture de la surface totale du globe en 21 jours, ou encore un système américain constitué de 12 satellites et ayant une utilisation dans la messagerie.

Les orbites circulaires inclinées décrivent également un cercle autour de la Terre, mais chaque trajectoire est inclinée d'un certain angle par rapport au plan équatorial. De plus il est

nécessaire d'imposer au satellite une vitesse de lancement d'environ 7900 m/s. Cependant, cette inclinaison présente un inconvénient majeur : étant donné que la plus haute latitude desservie par les satellites, dont les orbites sont inclinées, correspond à la déviation angulaire par rapport au plan de l'équateur, ces satellites ne peuvent pas couvrir la totalité de la surface du globe. Par contre, cette orbite possède un avantage : selon l'altitude du satellite, il est possible de cibler les zones du globe, c'est à dire que l'on peut desservir les parties intéressantes d'un point de vue économique, militaire ou autres applications...

Ces deux types de trajectoires ont chacun des caractéristiques différentes, des usages propres suivant les inconvénients et les avantages. Néanmoins ils ne sont que très peu utilisés par rapport à une autre orbite circulaire : l'orbite géostationnaire, qui possède actuellement le plus d'avantages aussi bien économiques que pratiques.

I.5.3. Orbite géostationnaire

L'orbite géostationnaire fait partie des orbites géosynchrones, ces orbites sont circulaire et ont une période égale à celle de la rotation de la terre L'orbite géostationnaire a comme particularité de tourner dans le même sens que celui de la terre et de posséder orbite placée dans le plan équatorial (*Fig. I.5*)

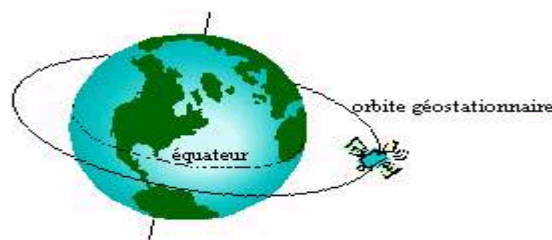


Figure I.5: Orbite géostationnaire

Ce nom vient de la caractéristique la plus importante de cette orbite : pour un observateur terrestre, un satellite placé en orbite géostationnaire a une apparence immobile dans le ciel. Cela vient en grande partie du fait que la période de révolution, c'est à dire le temps que met le satellite pour parcourir le périmètre du cercle représentatif de sa trajectoire, est exactement

la même que celle de la Terre, soit exactement 23 heures 56 minutes 4 secondes. Mais le fait qu'il tourne dans le même sens que notre planète en est également une cause. De plus la troisième loi de Kepler permet aisément de déterminer l'altitude d'un satellite en orbite géostationnaire.

Cette orbite est la plus utilisée actuellement car la qualité des signaux est équivalente, voire supérieure à celle des autres orbites, mais il est beaucoup plus rentable d'utiliser ce type de satellite dans la mesure où l'avantage majeur est la possibilité d'employer sur Terre des antennes fixes. De plus, la position de cette trajectoire permet aux satellites d'avoir une grande couverture qui vaut à peu près un hémisphère, environ 40% de la surface de la terre. Un seul satellite permet de relier des stations d'où l'éloignement peut atteindre 17000 Km. Avec trois satellites géostationnaires on peut assurer une couverture globale de la terre, en excluant les régions polaires.

Par contre, son altitude élevée entraîne quelques inconvénients. En effet, plus les zones à couvrir sont éloignées de l'Equateur, plus le signal mettra de temps pour arriver, et plus il y aura d'interférences. Il y a également un autre problème qui se dessine déjà pour cette orbite : le nombre de satellites en orbite géostationnaire devenant de plus en plus grand au fil des années, cette trajectoire commence à être très chargée. Les scientifiques prévoient aussi un danger pour les satellites en état de marche car les satellites dits " poubelles " qui n'ont plus d'énergie pour être opérationnels dérivent sans contrôler leur vitesse et peuvent alors détériorer les autres.

Tous les satellites en activité dans l'espace sont actuellement dans une de ces trois catégories d'orbites : Les orbites elliptiques, les orbites circulaires et l'orbite géostationnaire. Chacune de ces trois trajectoires possède des caractéristiques différentes et propres à des applications particulières. Cependant toutes ces utilisations nécessitent obligatoirement des

équipements techniques aussi bien sur Terre que sur le satellite afin d'assurer les communications entre la Terre et les satellites.

On peut également distinguer sous un autre résonnement :

1/- Orbites hautes (HEO) (High Earth-Orbit)

Ce sont des orbites elliptique d'altitude d'environ 500Km et d'une apogée à une altitude d'environ 50000 Km ces orbites ont une inclinaison de $63^{\circ}.4$ afin de pouvoir communiquer avec des zones de l'hémisphère nord

2/- Orbites géostationnaires (GEO) (Géostationnaire –Earth- Orbit)

Les orbites géostationnaires ont une orbite circulaire de 42164 Km de rayon dans un plan voisin de l'équateur et leur vitesse angulaire est égale à celle de la rotation de la terre.

3/- Orbites moyennes (MEO) (Medium Earth-Orbit)

Les orbites moyennes ont une altitude environ 10000Km et une inclinaison d'environ de 50° , la période de révolution de ces satellites est de 6H, et avec une constellation de 10 à 15 satellites pour assurer une couverture globale de la terre.

4/- Orbites basses (LEO) (Low Earth -Orbit)

Ce sont des orbites qui se situent a une altitude comprise entre quelques centaines de kilomètres et 2000 Km de la surface de la terre avec un délai de propagation du signal est de l'ordre des 10 à 20ms

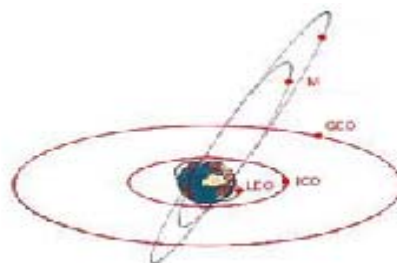


Figure I.6: Différents types d'orbites

I.6. Constellations de satellites

Les constellations sont constituées de satellites en basse et moyennes orbites dont l'altitude est environ 400 Km à 10.000 Km. A cette altitude, la taille des antennes est réduite d'un facteur de 20 par rapport à celle des satellites géostationnaires [9], [29].

La difficulté majeure de ces constellations vient de la vitesse très importante des satellites par rapport à l'utilisateur terrestre : 7 Km/s (pour LEO). Il faut adopter des antennes directives qui peuvent changer leur orientation et traiter efficacement les problèmes de basculement entre satellites dont la période est une dizaine de minutes.

I.6.1. Architecture du réseau LEO

Le réseau est constitué d'un ensemble des satellites en orbite basse qui constituent avec quelques stations de base un système de communication global et accessible de tout point sur la terre. Les satellites peuvent être reliés entre eux à travers des ISL. Ces ISL, au nombre de 4, permettent à un satellite d'être relié aux deux satellites adjacents de son plan et aux 2 satellites des plans voisins (1 satellite sur chaque plan adjacent droite et gauche). Notons que des stations terrestres nommées GateWay G/W peuvent servir à plusieurs fonctions comme relier le réseau satellitaire à d'autres réseaux terrestres. L'architecture générale du système est représentée dans la figure I.7.

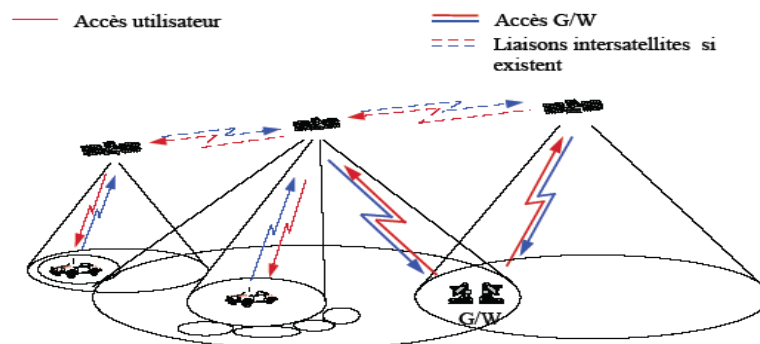


Figure I.7. Architecture de la constellation de satellites

Plusieurs paramètres d'architecture peuvent être étudiés pour une constellation:

1. Nombre de satellites.
2. Nombre de plans orbitaux.
3. Inclinaison de plans orbitaux.
4. Espacement relatif de plans orbitaux.
5. Nombre de satellites dans chaque plan orbital.
6. Déphasage relatif de satellites dans le même plan orbital.
7. Déphasage relatif de satellites dans deux plans orbitaux voisins.
8. Altitude de plans orbitaux.

I.6.2. Caractéristique des différentes constellations

Caractéristiques	ICO	Global star	Iridium	Skybridge	Tele desic
Type d'orbite	MEO	LEO	LEO	LEO	LEO
Altitude...(Km)	10390	1414	780	1469	1375
NBr. de satellites actifs	10	48	66	80	288
Période orbitale(min)	360	114	100	115	-
Basculement	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Couverture	70°latitude	Globale	Globale	Globale	Globale
Bandes de fréquences	S et C	L,S et C	L et Ka	Ku	Ka
Traitement à bord	Non	-	Oui	Non	Oui
Puissance(W)	2500	1000	1400	3500	-
Masse....(Kg)	1925	450	700	1250	700

On distingue deux types de constellations : les constellations polaires et les constellation inclinées.

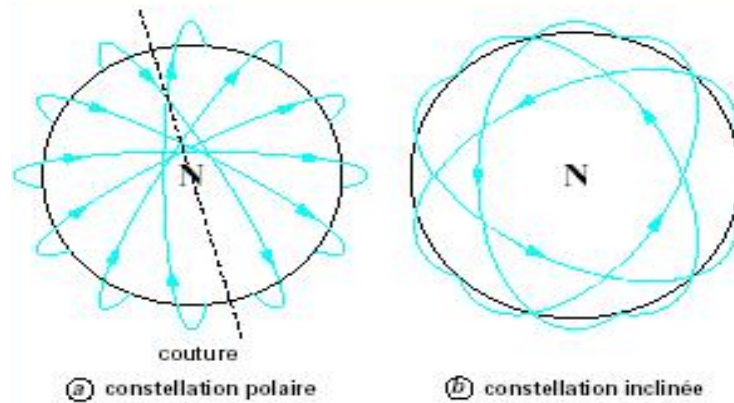


Figure 1.8 : Constellation de satellites

I.6.2.1. Constellations polaires

Ce sont celles dont le plan orbital fait un angle de 90° avec l'équateur ; l'intersection des plans orbitaux se faisant aux pôles. Les orbites polaires assurent une couverture importante des zones polaires, qui sont malheureusement des zones désertiques ne comptant pas beaucoup d'utilisateur

I.6.2.2. Constellations inclinées

Ce sont des constellations dont les plans orbitaux font un angle avec le plan équatorial très différents de 90° bénéficient d'une meilleure répartition des satellites autour de la terre.

I.6.3. Liaisons satellitaires

Ces liaisons sont classifiées en deux catégories [9]:

1. **Liaisons intra-orbites:** connectent deux satellites adjacents sur la même orbite. La direction, des satellites voisins, reste constante, donc ces liaisons sont permanentes.
2. **Liaisons inter-orbites:** connectent deux satellites adjacents sur des orbites différentes.

Ces liaisons sont:

- a. permanentes si leur direction est coplanaire avec la vitesse du satellite,
- b. alternées si leur direction est perpendiculaire à la vitesse du satellite mais requiert une déconnexion quand les orbites traversent des régions polaires.

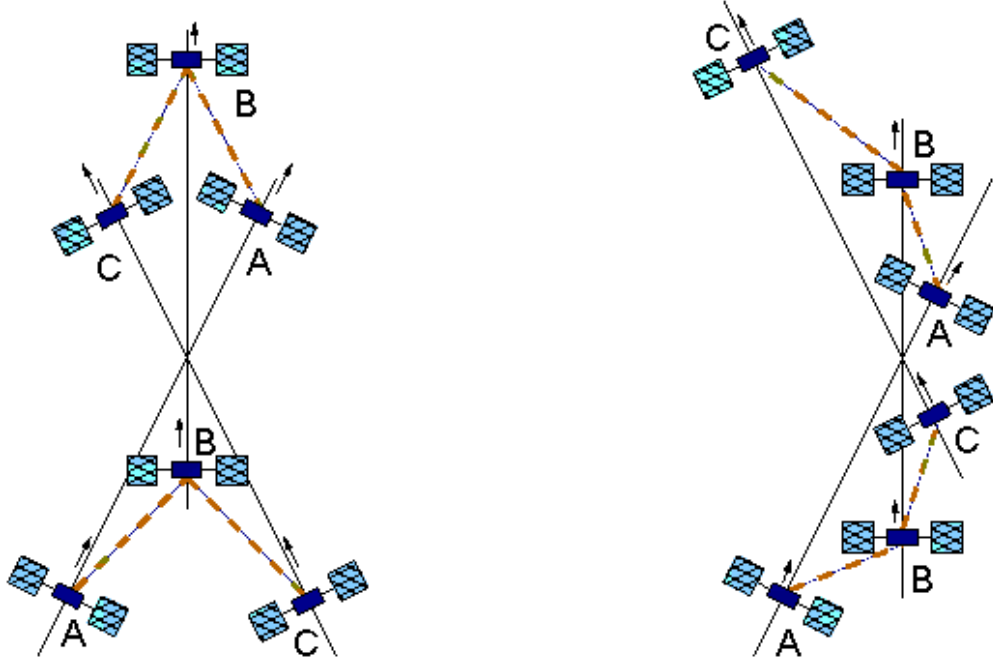


Figure I.9: Les types de liaisons inter-satellites

I.7. Paramètres des satellites LEO

I.7.1. Coordonnées des satellites LEO (sphériques)

On adopte les systèmes à coordonnées sphériques pour représenter la position des satellites LEO [9]. La raison est que les satellites sont arrangés en orbites, qui sont en général également espacées entre elles. Les satellites sur la même orbite peuvent être mesurés par la latitude de la Terre, avec une longitude fixe. La représentation des systèmes à coordonnées sphériques consiste de deux paramètres angulaires θ et ϕ qui sont exactement la représentation de la latitude et de la longitude de la Terre. Donc, c'est judicieux de choisir les systèmes à coordonnées sphériques au lieu de ceux cartésiens ou autres, pour la facilité de calcul et de la représentation. En premier lieu, on doit construire un système à coordonnées sphériques sur les trois axes cartésiens.

La figure *I.II* illustre les trois axes: x , y et z , et l'interprétation correspondante des coordonnées sphériques qui sont représentées par les trois paramètres suivants: r , θ et ϕ . Ces derniers représentent les coordonnées d'un point p dans l'espace tridimensionnel. Le sens des paramètres est:

- ❖ r , la distance de p à l'origine,
- ❖ θ , un angle entre l'axe z et le vecteur de position,
- ❖ ϕ , un angle entre l'axe x et la projection dans le plan xoy du vecteur de position.

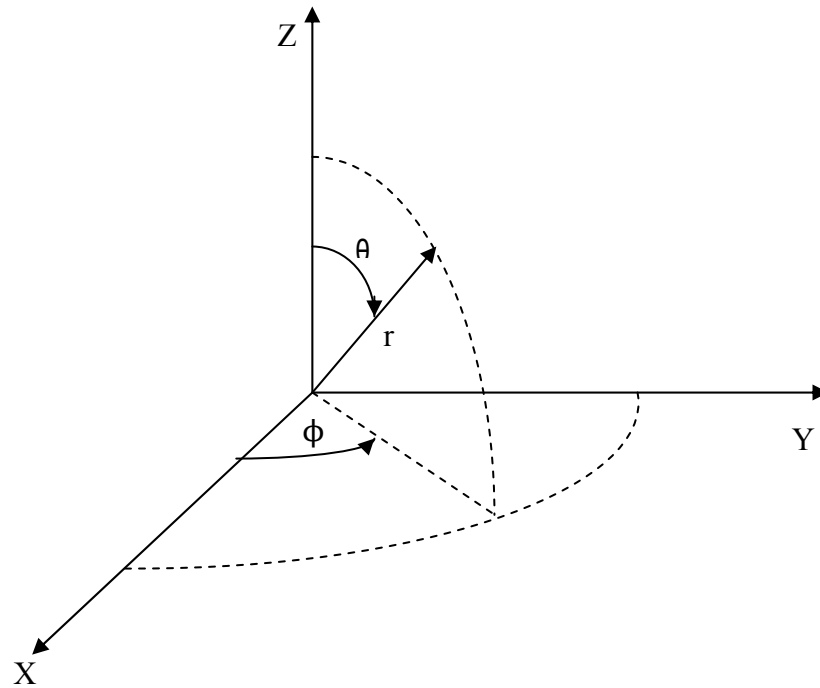


Figure I.11: Coordonnées sphériques sur les axes cartésiens

Dans certains cas, on est besoin d'obtenir les coordonnées cartésiennes à partir des coordonnées sphériques. Le système à coordonnées cartésiennes utilise trois paramètres: x , y et z pour représenter un point. On peut utiliser les équations suivantes (I.1) pour passer des coordonnées sphériques à celles cartésiennes:

$$\begin{cases} x = r \sin\theta \cos\phi \\ y = r \sin\theta \sin\phi \\ z = r \cos\theta \end{cases} \quad (\text{I.1})$$

En plus, on peut utiliser les équations suivantes (I.2) pour passer des coordonnées cartésiennes à celles sphériques:

I.7.2. Position d'un satellite

$$\begin{cases} r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \\ \theta = \arccos\left(\frac{z}{r}\right) \\ \phi = \arctg\left(\frac{y}{x}\right) \end{cases} \quad (\text{I.2})$$

I.7.2.1. Définition

Tout d'abord, on doit définir quelques variables:

- a. ϕ_{init} = l'angle entre le plan y-z et le premier plan orbital.
- b. ϕ_{diff} = l'angle entre le k et k+1 plan orbital, où k = 1, 2, 3, 4, 5 dans le cas du système IRIDIUM.
- c. t = temps courant du système satellitaire commençant de 0.
- d. θ_{init} = l'angle initial entre l'axe y et le premier satellite dans la première orbite à t = 0.
- e. $\theta_{intra-diff} = 2\pi/11$ = la différence θ entre deux satellites adjacents sur la même orbite.
- f. $\theta_{inter-diff} = 2\pi/(11*6)$ = la différence entre deux satellites adjacents sur deux orbites adjacentes.
- g. $\omega = d\theta/dt$ = la vitesse angulaire d'un satellite autour de la Terre.
- h. $T_{orbite} = 2\pi/|\omega|$ = la période d'un satellite pour parcourir son orbite.
- i. $\theta_{i,j}$ = la valeur θ du satellite j sur l'orbite i.
- j. $\phi_{i,j}$ = la valeur ϕ du satellite j sur l'orbite i.

Notons que: $0 \leq \theta_{i,j} \leq \pi$ et $-\pi \leq \phi_{i,j} \leq \pi$.

I.7.2.2. Calcul de la position des satellites dans les coordonnées

sphériques

Des définitions précédentes, on suppose que:

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} = \begin{cases} > 0 \text{ si } 0 \leq \phi_{i,j} \leq \pi \\ < 0 \text{ si } -\pi < \phi_{i,j} < 0 \end{cases} \tag{I.3}$$

On peut maintenant calculer la valeur δ_{ij} qui détermine la position du satellite dans une orbite spécifique.

C'est clair que $0 \leq \delta_{ij} \leq 2\pi$ et en respectant la marge de δ_{ij} on peut facilement déterminer la position d'un satellite. Les paramètres des satellites sont donnés par les expressions suivantes:

$$\delta_{IJ} = \{2\pi + |\omega|t + \theta_{init} - [(j - 1)\theta_{intra-diff} + (i - 1)\theta_{inter-diff}]\} \text{mod}(2\pi) \quad (I.4)$$

$$\theta_{IJ} = \begin{cases} \delta_{ij} & \text{si } \delta_{ij} \leq \pi \\ 2\pi - \delta_{ij} & \text{si } \delta_{ij} \geq \pi \end{cases} \quad (I.5)$$

$$\phi_{ij} = \begin{cases} \phi_{init} + (i - 1)\phi_{diff} & \text{si } \delta_{ij} \leq \pi \\ \phi_{init} + (i - 1)\phi_{diff} - \pi & \text{si } \delta_{ij} \geq \pi \end{cases} \quad (I.6)$$

$\forall i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ et $\forall j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11$ pour le système IRIDIUM.

I.7.3. Vitesse de rotation des satellites

La rotation angulaire de la Terre, calculée par l'équation (I.7), est égale à 0.2618 [rad/h].

$$\omega_t = \frac{2\pi \text{rad}}{24 \text{heures}} \quad (I.7)$$

Le rayon d'une orbite est calculé en ajoutant le rayon équatorial de la Terre, 6378 km, à l'altitude des satellites. Ceci donne les valeurs de $R_g = 42,178$ [km] et de $R_l = 7158$ [km]. La vitesse d'un satellite LEO relative par rapport à la Terre, calculée en utilisant l'équation (I.8), est égale à $V_1 = 26,804$ [km/h].

$$V_1 = \frac{\omega_t R_g^{\frac{3}{2}}}{R_1^{\frac{2}{2}}} \quad (I.8)$$

Les paramètres de la constellation IRIDIUM donnent une période orbitale de 100,13 minutes environ. La rotation angulaire d'un satellite, calculée par l'équation (I.9), est égale à [rad/h].

$$\omega_s = \frac{2\pi \text{rad}}{100,13 \text{mn}} \quad (I.9)$$

L'angle d'inclinaison minimal pour qu'un utilisateur voie un satellite donné est égale à $8^\circ,2$. A une position fixe sur la Terre, le temps de vision moyen d'un satellite est neuf minutes et un ou deux satellites à la fois sont visibles à un temps donné.

I.7.4. Surface de couverture des satellites

La surface de couverture A d'un satellite est donnée par l'équation (I.10) où R_t est le rayon de la Terre et θ est l'angle central de la Terre.

$$A = 2\pi R_t^2 (1 - \cos\theta) \tag{I.10}$$

Cet angle θ est calculé en utilisant l'équation (I.11), où R_e est le rayon de la Terre, E est l'angle d'élévation minimal, et h est l'altitude du satellite.

$$\theta = \left[\arccos \left(\frac{R_e \cos E}{R_e + h} \right) \right] - E \tag{I.11}$$

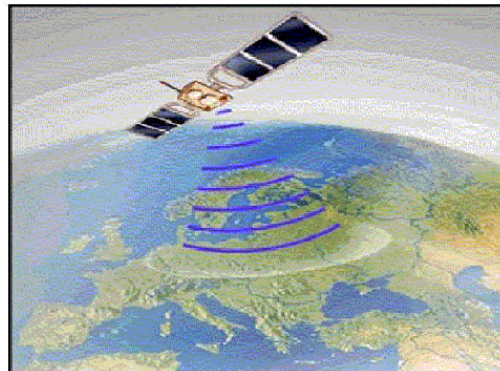


Figure I.12: Zone de couverture d'un satellite

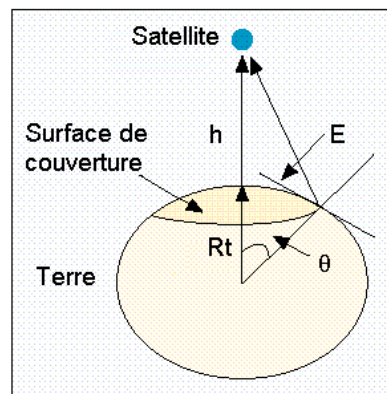


Figure I.13: Surface de la couverture d'un satellite

Chapitre II

La gestion du Handover

La gestion du Handover

- II.1. Introduction
- II.2. Principe de base du Handover
- II.3. Buts du Handover
- II.4. Gestion du Handover (Phases du Handover)
- II.5. Le lancement du Handover
- II.6. Types du Handover
- II.7. Contrôle du Handover
- II.8. Modèle Du Trafic

II.1. Introduction

Le Handover (transfert automatique intercellulaire) est un mécanisme fondamental dans la communication cellulaire (GSM ou UMTS par exemple).

Globalement, c'est l'ensemble des opérations mises en œuvre permettant qu'une station mobile (en anglais Mobile Station - MS) puisse changer de cellule sans interruption de service. Le processus consiste à ce qu'un terminal mobile maintienne la communication en cours, lors d'un déplacement qui amène le mobile à changer de cellule. En effet lorsque le signal de transmission entre un combiné et une station de base s'affaiblit, le système du combiné trouve une autre station de base disponible dans une autre cellule, qui est capable d'assurer à nouveau la communication dans les meilleures conditions. Ce mécanisme permet l'itinérance entre cellules ou opérateurs.

II.2. Principe de base du Handover

Pendant la communication (transfert de données usager ou signalisation), le lien radio pour le quelle la communication se déroule est mesurée périodiquement. La détection d'une situation anormale déclenche une alarme. A la réception de cette alarme, le contrôleur de réseau (commutateur) cherche un nouveau satellite et un nouveau canal pour transférer les données. S'il en trouve, un Handover sera déclenchée, sinon, la communication continue sur le même canal et des Handovers sont périodiquement tentés. Après la réussite du Handover, l'ancien canal est libéré et la communication prend un nouveau chemin.

II.3. Buts du Handover

II.3.1. Du point de vue utilisateur

Les buts du Handover [10], en premier lieu, sont orientés vers les besoins de l'utilisateur mobile. L'utilisateur maintient des contrats avec au moins un opérateur de réseau mobile et

probablement avec un ou plusieurs fournisseurs de service. À l'avenir, ces contrats comporteront les accords de niveau de service (SLA "Service Level Agreements") qui décrivent des niveaux définis de la qualité de service que le client (c'est à dire l'utilisateur mobile) et le fournisseur (c'est à dire le fournisseur de réseau ou de service) ont admis. Du point de vue utilisateur, on doit lui accorder les buts principaux suivants du Handover en commutant du mode courant à un mode cible :

- **Disponibilité de service:** Les services qui sont actuellement actifs sur le terminal devraient être également disponibles et soutenus dans le mode cible (réseau visité) sauf si l'utilisateur qualifie explicitement un service comme étant facultatif (c.-à-d. les services peuvent être suspendus / abandonnés si non disponibles / ou soutenus dans le mode cible).
- **Continuité de service:** Un aspect important de SLAs est la continuité de la livraison de service. La continuité est un souci bout à bout qui doit être accordé le long du chemin du serveur, fournissant un service par l'intermédiaire de l'infrastructure de transmission, au client consommant ce service.
- **Qualité de service:** La conservation de la qualité du service (QoS) est un autre but important de Handover. QoS peut se caractériser par différents paramètres en tant que le débit binaire fourni, le retard de transfert bout à bout, le taux d'erreurs sur les bits ou la perte des paquets. La pertinence de ces paramètres varie selon les différents types de service.
- **Contrôle du coût:** Les coûts de la livraison des services en mode cible devraient répondre aux exigences du QoS de l'utilisateur, mais ne devraient pas dépasser les limites de coût indiquées par l'utilisateur.

II.3.2. Du point de vue opérateur

Les opérateurs ne s'attardent pas à optimiser le rapport coût-performance des différents services pour différents utilisateurs, plutôt qu'ils veulent satisfaire les besoins de servir le plus grand nombre possible d'utilisateurs et, en même temps, maximiser leurs propres revenus.

Ceci est réalisé en visant ce qui suit:

- ***Equilibrage de charge entre modes/cellules.***
- ***Réduction de la fréquence des Handovers.***

II.4. Gestion du Handover (Phases du Handover)

La gestion du Handover implique les fonctions de réseau qui permettent aux stations mobiles de changer leurs points d'accès à la station de base courante pendant une communication en assurant la continuité de la communication en cours. La gestion du Handover n'assure qu'un raccordement actif d'appel est maintenu quand l'utilisateur mobile se déplace et change son point d'attachement en réseau.

Trois phases principales sont impliquées dans le Handover : déclenchement du Handover, décision du Handover et exécution du Handover [17]. La tâche principale impliquée dans la phase de déclenchement du Handover est le rassemblement d'informations telles que : les mesures concernant le lien radio ; si la qualité du lien radio tombe au-dessous d'un seuil prédéfini, un Handover sera lancé. Basé sur les mesures effectuées, la phase de décision du Handover choisira les ressources de la cible. Dans l'exécution du Handover, des nouveaux raccordements sont établis et de vieux raccordements sont libérés en effectuant des échanges de signalisation entre l'utilisateur mobile et le réseau.

II.5. Le lancement du Handover

Un Handover peut être lancé si la performance du lien radio est faible ou à toute autre dégradation de qualité de service (QoS). Le réseau peut également lancer un Handover pour des opérations et des entretiens. Les utilisateurs peuvent également lancer le Handover qui résulte des conditions d'exécution de leurs exigences. En général, trois types de déclenchement du Handover peuvent être distingués:

- **Les paramètres de QoS**

Les paramètres les plus communs du QoS qui lancent le Handover sont : la qualité du lien radio, RSS (Received Signal Strength), RSSI (Received Signal Stretching to Interference Ratio).

D'autres formes de paramètres sont également possibles pour l'utilisateur dans le déclenchement du Handover tel que le retard et le BER (Bit Error Rate). Ces paramètres sont surveillés sans interruption, par la station mobile ou le réseau ou tous les deux, et sont comparés au seuil prédéfini, afin de déterminer si un Handover devait être lancé.

- **Les paramètres du réseau**

Ce type de lancement est dû aux critères de gestion du réseau tels que les issues d'utilisation ou d'entretien des ressources du système. Elle n'est pas directement reliée aux paramètres du QoS.

- **Les paramètres de l'utilisateur**

Ce type de lancement est dû principalement au profil de service de l'utilisateur ainsi sa structure tarifaire. On ne le lie pas directement aux paramètres du QoS. Cependant, Ce type de déclenchement du Handover est plus applicable dans un environnement de réseaux intégrés, c'est à- dire, le réseau satellite et terrestre intégré, tel qu'un utilisateur peut choisir de commuter à un autre réseau pour les meilleurs frais d'appel par exemple.

II.6. Types du Handover

L'exécution du Handover dans les constellations de satellites non géostationnaires est due principalement au mouvement du satellite. On distingue deux types de Handover :

- **Handover Intra- satellite (spot-beam Handover) :**

Le Handover Inter-faisceau se rapporte au transfert d'un appel à partir d'un spot-beam à l'autre qui appartient au même satellite. La figure (I.4) montre le scénario du Handover d'interfaisceau. Un tel Handover est dû principalement au mouvement du satellite.

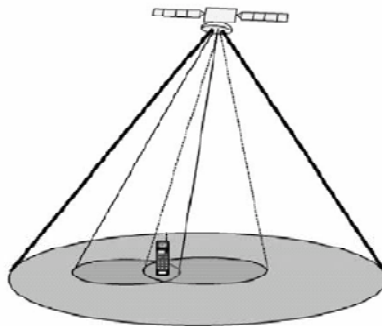


Figure I.4 : Handover intra-satellite (inter-beam handover)

- **Inter- satellite Handover :**

Se rapporte au transfert d'un appel à partir d'un satellite à l'autre comme il est représenté sur la figure (I.5). Ce type de Handover est dû au petit angle d'altitude en raison du mouvement du satellite. Comme l'angle d'altitude devient plus bas, la déperdition de propagation et la profondeur d'ombrage augmentent, ayant pour résultat une diminution de la puissance reçue. Contrairement au Handover intra-satellite, les anciens et les nouveaux liens qui appartiennent aux différents satellites suivent des différents chemins.

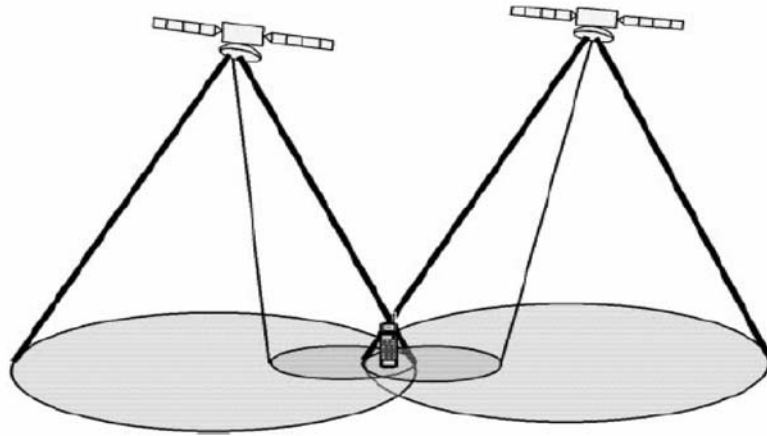


Figure 1.5: Handover Inter -Satellites

II.7. Contrôle du Handover

Les stratégies du Handover se rapportent aux méthodes adoptées dans chacune des trois phases du Handover.

Il y a quatre méthodes de contrôle du Handover pour la phase de déclenchement et de décision du Handover [17], [18]:

- Le mobile contrôlé le Handover « Mobile Controlled Handover (MCHO) ».
- Le réseau contrôlé le Handover « Network Controlled Handover (NCHO) ».
- Le mobile assisté le Handover « Mobile Assisted Handover (MAHO) ».
- Le réseau assisté le Handover « Network Assisted Handover (NAHO) ».

Chaque méthode diffère dans l'emplacement des fonctions qui effectuent les mesures de lien radio et qui font la décision du Handover. La station mobile ou le réseau peuvent exécuter les fonctions de mesure du lien radio. Cependant, seulement l'un parmi les deux prendra la décision du Handover. L'avantage du MAHO réside dans le contrôle du Handover réalisé à l'intérieur du réseau, ce qui permet une flexibilité vis-à-vis les modifications futures du système concernant les algorithmes de transfert, opérés au rythme de la croissance du trafic et du réseau.

Dans le cas du MCHO utilisé dans les systèmes à spot-beam où le transfert est commandé par le mobile et non pas par le réseau, la modification très rapide de l'environnement radio nécessite une réaction tout aussi rapide de la procédure du Handover. Dans ce cas, c'est la station mobile qui désigne le satellite cible directement par annonce à celui-ci.

Pour la phase de l'exécution du Handover, deux méthodes peuvent être employées :

l'établissement du lien et transfert du lien.

- **Etablissement du lien**

L'établissement du nouveau lien est réalisé par échange de messages entre le mobile et le satellite cible. Si l'échange a lieu via l'ancien lien, le Handover est appelé (*backward Handover*), dans ce cas, les nouveaux liens sont établis à partir du satellite courant. Cette solution peut être utilisée dans le cas du Handover entre cellules du même type.

Dans le cas où les informations sont émises directement de la station mobile vers le satellite cible, on parle alors de (*forward Handover*), dans ce cas, c'est le nouveau satellite qui doit établir le lien avec le réseau.

- **Transfert du lien**

Trois cas peuvent être distingués selon que l'ancien lien est libéré avant (*hard Handover*), pendant (*seamless Handover*) ou après (*soft Handover*) l'établissement du lien avec le satellite cible.

- **Hard Handover**

Dans ce cas le terminal mobile (MT) ne gère qu'un canal radio unique à la fois, ce qui se traduit par une interruption plus ou moins longue de la communication pendant le transfert. Le nouveau lien est établi à l'avance au niveau du réseau de telle sorte à ce que la coupure ait une durée la plus courte possible. En outre, le (MT) garde le raccordement avec le satellite courant jusqu'à ce que le signal tombe au-dessous du niveau de seuil. Quand ceci se produit, le raccordement original sera libéré et le (MT) cherche un autre satellite approprié

pour rétablir le raccordement. Une interruption au service sera inévitable et par conséquent le Handover sans couture ne peut pas être effectué, la figure (I.6) illustre le hard Handover.

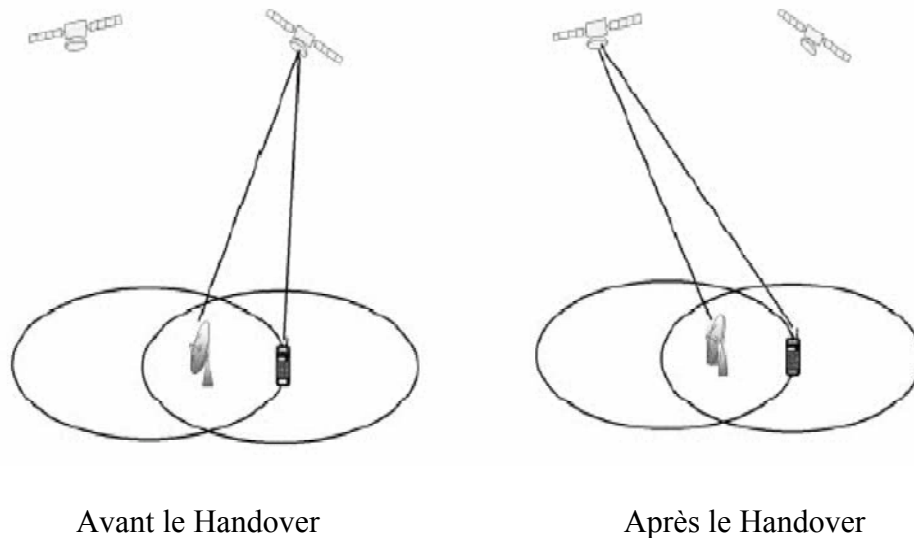


Figure I.6: Hard Handover

- Seamless Handover:

Dans ce type du handover, la nouvelle liaison est établie en parallèle avec l'ancienne et le flux de données est transféré par le mobile sur les deux liens. Pendant le Handover, seul l'ancien lien est actif, à la fin du Handover le nouveau flux de données est activé (par commutation au niveau réseau), l'ancien flux est stoppé et l'ancien lien est libéré.

- Soft Handover :

Ce Handover a été introduit dans les systèmes CDMA, dans ce Handover deux liens et deux flux correspondants sont activés pendant une période plus ou moins longue. Le terminal mobile est donc connecté simultanément à deux satellites (ou plus). Les deux liens, vus du mobile et du réseau, sont considérés comme un flot d'information unique. La complexité du système exige la mise en application des deux différents types de soft Handover.

- La diversité commutée

Implique que la communication est effectuée par un seul lien, elle consiste en trois étapes principales : (1) le raccordement d'appel est maintenu par les anciens liens, (2) l'établissement de nouveaux liens est en phase de préparation, (3) après que les nouveaux liens soient établis, le raccordement d'appel sera orienté vers les nouveaux liens. La synchronisation entre les anciens et les nouveaux liens est exigée pour que les paquets de données puissent être commutés. La figure (I.7) montre les trois étapes du processus de diversité commutée, la configuration comporte un seul MT, deux satellites et une seule station terrienne simple (FES).

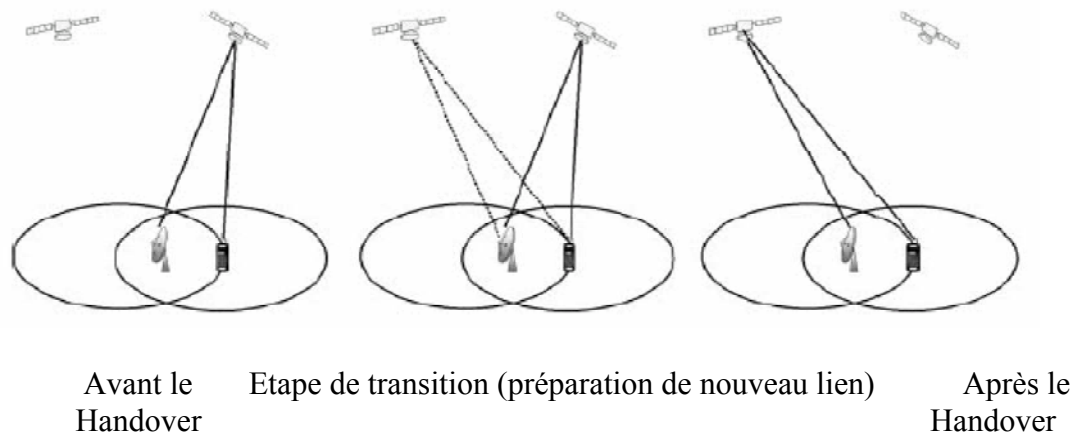


Figure I.7 : La diversité commutée du Handover

-La diversité combinée

La diversité combinée implique que la communication est effectuée par les deux liens (ancien et nouveau) ensemble pendant un Handover. Il y a également trois étapes semblables à la diversité commutée. La différence réside dans l'étape (2), les deux liens seront employés pour la communication, même lorsque les nouveaux liens ne sont pas entièrement établis. En outre, la synchronisation entre les anciens et les nouveaux liens est exigée de sorte que les paquets de données puissent être combinés. La figure (I.8) illustre le processus de la diversité combinée avec la même configuration de la diversité commutée.

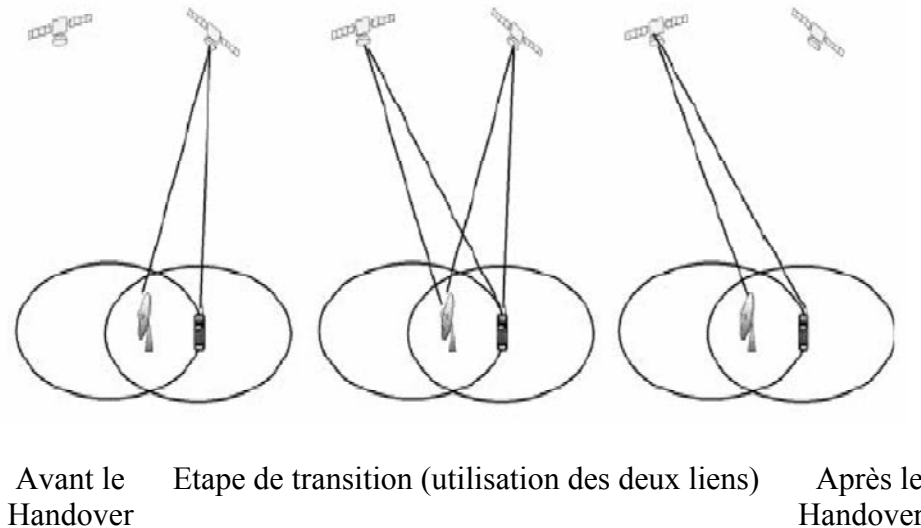


Figure I.8 : La diversité combinée du Handover

Signalisation de la diversité

Dans ce cas, les procédures de signalisation sont exécutées à travers de nouveaux et d'anciens liens de signalisation, alors que le trafic d'utilisateur continue à être transmis par l'ancien lien. Quand le nouveau canal du trafic est entièrement établi, le trafic d'utilisateur est alors commuté au nouveau lien et l'ancien lien sera libéré. Cette procédure est particulièrement utile pour le Handover inter-segment entre le satellite et les segments terrestres, dans lesquels la différence du délai de propagation entre les deux liens est importante. Pour le Handover inter-segment, il est difficile d'utiliser le soft Handover, car ce dernier exige l'utilisation des anciens et nouveaux liens pour le trafic de l'utilisateur simultanément pendant l'étape de préparation du Handover. Cependant, la synchronisation entre les deux raccordements sera difficile due à la différence dans le délai de propagation entre les deux liens. Ainsi, la signalisation de la diversité fournit une solution pour le Handover inter-segment à établir le raccordement du trafic d'utilisateur cible tandis que l'original est toujours en service, bien que la transmission et la réception de signalisation simultanée de deux liens de l'utilisateur mobile MT est exigée. La figure (I.9) illustre la procédure de signalisation de diversité pour le Handover de la station terrestre vers le satellite.

Dans (a), la communication sera faite via le lien terrestre. Dans (b), un Handover du lien terrestre vers le lien satellitaire est identifié, et la procédure de signalisation du Handover sera procédée dans les deux Liens (satellite et terrestre). Dans (c), un canal du trafic est établi et l'appel est transféré du lien terrestre vers le lien satellitaire. Pour le raccordement en temps réel du trafic, l'utilisateur va avoir une légère interruption, qui est égale à la différence entre le délai de propagation entre les deux liens. Cette procédure peut être considérée comme un Handover de diversité asynchrone. Donc elle diffère du hard Handover et du soft Handover car aucune synchronisation n'est exigée sur le canal du trafic.

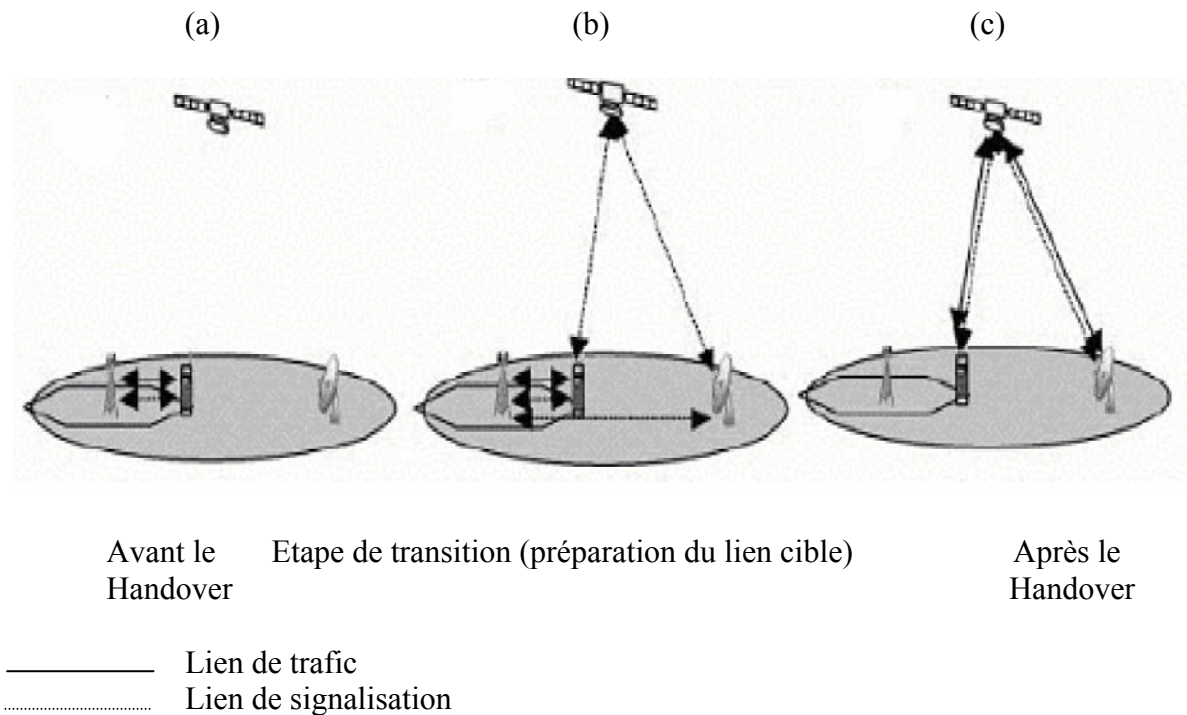


Figure I.9 : La diversité de signalisation

II.8. Modèle Du Trafic

Pour un réseau cellulaire mobile, il est important d'établir le modèle du trafic avant l'analyse de performance du système [11]. Plusieurs modèles du trafic ont été établis, basés sur différentes suppositions concernant la mobilité d'utilisateur. Dans ce qui suit, nous présentons brièvement ces modèles.

II.8.1. Modèle du trafic de Hong et de Rappaport (Deux-Dimensionnel)

Hong et Rappaport ont proposés un modèle du trafic pour une cellule de forme hexagonale (approximé par un cercle) [12], la localisation d'un mobile quand un appel est lancé par l'utilisateur est uniformément distribuée dans la cellule. Ils sont supposés également qu'un mobile lançant un appel se déplace de l'endroit courant dans n'importe quelle direction avec la même probabilité et cette direction ne change pas tandis que le mobile reste dans la cellule. A partir de ces suppositions ils sont prouvés que le taux des arrivées des Handovers est :

$$\lambda = \frac{P_h(1-B_0)}{1-P_{hh}(1-P'_f)} \lambda_0 \quad (\text{II.1})$$

Où

P_h = la probabilité qu'un nouvel appel qui n'est pas bloqué exigerait au moins un transfert

P_{hh} = la probabilité qu'un appel qui a déjà été transféré avec succès exigerait un autre transfert

B_0 = la probabilité de blocage des appels originaux.

P'_f = la probabilité de l'échec de Handover

λ_0 = le taux des arrivées des appels originaux dans une cellule.

La fonction de densité de probabilité (fdp) du temps d'occupation du canal T dans une cellule est donnée par la formule suivante :

$$f_T(t) = \mu_C e^{-\mu_C t} + \frac{e^{-\mu_C t}}{1+\gamma_C} [f_{T_n}(t) + \gamma_C f_{T_h}(t)] - \frac{\mu_C e^{-\mu_C t}}{1+\gamma_C} [F_{T_n}(t) + \gamma_C F_{T_h}(t)] \quad (\text{II.2})$$

Où

$f_{T_n}(t)$ = la fdp de la variable aléatoire T_n comme temps de séjour d'un appel original dans la cellule.

$f_{T_h}(t)$ = la fdp du T_h de variable aléatoire comme temps de séjour d'un Handover dans la cellule.

$F_{T_n}(t)$ = la fonction de distribution cumulative (fdc) du temps T_n

$F_{T_h}(t)$ = la fdc du T_h de temps

$1/\mu_c$: La durée moyenne d'appel

$$\gamma_c = P_h(1 - B_0)/[1 - P_{hh}(1 - P'_f)] \quad (\text{II.3})$$

II.8.2. Modèle de El-Dolil et al.'s (omni-Dimensionnel)

Une extension du modèle de Hong et Rappaport dans le cas d'un réseau micro cellulaire pour une route de grande circulation a été fait par El-Dolil et al [13]. La route est segmentée à des microcellules avec petit BSs « la sous station de base » rayonnant le long de la route.

Avec ces conditions, ils sont prouvés que le taux des arrivées des Handover est

$$\lambda_H = (R_{cj} - R_{sh})P_{hi} + R_{sh}P_{hh} \quad (\text{II.4})$$

Où

P_{hi} = la probabilité qu'un utilisateur mobile a besoin d'un transfert vers la cellule i

R_{cj} = le taux moyen des appels totaux dans la cellule j .

R_{sh} = le taux de transferts réussis.

La fdp du temps d'occupation du canal T dans une cellule est donnée par:

$$f_T(t) = \left(\frac{\mu_c + \mu_{ni}}{1+G}\right) e^{-(\mu_c + \mu_{ni})t} + \left(\frac{\mu_c + \mu_h}{1+G}\right) e^{-(\mu_c + \mu_h)t} \quad (\text{II.5})$$

Où

$1/\mu_{ni}$ = le temps moyen d'occupation du canal dans la cellule i pour un appel original.

$1/\mu_h$ = le temps moyen d'occupation du canal pour un Handover.

G = le rapport du taux de requêtes de transfert offert sur le taux des appels originaux.

II.8.3. Modèle de Steele et Nofal (bi-Dimensionnel)

Steele et Nofal [14] ont étudié un modèle du trafic basé sur des microcellules dans une rue de ville, l'étude concerne les piétons faisant des communications tout en marchant le long d'une rue. D'après leurs suppositions, ils ont prouvé que le taux des arrivées des appels de Handover est:

$$\lambda_H = \sum_{m=1}^6 [\lambda_0(1 - B_0)P_h\beta + \lambda_h(1 - P'_f)P_{hh}\beta] \quad (\text{II.6})$$

β = la fraction du transfert appelée à la cellule courante des cellules adjacentes

$$\lambda_H = 3\lambda_0(1 - B_0)P_I \quad (\text{II.7})$$

P_I = la probabilité qu'un nouvel appel qui n'est pas bloqué exigera au moins un transfert.

Le temps moyen d'occupation du canal dans la cellule est :

$$\bar{T} = \frac{(1+\alpha_1)(1-\gamma)}{\mu_W+\mu_C} + \frac{\gamma(1+\alpha_2)}{\mu_0+\mu_C} + \frac{\alpha_1(1-\gamma)+\gamma\alpha_2}{\mu_d+\mu_C} \quad (\text{II.8})$$

Où

$1/\mu_W$: La période moyenne de marche d'un piéton du début de l'appel jusque où il atteint la frontière de la cellule

$1/\mu_d$: Le temps moyen du retard où un piéton dépense l'attente à l'intersection de la route

$1/\mu_0$: La période moyenne de marche d'un piéton dans la nouvelle cellule

$$\alpha_1 = \frac{\mu_W P_{delay}}{(\mu_d - \mu_W)} \quad (\text{II.9})$$

$$\alpha_2 = \frac{\mu_0 P_{delay}}{(\mu_d - \mu_0)} \quad (\text{II.10})$$

$P_{delay} = P_{cross}P_d$: La proportion de piétons quittant la cellule en traversant la route

P_d : La probabilité qu'un piéton serait en retard quand il traverse la route

$$\gamma = \lambda_H(1 - P'_f) / [\lambda_H(1 - P'_f) + \lambda_0(1 - B_0)] \quad (\text{II.11})$$

II.8.4. Modèle du trafic de Xie et de Kuek (omni et bi-Dimensionnel)

Ce modèle suppose une densité uniforme des utilisateurs mobiles dans toute la zone couverte et qu'un utilisateur est également se déplace a n'importe quelle direction pour atteindre la frontière de la cellule. D'après cette supposition, Xie et Kuek [15] sont prouvés que le taux des arrivées des Handover est :

$$\lambda_H = E[C]\mu_{c-dwell} \quad (\text{II.12})$$

Où

$E[C]$ = le nombre moyen d'appels dans une cellule

$\mu_{c-dwell}$ = le taux de partance d'utilisateurs mobiles

Le temps moyen d'occupation du canal dans la cellule est:

$$\bar{T} = \frac{1}{\mu_C + \mu_{c-dwell}} \quad (\text{II.13})$$

II.8.5. Le modèle approximé de Zeng et al du trafic (sans dimension)

Le modèle de Zeng et al est basé sur le modèle de Xie et Kuek [16]. Quand la probabilité de blocage des appels originaux et la probabilité de terminaison forcé du transfert sont minimales, le nombre moyen de canaux occupés $E[C]$ est donné par

$$E[C] \approx \frac{\lambda_0 + \lambda_H}{\mu} \quad (\text{II.14})$$

Où $1/\mu$ est le temps moyen d'occupation du canal dans la cellule.

Par conséquent, le taux des arrivées des Handovers est :

$$\lambda_H \approx \frac{\mu_{c-dwell}}{\mu_C} \lambda_0 \quad (\text{II.15})$$

Chapitre III

Modélisation mathématique

Modélisation mathématique

III.1. Introduction

III.2. Stratégie de non priorité

III.3. Stratégies de priorité

III.3.1. La mise en queue des requêtes du Handover

III.3.2. La Réserve des canaux de garde RCS

III.3.3. La réserve des canaux de gardes avec la priorité du Handover

III.3.4. La mise en queue des nouveaux appels et du Handover et la réserve des canaux de gardes

III.1. Introduction

Dans le système mobile cellulaire, la terminaison forcée de l'appel est un évènement qui gêne les utilisateurs. Par conséquent, les concepteurs de système ont tendance à diminuer la probabilité d'avoir une terminaison forcée. Cette dernière est due à des erreurs de propagation et des échecs du Handover .

Comme la terminaison forcée de l'appel établi est beaucoup moins souhaitable que le rejet d'une requête de nouvelle connexion, le réseau mobile doit assigner aux requêtes Handover une priorité supérieure aux requêtes de nouvelles connexions. Dans ce but, plusieurs stratégies ont été élaborées.

III.2. Stratégie de non priorité « Non Prioritized Scheme NPS »

III.2.1. Mécanisme

Avec la stratégie de non priorité, les requêtes du Handovers sont traitées de la même manière que les appels originaux [19]. C'est pourquoi, la probabilité de blocage du Handover est égale à la probabilité de blocage de nouvel appel.

Le modèle de système est montré dans la figure III.1.

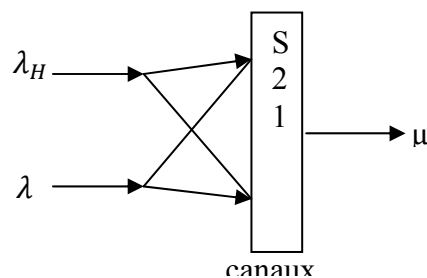


Figure III.1 : modèle de cellule

III.2.2. Calcul analytique

Dans tout ce qui suit, nous considérons que l'arrivée des nouveaux appels forme un processus de poisson avec une moyenne λ . L'intensité du processus de poisson des services est μ . L'arrivée des requêtes Handover forme un processus de poisson de moyenne λh . Si un mobile a un canal dans la cellule, le mobile reste dans la cellule pour un temps tm avant qu'il ne quitte la cellule. On suppose tm exponentiellement distribué de moyenne $1/\eta$. La durée de l'appel (de moyenne $1/\mu$) est égale au temps pendant lequel l'appel est en progression sans avoir subi une terminaison forcée à cause d'un échec du Handover. Si un canal a été alloué à un mobile, il sera libéré soit à la fin de l'appel soit à cause d'un Handover pour une cellule voisine. On considère que le temps de séjour dans la zone du Handover est négligeable, donc le temps d'occupation du canal est le minimum de la durée de l'appel. Nous désignons par:

- P_b : la probabilité qu'un nouvel utilisateur trouve tous les canaux occupés dans une cellule.
- P_h : la probabilité d'échec du Handover. C'est la probabilité qu'un appel Handover trouve tous les canaux occupés à son arrivée à la cellule voisine.
- P_f : la probabilité de terminaison forcée de l'appel. C'est la probabilité qu'un appel qui a été accepté par le système est interrompu à cause d'un échec du Handover.
- P_{nc} : la probabilité que l'appel soit incomplet. C'est la probabilité que l'appel soit bloqué (nouvel appel) ou qu'il y ait une terminaison forcée de l'appel.

Le NPS est modélisé par un processus de Markov avec $s+1$ états où s est le nombre de canaux présents dans la cellule.

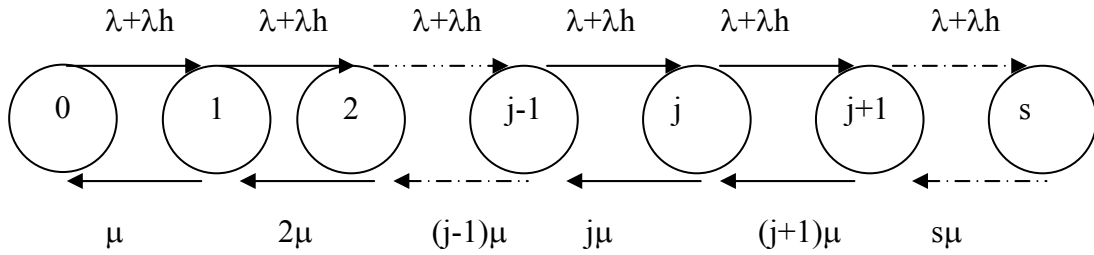


Figure III.2 : Diagramme d'état

Les nouveaux appels et les appels Handover utilisent les s canaux tant qu'ils sont libres.

Pour $0 \leq j \leq s$, le nouvel appel ou appel Handover utilise un canal. Si les s canaux sont occupés et si un appel vient, il sera alors bloqué.

Le NPS est modélisé par une file d'attente $M/M/s/s$ [30]. Soit P_j la probabilité de l'état j . On démontre que :

$$P_j = \frac{\left(\frac{\lambda+\lambda h}{\mu}\right)^j}{j!} \frac{1}{\sum_{k=1}^s \frac{\left(\frac{\lambda+\lambda h}{\mu}\right)^k}{k!}} \tag{III.1}$$

La probabilité de blocage du Handover est égale à celle des nouveaux appels. $P_b = P_j$ pour $j=s$. Nous aurons alors:

$$P_b = P_h = P_s = \frac{\frac{\left(\frac{\lambda+\lambda h}{\mu}\right)^s}{s!}}{\sum_{k=0}^s \frac{\left(\frac{\lambda+\lambda h}{\mu}\right)^k}{k!}} \tag{III.2}$$

L'équation (III.2) est connue comme formule d'Erlang-B [30].

III.3. Stratégies de priorité

La priorité du Handover sur les nouveaux appels fait décroître l'échec du Handover mais fait croître le blocage de nouvel appel ; ce qui réduit la capacité totale du système. Nous distinguons entre quatre stratégies de priorité :

III.3.1. La mise en queue des requêtes du Handover

III.3.1.1. Mécanisme

La technique de mise en queue est basée sur l'existence d'un intervalle de temps pendant lequel la MS traverse la région du Handover formée par l'entrelacement de deux régions de recouvrement [20], [14]. Dans cette région, un appel peut être traité par deux stations. Le temps mis par le mobile dans cette surface est appelé l'intervalle de dégradation.

Pendant cet intervalle de temps, le rapport de puissance reçue dans la cellule courante et dans la cellule de destination est entre deux seuils. Le seuil minimum correspond au point pour lequel la puissance reçue de la cellule courante est le minimum accepté. Le seuil maximum correspond au point où la puissance reçue de la cellule de destination commence à croître aux dépens de la cellule en cours.

L'extension de la région du Handover ou de « l'overlap area » permet de diminuer la probabilité d'échec du Handover. S'il n'y a pas de canaux libres dans la cellule voisine, la requête du Handover est insérée dans une file d'attente. Le mobile continue à utiliser le canal dans la cellule courante. Si un canal dans la cellule voisine devient disponible avant l'expiration de l'intervalle de dégradation, le Handover a lieu.

- Si le mobile traverse la surface du Handover et ne trouve pas de canal disponible, il y a terminaison forcée de l'appel et libération du canal.
- Si la queue est vide, le canal libéré est *idle*. Sinon, il est assigné à un appel Handover dans la queue (figure **III.3**). L'appel Handover suivant qui est servi est choisi selon la discipline de queue.

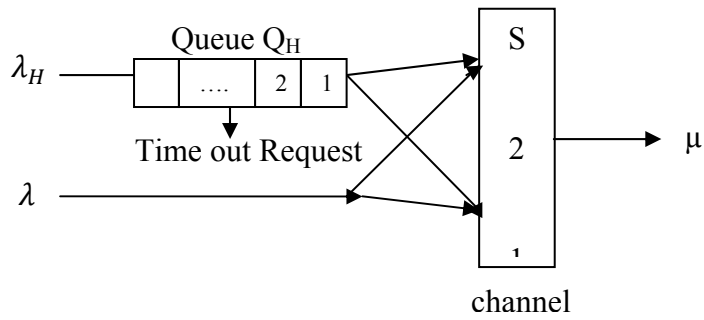


Figure III.3 : modèle de cellule

. Allocation de type FCA « l’allocation fixe des canaux »

Un nombre de canaux est assigné en permanence à chaque cellule. Le même ensemble de canaux est assigné à une autre cellule à une distance D . La technique FCA implique que chaque appel est servi par un canal disponible appartenant à l’ensemble des canaux assignés à la cellule. Si on n’a pas de canaux disponibles, l’appel est perdu. Le nombre de canaux assignés est $S = M / K$ où M est le nombre de ressources et K le motif de réutilisation [20].

.Disciplines de queue de type FIFO

Les requêtes du Handover sont mises en queue suivant leur ordre d’arrivée (First in first out).

III.3.1.2. Calcul analytique

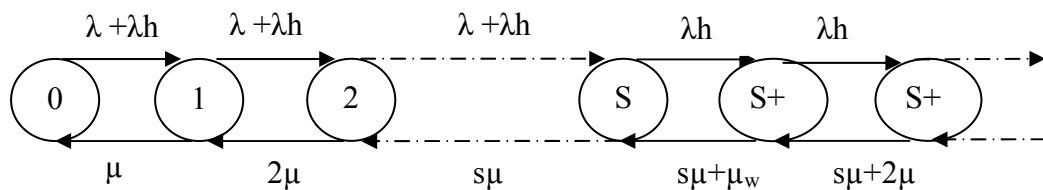


Figure III.4 : Diagramme d’état

Le temps d’attente maximal est approximé par une variable aléatoire sous forme exponentielle :

t_{wmax} : Le temps maximal de séjour dans la file d’attente.

Soit P_n la probabilité de l'état n . On démontre que :

$$P_n = \begin{cases} \frac{(\lambda+\lambda h)^n}{n! \mu^n} P_0 & 1 \leq n \leq s-1 \\ \frac{(\lambda+\lambda h)^s \lambda h^{n-s}}{s! \mu^s \prod_{j=1}^{n-s} (s\mu + j\mu_w)} P_0 & n \geq s \end{cases} \quad (\text{III.3})$$

Où $\mu_w = 1/t_{wmax}$ (III.4)

$$P_0 = \left\{ \sum_{n=0}^{s-1} \left[\frac{(\lambda+\lambda h)^n}{n! \mu^n} \right] + \sum_{n=s}^{\infty} \left[\frac{(\lambda+\lambda h)^s \lambda h^{n-s}}{s! \mu^s \prod_{j=1}^{n-s} (s\mu + j\mu_w)} \right] \right\}^{(-1)} \quad (\text{III.5})$$

Les nouveaux appels sont bloques si tous les canaux disponibles dans la cellule sont occupes.

Donc on obtient Pb :

$$Pb = \sum_{n=s}^{\infty} P_n \quad (\text{III.6})$$

On défini $P_{b2|n}$ la probabilité d'échec du Handover à l'état n [20].

$$P_{b2|n} = 1 - \prod_{j=0}^{n-s} \left[1 - \frac{\mu_w}{(s\mu + \mu_w)^{2j}} \right] \quad (\text{III.7})$$

Donc Ph est égale à :

$$Ph = \sum_{n=s}^{\infty} P_{b2|n} P_n \quad (\text{III.8})$$

III.3.2. La Réserve des canaux de garde RCS

III.3.2.1. Mécanisme

Les canaux de garde améliorent la probabilité de succès du Handover en réservant un nombre fixe de canaux de garde réservés exclusivement pour les Handovers. Les canaux restants sont utilisés pour les Handovers et les nouveaux appels [21].

L'attribution des canaux de garde fait diminuer le nombre de canaux assignés aux nouveaux appels. Donc la probabilité de blocage des nouveaux appels augmente. C'est pourquoi, il est nécessaire de bien choisir les canaux de garde. L'utilisation des canaux de

garde exige la détermination du nombre optimal de ces canaux, la connaissance du trafic et l'estimation du temps d'occupation de ces canaux.

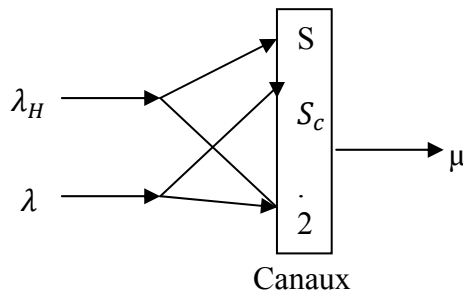


Figure III.5 : modèle de cellule

III.3.2.2. Calcul Analytique

Le diagramme d'état est décrit dans la figure ci-dessous [19]. Le RCS est modélisé par un processus de Markov avec $(s+1)$ états. Une différenciation doit être faite lorsque le nombre de canaux occupés est inférieur à n et lorsqu'il est compris entre s et n .

Soit P_j la probabilité d'état à l'état j (j serveurs occupés). Nous distinguons deux cas :

➤ $0 \leq j < n$:

Le taux de transition de P_j à P_{j+1} est donné par $\lambda + \lambda h$ et la transition de P_{j+1} à P_j est donnée par $(j+1)\mu$.

➤ $n \leq j < s$:

Le taux de transition de P_j à P_{j+1} est donné par λh et la transition de P_{j+1} à P_j est donnée par $(j+1)\mu$ car les nouveaux appels ne sont pas établis s'il y a plus que n canaux occupés dans la cellule.

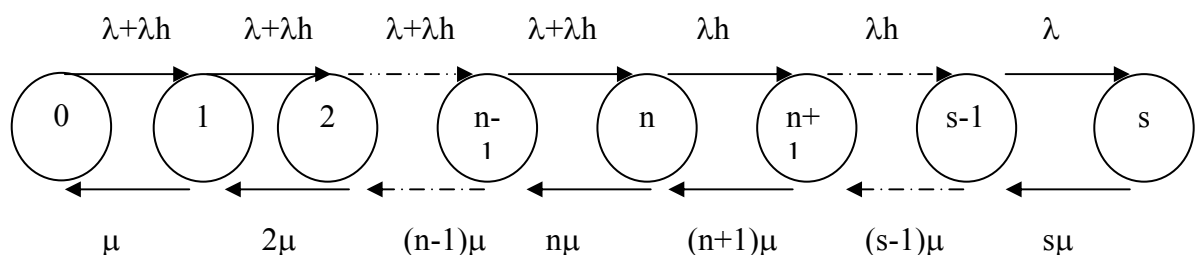


Figure III.6 : Diagramme d'état

$$\begin{cases} P_j = \frac{(\frac{\lambda+\lambda h}{\mu})^j}{j!} P_0 & 0 < j \leq n \\ P_j = \frac{1}{j!} \frac{(\lambda+\lambda h)^n \lambda h^{j-n}}{\mu^j} P_0 & n \leq j < S \end{cases} \quad (III.9)$$

Où $\sum_j P_j = 1$ (III.10)

D'où $P_0 = \left[\sum_{j=0}^n \frac{(\frac{\lambda+\lambda h}{\mu})^j}{j!} + \sum_{j=n+1}^S \frac{(\lambda h)^{j-n} (\lambda+\lambda h)^n}{j! \mu^j} \right]^{-1}$ (III.11)

soit $a = \frac{\lambda + \lambda h}{\mu}$, $r = \frac{\lambda}{a\mu}$

La probabilité de blocage des nouveaux appels est donnée par:

$$Pb = \sum_{j=n}^S P_j = 1 - \sum_{j=0}^{S-n-1} P_j = 1 - \sum_j \frac{(a)^j}{j!} P_0 \quad (III.12)$$

La probabilité de blocage du Handover est donnée par:

$$Ph = P_0 \frac{a^S}{S!} (1 - r)^n \quad (III.13)$$

III.3.3. La réservation des canaux de gardes avec la priorité du Handover

III.3.3.1. Mécanisme

C'est une combinaison entre les deux techniques précédentes la mise en queue des requêtes du Handovers et la réservation des canaux de gardes réservés exclusivement pour les Handovers [2].

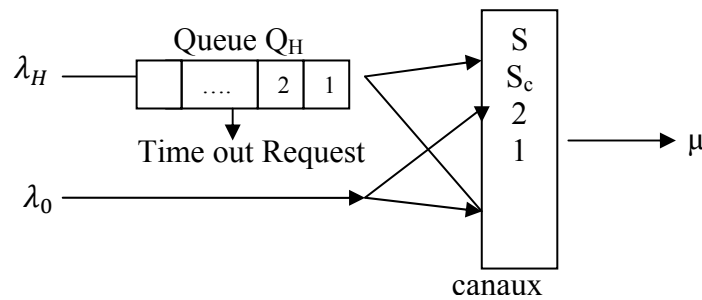


Figure III.7 : modèle de cellule

III.3.3.2. Calcul analytique :

Le diagramme de transition d'état est illustre par la figure suivante :

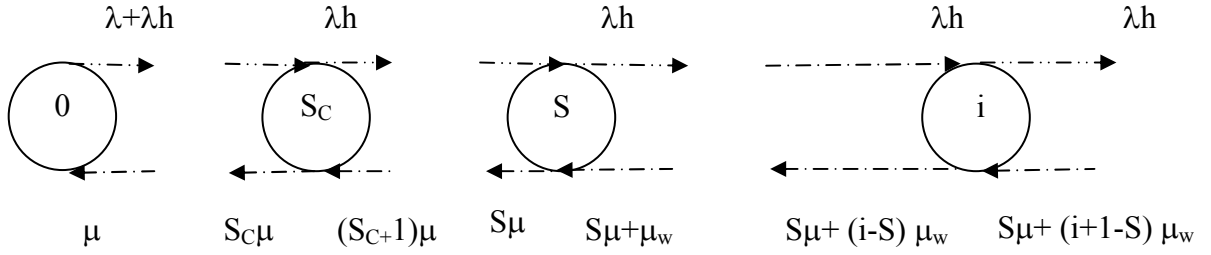


Figure III.8 : Diagramme d'état

Les probabilités d'équilibre $P(i)$ sont reliées entre eux par les équations suivantes :

$$\begin{cases} i\mu P(i) = (\lambda + \lambda h)P(i - 1) & 0 \leq i \leq S_c \\ i\mu P(i) = \lambda h P(i - 1) & S_c \leq i \leq S \\ [S\mu + (i - S)(\mu_w)]P(i) = \lambda h P(i - 1) & S < i \leq \infty \end{cases} \quad (III.14)$$

Donc on obtient $P(i)$:

$$P(i) = \begin{cases} \frac{(\lambda + \lambda h)^i}{i! \mu^i} P(0) & 0 \leq i \leq S_c \\ \frac{(\lambda + \lambda h)^{S_c} \lambda h^{i - S_c}}{i! \mu^i} P(0) & S_c < i \leq S \\ \frac{(\lambda + \lambda h)^{S_c}}{S! \mu^S} \frac{\lambda h^{i - S_c}}{\prod_{j=1}^{i - S} [S\mu + j(\mu_w)]} P(0) & S < i \leq \infty \end{cases} \quad (III.15)$$

Où

$$P(0) = \left\{ \sum_{i=0}^{S_c} \frac{(\lambda + \lambda h)^i}{i! \mu^i} + \sum_{i=S_c+1}^S \frac{(\lambda + \lambda h)^{S_c} \lambda h^{i - S_c}}{i! \mu^i} + \sum_{i=S+1}^{\infty} \frac{(\lambda + \lambda h)^{S_c}}{S! \mu^S} \frac{\lambda h^{i - S_c}}{\prod_{j=1}^{i - S} [S\mu + j(\mu_w)]} \right\}^{-1} \quad (III.16)$$

La probabilité de blocage des nouveaux appels est :

$$Pb = \sum_{i=S_c}^S P(i) \quad (III.17)$$

La probabilité d'échec du Handover est :

$$Ph = \sum_{k=0}^{\infty} P(S + k) P_{fh|k} \quad (III.18)$$

Là où $P_{fh|k}$ est une probabilité qu'une requête du Handover échouer après la rentrer dans la file d'attente en position $k + 1$ et elle est donné par :

$$P_{fh|k} = 1 - \left(\frac{\mu_w}{\mu_S + \mu_w}\right) \prod_{i=1}^k \left\{1 - \left(\frac{\mu_w}{\mu_S + \mu_w}\right) \left(\frac{1}{2}\right)^i\right\} \quad (III.19)$$

On peut dire que cet arrangement est équivalent au $S_c = S$.

III.3.4. La mise en queue des nouveaux appels et du Handover et la réservation des canaux de gardes

III.3.4.1. Mécanisme

Nous considérons un système avec beaucoup de cellules [11], chacun qui a des S canaux. Il y a deux files d'attente QH et QO pour les Handovers et les nouveaux appels, respectivement (la figure III.9). Les capacités de QH et de QO sont MH et MO , respectivement. Un appel du Handover est inséré dans QH s'il ne trouve aucun canal libre. D'autre part, un nouvel appel est inséré dans QO s'il trouve les canaux disponibles inférieur ou égal à $(S - S_c)$. Sinon l'appel est bloqué.

Un appel du Handover placé dans la file d'attente est bloqué quand il se déplace hors de la cellule avant d'obtenir un canal (terminaison forcée).

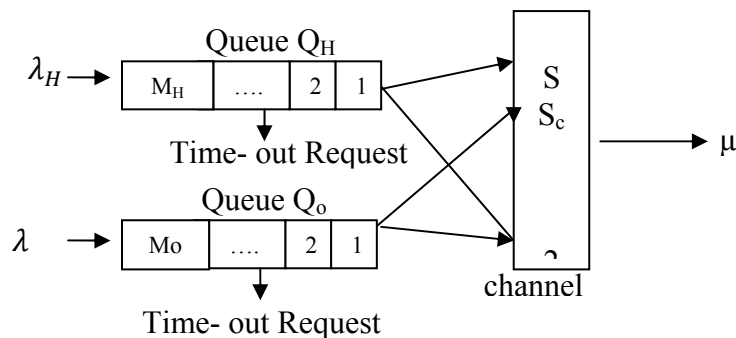


Figure III.9 : Modèle de cellule

La capacité de MH de la file d'attente QH est habituellement assez grande de sorte que la probabilité de blocage du Handover peut être négligée.

III.3.4.2. Calcul analytique

Depuis la somme de toutes les probabilités P d'état (i,j) est égal à 1, nous aurons :

$$\sum_{i=0}^{S_C-1} P(i, 0) + \sum_{i=S_C}^{S+MH} \sum_{j=0}^{M_O} P(i, j) = 1 \tag{III.20}$$

Ou i est la somme des S_b des canaux occupés et j est le nombre des appels originants dans QO . Notons que :

Si $S_b < S$ donc $i = S_b$ et $j = qh + S$ quand $S_b = S$. Ou qh est le nombre des requêtes du Handover dans QH . Donc on obtient une chaine de Markov bidimensionnelle, le diagramme de transition d'état est donne par la figure (III.10).

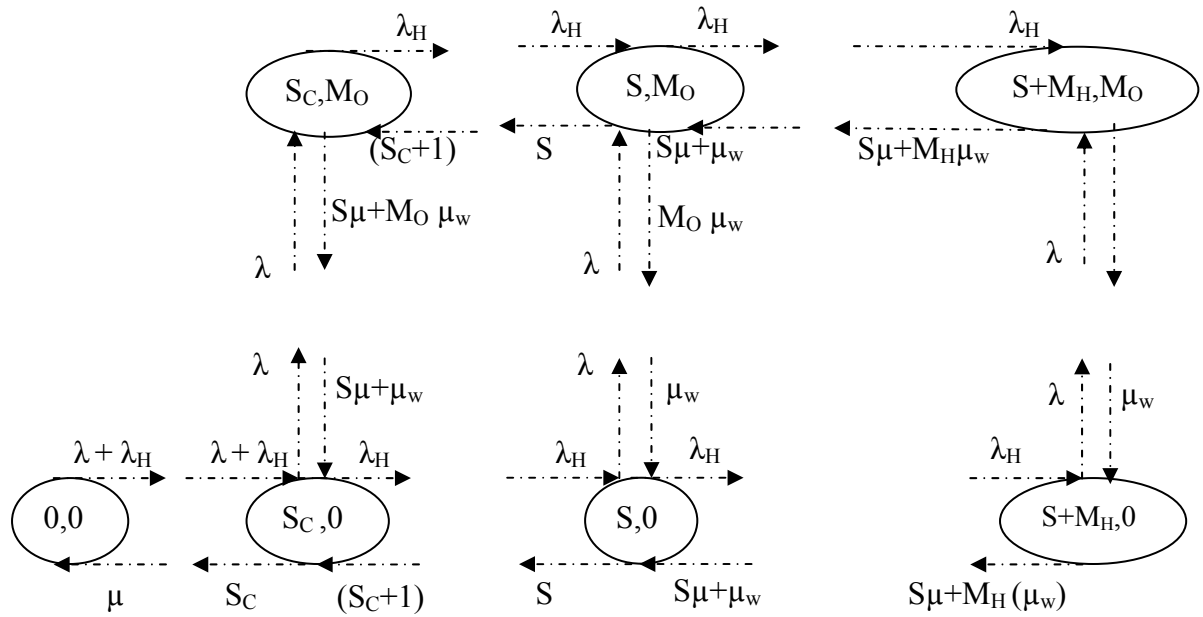


Figure III.10 : le diagramme de transition d'état

Dans le diagramme d'état il y a $N_t = (S+MH+1)(M_O+1) - S_C M_O$ états, par conséquent il y a N_t équations d'équilibres.

On peut obtenir tous les probabilités d'états $P(i, j)$ en utilisant la méthode d'itérative suivante :

- on choisi la valeur initial (positive) de λh .
- Calculer toutes les probabilités $P(i, j)$ (pour $i = 0, 1, 2, S + MH$ et $j = 0, 1, 2, \dots, M_O$)

on utilisant la méthode de SOR.

- Calcule le nombre moyen des canaux occupés en utilisant la formule suivante:

$$E[C] = \sum_{i=1}^{S_C-1} iP(i, 0) + \sum_{i=S_C}^S i \sum_{j=0}^{M_O} P(i, j) \tag{III.21}$$

➤ Calculer un nouveau λ_H en substituant (III.21) dans (II.12).

Si $|\text{nouveau } \lambda_H - \text{ancien } \lambda_H| \leq \varepsilon$, arrêter l'exécution. Autrement, passer à l'étape 2. Ici ε est un petit nombre positif pour vérifier la convergence.

En basant sur les $P(i, j)$ ci-dessus, nous pouvons obtenir les mesures d'exécution du système.

La probabilité de blocage Pb des nouveaux appels est :

$$Pb = \sum_{i=S_C}^{S+MH} P(i, M_0) \quad (III.22)$$

La probabilité de blocage Ph du Handover est égale à la probabilité que sa file d'attente est remplie. Ainsi,

$$Ph = \sum_{j=0}^{M_0} P(S + MH, j) \quad (III.23)$$

La longueur moyenne L_O de la file d'attente QO est:

$$L_O = \sum_{j=1}^{M_0} j \sum_{i=S_C}^{S+MH} P(i, j) \quad (III.24)$$

Et la longueur moyenne L_H de la file d'attente QH est:

$$L_H = \sum_{i=S+1}^{S+MH} (i - S) \sum_{j=0}^{M_0} P(i, j) \quad (III.25)$$

Puisque le nombre moyen des nouveaux appels arrivé et supprimé de la file d'attente en unité de temps sont $(1 - Pb)\lambda$ et $\mu_{c-dwell}L_O$, respectivement, la probabilité d'arrêt des appels originants est donné par :

$$P_{0-out} = \frac{\mu_{c-dwell}L_O}{(1-Pb)\lambda} \quad (III.26)$$

De même, la probabilité d'arrêt des requêtes du Handover dans la file d'attente Q_H est donnée par :

$$P_{H-out} = \frac{\mu_{h-dwell}L_H}{(1-Ph)\lambda_H} \quad (III.27)$$

Par conséquent, la probabilité d'un nouvel appel n'étant pas assigné un canal et la probabilité de la terminaison forcé d'une requête du Handover sont données par :

$$P_0 = Pb + (1 - Pb)P_{0-out} \quad (III.28)$$

Et

$$P'_f = Ph + (1 - Ph)P_{H-out} \quad (III.29)$$

La probabilité du Handover P_h d'un appel est la probabilité que la durée d'appel T_C (variable aléatoire) excède le temps de séjour $T_{c-dwell}$ (variable aléatoire) de l'utilisateur dans une cellule, c.-à-d :

$$P_h = \Pr\{T_C > T_{c-dwell}\} \quad (III.30)$$

Supposant que T_C et $T_{c-dwell}$ sont indépendants, nous pouvons facilement obtenir :

$$P_h = \frac{\mu_{c-dwell}}{\mu_C + \mu_{c-dwell}} \quad (III.31)$$

La probabilité de la terminaison forcée P_f à laquelle un appel accepté par le système est forcé d'être terminer pendant sa durée d'appel est une mesure vraie de l'exécution de système. Il est important de distinguer cette probabilité et la probabilité d'échec P'_f d'une tentative simple du Handover. La probabilité de la terminaison forcée P_f des appels du Handover peut être exprimée comme suite:

$$P_f = \sum_{i=1}^{\infty} P_h P'_f [(1 - P'_f)P_h]^{i-1} = \frac{P_h P'_f}{1 - P_h(1 - P'_f)} \quad (III.32)$$

Pour des situations spéciales, des solutions sont déjà connues pour le cas de $MH = \infty$ et $MH = 0$ quand $MO = 0$. Dans le système avec MH est fini, un nouvel appel est bloqué si le nombre des canaux disponibles dans la cellule est inférieur ou égal à $S - S_C$. Une requête du Handover est bloquée si sur l'arrivée elle constate que QH est rempli.

Dans ce cas-ci, nous considérons le cas pour $MO = 0$. Le diagramme bidimensionnel d'état de transition devient unidimensionnel ($j = 0$). Par conséquent, les probabilités d'état peuvent facilement être obtenues comme suit:

$$P(i, 0) = \begin{cases} \frac{a^i}{i!} P(0,0) & 0 \leq i \leq S_c \\ \left(\frac{a}{b}\right)^{S_c} \frac{b^i}{i!} P(0,0) & S_c \leq i \leq S \\ \frac{\left(\frac{a}{b}\right)^{S_c}}{S!} \frac{b^i P(0,0)}{\prod_{j=1}^{i-S} (S+jh)} & S+1 \leq i \leq S+MH \end{cases} \quad (\text{III.33})$$

Où

$$a = \frac{\lambda + \lambda_H}{\mu}, b = \frac{\lambda_H}{\mu} \text{ et } h = \frac{\mu_C + \mu_{h\text{-dwell}}}{\mu}$$

$$P(0,0) = \left\{ \sum_{i=0}^{S_c} \frac{a^i}{i!} + \left(\frac{a}{b}\right)^{S_c} \sum_{i=S_c+1}^S \frac{b^i}{i!} + \frac{\left(\frac{a}{b}\right)^{S_c}}{S!} \sum_{i=S+1}^{S+MH} \frac{b^i}{\prod_{j=1}^{i-S} (S+jh)} \right\}^{-1} \quad (\text{III.34})$$

Et

$$\lambda_H = E[C] \mu_{c\text{-dwell}} = \mu_{c\text{-dwell}} \sum_{i=1}^S i P(i, 0) \quad (\text{III.35})$$

Par conséquent, la probabilité de blocage Pb des nouveaux appels est :

$$Pb = \sum_{i=S_c}^{S+MH} P(i, 0) = \left[\frac{a^{S_c}}{S_c!} + \left(\frac{a}{b}\right)^{S_c} \sum_{i=S_c+1}^S \frac{b^i}{i!} + \frac{\left(\frac{a}{b}\right)^{S_c}}{S!} \sum_{i=S+1}^{S+MH} \frac{b^i}{\prod_{j=1}^{i-S} (S+jh)} \right] P(0,0) \quad (\text{III.36})$$

La longueur moyenne L_H de la file d'attente QH est :

$$L_H = \sum_{i=S+1}^{S+MH} (i - S) P(i, 0) \quad (\text{III.37})$$

Chapitre IV

Résultats de la simulation

Résultats de la simulation

IV.1. Introduction

IV.2. Modèle de cellule

IV.3. Modèle de mobilité

VI.4. Les paramètres de la simulation

VI.5. Stratégie de non priorité

VI.6. Stratégies de priorités

VI.7. Comparaison entre les différentes techniques

VI.7.1. Discussion

IV.8. Conclusion

IV.1. Introduction

Les systèmes de satellites à basses orbites (LEO) sont destinés à jouer un rôle très important dans la future génération des systèmes de télécommunications mobiles. Leur but est de fournir une variété de services à différentes catégories d'utilisateurs. Chaque classe d'utilisateurs demande une certaine qualité de service qui peut se traduire en termes de ressources canaux à partager. Dans ce travail, on porte sur les systèmes de satellites LEO utilisant le concept d'empreintes fixes. Le but est d'étudier l'impact de la mise en attente des appels du Handover et les canaux de gardes sur leur probabilité d'échec.

IV.2. Modèle de cellule

La « street of coverage » est un ensemble de cellules contiguës. Chaque cellule est modélisée par un hexagonale. Le temps de traversée d'une cellule i est $T_c(i)$ tels que :

$$T_c = T_{orb} \frac{L(i)}{2\pi R_e} \quad (IV.1)$$

Avec

$L(i)$: la longueur autour du track de satellite.

T_{orb} : la période d'orbite.

R_e : le rayon de la terre.

IV.3. Modèle de mobilité

Ce modèle est valable avec les propositions suivantes :

- lorsqu'un Handover a lieu, la cellule de destination est la cellule adjacente dans la direction du mouvement du satellite. L'utilisateur traverse les cellules avec la vitesse $-V_{trk}$ où V_{trk} est la vitesse du satellite. Notons bien que la vitesse de l'utilisateur est négligeable par rapport à la vitesse du satellite.

- à partir de l'établissement de l'appel, un utilisateur actif traverse une distance :
 - uniformément distribuée entre 0 et $2R$ pour la cellule source (où l'appel est originant)
 - $2R$ pour une cellule de transit successive à la cellule source. Ou R est le diamètre de cellule.
- la procédure du Handover est initiée lorsqu'un utilisateur avec un appel actif arrive à la limite d'une cellule adjacente.

La vitesse du mobile n'est pas variable. Elle est constante et est égale à V_{trk} (vitesse du satellite).

IV.4. Les paramètres de la simulation

Plusieurs simulations ont été faites pour évaluer la performance des différentes techniques du Handover. On suppose que les arrivées des mobiles dans une cellule forment un processus de Poisson avec une moyenne λ . L'arrivée des requêtes Handover forme un processus de poisson de moyenne λ_h . λ et λ_h sont reliés entre eux par la relation suivante :

$$\lambda_h \approx \frac{\mu_{c-dwell}}{\mu_c} \lambda \quad (IV. 2)$$

Ou $\mu_{c-dwell} = \mu_w = 1/t_{wmax}$ est le temps de séjour dans la file d'attente.

Dans notre étude on considère que la durée moyenne d'appel $T_m = 3mn$ et le nombre des canaux $S=10$ et la longueur de la file d'attente égale à ∞ , $t_{wmax} = 0.096mn$.

Les paramètres mesurés considérées sont:

- P_b la probabilité de blocage des nouveaux appels.
- P_h la probabilité d'échec du Handover.
- P_{nc} la probabilité d'un appel incomplet.

IV.5. Stratégie de non priorité

IV.5.1. Organigramme

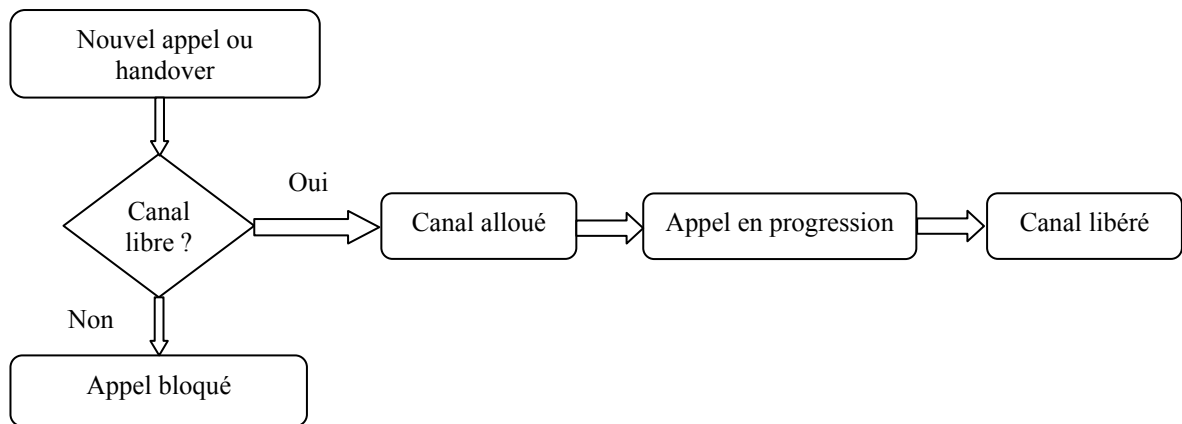


Figure IV.1: L'organigramme de la stratégie de non priorité

IV.5.2. Résultat de simulation

Les courbes obtenues montrent que la probabilité de blocage des nouveaux appels est égale à la probabilité de blocage du Handover parce que les nouveaux appels sont traités de la même manière que les appels des Handovers.

La figure IV.2 présente la probabilité de blocage des nouveaux appels et du Handover en fonction du trafic (Erlang).

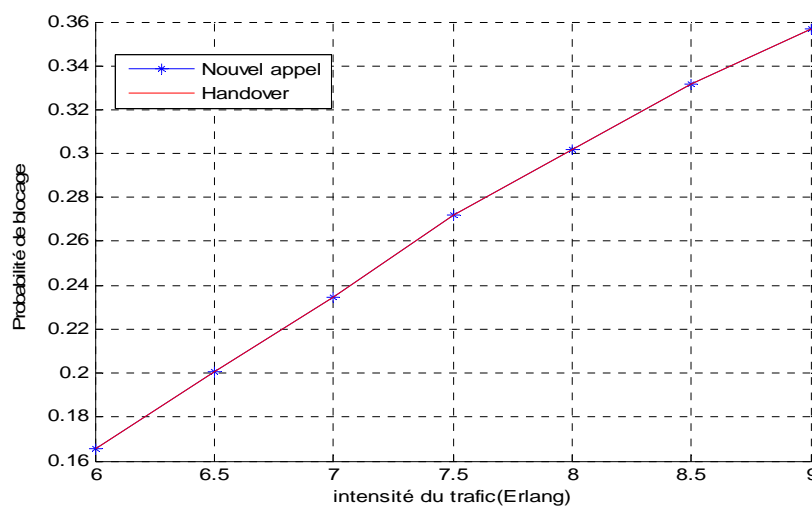


Figure IV.2 : la probabilité de blocage des nouveaux appels et du Handover en fonction de trafic

IV.6. Stratégies de priorités

IV.6.1. La mise en queue des requêtes du Handover

IV.6.1.1. Organigramme

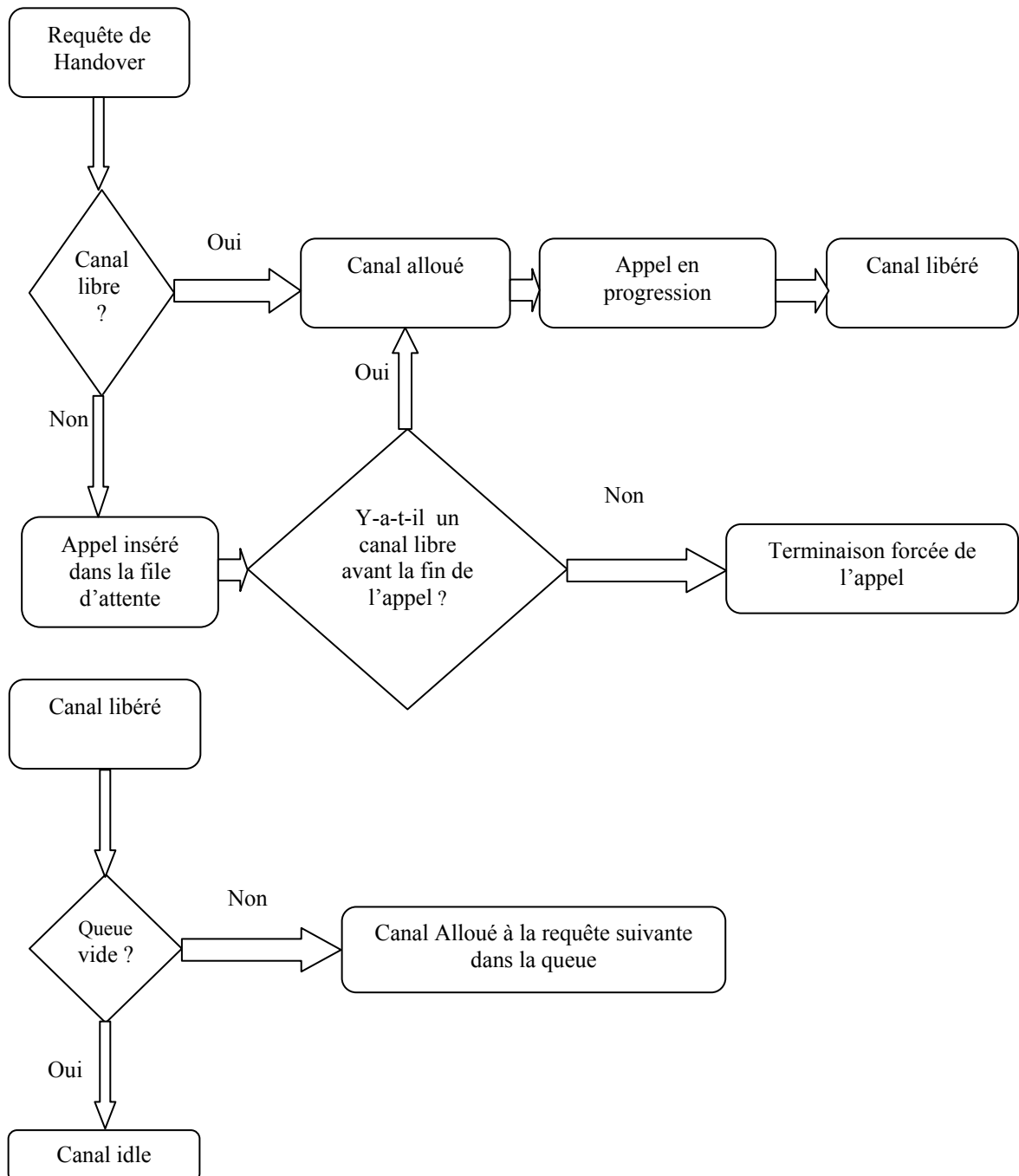


Figure IV.3: L'organigramme de la stratégie de priorité « Technique de mise en queue les appels du Handover »

IV.6.1.2. Résultat de simulation

La file d'attente décroît la probabilité de blocage du Handover et augmente la probabilité de blocage des nouveaux appels grâce à sa grande capacité.

La figure IV.4 présente la probabilité de blocage du Handover et des nouveaux appels en fonction du trafic (Erlang).

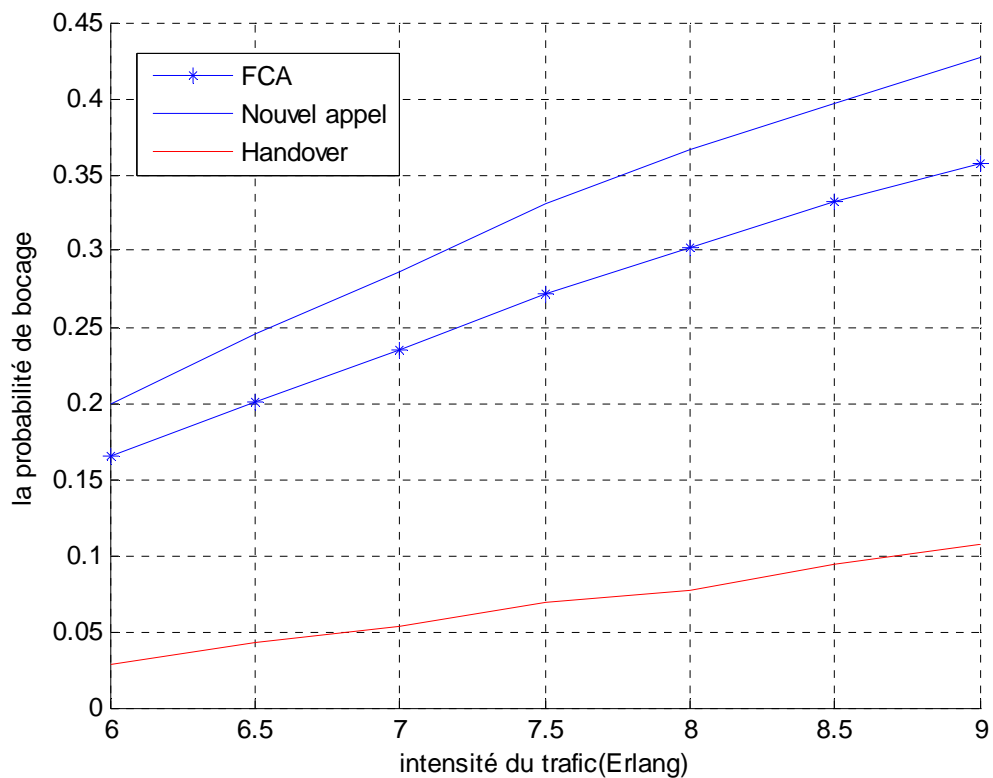


Figure IV.4 : la probabilité de blocage des nouveaux appels et du Handover en fonction de trafic (Erlang)

IV.6.2. La Réserve des canaux de garde RCS

IV.6.2.1. Organigramme

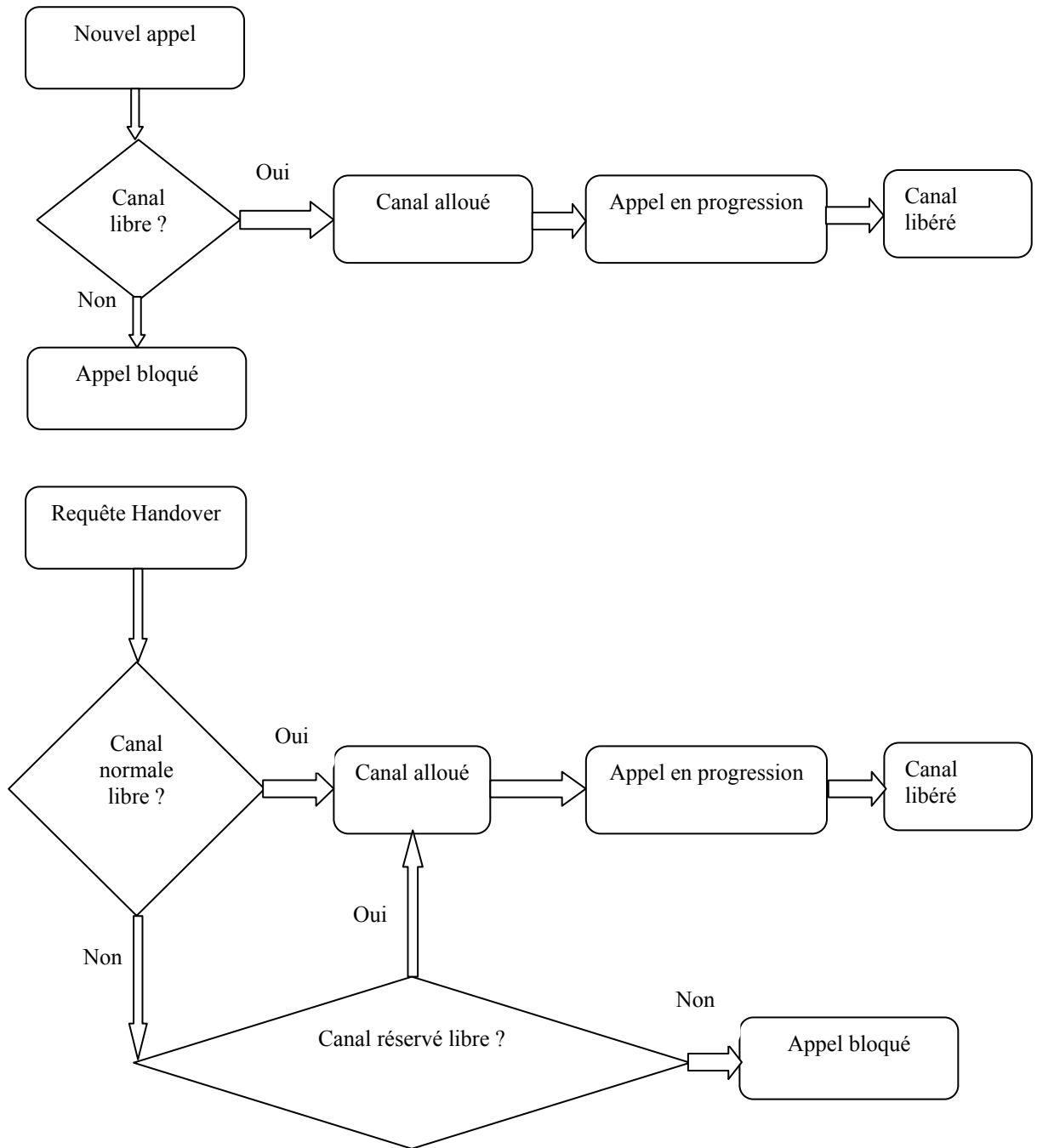


Figure IV.5: L'organigramme de la stratégie de priorité « La réserve des canaux de gardes RCS »

IV.6.2.2. Résultat de simulation

Soit Cr le rapport de canaux réservés sur le nombre total des canaux présente dans la cellule.

Les figures IV.6 et IV.7 présentent la variation de la probabilité de blocage du Handover et la probabilité de blocage des nouveaux appels respectivement en fonction de trafic (Erlang).

- Pour Cr est égal à 10%.
- Pour Cr est égal à 20%.
- Pour Cr est égal à 30%.

Lorsque Cr augmente, la probabilité de terminaison forcée de l'appel diminue. Puisque le nombre de canaux réservés ne peut être assigné aux nouveaux appels, l'augmentation de Cr augmente la probabilité de blocage des nouveaux appels.

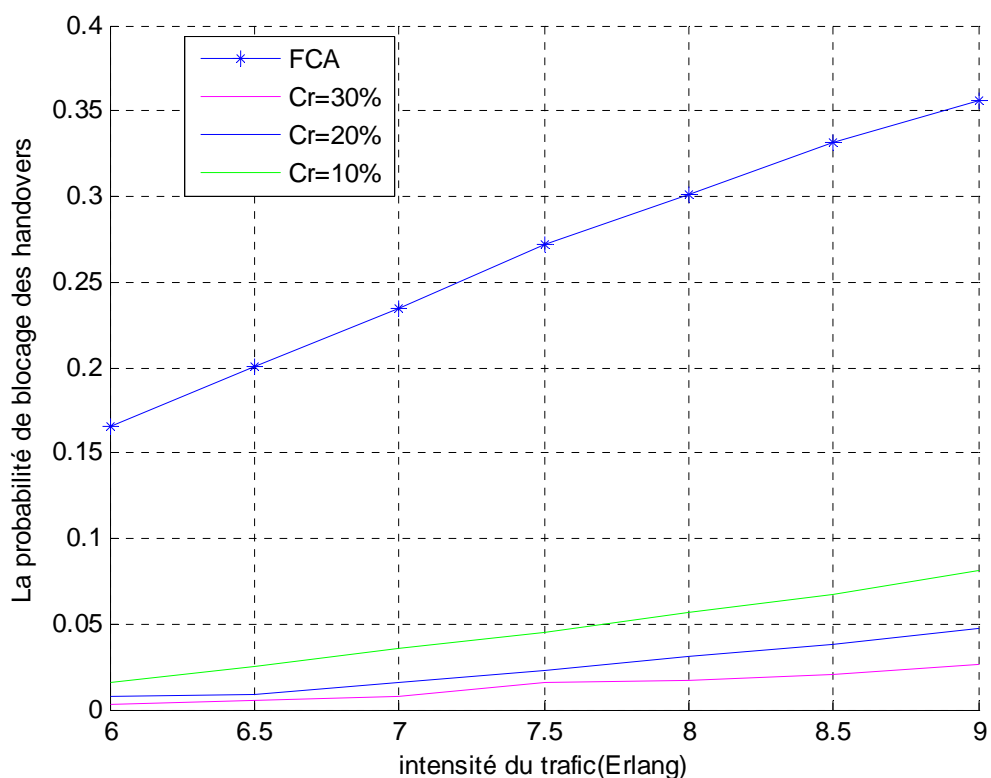


Figure IV.6 : La probabilité de blocage du Handover en fonction de trafic (Erlang)

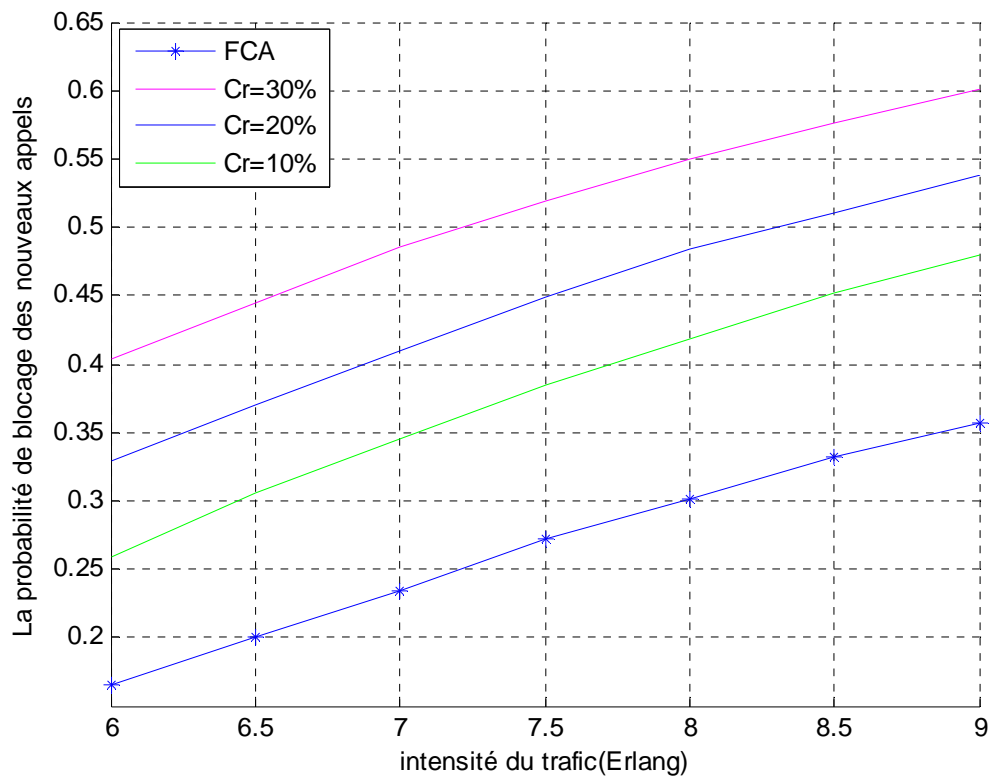


Figure IV.7 : La probabilité de blocage des nouveaux appels en fonction de trafic (Erlang)

IV.6.3. La réservation des canaux de gardes avec la priorité du Handover

IV.6.3.1. Organigramme

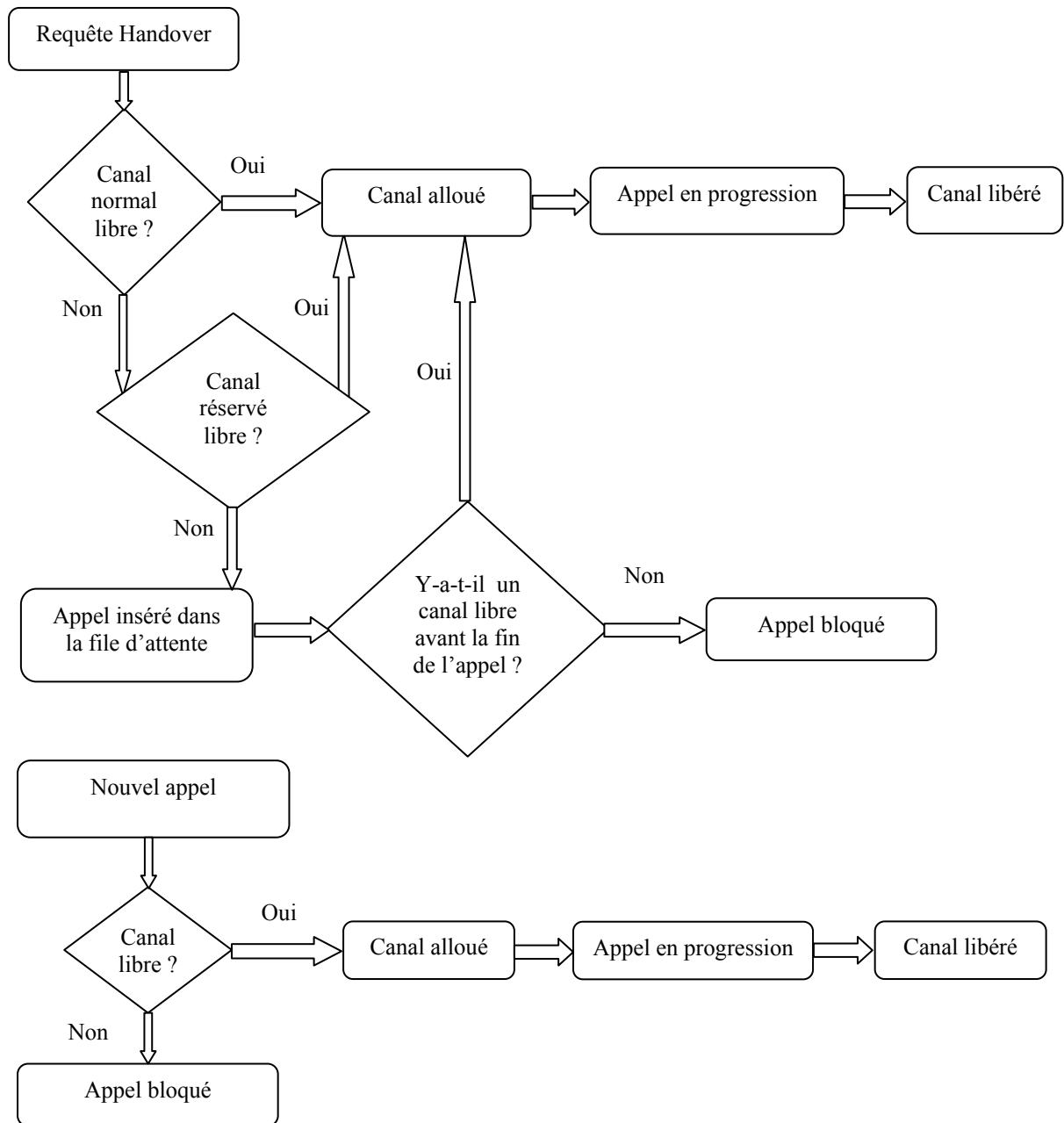


Figure IV.8: L'organigramme de la stratégie de priorité« la réservation des canaux de gardes avec la priorité du Handover »

IV.6.3.2. Résultat de simulation

Dans ce cas la file d'attente et les canaux de gardes ont une influence très importante sur la probabilité d'échec du Handover et la probabilité du blocage des nouveaux appels parce qu'ils sont réservés uniquement aux appels du Handover.

Lorsqu'on augmente le nombre des canaux de gardes la probabilité de blocage du Handover diminue et la probabilité de blocage des nouveaux appels augmente.

La figure IV.9 présente la variation de la probabilité d'échec du Handover suivant la variation du nombre des canaux de gardes.

La figure IV.10 présente la variation de la probabilité de blocage des nouveaux appels suivant la variation du nombre des canaux de gardes.

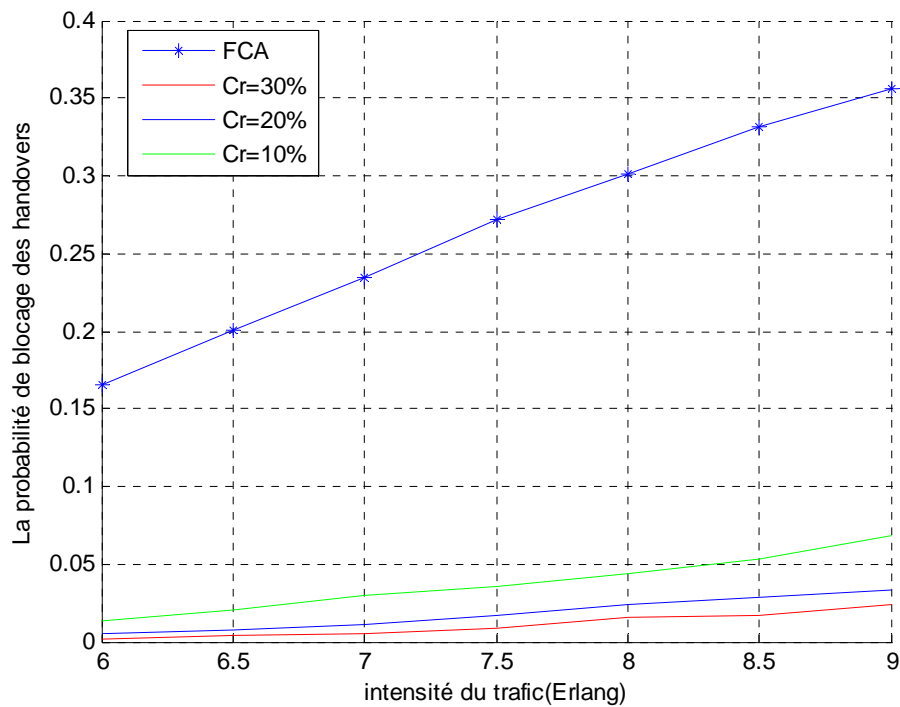


Figure VI.9 : La probabilité de blocage du Handover en fonction de trafic (Erlang)

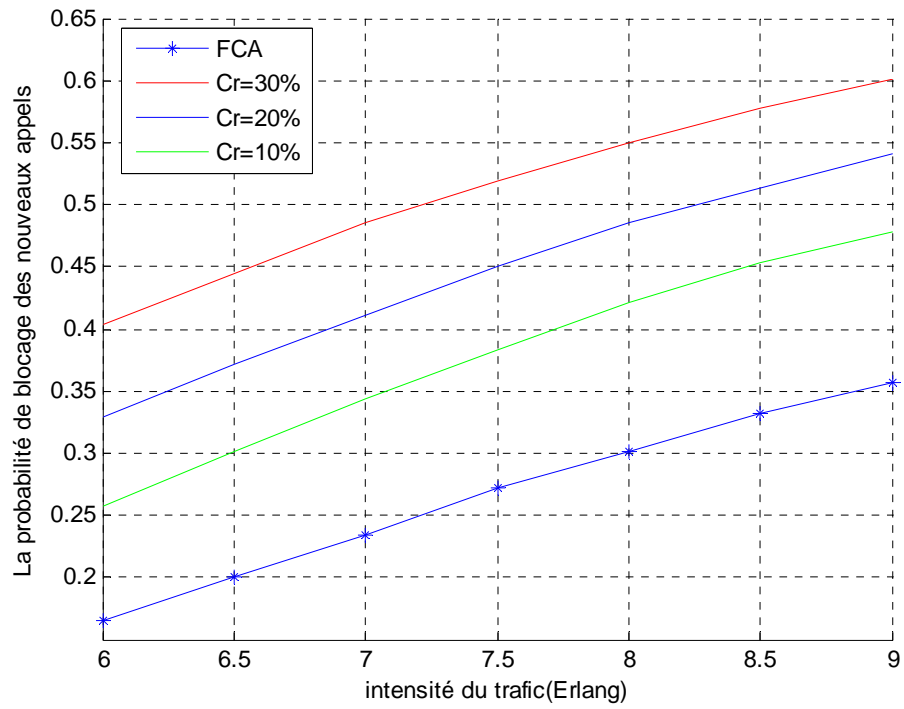


Figure IV.10 : la probabilité de blocage des nouveaux appels en fonction de trafic (Erlang)

IV.6.4. La mise en queue des nouveaux appels et du Handover et la réservation des canaux de gardes

IV.6.4.1. Organigramme

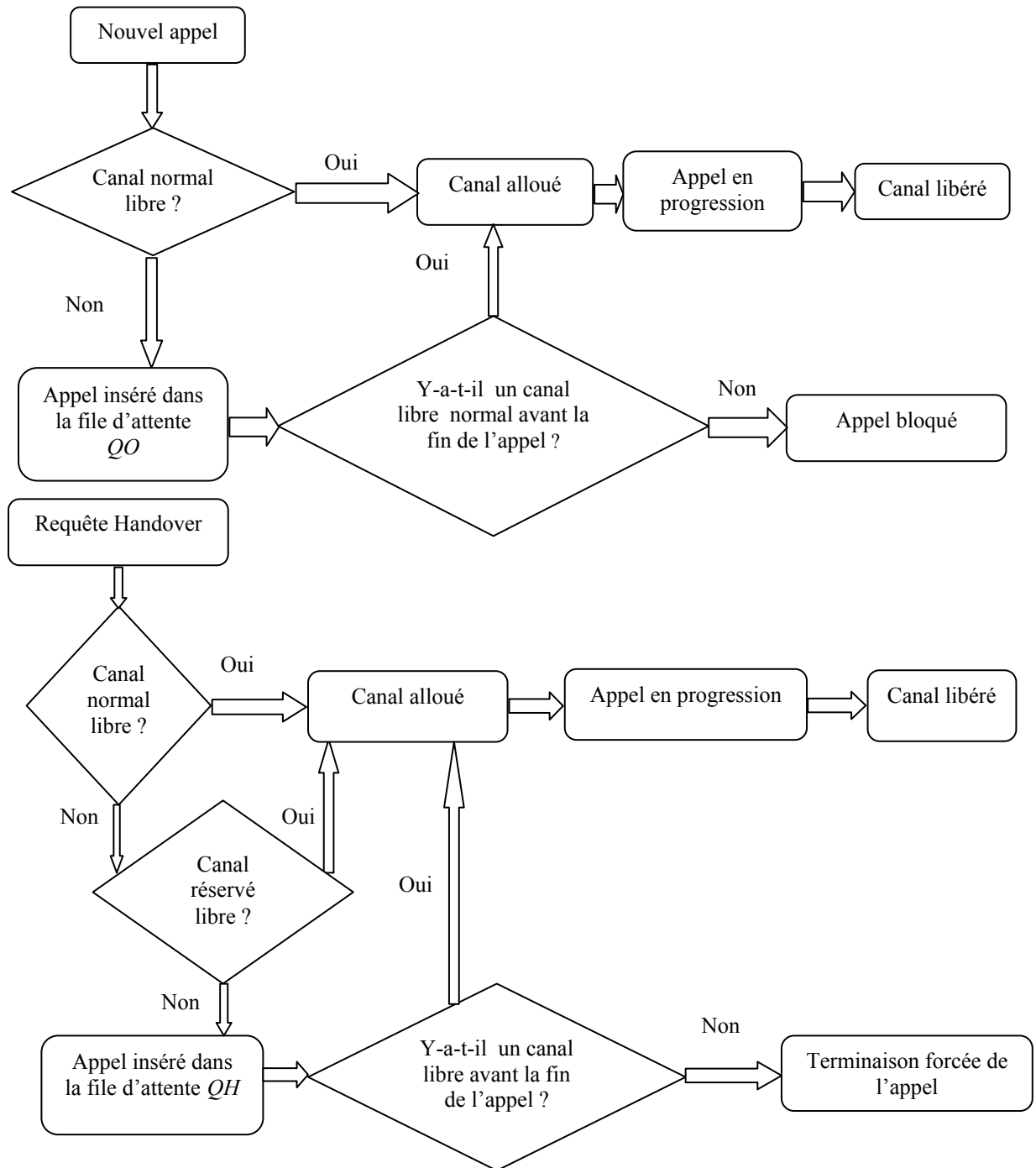


Figure IV.11: L'organigramme de la stratégie de priorité « La mise en queue des nouveaux appels et du Handover et la réservation des canaux de gardes »

IV.6.4.2. Résultat de simulation

La simulation de cette technique montre que la mise en attente les nouveaux appels diminue sa probabilité de blocage si on la compare avec la technique précédente « La réservation des canaux de gardes avec la priorité du Handover »

Les figures IV.12 et IV.13 montrent que lorsque le nombre des canaux de gardes réservés aux appels du Handover croit la probabilité de blocage du Handover diminue et la probabilité de blocage des nouveaux appels augmente.

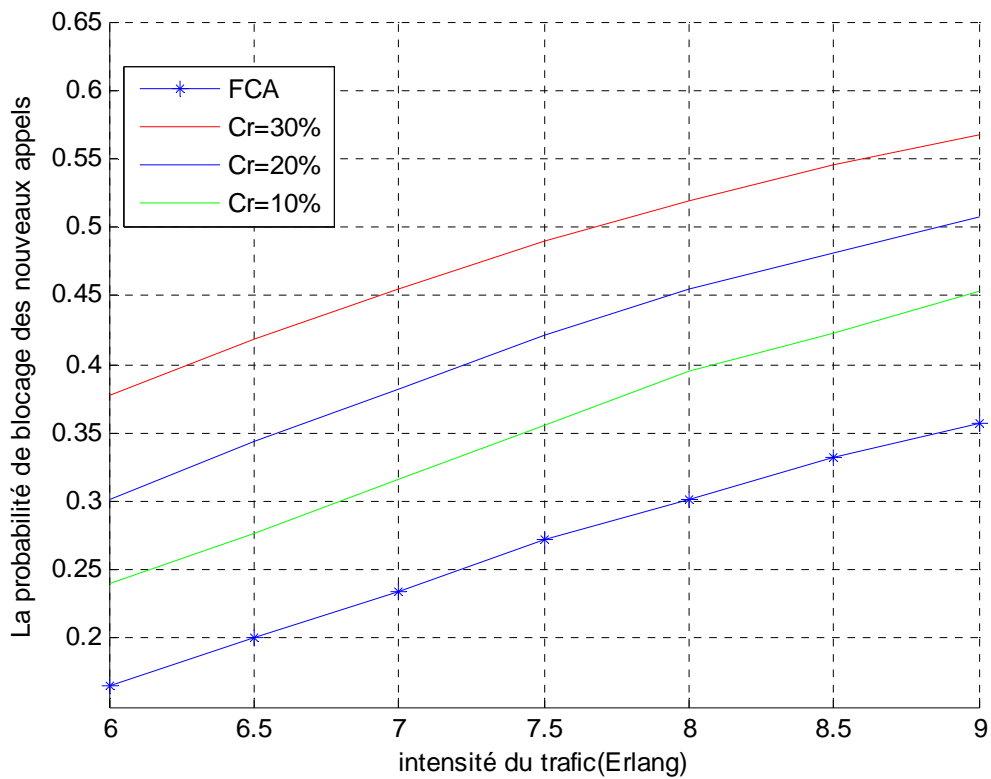


Figure IV.12 : La probabilité de blocage des nouveaux appels en fonction de trafic «Pour Cr=30%, Cr=20%, Cr=10% »

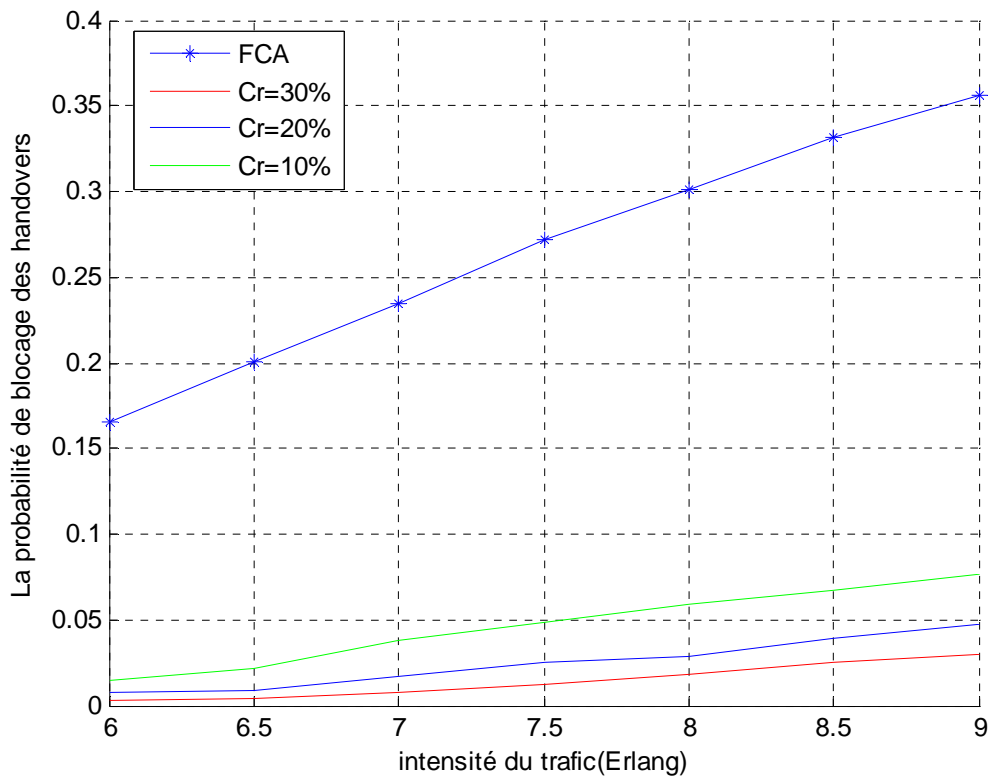


Figure IV.13: La probabilité de blocage du Handover en fonction de trafic

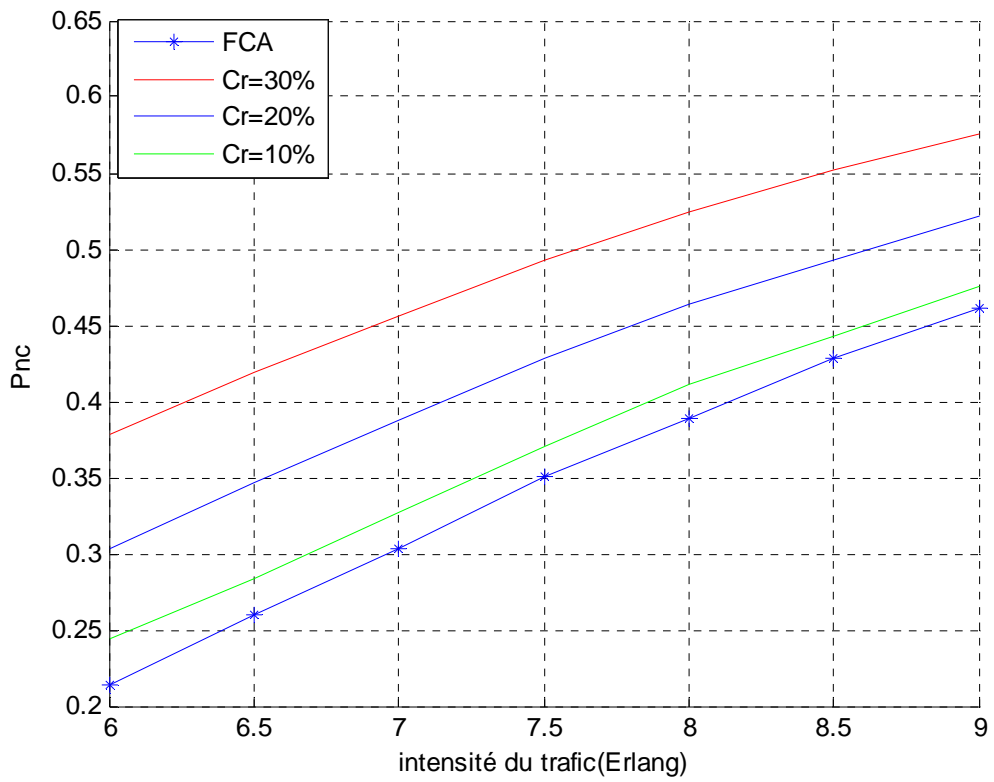


Figure IV.14 : la Pnc en fonction de trafic (Erlang)

IV.7. Comparaison entre les différentes techniques

IV.7.1. Discussion

D'après les résultats obtenus, la figure *IV.15* et la figure *IV.16* présentent la probabilité de blocage des nouveaux appels et la probabilité de blocage du Handover en fonction de trafic pour les quatre techniques de stratégie de priorité du Handover et pour la stratégie de non priorité.

On remarque que les probabilités de blocages des nouveaux appels pour la technique de la réservation des canaux de gardes et pour la technique de la réservation des canaux de gardes avec la priorité du Handover sont identiques. On considère que ces deux derniers techniques donnent la mauvaise performance pour les nouveaux appels.

La figure *IV.17* montre que la technique de mise en queue des requêtes du Handover et la réservation des canaux de gardes donne la meilleure performance pour la probabilité de blocage des Handovers.

La figure *IV.18* présente la probabilité d'un appel incomplet P_{nc} en fonction de trafic pour les différentes techniques. On remarque que les P_{nc} pour la technique de mise en queue des requêtes du Handover et la réservation des canaux de gardes et pour la technique de la réservation des canaux de gardes sont identiques.

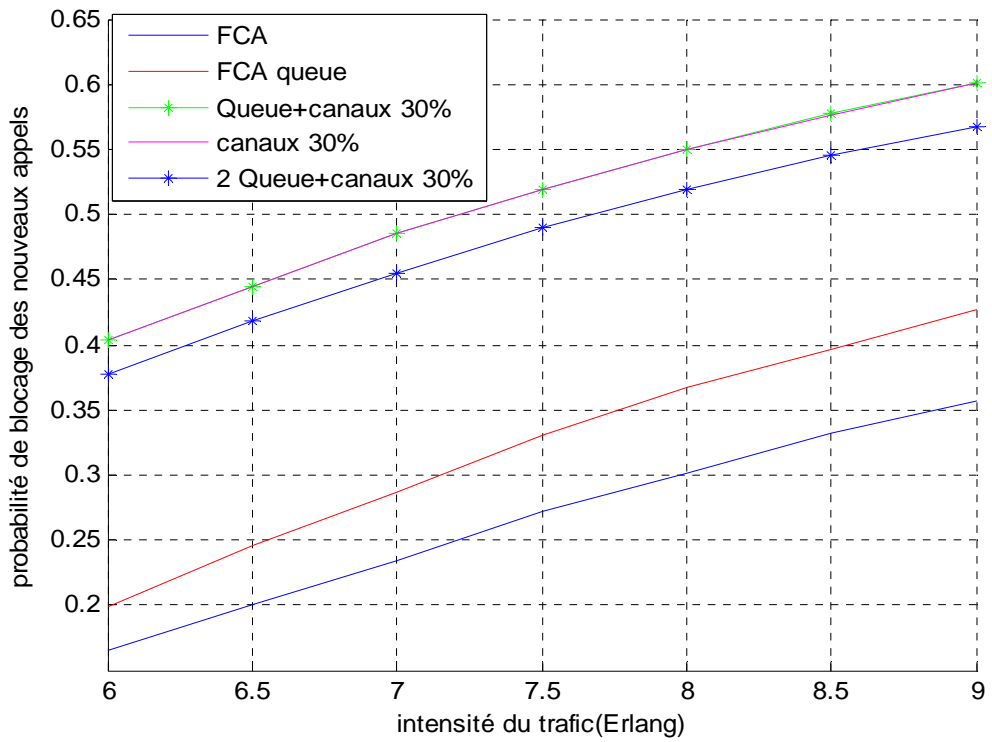


Figure IV.15 : la probabilité de blocage des nouveaux appels en fonction de trafic (Erlang)

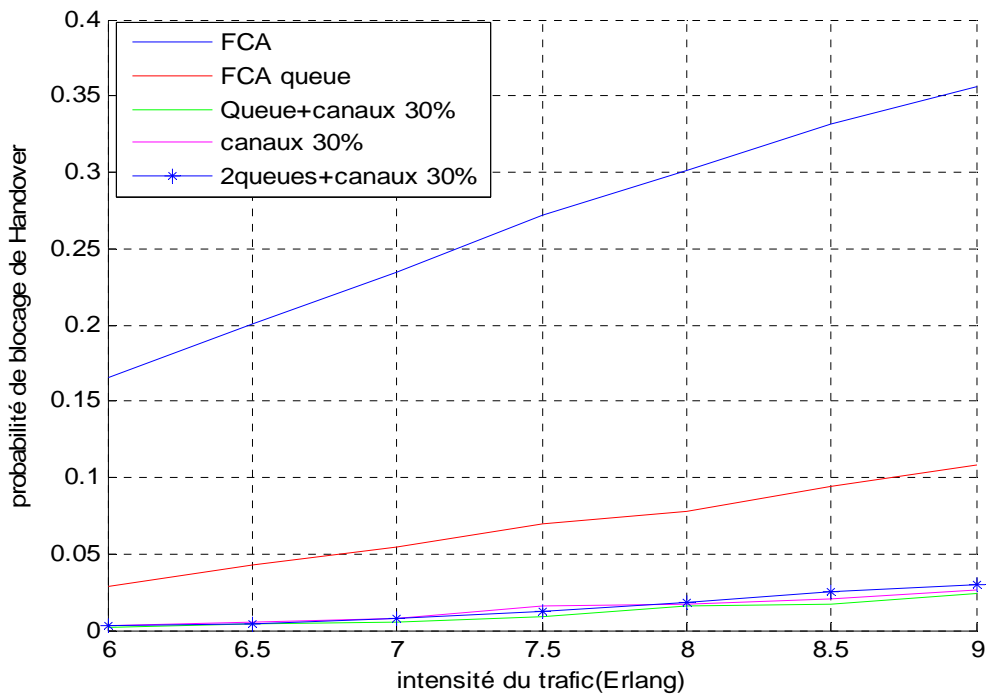


Figure IV.16 : la probabilité de blocage du Handover en fonction de trafic (Erlang)

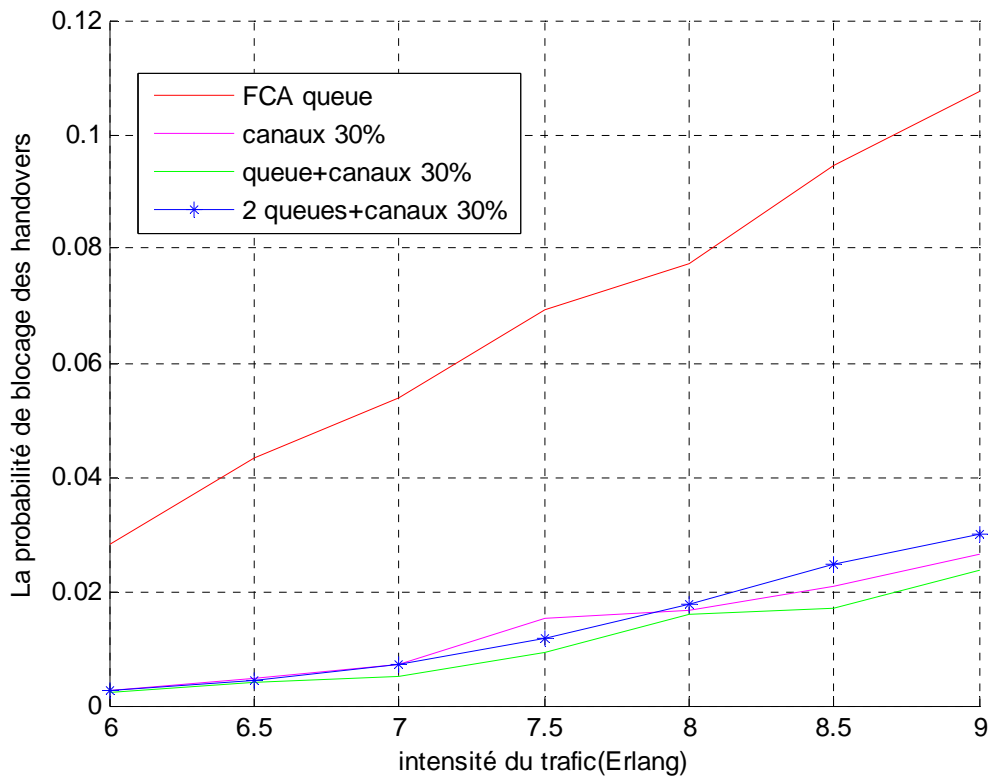


Figure IV.17 : la probabilité de blocage du Handover en fonction de trafic (Erlang)

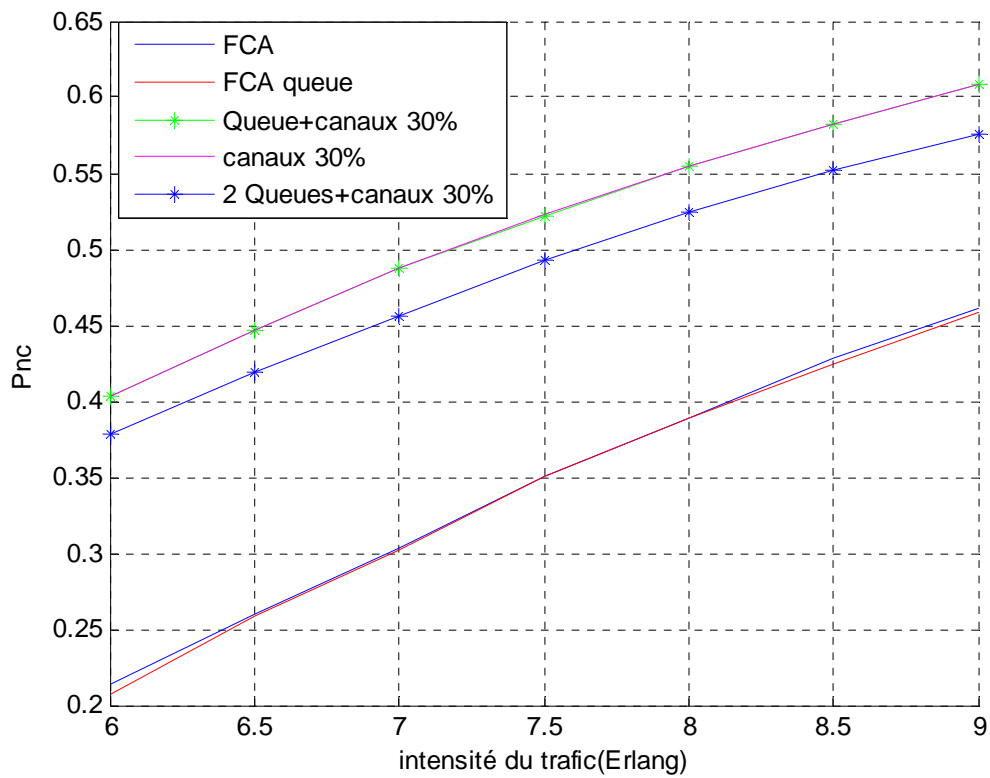


Figure IV.18 : la Pnc en fonction de trafic (Erlang)

IV.8. Conclusion

Dans les systèmes LEO, les Handovers sont inévitables et ils se produisent principalement par la grande mobilité des satellites. Pour empêcher la dégradation et établir la qualité de service, un algorithme prioritaire qui favorise la requête du Handover doit être utilisé.

D'après les résultats obtenus, nous constatant que chaque technique ayant des avantages et des inconvénients.

La réservation des canaux de gardes est facile à implémenter et réduit la probabilité de la terminaison forcée de l'appel par comparaison avec la stratégie de non priorité. Cependant la probabilité de blocage des nouveaux appels par la réservation des canaux de gardes est plus grande que celle par la stratégie de non priorité. Donc la réservation des canaux de gardes est favorable lorsque la réduction de la terminaison forcée est plus importante que la réduction du blocage des nouveaux appels.

La mise en queue des requêtes du Handovers réduit la terminaison forcée de l'appel mais augmente la probabilité de blocage des nouveaux appels. Notons que cette technique dépend du temps que le mobile reste dans la zone du Handover.

La même remarque que les autres techniques qui réduisent la probabilité de blocage des nouveaux appels mais ils augmentent la probabilité de blocage du Handover.

Finalement, on constate que La meilleure performance avec une faible dégradation de voix est assurée par la quatrième technique qui est la mise en queue des nouveaux appels et du Handover et la réservation des canaux de gardes.

Conclusion

générale

Conclusion générale

Dans ce mémoire, nous nous sommes intéressés aux réseaux satellitaires dans les constellations de satellites à orbite basse assurant la communication mobile. L'étude de ces systèmes nous a conduits à étudier les problèmes et évaluer les performances des constellations considérées. Le problème que nous avons traité dans ce travail est le problème du Handover (transfert automatique intercellulaire).

Le Handover est un mécanisme fondamental dans la communication cellulaire. Globalement, c'est l'ensemble des opérations mises en œuvre permettant qu'une station mobile (en anglais Mobile Station - MS) puisse changer de cellule sans interruption de service.

La performance des systèmes de communications par satellite a été étudiée par plusieurs auteurs pour évaluer les probabilités de blocage d'appels, et se concentrer sur l'instauration des méthodes pour l'amélioration de performance des appels durant les Handovers.

Le blocage des appels dû aux Handovers peut sévèrement diminuer la fiabilité du système. Une autre mesure de performance d'intérêt est la probabilité de blocage des nouveaux appels. Un nouvel appel va être bloqué s'il n'y aura pas de capacité suffisante pour le porter. Augmentant le blocage d'un nouvel appel, diminue le rejet du système. D'habitude il existe un échange entre le blocage des nouveaux appels et le blocage des appels du Handovers. Du point de vue qualité de service, il est habituellement préférable de diminuer le blocage d'appel du Handover sans diminuer le blocage de nouveaux appels de manière radicale.

En premier lieu, nous avons présenté des modèles analytiques pour le calcul de probabilité de blocage des nouveaux appels et la probabilité de blocage du Handover pour les constellations de satellites LEO.

En second lieu, nous avons donné les résultats de nos simulations. Dans la méthode FCA, une comparaison des performances entre les canaux de garde, la mise en queue, la

Conclusion générale

combinaison des canaux de garde avec la mise en queue et la mise en queue des nouveaux appels et du Handover et la réservation des canaux de gardes et la technique non prioritaire est évaluée. La réduction de la probabilité de blocage du Handover est obtenue tous dépend des canaux réservés exclusivement pour servir les requêtes du Handover. Ceci mène à une augmentation de la probabilité de blocage des nouveaux appels et une dégradation sévère de P_{nc} . Le système fonctionne mal si une technique non prioritaire est utilisée. Si la charge du trafic augmente, plusieurs appels seront rejetés et cet effet est considérable quand le nombre des canaux alloués pour servir les requêtes du Handover est très élevé.

La mise en queue des requêtes du Handover conduit à une réduction de P_h si on la compare avec la technique de non priorité; P_{nc} offre les valeurs minimales comparativement aux autres systèmes étudiés et une augmentation de la capacité du système est obtenue.

L'augmentation observée dans la probabilité de blocage de nouveaux appels est moins que celle dans la technique des canaux de garde, car dans cette dernière il n'y a pas de canaux réservés pour servir les requêtes du Handover.

Le Handover a des caractéristiques importantes qui favorisent les concepteurs dans le domaine de télécommunication par satellite. Ceci conduit à penser d'étudier des modèles analytiques pour optimiser le problème de Handover sans diminuer la fiabilité du système.

Références

bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] G. Maral and J. J. De Ridder, “Basic concepts of low earth orbit satellite systems for communications,” *Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, Paris-Toulouse 91*.
- [2] V. Santos, R. Silva, M. Dinis, and J. Neves, “Performance evaluation of channel assignment strategies and handover policies for satellite mobile networks, ” *Fourth IEEE International Conference on Universal Personal Communications*, Tokyo, pp. 86-90, Nov. 1995.
- [3] A. L. Beylot, S. Boumerdassi, and G. hjolle, “A new prioritized handoff strategy using channel reservation in wireless PCN,” *IEEE, Global Telecommunications Conferenc, GLOBECOM, The Bridge to Global Integration*, France, vol. 3, pp. 1390-1395. 1998.
- [4] Y. Jiang, and V. K. Bhargava, “Mobility-oriented guard channel assignment for personal communication systems,” *IEEE International Conference on Personal Wireless Communications*, Canada, pp. 15-18, 1997.
- [5] M. D. Kulavaratharajah and A. H. Aghvami, “Teletraffic performance evaluation of microcellular personal communication networks (PCN’s) with prioritized handoff procedures,” *IEEE transactions on vehicular technology*, pp. 137-152, vol. 48, no. 1, January 1999.
- [6] A. E. Xhafa and O. K. Tonguz, “Dynamic priority queuing of handover calls in wireless networks: An analytical framework,” *IEEE journal on selected areas in communications*, pp. 904-916, vol. 22, no. 5, June 2004.

Références bibliographiques

- [7] P. Boedhihartono and G. Maralz, “Evaluation of the guaranteed handover algorithm in satellite constellations requiring mutual visibility,” *International Journal of Satellite Communications and Networking Int. J. Satell. Commun. Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications (ENST/TeSA)*, John Wiley & Sons, Ltd. France 2003.
- [8] M. Ruggieri, D. Giancristofaro, F. Graziosi, and K. Santucci, “an optimizable guard-channel-based handover procedure for mobile microcellular systems,” *Sixth IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, PIMRC'95, 'Wireless: Merging onto the Information Superhighway'*, Toronto, pp. 1357-1361, vol. 3, 1995.
- [9] F. Christophy, “Routage dans les constellations de satellites LEO,” Diplôme d'études approfondies réseaux de télécommunications, Université de SAINT-JOSEPH, Lebanon 1999
- [10] A. El Moucari, “Implémentation et étude des performances du handover vertical,” Diplôme d'Etudes Approfondies Réseaux de télécommunications, Université de SAINT-JOSEPH. Lebanon 2004.
- [11] Q. A. Zeng and D. P. Agrawal, “Handoff in wireless mobile networks,” *Department of Electrical Engineering and Computer Science, University of Cincinnati*, Edited by Ivan Stojmenovic, John Wiley & Sons, Inc, 2002.
- [12] D. Hong and S. S. Rappaport, “Traffic model and performance analysis for cellular mobile radiotelephone systems with prioritized and nonprioritized handoff procedures,” *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. VT-35, no. 3, pp. 448–461, Aug. 1986.

Références bibliographiques

- [13] S. A. El-Dolil, W. C. Wong, and R. Steele, “Teletraffic performance of highway microcells with overlay macrocell,” *IEEE J. Select. Areas in Commun*, vol. 7, no. 1, pp. 71–78, Jan. 1989.
- [14] R. Steele and M. Nofal, “Teletraffic performance of microcellular personal communication networks,” *IEEE Proc. I*, vol. 139, no. 4, Aug. 1992.
- [15] H. Xie and S. Kuek, “Priority handoff analysis,” *IEEE Proc. VTC '93*, pp. 855–858, 1993.
- [16] Q. A. Zeng, K. Mukumoto, and A. Fukuda, “Performance analysis of mobile cellular radio systems with two-level priority reservation handoff procedure,” *IEICE Trans. Commun.*, vol. E80-B, no. 4, pp. 598–604, April 1997.
- [17] N. Efthymiou, Y.F. Hu, A. Properzi and R.E. Sheriff, “Inter-segment handover algorithm for an integrated terrestrial/satellite-UMTS environment,” *9th IEEE International Symposium on Personal Indoor and Mobile Radio Communications*, vol. 2, pp. 993–998, Sep. 8–11, Boston, MA, 1998.
- [18] N. Efthymiou, Y.F. Hu, and R.E. Sheriff, “Performance of intersegment handover protocols in an integrated space/terrestrial UMTS environment,” *IEEE Trans. Vehicular Technology*, vol. 47 (4), pp. 1179–1199, Nov. 1998.
- [19] L. O. Guerrero and A. H. Aghvami, “prioritized handoff dynamic channel allocation strategy for PCS,” *IEEE Trans. Vehicular A Technology*, vol 48, no. 4, pp. 1203-1215, July 1999.

Références bibliographiques

- [20] E. D. Re, R. Fantacci, and G. Giambene, “Efficient dynamic channel allocation techniques with handover queing for mobile satellite networks,” *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol 13, no 2, Feb. 1995.
- [21] S. Tekinay and B. Jabbari, “A measured-based prioritization scheme for handovers in mobile cellular networks,” *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 10, no. 8, Oct. 1992.
- [22] Y. B. Lm, S. Mohan, and A. Noerpel, “PCS channel assignment strategies for hand-off and initial access,” *IEEE Personal Communications*, vol. 1, no. 3, pp. 47-56, Third Quarter, 1994.
- [23] D. Bear, “Principles of telecommunication traffic engineering,” *Institution of Engineering and Technology, 2 Rev Ed edition IEEE Series 2, Revised 3rd Edition*, 1988.
- [24] E. D. Re, R. Fantacci, and G. Giambene, “Handover and dynamic channel allocation techniques in mobile cellular networks,” *IEEE Trans. Vehicular Technology*, vol. 44, no. 2, pp. 229-237, May 1995.
- [25] M. Gudmundson, “Analysis of handover algorithms”, *IEEE Proc. VTC '91*, pp. 537–542, May 1991.
- [26] V. Kapoor, G. Edwards, and R. Snkar, “Handoff criteria for personal communication networks”, *IEEE Proc. ICC '94*, pp. 1297–1301, vol. 3, May 1994.
- [27] H. Michiel, K. Laevens, “Teletraffic engineering in a broad-band era”, *Proceedings of the IEEE*, vol. 85, no. 12, pp. 2007-2033, Dec. 1997.

Références bibliographiques

- [28] G. Massaoud, “Modélisation d’un système de couverture à base d’une constellation de satellites étude du problème de Handover,” Thèse de Magister, Université de Batna, 2004.
- [29] R. Naja, “Etude du Handover dans les constellations de satellites LEO”, Diplôme d’Etudes Approfondies Réseaux de Télécommunications, Université de Saint-Joseph, Lebanon, 1999.
- [30] R. Risuefio, F. Delicado, P. Cuenca, A. Garrido, and L. O. Barbosa, “Performance evaluation of handover mechanisms in wireless network,” *Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, IEEE CCECE*, vol. 2, pp. 897-900, May 2003.
- [31] N. Adeline and L. Hugo, “Télécommunications par satellite”, http://membres.lycos.fr/adelineneveu/travaux/dos_tec_ima2/Telecomparsatellite.
Mai 2001.
- [32] R. Picholtz, “Communications by means of low earth orbiting satellites,” <http://www.seas.gwu.edu/faculty/pickholt>.
- [33] M. Terré, “ Chaîne de Markov, Télétrafic, Files d'attente,” *Cnam, Introduction aux télécommunications Version 5. Electronique ELE111*.

Abstract

The Handover is one of the key subjects in maintaining the quality of service offered by non-geostationary constellation systems. As the satellite coverage moves according to the satellite motion, the continuity of a call must be maintained from one satellite to another. In case of the Handover fails, the call is dropped resulting in a quality degradation of service. In this thesis, the performance of several channel assignment strategies for a LEO satellite constellation is evaluated. The FCA method is considered where its advantages and disadvantages are highlighted. Moreover, the Handover process implication in the call blocking probability is assessed via simulation. Strategies able to cope with the high number of Handovers, due to the high speed of the satellites, without affecting strongly the capacity of the system are investigated. Simulation models have been developed to implement all the features evaluated in this thesis including the mobility model. An analytical description and interpretation of results are also presented.

Résumé

Le Handover est l'un des principaux sujets dans le maintien de la qualité des services offerts par les systèmes de constellation non-géostationnaires. Comme la couverture de la terre se fait selon le mouvement du satellite, la continuité d'un appel doit être maintenue d'un satellite à un autre. Dans le cas où le Handover échoue, l'appel est abandonné, ce qui provoque une dégradation de la qualité de service.

Dans ce mémoire, la performance de plusieurs stratégies pour une constellation de satellites LEO est évaluée. La méthode FCA est considérée dont ses avantages et ses inconvénients sont mis en évidence. En outre, la probabilité de blocage des appels est évaluée par la simulation. Des Stratégies capables de gérer un nombre élevé des Handovers, due à la grande vitesse des satellites, sans affecter fortement sur la capacité du système sont examinées. Les modèles de simulation ont été développés pour mettre en application tous les éléments évalués dans cette thèse, y compris le modèle de mobilité. La description et l'interprétation des résultats sont également présentées.