

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA



RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE M'SILA



FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE L'ELECTRONIQUE

*MEMOIRE*

De fin d'étude présentée en vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Electronique

Option : Systèmes de télécommunications numériques

**Thème**

---

*Gestion de la mobilité radio dans une constellation de satellite*

*à basse orbite (LEOs)*

---

*Proposé et dirigé par :*

Dr. GARAH Messaoud

*présenté par :*

DJIDEL Saadi

N° d'ordre : 2012/... /85/125

Promotion : JUIN 2012

## *Dédicace*

*A:*

*Mes chers parents*

*Mes frères et mes sœurs*

*Toute ma famille*

*Tous mes collègues et amies sans exception.*

*Je dédie ce mémoire*

# *Remerciements*

*Tout d'abord je dois remercier Dieu qui m'a donné la santé et la volonté durant la réalisation de ce mémoire.*

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

*Je voudrais très sincèrement remercier monsieur **M.GARAH** pour avoir assuré l'encadrement de ce travail. Sa disponibilité, son expérience, son savoir scientifique et ses qualités humaines ont été déterminants dans l'aboutissement de ce travail.*

*J'adresse mes sentiments de reconnaissance à tous mes profs et tous les personnels du département d'électronique.*

*Pour terminer, j'adresse à reconnaissance à toutes celles et tous ceux que je n'ai pas cités ici et qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

## TABLE DES MATIERES

Dédicace .....	I
Remerciements .....	II
Table de matières .....	III
Liste des figures .....	VII
Introduction générale .....	1

### Chapitre I: les constellations de satellites

Introduction.....	3
I.1. Les satellites .....	3
I.1.1. Définition d'un satellite .....	3
I.1.2. Les satellites passifs .....	4
I.1.3. Les satellites actifs.....	4
I.2. Les Orbites.....	4
I.2.1. Définitions .....	4
I.2.2. Orbites hautes (HEO) (High Earth-Orbit) .....	5
I.2.3. Orbites géostationnaires (GEO) (Géostationnaire Earth- Orbit).....	6
I.2.4. Orbites moyennes (MEO) (Medium Earth-Orbit).....	6
I.2.5. Orbites basses (LEO) (Low Earth -Orbit) .....	6
I.3. Constellation de satellites .....	7
I.3.1. Les constellations de satellite géostationnaire (GEO).....	7
I.3.2. Les constellations de satellite intermédiaires (MEO).....	8
I.3.3. Les constellations de satellite basses (LEO).....	8
I.3.3.1. Architecture du réseau LEOs .....	9
I.3.3.1.a. Constellations polaires .....	10

I.3.3.1.b. Constellations inclinées .....	11
I.3.3.2. Paramètre des satellites LEO .....	11
I.3.3.2.a. Coordonnées des satellites LEO (sphériques).....	11
I.3.3.2.b. Vitesse de rotation des satellites.....	12
I.3.3.2.c. Surface de couverture des satellites .....	13
Conclusion.....	14

## **Chapitre II : Le Handover**

Introduction.....	15
II.1. La mobilité .....	15
II.2. Les Handovers satellitaires .....	16
II.3. Buts du handover .....	16
II.3.1. Du point de vue utilisateur.....	16
II.3.2. Du point de vue opérateur .....	17
II.4. Gestion du Handover .....	18
II.5. Le lancement du Handover.....	18
II.6. Types du Handover .....	19
II.7. Contrôle du Handover .....	20
Conclusion.....	25

## **Chapitre III : Modélisation mathématique**

Introduction.....	26
III.1. Stratégie de non priorité « Non Prioritized Scheme NPS ».....	26
III.1.1. Mécanisme .....	26
III.1.2 Calcul analytique.....	27
III.2. Stratégie de priorité .....	28

III.2.1. Technique de mise en queue des requêtes de Handover .....	29
III.2.1.1. Mécanisme .....	29
III.2.1.2. Calcul analytique.....	30
III.2.2. La Réserve des canaux de garde ou RCS.....	31
III.2.2.1. Mécanisme .....	31
III.2.2.2. Calcul analytique.....	32
III.2.3. La réservation des canaux de gardes avec la priorité du Handover .....	34
III.2.3.1. Mécanisme .....	34
III.2.3.2. Calcul analytique.....	34
III.2.4. La mise en queue des nouveaux appels et du Handover et la réservation des canaux de gardes.....	35
III.2.4.1. Mécanisme .....	35
III.2.4.2. Calcul analytique.....	36
Conclusion.....	38

### **Chapitre IV: Résultats de la simulation**

Introduction.....	39
IV.1. Modèle de cellule.....	39
IV.2. Modèle de mobilité .....	39
IV.3. Les paramètres de la simulation .....	40
IV.4. Stratégie de non priorité.....	41
IV.4.1. Organigramme.....	41
IV.4.2. Résultat de simulation .....	41
IV.5. Stratégies de priorités .....	42
IV.5.1. La mise en queue des requêtes du Handover .....	42
IV.5.1.1. Organigramme .....	42

IV.5.1.2. Résultat de simulation .....	43
IV.5.2. La Réserve des canaux de garde RCS .....	44
IV.5.2.1. Organigramme .....	44
IV.5.2.2. Résultat de simulation .....	45
IV.5.3. La réservation des canaux de gardes avec la priorité du Handover .....	47
IV.5.3.1. Organigramme .....	47
IV.5.3.2. Résultat de simulation .....	48
IV.5.4. La mise en queue des nouveaux appels et du Handover et la réservation des canaux de gardes .....	50
IV.5.4.1. Organigramme .....	50
IV.5.4.2. Résultat de simulation .....	51
IV.6. Comparaison entre les différentes techniques.....	52
IV.6.1. Discussion.....	52
Conclusion.....	55
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>56</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>58</b>

## Liste des figures

<b>Fig. I.1:</b> Apogée, périgée et inclinaison.....	5
<b>Fig. I.2:</b> Orbites hautes (HEO).....	6
<b>Fig. I.3:</b> Différents types d'orbites.....	7
<b>Fig. I.4 :</b> les constellations de satellite (GEO).....	8
<b>Fig. I.5 :</b> les constellations de satellites (MEO).....	8
<b>Fig. I.6 :</b> les constellations de satellite (LEO).....	9
<b>Fig. I.7:</b> Architecture de la constellation de satellites.....	10
<b>Fig. I.8 :</b> Constellations polaires.....	10
<b>Fig. I.9 :</b> Constellations inclinées.....	11
<b>Fig. I.10:</b> Coordonnées sphériques sur les axes cartésiens.....	12
<b>Fig. I.11:</b> Surface de la couverture d'un satellite.....	13
<b>Fig. II.1:</b> Handover intra-satellite (inter-beam handover) et Inter- satellite.....	20
<b>Fig. II.2:</b> Hard Handover.....	21
<b>Fig. II.3 :</b> La diversité commutée du Handover.....	22
<b>Fig. II.4:</b> La diversité combinée du Handover.....	23
<b>Fig. II.5 :</b> La diversité de signalisation.....	24
<b>Fig. III.1 :</b> Processus d'arrivée des Requêtes pour NPS.....	26
<b>Fig. III.2 :</b> Diagramme d'état pour NPS.....	27
<b>Fig. III.3 :</b> la mise en queue des requêtes (handover et nouvel appel).....	29
<b>Fig. III.4 :</b> le diagramme d'état pour QPS.....	30
<b>Fig. III.5 :</b> Processus d'arrivée des requêtes pour RCS.....	32
<b>Fig. III.6:</b> diagramme d'état pour RCS.....	33
<b>Fig. III.7:</b> Processus d'arrivée des requêtes pour QPS+RCS.....	34
<b>Fig. III.8 :</b> Diagramme d'état.....	34

<b>Fig. III.9 :</b> Processus d'arrivée des requêtes pour QPS (h+N) +RCS (h) .....	<b>36</b>
<b>Fig. III.10 :</b> le diagramme de transition d'état.....	<b>36</b>
<b>Fig. IV.1:</b> L'organigramme de la stratégie de non priorité.....	<b>41</b>
<b>Fig. IV.2 :</b> la probabilité de blocage des nouveaux appels et du Handover en fonction de trafic(Erlang).....	<b>41</b>
<b>Fig. IV.3:</b> L'organigramme de la stratégie de priorité « Technique de mise en queue les appels du Handover » .....	<b>42</b>
<b>Fig. IV.4 :</b> la probabilité de blocage des nouveaux appels et du Handover en fonction de trafic (Erlang).....	<b>43</b>
<b>Fig. IV.5:</b> L'organigramme de la stratégie de priorité « La réservation des canaux de gardes RCS » .....	<b>44</b>
<b>Fig. IV.6 :</b> La probabilité de blocage du Handover en fonction de trafic (Erlang).....	<b>45</b>
<b>Fig. IV.7 :</b> La probabilité de blocage des nouveaux appels en fonction de trafic .....	<b>46</b>
<b>Fig. IV.8:</b> L'organigramme de la stratégie de priorité« la réservation des canaux de gardes avec la priorité du Handover » .....	<b>47</b>
<b>Fig. IV.9 :</b> La probabilité de blocage du Handover en fonction de trafic(Erlang).....	<b>48</b>
<b>Fig. IV.10 :</b> la probabilité de blocage des nouveaux appels en fonction de trafic .....	<b>49</b>
<b>Fig. IV.11:</b> L'organigramme de la stratégie de priorité« La mise en queue des nouveaux appels et du Handover et la réservation des canaux de gardes»..	<b>50</b>
<b>Fig. IV.12:</b> La probabilité de blocage du Handover en fonction de trafic.....	<b>51</b>
<b>Fig. IV.13 :</b> La probabilité de blocage des nouveaux appels en fonction de trafic.....	<b>52</b>
<b>Fig. IV.14 :</b> la probabilité de blocage des nouveaux appels en fonction de trafic .....	<b>53</b>
<b>Fig. IV.15 :</b> la probabilité de blocage du Handover en fonction de trafic (Erlang).....	<b>54</b>
<b>Fig. IV.16 :</b> la probabilité de blocage du Handover en fonction de trafic (Erlang).....	<b>54</b>

## Introduction générale

Pendant les dernières années, le réseau cellulaire est devenu accessible presque partout. Pour compléter ce réseau cellulaire terrestre, plusieurs systèmes basés sur des satellites à basse orbite (LEO Low Earth Orbit) et moyenne orbite (MEO Medium Earth Orbit) ont été développés pour offrir une couverture globale [1].

Un système LEO (Low Earth Orbit) est constitué d'une dizaine à une centaine de satellites défilant autour de la terre à une basse altitude et à une grande vitesse. Ces systèmes sont indépendants de la géographie de la terre et donc plus facile à remettre en œuvre en cas de désastre terrestre tel qu'un tremblement de terre [2]. Les réseaux satellitaires faisant partie du monde des réseaux de télécommunications et visant une intégration sans couture, devront assurer un support adéquat à de telles applications [3]. Cependant, ces systèmes posent des problèmes du fait de la mobilité des satellites et n'ont pas tout à fait les mêmes contraintes que dans le monde des radios mobiles [2].

Dans le cadre de notre projet, 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 [4]. 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 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 et contrôle du Handover.
- Dans le troisième chapitre nous étudierons quelques techniques de la stratégie de priorité et non priorité du Handover suivant la modélisation mathématique.
- Le quatrième chapitre fera l'objet de commentaires et discussions sur nos résultats obtenus par la simulation.

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

## Chapitre I

### Les Constellations de Satellites

#### Introduction :

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. Dans ce chapitre, nous présentons les généralités sur satellites, les orbites, les constellations de satellites ainsi que les paramètres des satellites LEOs.

#### I.1. Les satellites :

##### I.1.1. Définition d'un satellite :

Le satellite est naturellement la partie centrale du réseau utilisant des éléments actifs. C'est un émetteur/récepteur sans fil (*Wireless*) qui peut être utilisé pour plusieurs services de communications et qui est lancé par un moteur spécial pour le mettre en orbite autour de la terre. Il est constitué d'une charge utile et d'une plateforme. La charge utile comporte les antennes de réception et d'émission, et l'ensemble des équipements électroniques assurant la transmission des signaux. Il dispose aussi d'équipements assurant les fonctions suivantes:

- Alimentation en énergie
- Commande d'orientation
- Maintien sur orbite
- Régulation thermique des équipements

➤ Télémessure et télécommande

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

### **I.1.2. 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.1.3. 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 [5].

## **I.2. Les Orbites :**

Les satellites utilisent la force gravitationnelle de notre planète afin de se maintenir à une position et à une distance déterminée de la terre [6].

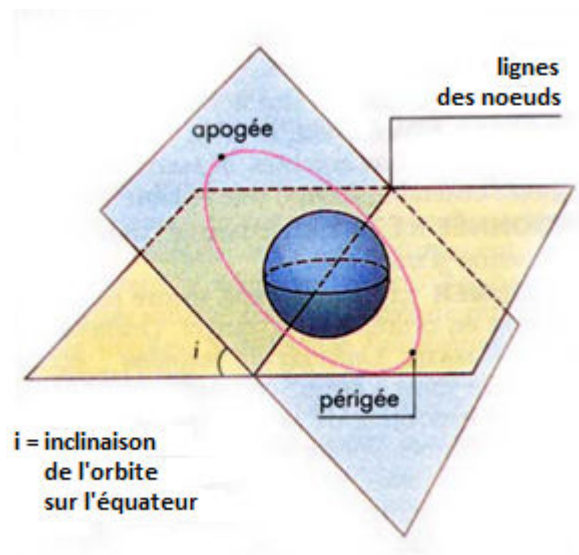
### **I.2.1. Définitions:**

- **Orbite** : trajectoire courbe d'un corps céleste naturel ou artificiel ayant pour foyer un autre corps céleste.

- **Apogée** : le point le plus haut du satellite auquel sa vitesse est la plus lente.

- **Périgée** : Le point le plus bas du satellite auquel sa vitesse est la plus rapide.

- **L'inclinaison** : c'est l'angle formé entre le plan orbital et le plan équatorial. Plus l'angle est important, plus la surface couverte par le satellite est grande [7].

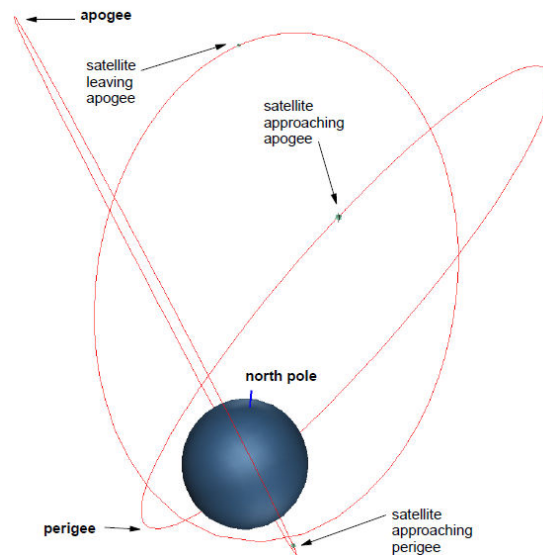


**Fig. I.1:** Apogée, périgée et inclinaison.

Les orbites des satellites sont planes et situées dans un plan passant par le centre de la Terre qui peut être le plan équatorial de la Terre, un plan perpendiculaire au plan équatorial (orbite polaire) ou un plan ayant une inclinaison quelconque par rapport au plan équatorial, les orbites elles-mêmes peuvent être dans le plan considéré, circulaires ou elliptiques et à des altitudes (ou des apogées) très différentes. Il faut cependant noter que les orbites elliptiques utilisées autrefois par l'URSS et le Canada ne sont plus considérées aujourd'hui [8].

### **I.2.2. Orbites hautes (HEO) (High Earth-Orbit):**

Ce sont des orbites elliptiques d'altitude d'environ 500 km et d'une apogée à une altitude d'environ 50 000 km. Ces orbites ont une inclinaison de  $63^{\circ}.4$  afin de pouvoir communiquer avec des zones de l'hémisphère nord [5].



**Fig. I.2:** Orbites hautes (HEO).

### **I.2.3. Orbites géostationnaires (GEO) (Géostationnaire –Earth- Orbit)**

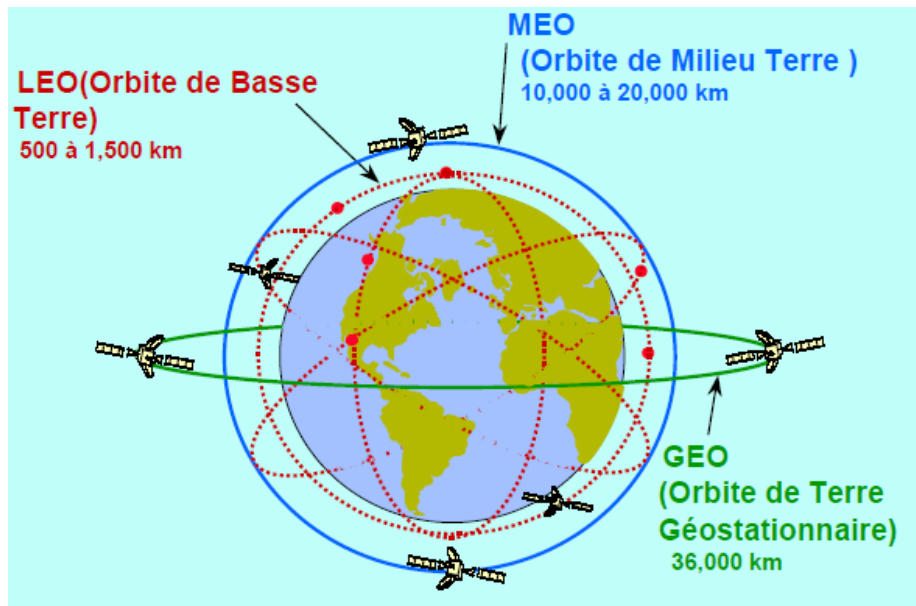
Les orbites géostationnaires ont une orbite circulaire de 42164 Km de rayon dans un plan voisin de l'équateur et leur vitesse angulaire est égale à celle de la rotation de la terre.

### **I.2.4. Orbites moyennes (MEO) (Medium Earth-Orbit)**

Les orbites moyennes ont une altitude environ 10000Km et une inclinaison d'environ de  $50^\circ$ , 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.

### **I.2.5. 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.



**Fig. I.3:** Différents types d'orbites.

### I.3. Constellation de satellites :

Une constellation de satellite peut être définie comme plusieurs satellites semblables de même type et ayant la même fonction et qui sont conçus pour être similaires, complémentaires et orbités pour un but commun sous un contrôle partagé [9]. De plus, l'avantage d'avoir une plus grande bande passante pousse à se diriger vers des environnements permettant de transporter les applications multimédias.

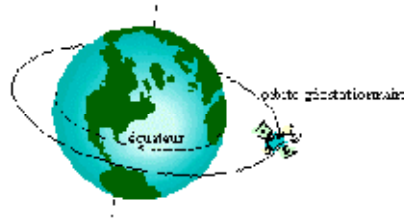
Plusieurs systèmes peuvent fournir ces services [10] :

- Les satellites géostationnaires GEO,
- Les satellites MEO (*Mid Earth Orbit*),
- Les satellites LEO (*Low Earth Orbit*).

#### I.3.1. les constellations de satellite géostationnaire (GEO) :

Un satellite est dit géostationnaire quand sa trajectoire correspond à une orbite circulaire située dans le plan de l'équateur terrestre et que sa vitesse angulaire est égale à celle de la Terre. Le satellite paraît ainsi immobile à un observateur situé à la surface de la Terre. Si on tient compte que l'attraction terrestre et si on suppose que la Terre

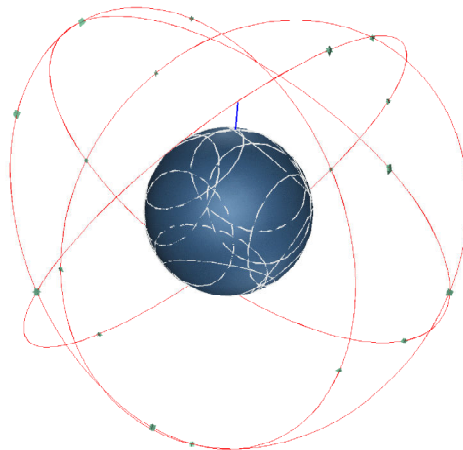
est sphérique et homogène .l'orbite est circulaire avec un rayon de 42164 Km, ce qui correspond a une altitude d'environ 36000 Km.



**Fig. I.4 :** les constellations de satellite (GEO).

### **I.3.2. les constellations de satellite intermédiaires (MEO) :**

Ces systèmes utilisent des satellites placés sur des orbites circulaires à une altitude comprise entre 10 000 et 20 000 km .Le nombre de satellite nécessaires pour un service mondial est donc plus réduit que pour les LEO (9 à 12 satellites seulement), mais les délais de propagation sont plus importants (de 80 à 120 ms) .Ces systèmes constituent en fait un compromis entre les deux précédent : défilement des satellites plus lent que celui des LEO, mais couverture moins grand que les GEO.



**Fig. I.5 :** les constellations de satellites (MEO).

### **I.3.3. les constellations de satellite basses (LEO) :**

Un système à satellite en orbite basse utilise des satellites défilants (pour un observateur placé à la surface de la Terre ) situé sur une orbite circulaire ,à une altitude comprise entre 700 et 1800 Km .On parle de constellation .Les délais de propagation

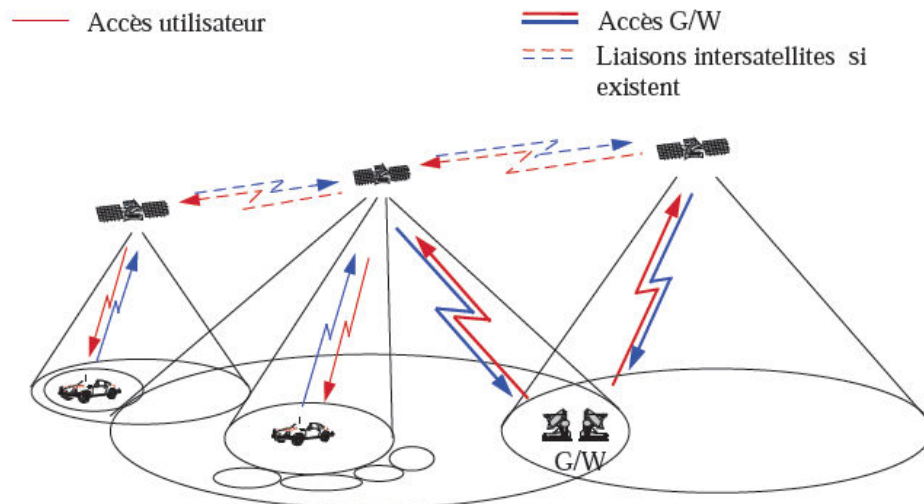
sont réduits de 15 à 30ms pour un simple bande .Le nombre de satellites nécessaire à une couverture mondial et permanente varie de 20à70 satellites en fonction de l'altitude retenue, du type de constellation et de diversité souhaitée, c-à-dire de la possibilité offerte (ou non) à un terminal de combiner les signaux provenant de plusieurs satellites simultanément [8].



**Fig. I.6 :** les constellations de satellite (LEO).

### **I.3.3.1. Architecture du réseau LEOs :**

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). Ceci est le cas du système IRIDIUM ainsi que la proposition faite par la CNES pour le projet RNRT. Pour des autres systèmes comme Skybridge, on n'utilise pas des ISL. Notons que des stations terrestres nommés 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 [1].

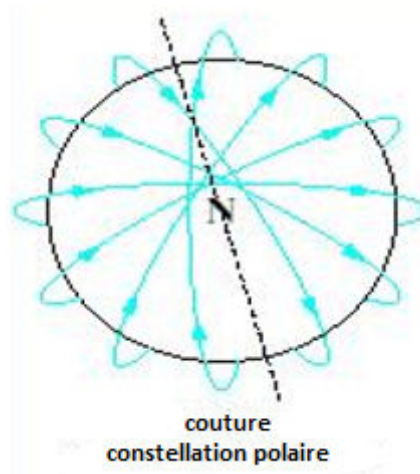


**Fig. I.7:** Architecture de la constellation de satellites.

On distingue deux types de constellations : les constellations polaires et les constellations inclinées [5].

### I.3.3.1.a. Constellations polaires :

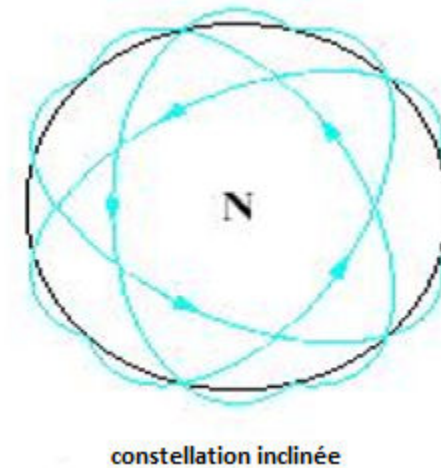
Ce sont celles dont le plan orbital fait un angle de  $90^\circ$  avec l'équateur ; l'intersection des plans orbitaux se faisant aux pôles. Les orbites polaires assurent une couverture importante des zones polaires, qui sont malheureusement des zones désertiques ne comptant pas beaucoup d'utilisateur.



**Fig. I.8 :** Constellations polaires.

### I.3.3.1.b. Constellations inclinées :

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



**Fig. I.9 :** Constellations inclinées.

### I.3.3.2. Paramètre des satellites LEO :

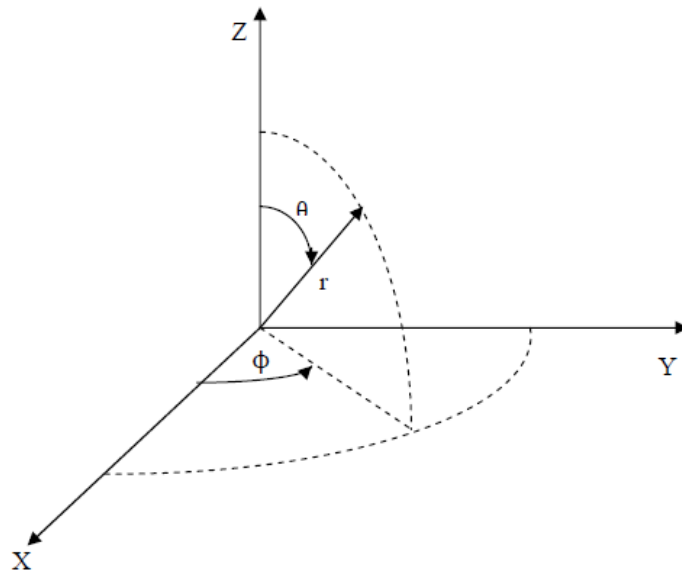
#### I.3.3.2.a. Coordonnées des satellites LEO (sphériques) :

On adopte les systèmes à coordonnées sphériques pour représenter la position des satellites LEO. La représentation des systèmes à coordonnées sphériques consiste de deux paramètres angulaires  $\theta$  et  $\varphi$  qui sont exactement la représentation de la latitude et de la longitude de la Terre.

La figure I.10 illustre les trois axes:  $x$ ,  $y$  et  $z$ , et l'interprétation correspondante des coordonnées sphériques qui sont représentées par les trois paramètres suivants:  $r$ ,  $\theta$  et  $\phi$ . 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,
- $\theta$ , un angle entre l'axe  $z$  et le vecteur de position,

- $\phi$ , un angle entre l'axe x et la projection dans le plan xoy du vecteur de position.



**Fig. I.10:** Coordonnées sphériques sur les axes cartésiens.

On peut utiliser les équations suivantes (I.1) pour passer des coordonnées sphériques à celles cartésiennes:

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

### I.3.3.2.b Vitesse de rotation des satellites

La rotation angulaire de la Terre, calculée par l'équation (I.2), est égale à 0.2618 rad/h.

$$w_t = \frac{2\pi [\text{rad}]}{24 [\text{heurs}]} \quad (\text{I.2})$$

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.2), est égale à  $V_l = 26,804$  km/h.

$$V_1 = \frac{w_t R_{\text{tg}}^3}{R_1^2} \quad (\text{I.3})$$

### I.3.3.2.c. Surface de couverture des satellites :

La surface de couverture  $A$  d'un satellite est donnée par l'équation (I.4) où  $R_t$  est le rayon de la Terre et  $\theta$  est l'angle central de la Terre [5].

$$A = 2\pi R_t^2 (1 - \cos\theta) \quad (\text{I.4})$$

Cet angle  $\theta$  est calculé en utilisant l'équation (I.5), où  $R_e$  est le rayon de la Terre,  $E$  est l'angle d'élévation minimal, et  $h$  est l'altitude du satellite.

$$\theta = \left[ \arccos \left( \frac{R_e \cos E}{R_e + h} \right) \right] \quad (\text{I.5})$$

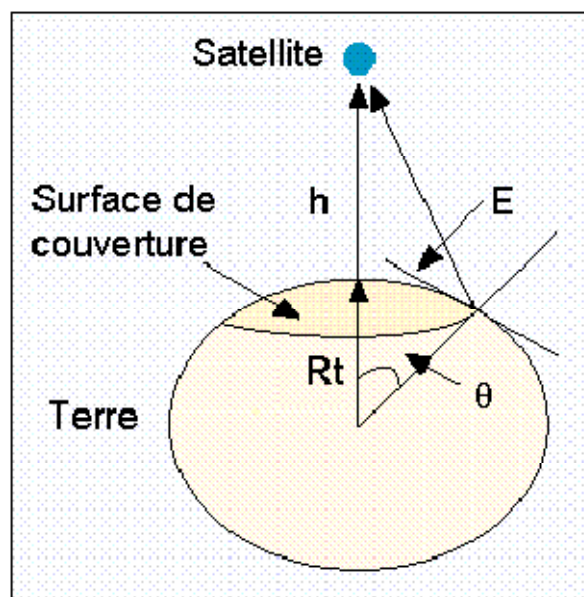


Fig. I.11: Surface de la couverture d'un satellite.

**Conclusion :**

Dans ce chapitre, on a vu que Les satellites ont joué un rôle important dans les réseaux de communication, Les réseaux satellitaires sont ainsi capables de prendre en charge un grand nombre d'applications, ayant des avantages comme la diffusion naturelle et la facilité de déploiement. Parmi les satellites de communication.

Les systèmes LEOs concernent les satellites défilants, ce qui fait que lors de communications avec des stations terrestres, il faut mettre en place des mécanismes de handover (comme dans les réseaux de mobiles et dans les WLAN) lors du passage d'une zone de couverture à une autre. L'objet du chapitre suivant est plutôt dédié aux la gestion de la mobilité radio (handover).

## Chapitre II

### Le Handover

#### Introduction :

Le handover est un phénomène lié au déplacement d'au moins un acteur du réseau, et conduit à remplacer un chemin de transmission par un autre en cours de session.

On rencontre habituellement le Handover dans les réseaux mobiles « classiques » (à savoir les réseaux dont les usagers sont mobiles). Il est alors possible, pour un usager, de commencer une session connectée sur une station donnée, puis de la poursuivre sur une autre station dont il s'est rapproché entre temps. Dans les systèmes LEOs, la constellation de satellites est en rotation permanente autour de la terre, et chaque terminal (ou station terrienne) doit « viser » successivement plusieurs satellites au cours d'une même session. Dans ce chapitre, nous présentons une étude en détail le principe de base du Handover, le but du Handover et la gestion du Handover dans les systèmes LEOs.

#### II.1. La mobilité :

Parmi les services proposés par les opérateurs, nous relevons un service indispensable au bon fonctionnement des réseaux mobiles: la mobilité. La fourniture du service de mobilité constitue l'élément clé dans les communications sans fil et fait toute l'originalité des réseaux mobiles. Nous pouvons distinguer entre deux types de mobilité:

1. La mobilité de l'utilisateur: Ce type de mobilité fournit à l'utilisateur la possibilité de communiquer avec d'autres terminaux en différentes localisations tout en se déplaçant d'une cellule à une autre. Cette mobilité est caractérisée par

trois fonctionnalités importantes : le nomadisme, la mobilité horizontale et la mobilité verticale.

2. La mobilité du réseau: Ce type de mobilité concerne la mobilité de certains nœuds du réseau. A titre d'exemple, citons les réseaux ad hoc qui sont des réseaux sans infrastructure et où tous les nœuds bougent. D'autres types de réseaux où ce type de mobilité se manifeste seraient les réseaux satellitaires LEO (Low Earth Orbiting) ou MEO (Medium Earth Orbiting) [11].

## **II.2. Les Handovers satellitaires :**

Le handover correspond à un changement de cellule à la suite du déplacement soit du client, soit du satellite, qui, en tournant, finit par perdre son client de vue. Dans ce dernier cas, un autre satellite de la constellation prend le relais pour que la communication ne soit pas interrompue. Dans les constellations basses orbite, le satellite se déplace à la vitesse de 4 à 5 km/s, une vitesse bien supérieure à celle du client. Le nombre de handovers dus à un client qui se déplace peut être considéré comme négligeable et constitue en cela un avantage important. Comme la vitesse de défilement d'un satellite est constante et que le client est assimilé à un point fixe, les handovers sont prévisibles pour autant que le client ne termine pas brutalement sa communication [12].

## **II.3. Buts du Handover :**

### **II.3.1. Du point de vue utilisateur :**

Les buts du Handover, 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. 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 [5]. 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 :

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 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. 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 de 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 cible. Dans l'exécution du Handover, des nouveaux raccordements sont établis et des anciens raccordements sont libérés en effectuant des échanges de signalisation entre l'utilisateur mobile et le réseau [13].

#### 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'usager 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

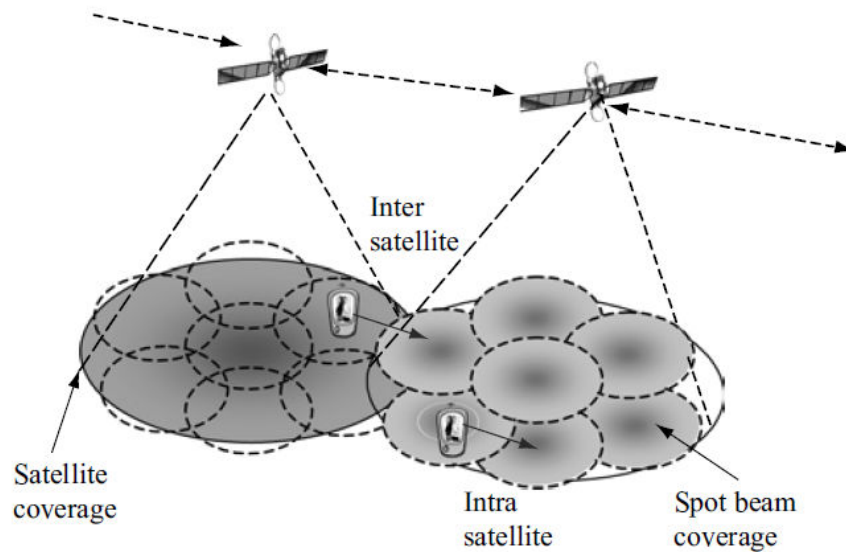
ou tous les deux, et sont comparés au seuil prédéfini, afin de déterminer si un Handover devait être lancé.

- **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 [14].

## 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 Intra-faisceau se rapporte au transfert d'un appel à partir d'un spot-beam à l'autre qui appartient au même satellite.
- **Handover Inter- satellite :** Se rapporte au transfert d'un appel à partir d'un satellite à l'autre, Ce type du 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 [5].



**Fig. II.1 :** Handover intra-satellite et Inter- satellite.

## 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 :

- 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.

Pour la phase de l'exécution du Handover, deux méthodes peuvent être employées : l'établissement du lien et transfert du lien.

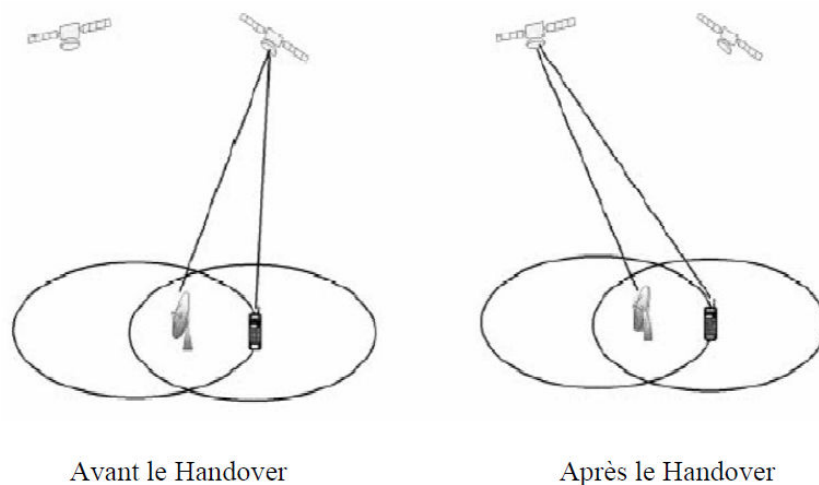
➤ **Etablissement du lien :**

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 [5].

- ✓ **Le handover dur (hard-handover) :** dans lequel il ne doit y avoir aucune coupure et où le relais sur la nouvelle cellule commence juste au moment où se termine la communication avec la cellule précédente.



**Fig. II.2:** Hard Handover.

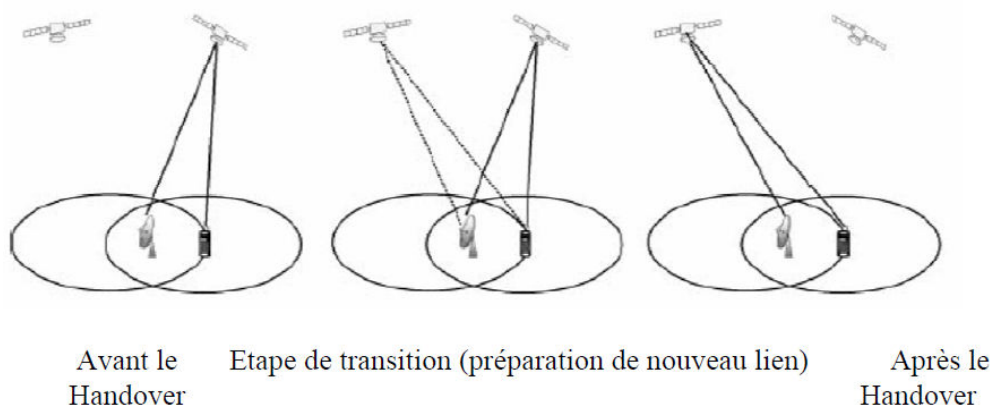
- ✓ **Seamless Handover:** Dans ce type de handover, la nouvelle liaison est établie en parallèle avec l'ancienne et le flux de données est transféré par le mobile sur

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.

- ✓ **Le handover mou (soft-handover) :** dans lequel des éléments de communication commencent à transiter par la nouvelle cellule tandis que la cellule précédente est toujours en cours de communication [12]. La complexité du système exige la mise en application des deux différents types de soft Handover.

- **La diversité commutée :**

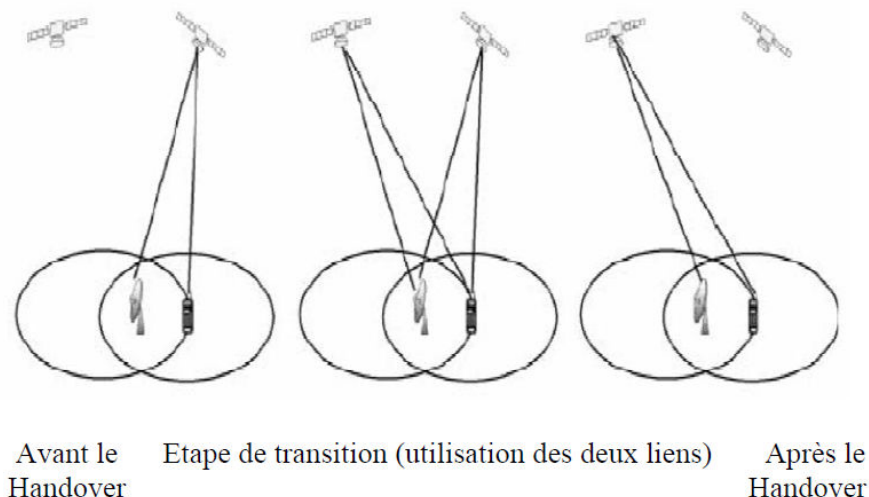
Implique que la communication est effectuée par un seul lien, elle consiste en trois étapes principales : (1) le raccordement d'appel est maintenu par les anciens liens, (2) l'établissement de nouveaux liens est en phase de préparation, (3) après que les nouveaux liens soient établis, le raccordement 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 (II.3) montre les trois étapes du processus de diversité commutée, la configuration comporte un seul MT, deux satellites et une seule station terrienne simple (FES).



**Fig. II.3 :** 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 (II.4) illustre le processus de la diversité combinée avec la même configuration de la diversité commutée.



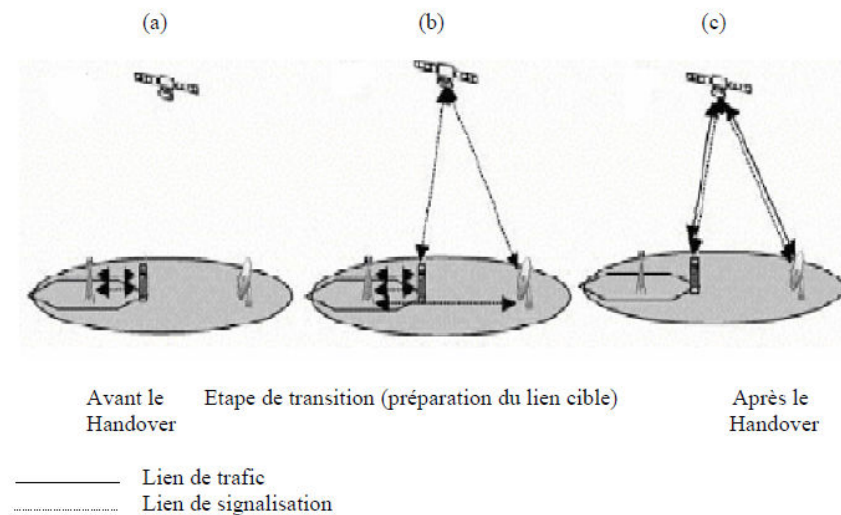
**Fig. II.4:** La diversité combinée du Handover.

- **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 (II.5) 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 [5].



**Fig. II.5 :** La diversité de signalisation.

**Conclusion :**

Dans ce chapitre, on a traité les problématiques du processus du Handover (HO) dans les constellations des satellites. La gestion du handover constitue un important défi à relever et détermine la performance des constellations des satellites. En effet, un appel d'un utilisateur fixe ou mobile doit être transféré d'une cellule à une autre lorsque l'appel en progrès ne peut bénéficier d'un canal de communication convenable dans la cellule à cause de la mobilité de l'utilisateur, du mouvement du satellite ou pour des raisons de propagation. Le handover établit le transfert de liaison de communication du canal courant à un autre canal. Comme l'échec du handover est moins souhaitable que le rejet d'un nouvel appel, nous effectuons une étude mathématique poussée sur les différentes stratégies de priorité et non priorité des requêtes de handover sur les nouveaux appels dans le chapitre suivant.

## Chapitre III

### Modélisation mathématique

#### Introduction :

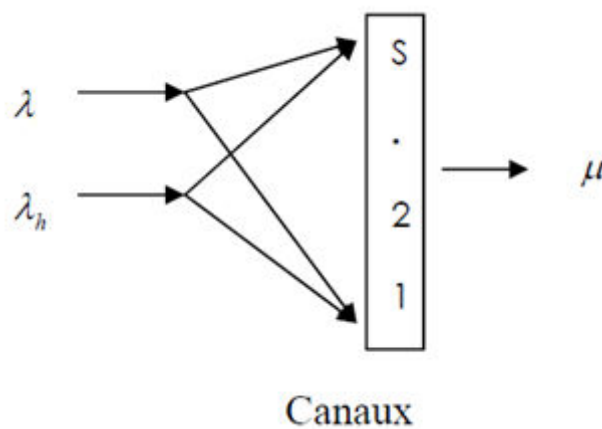
Dans le système mobile cellulaire, la terminaison forcée de l'appel est un évènement qui gêne les utilisateurs. Par conséquent, les concepteurs de système ont tendance à diminuer la probabilité d'avoir une terminaison forcée. Cette dernière est due à des erreurs de propagation et des échecs du Handover.

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 chapitre, on a fait une modélisation mathématique de plusieurs stratégies de priorité et non priorité.

#### III.1. Stratégie de non priorité « Non Prioritized Scheme NPS » :

##### III.1.1. Mécanisme :

Avec NPS, les appels handover sont traités de la même manière que les nouveaux appels comme illustre à la figure III.1. C'est pourquoi la probabilité de blocage des appels handover est égale à celle des nouveaux appels [15].



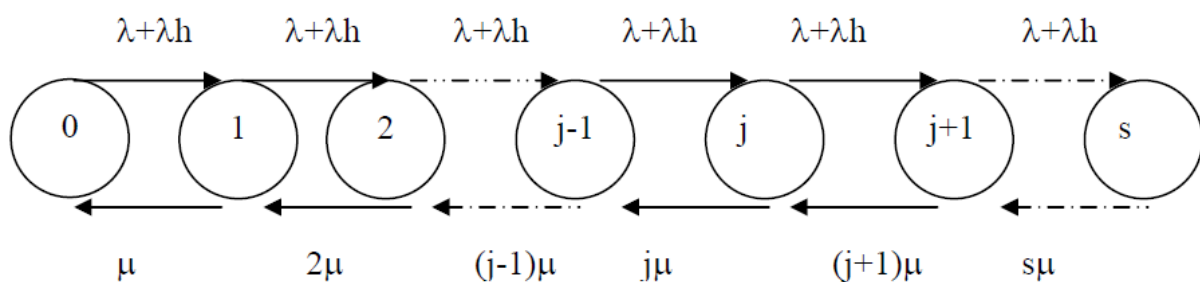
**Fig. III.1** : Processus d'arrivée des Requêtes pour NPS.

### III.1.2 Calcul analytique:

Dans tout ce qui suit, nous considérons que l'arrivée des nouveaux appels forme un processus de poisson avec une moyenne  $\lambda$ . L'intensité du processus de poisson des services est  $\mu$ . L'arrivée des requêtes handover forme un processus de poisson de moyenne  $\lambda h$ . 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 de 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. Donc le temps d'occupation du canal est le minimum de la durée de l'appel et du temps de séjour. 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 de handover. C'est la probabilité qu'un appel handover trouve tous les canaux occupés à son arrivée à la cellule voisine.

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



**Fig. III.2** : Diagramme d'état pour NPS.

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  $M/M/s/s$ . Soit  $P_j$  la probabilité de l'état  $j$ . On démontre que :

$$P_j = \frac{\left(\frac{\lambda + \lambda_h}{\mu}\right)^j}{j!} \bigg/ \sum_{K=1}^S \frac{\left(\frac{\lambda + \lambda_h}{\mu}\right)^K}{K!} \quad (\text{III.1})$$

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

$$P_b = P_h = P_S = \frac{\left(\frac{\lambda + \lambda_h}{\mu}\right)^S}{S!} \bigg/ \sum_{K=0}^S \frac{\left(\frac{\lambda + \lambda_h}{\mu}\right)^K}{K!} \quad (\text{III.2})$$

L'équation (III.2) est connue comme formule d'Erlang-B [16].

### III.2. Stratégie de priorité:

Plusieurs stratégies de priorité des appels handover sur les nouveaux appels ont été proposées dans les travaux de recherche. Ces stratégies réduisent l'échec du Handover tout en augmentant le blocage des nouveaux appels.

Nous distinguons entre quatre stratégies de priorité :

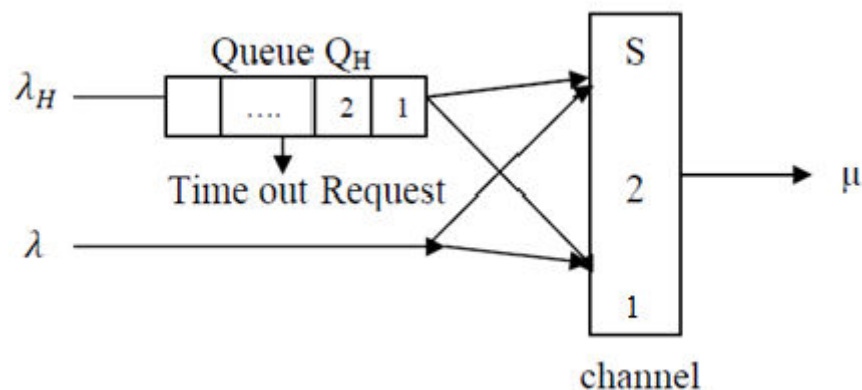
1. La Réserve des canaux de garde ou RCS (Reserved Channel Scheme).
2. La mise en queue des requêtes Handover.
3. La réserve des canaux de gardes avec la priorité du Handover
4. La mise en queue des nouveaux appels et du Handover et la réserve des canaux de gardes

Ces stratégies de priorité permettent d'améliorer les performances du réseau mobile contrairement au schéma standard connu sous le nom du "Non- Prioritized Scheme" ou NPS.

### III.2.1. Technique de mise en queue des requêtes de Handover (Queuing Priority Schemes) :

#### III.2.1.1. Mécanisme :

La technique de mise en queue des appels handover est une stratégie de priorité qui permet de réduire la probabilité de terminaison forcée des appels. Cette technique est basée sur l'existence de l'intervalle de dégradation pendant lequel la station mobile traverse la région du handover. Durant cet intervalle de dégradation, la qualité de la communication se dégrade avec le déplacement du mobile. La station mobile génère une requête handover et continue à être servie par la station de base courante. S'il n'y a pas de canaux libres dans la cellule voisine, la requête handover est insérée dans une file d'attente [11].



**Fig. III.3 :** la mise en queue des requêtes (handover et nouvel appel).

Avant d'étudier les performances de la technique de la mise en attente dans la queue des requêtes Handovers, commençons par évoquer les différentes disciplines de queue et les différentes méthodes d'allocation de canaux [13].

- **Allocation de type FCA « l'allocation fixe des canaux »**

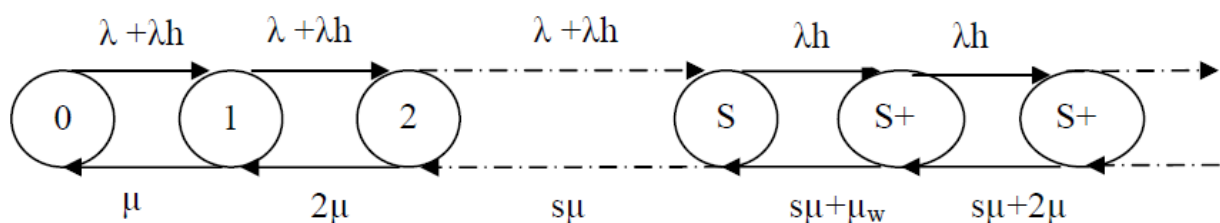
Un nombre de canaux est assigné en permanence à chaque cellule. Le même ensemble de canaux est assigné à une autre cellule à une distance  $D$ . La technique FCA implique que chaque appel est servi par un canal disponible appartenant à l'ensemble des canaux assignés à la cellule. Si on n'a pas de canaux 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 [17].

- **Disciplines de queue (FIFO) :**

Les requêtes handover peuvent être servies selon la discipline First-In-First-Out (FIFO). Ainsi, la requête handover servie est la première qui arrive à la file [11].

### III.2.1.2. Calcul analytique :

Nous allons définir l'état  $k$  ( $k = 0, 1, 2, \dots, \infty$ ) d'une cellule comme la somme des canaux utilisés dans la cellule et les requêtes de Handover dans la file d'attente, à partir de la supposition ci-dessus,  $k$  est une chaîne de Markov d'une seule dimension [13], le diagramme de transition d'état de la cellule est montré dans la figure (III.4).



**Fig. III.4 :** le diagramme d'état pour QPS.

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 :

$$\mu_w = 1/t_{wmax} \quad (\text{III.4})$$

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

Les nouveaux appels sont bloques si tous les canaux disponibles dans la cellule sont occupés [5].

Donc on obtient  $P_b$ :

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

On définit  $P_{b2/n}$  la probabilité d'échec du Handover à l'état  $n$ .

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

Donc  $P_h$  est égale à :

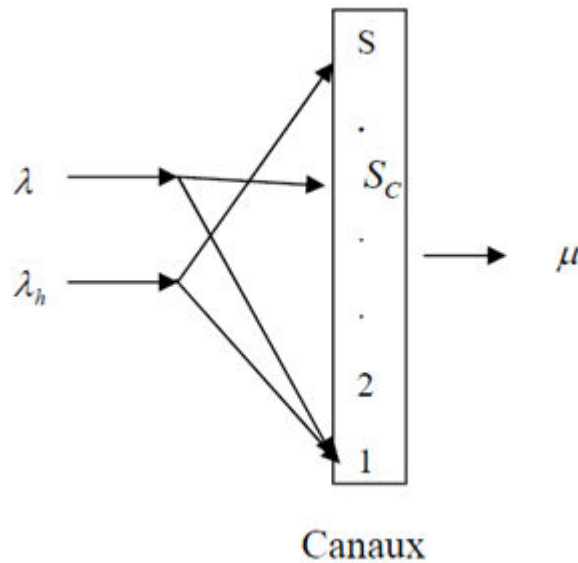
$$P_h = \sum_{n=S}^{\infty} P_{b2/n} P_n \quad (\text{III.8})$$

### III.2.2. La Réserve des canaux de garde ou RCS (Reserved Channel Scheme) :

#### III.2.2.1. Mécanisme :

La stratégie RCS est une méthode simple qui consiste à réserver des canaux pour les appels handover dans chaque cellule. Ainsi les canaux disponibles dans chaque cellule sont divisés en deux ensembles. Le premier ensemble de canaux est utilisé aussi bien par les nouveaux appels que par les appels handover. Le second ensemble de canaux est dédié aux appels handover. Ces canaux réservés sont appelés canaux de garde [11]. 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 [13].



**Fig. III.5 :** Processus d'arrivée des requêtes pour RCS.

### III.2.2.2. Calcul analytique:

Le diagramme d'état est décrit dans la figure ci-dessous [15]. 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  $n$ .

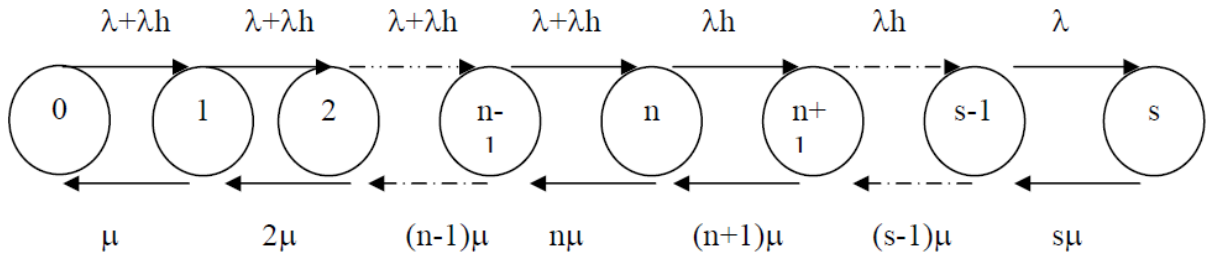
Soit  $P_j$  la probabilité d'état à l'état  $j$  ( $j$  serveurs occupés). Nous distinguons deux cas :

- $0 \leq j < n$  :

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  $\lambda_h$  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.



**Fig. III.6:** diagramme d'état pour RCS.

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

Où

$$\sum_j P_j = 1 \quad (\text{III.10})$$

D'où

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

Soit

$$a = \frac{\lambda + \lambda_h}{\mu}, \quad r = \frac{\lambda}{a\mu}$$

La probabilité de blocage des nouveaux appels est donnée par:

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

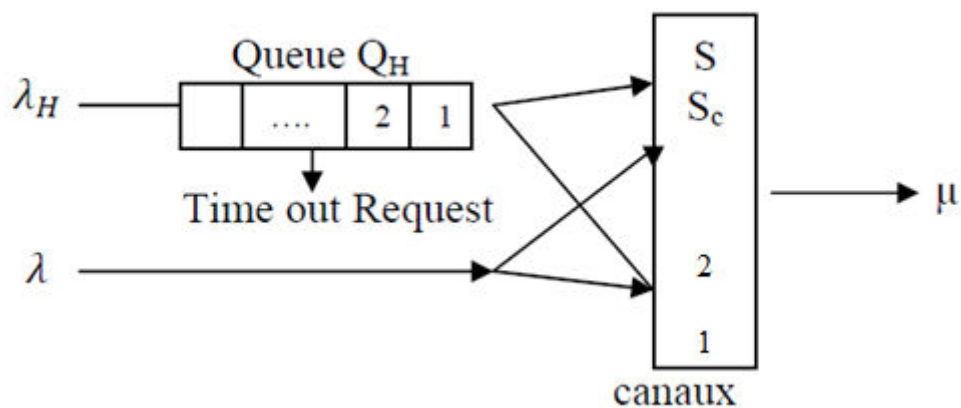
La probabilité de blocage du Handover est donnée par:

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

**III.2.3. La réservation des canaux de gardes avec la priorité du Handover :**

**III.2.3.1. Mécanisme :**

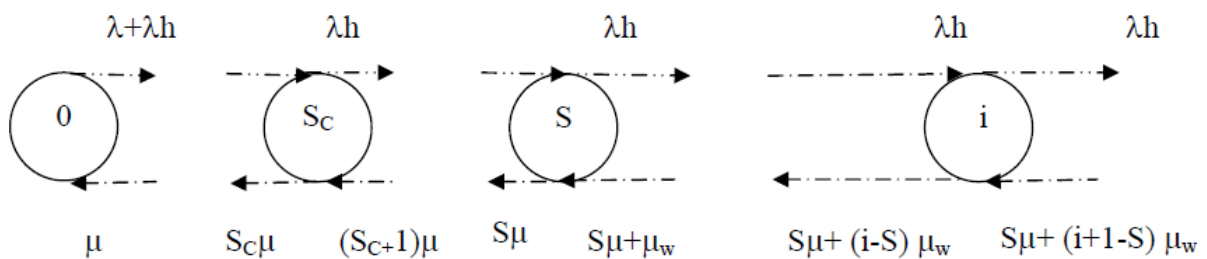
C'est une combinaison entre les deux techniques précédentes la mise en queue des requêtes du Handovers et la réservation des canaux de gardes réservés exclusivement pour les Handovers [18]. Le modèle du système est montré par le schéma III.7.



**Fig. III.7:** Processus d'arrivée des requêtes pour QPS+RCS.

**III.2.3.2. Calcul analytique :**

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



**Fig. III.8 :** Diagramme d'état.

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

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

Donc on obtient  $P(i)$  :

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

Où

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

La probabilité de blocage des nouveaux appels est :

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

La probabilité d'échec du Handover est :

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

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 :

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

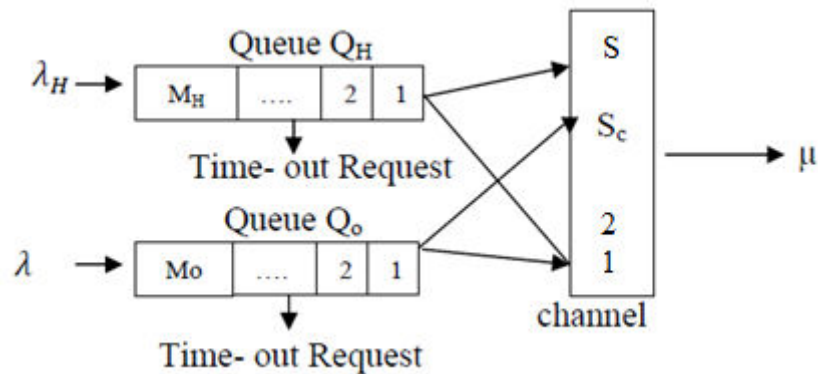
On peut dire que cet arrangement est équivalent au  $S_c = S$ .

### III.2.4. La mise en queue des nouveaux appels et du Handover et la réservation des canaux de gardes :

#### III.2.4.1. Mécanisme :

Nous considérons un système avec beaucoup de cellules [19], 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).

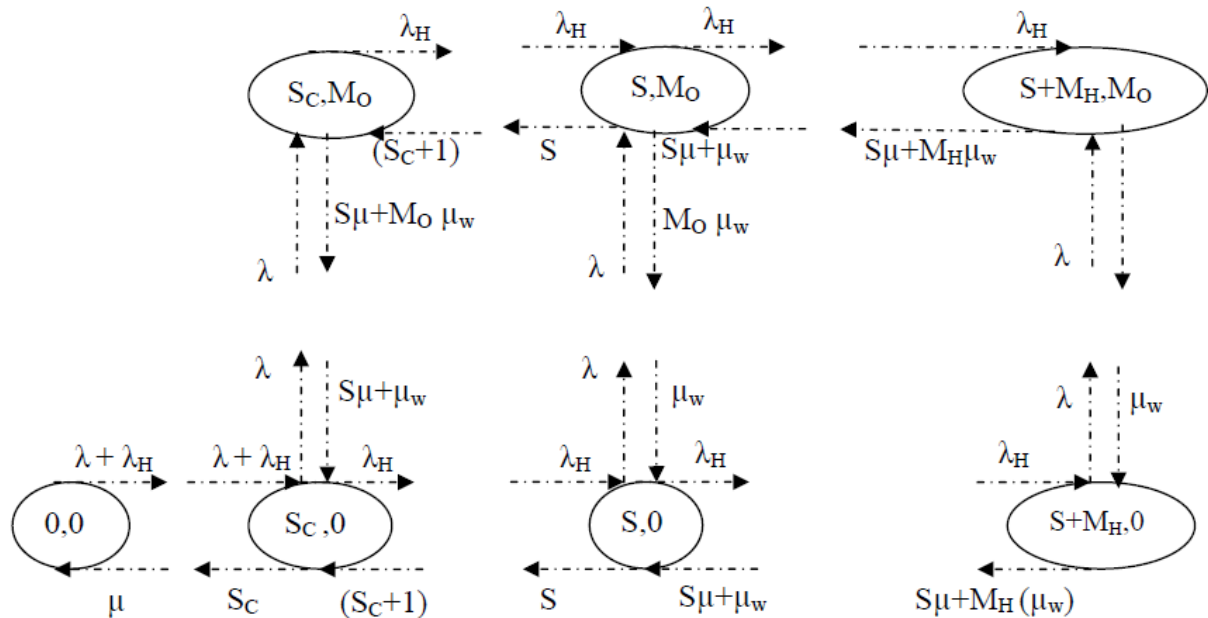


**Fig. III.9 :** Processus d'arrivée des requêtes pour QPS (h+N) +RCS (h).

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

### III.2.4.2. Calcul analytique :

Le diagramme de transition d'état est donné par la figure (III.10).



**Fig. III.10 :** le diagramme de transition d'état.

Un nouvel appel est bloqué si le nombre des canaux disponibles dans la cellule est inférieur ou égal à  $S - SC$ . 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:

$$P(i, 0) = \begin{cases} \frac{a^i}{i!} P(0,0) & 0 \leq i \leq S_c \\ \left(\frac{a}{b}\right)^{S_c} \frac{b^i}{i!} P(0,0) & S_c \leq i \leq S \\ \frac{\left(\frac{a}{b}\right)^{S_c}}{S!} \frac{b^i}{\prod_{j=1}^{i-S}(S+jh)} P(0,0) & S+1 \leq i \leq S+MH \end{cases} \quad (\text{III.20})$$

Où

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

$$P(0,0) = \left\{ \sum_{i=0}^{S_c} \frac{a^i}{i!} + \left(\frac{a}{b}\right)^{S_c} \sum_{i=S_c+1}^S \frac{b^i}{i!} + \frac{\left(\frac{a}{b}\right)^{S_c}}{S!} \sum_{i=S+1}^{S+MH} \frac{b^i}{\prod_{j=1}^{i-S}(S+jh)} \right\}^{-1} \quad (\text{III.21})$$

Et

$$\lambda_H = E[C] \mu_{c-dwell} = \mu_{c-dwell} \sum_{i=1}^S iP(i, 0) \quad (\text{III.22})$$

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

$$P_b = \sum_{i=S_c}^{S+MH} P(i, 0) = \left[ \frac{a^{S_c}}{S_c!} + \left(\frac{a}{b}\right)^{S_c} \sum_{i=S_c+1}^S \frac{b^i}{i!} + \frac{\left(\frac{a}{b}\right)^{S_c}}{S!} \sum_{i=S+1}^{S+MH} \frac{b^i}{\prod_{j=1}^{i-S}(S+jh)} \right] P(0,0) \quad (\text{III.23})$$

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

$$L_H = \sum_{i=S+1}^{S+MH} (i - S) P(i, 0) \quad (\text{III.24})$$

**Conclusion :**

Dans ce chapitre, on a vu une modélisation mathématique des différentes techniques qui sont déjà proposées. Ces méthodes concernent la gestion des requêtes de Handover pour les systèmes utilisant un seul type de trafic. Ces méthodes sont résumées dans les deux cas suivants :

- Une requête de Handover est servie sans priorité (Non Prioritized Scheme : NPS)
- Une requête de Handover est servie avec priorité par rapport aux nouveaux appels (Prioritized Scheme : PS).

Pour évaluer les performances de ces méthodes dans le but de la minimisation de probabilité d'échec du Handover, on fait une simulation de ces méthodes dans le chapitre suivant.

## Chapitre IV

### Résultats de la simulation

#### 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 de ce chapitre 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.1. 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 :

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

Avec :

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

$T_{orb}$  : La période d'orbite.

$R_e$  : Le rayon de la terre.

#### IV.2. 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  $-V_{\text{trk}}$  où  $V_{\text{trk}}$  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 origines)
  - $2R$  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  $V_{\text{trk}}$  (vitesse du satellite).

### IV.3. 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  $\lambda$ . L'arrivée des requêtes Handover forme un processus de poisson de moyenne  $\lambda_h$ .  $\lambda$  et  $\lambda_h$  sont reliés entre eux par la relation suivante :

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

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  $\mu = 0.67\text{mn}$  et le nombre des canaux  $S=10$  et la longueur de la file d'attente égale à  $\infty$ ,  $\mu_w = 0.7\text{mn}$ .

Les paramètres mesurés considérées sont:

- ✓  $Pb$  la probabilité de blocage des nouveaux appels.
- ✓  $Ph$  la probabilité d'échec du Handover.

#### IV.4. Stratégie de non priorité :

##### IV.4.1. Organigramme :

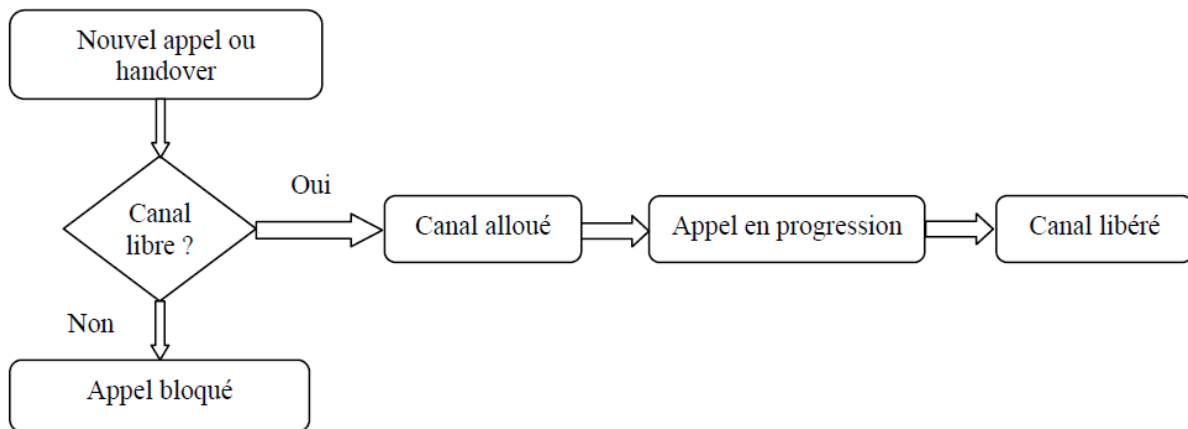


Fig. IV.1: L'organigramme de la stratégie de non priorité.

##### IV.4.2. Résultat de simulation :

La courbe obtenue montre 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).

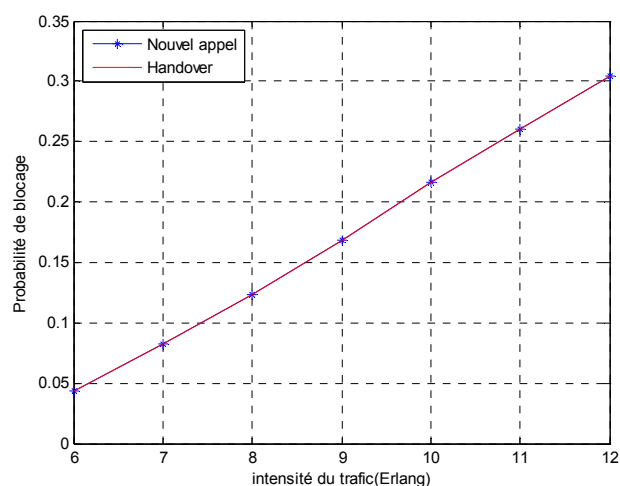
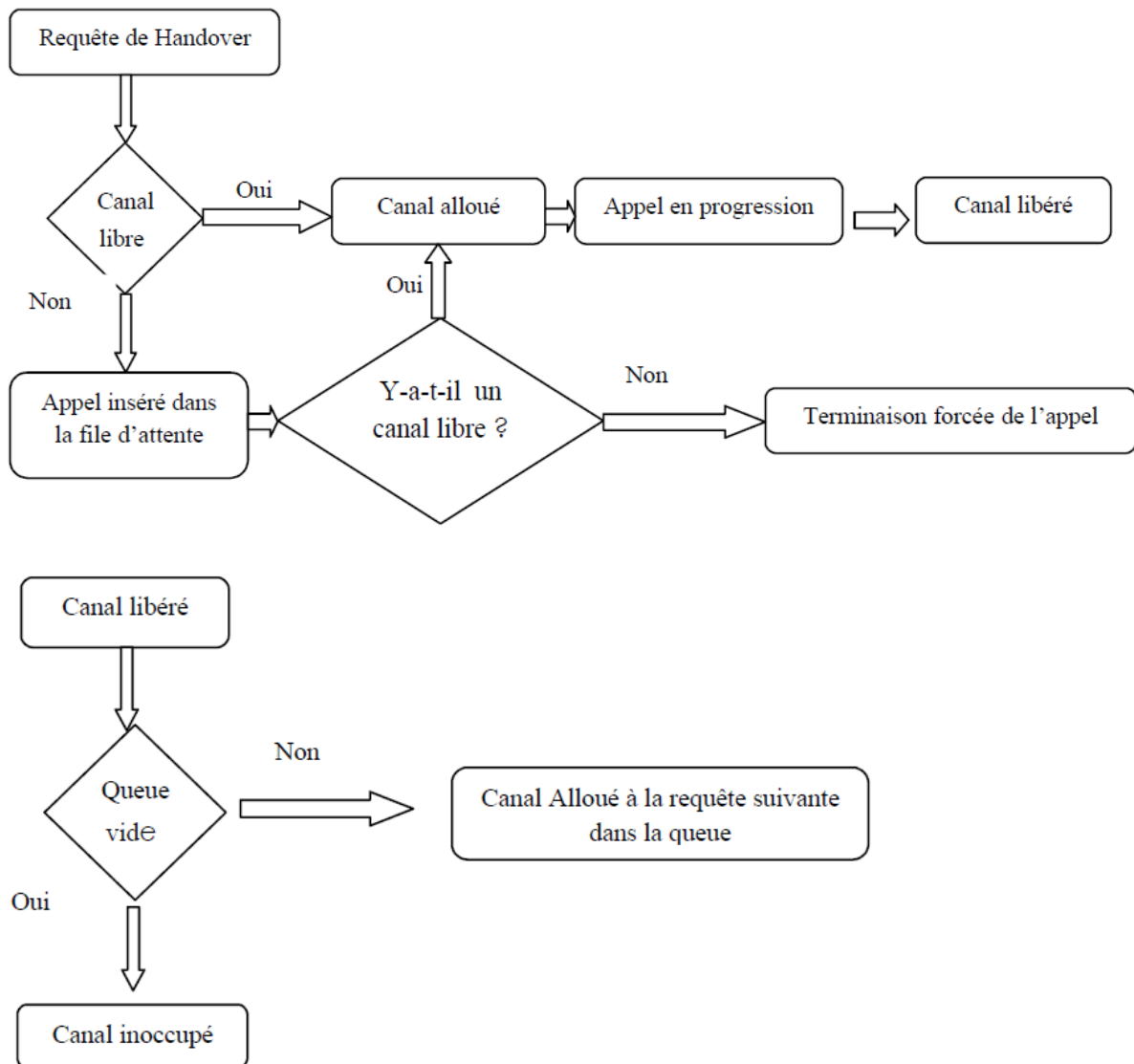


Fig. IV.2 : la probabilité de blocage des nouveaux appels et du Handover en fonction de trafic.

## IV.5. Stratégies de priorités :

### IV.5.1. La mise en queue des requêtes du Handover :

#### IV.5.1.1. Organigramme :

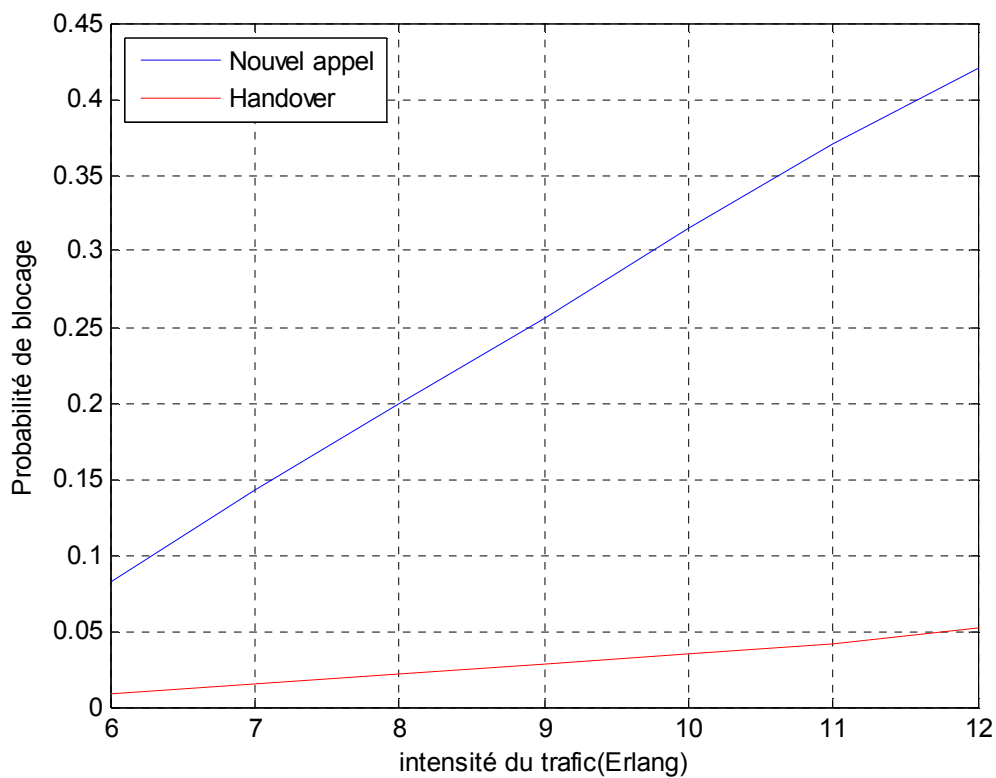


**Fig. IV.3:** L'organigramme de la stratégie de priorité « Technique de mise en queue les appels du Handover ».

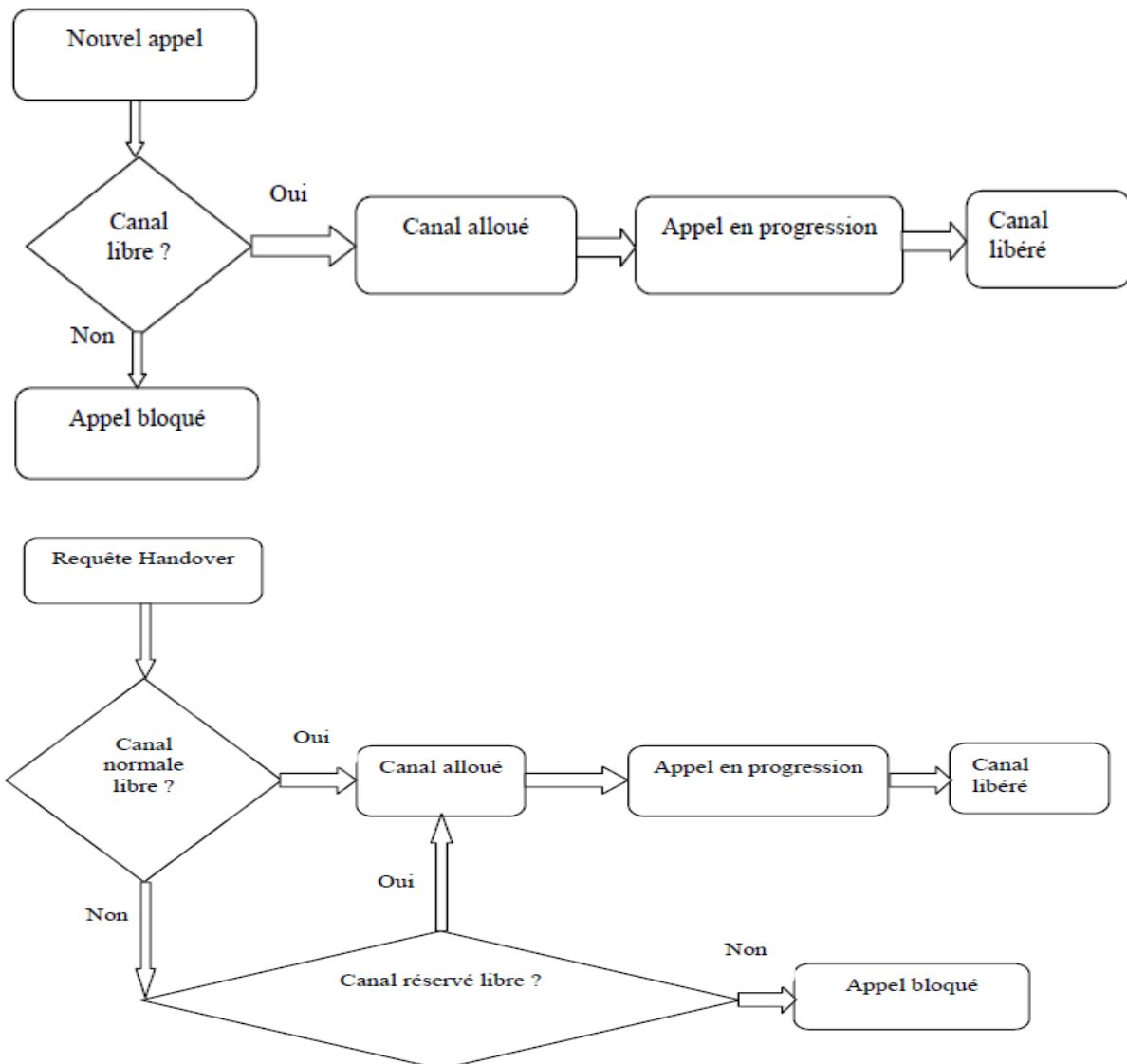
**IV.5.1.2. Résultat de simulation :**

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).



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

**IV.5.2. La Réserve des canaux de garde RCS :****IV.5.2.1. Organigramme :**

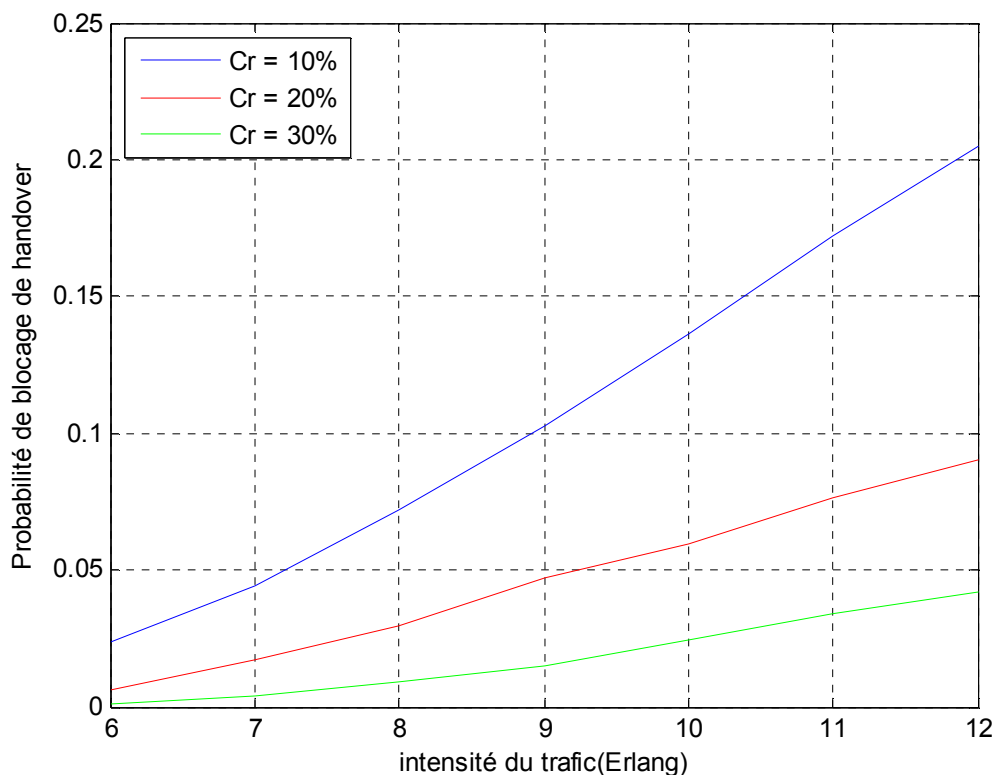
**Fig. IV.5:** L'organigramme de la stratégie de priorité « La réserve des canaux de gardes RCS ».

### IV.5.2.2. Résultat de simulation :

Soit  $Cr$  le rapport de canaux réservés sur le nombre total des canaux présente dans la cellule. La figure IV.6 présente la variation de la probabilité de blocage du Handover en fonction de trafic (Erlang).

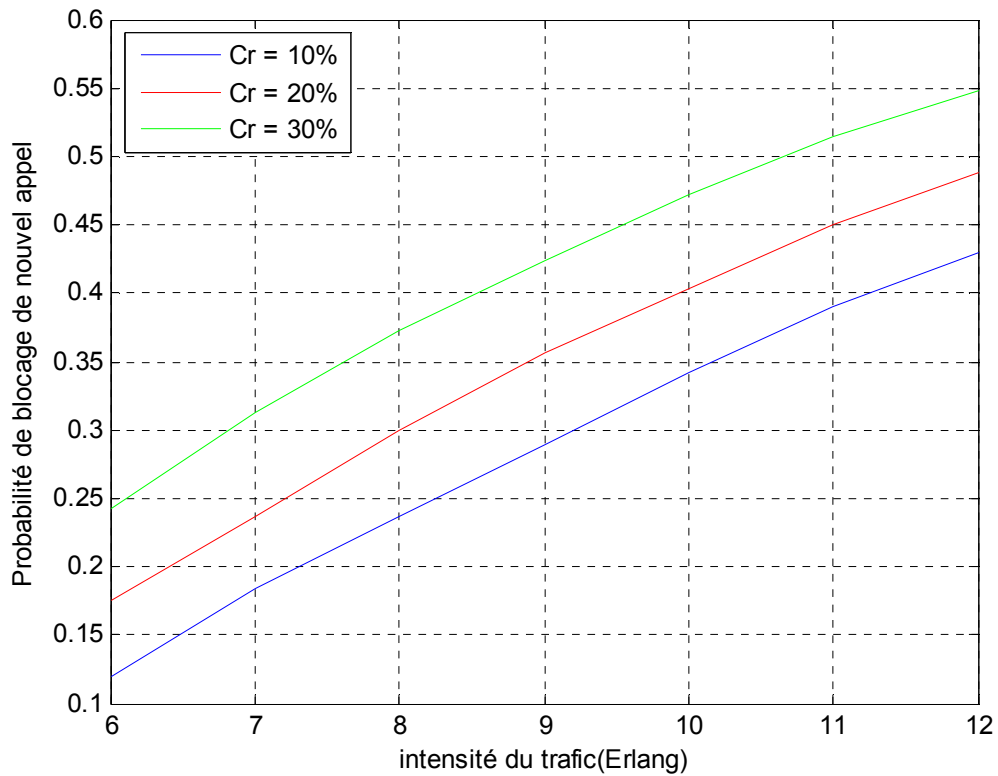
- Pour  $Cr$  est égal à 10%.
- Pour  $Cr$  est égal à 20%.
- Pour  $Cr$  est égal à 30%.

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.



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

La figure IV.7 présente la variation de la probabilité de blocage des nouveaux appels en fonction de trafic (Erlang).



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

### IV.5.3. La réservation des canaux de gardes avec la priorité du Handover :

#### IV.5.3.1. Organigramme :

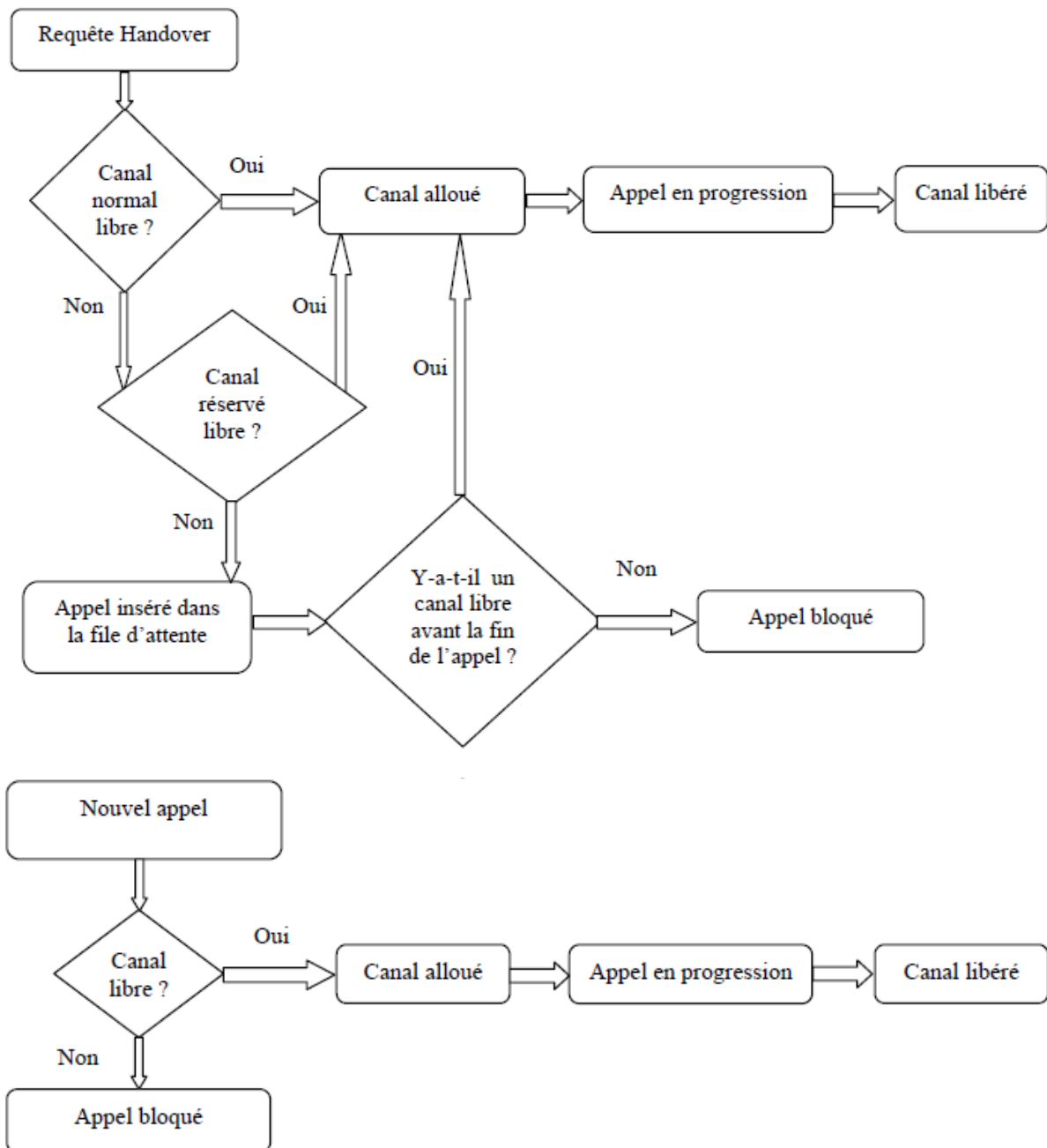


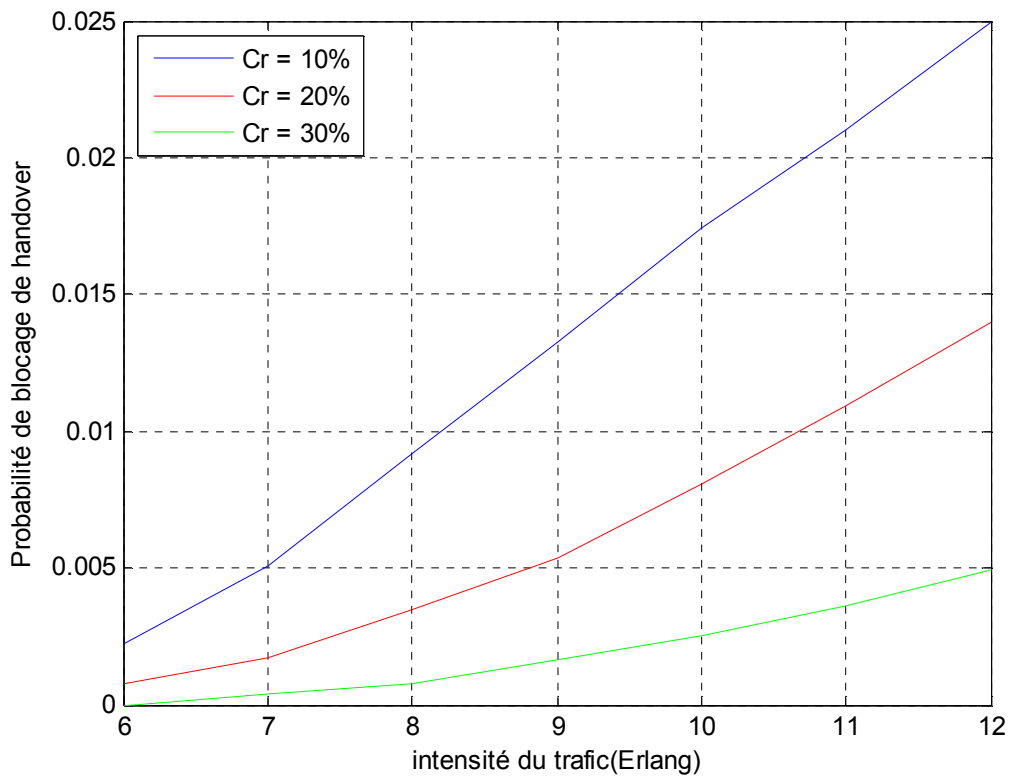
Fig. IV.8: L'organigramme de la stratégie de priorité« la réservation des canaux de gardes avec la priorité du Handover ».

### IV.5.3.2. 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.

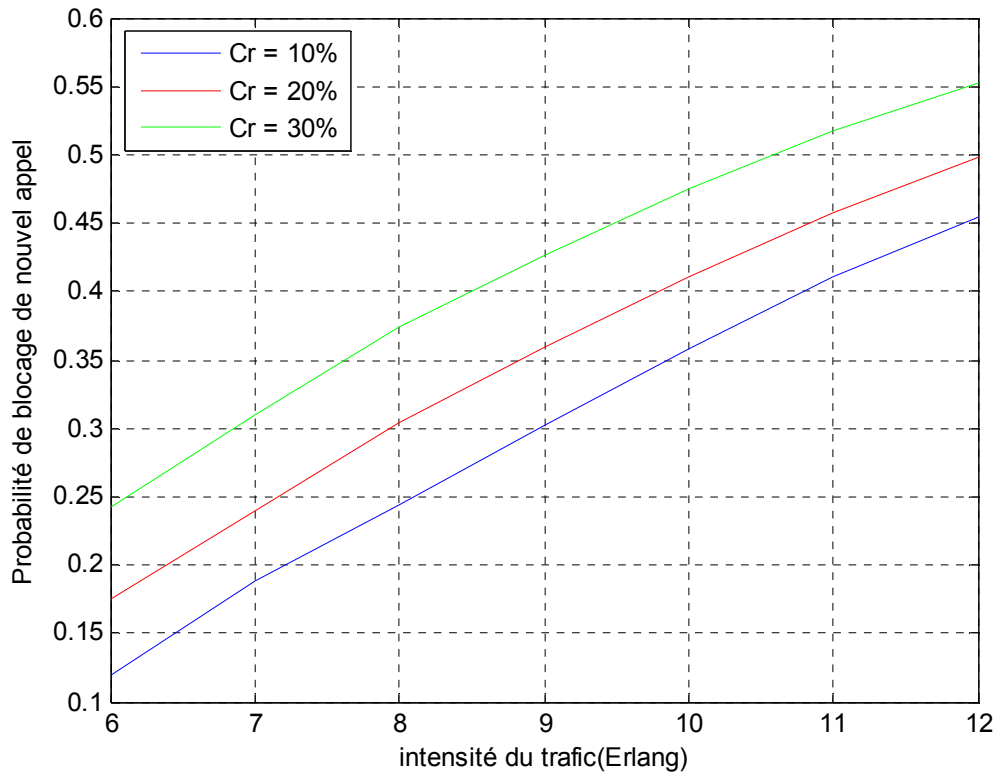
Lorsqu'on augmente le nombre des canaux de gardes la probabilité de blocage du Handover diminue et la probabilité de blocage des nouveaux appels augmente.

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



**Fig. IV.9 :** La probabilité de blocage du Handover en fonction de trafic(Erlang).

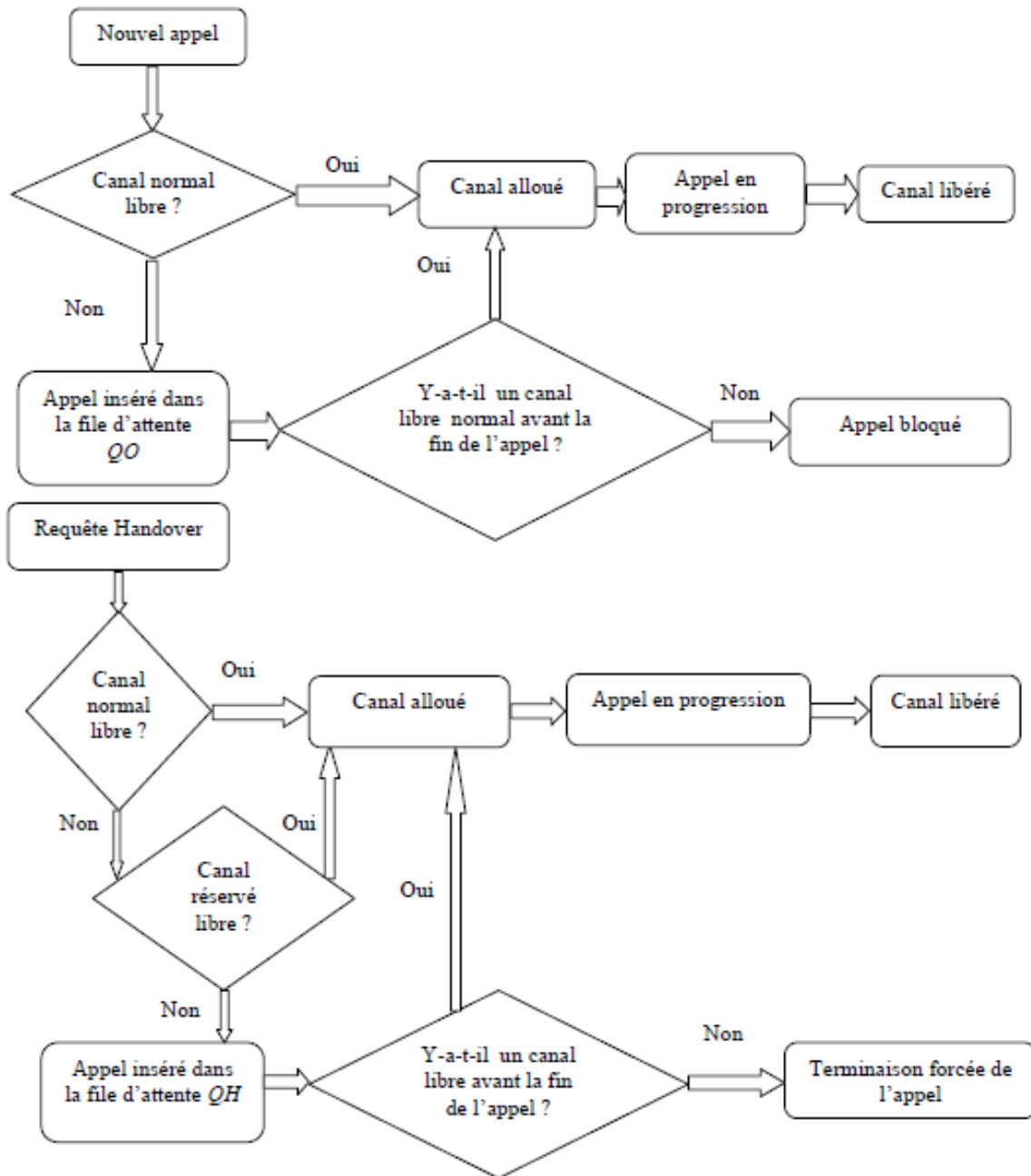
La figure IV.10 présente la variation de la probabilité de blocage des nouveaux appels suivant la variation du nombre des canaux de gardes.



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

**IV.5.4. La mise en queue des nouveaux appels et du Handover et la réservation des canaux de gardes :**

**IV.5.4.1. Organigramme :**

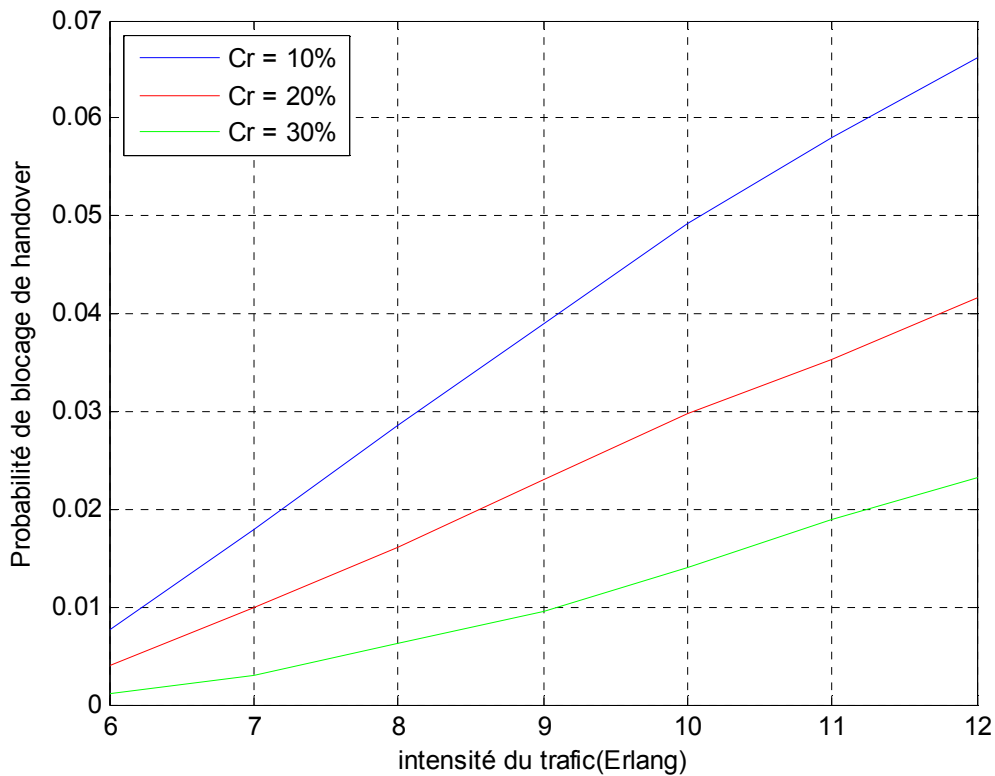


**Fig. IV.11:** L’organigramme de la stratégie de priorité« La mise en queue des nouveaux appels et du Handover et la réservation des canaux de gardes».

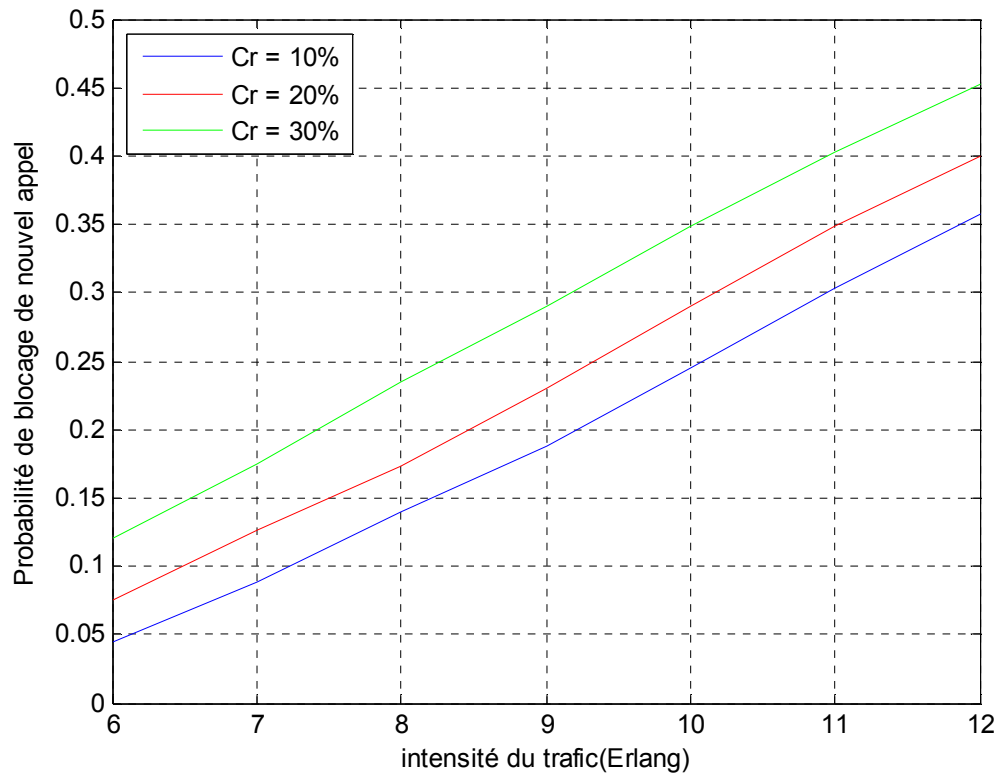
**IV.5.4.2. Résultat de simulation :**

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.



**Fig. IV.12:** La probabilité de blocage du Handover en fonction de trafic.



**Fig. IV.13 :** La probabilité de blocage des nouveaux appels en fonction de trafic.

## IV.6. Comparaison entre les différentes techniques :

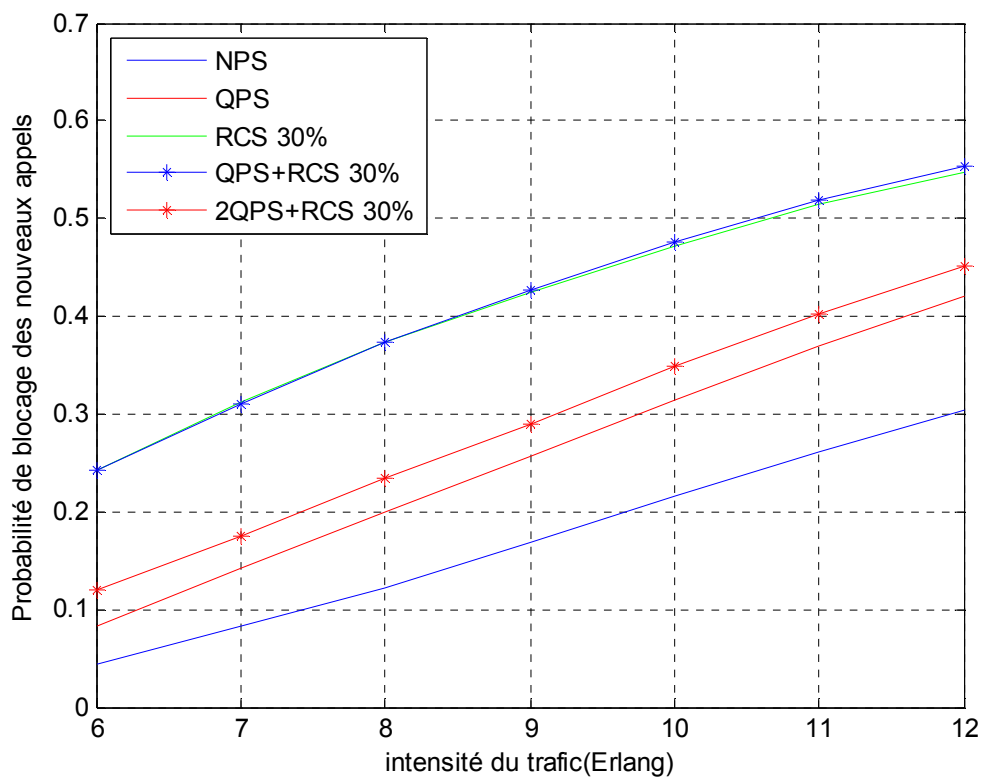
### IV.6.1. Discussion :

D'après les résultats obtenus, la figure IV.14 et la figure IV.15 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.16 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.



**Fig. IV.14 :** la probabilité de blocage des nouveaux appels en fonction de trafic (Erlang).

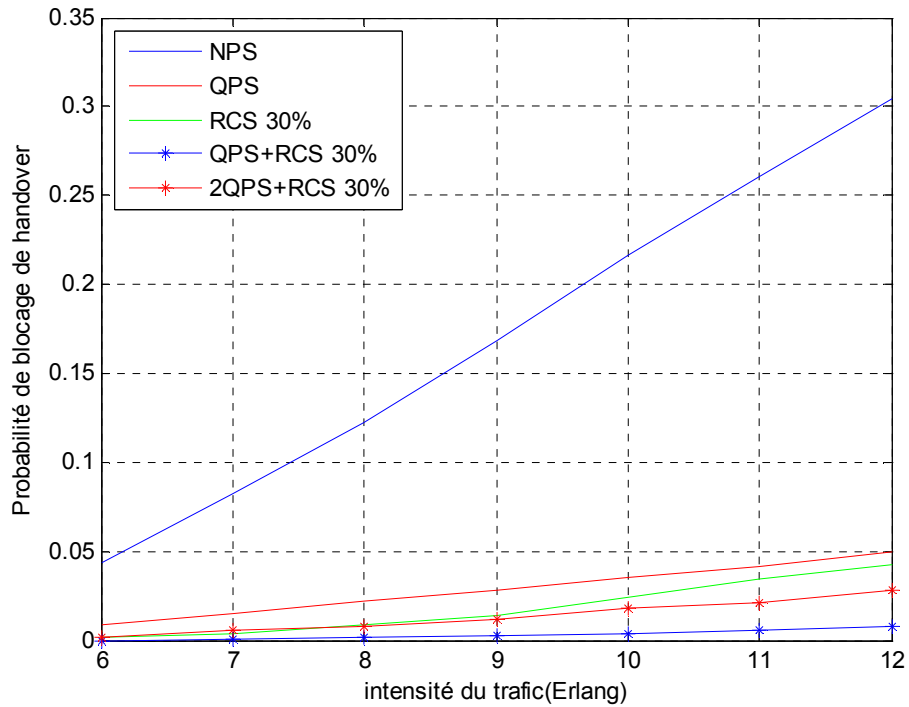


Fig. IV.15 : la probabilité de blocage du Handover en fonction de trafic (Erlang).

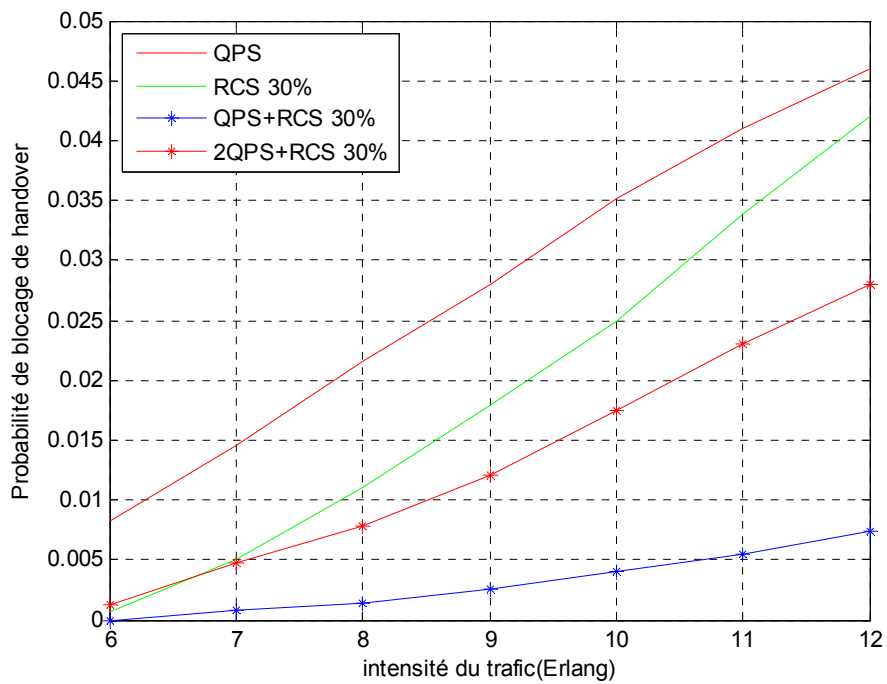


Fig. IV.16 : la probabilité de blocage du Handover en fonction de trafic (Erlang).

**Conclusion :**

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

Dans ce mémoire, 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 l'une des procédures critiques de la communication dans les réseaux satellites, la gestion de ce mécanisme doit être paramétrée de manière appropriée dans le but de maintenir la communication de ses utilisateurs, et donc de garantir un niveau acceptable de qualité 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.

La minimisation de probabilité d'échec du Handover était notre but dans cette thèse. Pour cela on a étudié les différentes techniques qui sont déjà proposées. Ces méthodes concernent la gestion des requêtes de Handover pour les systèmes utilisant un seul type de trafic (voix ou données).

Des résultats de simulation des différentes techniques ont été obtenus et comparés afin d'évaluer leurs performances. Certains paramètres qui définissent cette performance ont été pris en considération à savoir : La probabilité de blocage de nouveaux appels ( $P_b$ ), la probabilité d'échec du Handover ( $P_h$ ). Concernant la  $P_b$ , les résultats montrent que la valeur de ce paramètre varie d'une technique à l'autre. Par conséquent, elle devient importante pour les techniques utilisant les canaux de garde et

la file d'attente exclusivement pour le Handover (technique RCS et RCS+QPS), et diminue de façon significative pour la technique QPS. Cette diminution est améliorée dans le cas où on utilise une file d'attente pour les appels originaux (technique RCS(H)+QPS (H+N)).

Pour ce qui est de la Ph, les résultats obtenus montrent que la valeur de ce paramètre se minimise pour la technique RCS, cette minimisation s'améliore pour la technique (RCS+QPS). En outre, cette valeur augmente pour la technique RCS (H)+QPS (H+N)), et ne cesse d'augmenter pour la technique QPS.

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**

- [1] G. Maral, Jean J. Derider. “Basic Concepts of Low Earth Satellite Systems for Communications”. ENST Toulouse. France, Report 1991.
- [2] S. Senouci, “L’approche Multi-Agents pour le contrôle adaptatif d’une constellation de satellites ”, Laboratoire PRISM Université de Versailles 45, Av. des Etats-Unis 78035 Versailles Cedex – France.
- [3] A. Niculae, “Mécanismes d’optimisation multi-niveaux pour IP sur satellites de nouvelle génération”, Thèse doctorat, Université de Toulouse, France, 2009.
- [4] 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.
- [5] N. Hedjazi, “Optimisation du problème du Handover dans les constellations de satellites en orbites basses”, Mémoire de Magister en Electronique, Université de Batna, Algérie, 2009.
- [6] S. Fleury, “Rapport suite à l'exposé fait en cours de nouvelles technologies, Les satellites et la technologie VSAT”.Université de Mame-la-vailéo, 2003.
- [7] B. Allouche, S. Chabal, “ La communication de données par satellites”, Laboratoire d’Informatique et de Robotique et de Microélectronique de Montpellier, LIRMM, France, 2005.
- [8] A. Fodil, A. Remita, “Commande agile d’attitude d’un microsatellite par les actionneurs gyroscopiques”, Mémoire d’Ingénieur d’Etat En Automatique Ecole Nationale Polytechnique, Algérie, 2006.

- [9] A. Kinane, “Optimisation de la mise a poste d’une constellation de satellites”, Mémoire de magister, Université Mentouri Constantine, Algérie, 2006.
- [10] S. Nacouz, “Réseaux de Télécommunications”, stage de DEA, département Informatique et Réseaux de l’ENST, Paris, France, 2005.
- [11] S.Tohmé, R.Naja et L.Decreusefond, “Analyse quantitative de réseaux”, Master IRS, Mars 2006.
- [12] G. Pujolle, “Les réseaux ”, 5<sup>ième</sup> édition, Éditions Eyrolles, 61, bd Saint-Germain75240 Paris, France, septembre 2004.
- [13] M. Garah, “Minimisation de La Probabilité d'échec du Handover dans les Réseaux cellulaires mobiles”, Thèse Doctorat, Université de Batna, Algérie.
- [14] E. Sheriff, Y. Fun Hu, “Mobile Satellite Communication Networks ”, Both of University of Bradford, UK, 2001.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] R. Fantacci, and G. Giambene, “Efficient dynamic channel allocation techniques with handover queuing for mobile satellite networks,” *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol 13, no 2, Feb. 1995.

- [18] 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.
- [19] 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.

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE  
MASTER EN ELECTRONIQUE**

**Option:** Systèmes de Télécommunications Numériques

**Proposé et dirigé par :** Dr. M. GARAH

**Etudié par :** S. DJIDEL

**Thème : *Gestion de la mobilité radio dans une constellation de satellite à  
basse orbite (LEOs)***

**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, nous présentons l'étude de mécanisme de handover dans une constellation de satellite à basse orbite (LEO), dans le but de déterminer la probabilité d'échec de handover afin d'améliorer la qualité de service (QOS).

**Mots clés :**

Constellation de satellite (LEO), queue, requête de handover, probabilité de blocage, probabilité d'échec de handover.