



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abou bekr Belkaid – Tlemcen
Faculté de Technologie
Département de Génie Electrique et Electronique

Filière : Télécommunications

Projet de Fin d'Etudes

Master : Télécommunications

Option : Réseaux Mobiles et Services

Intitulé : Application de la théorie des jeux à l'optimisation
du fonctionnement Réseau-Client

Présenté par :

- Mehdid ikram
- Bouhafs hanene

Jury :

Président M^r R. MERZOUGUI

Encadrant M^r A. DJEMAI

Examineur M^r A. BENSALAH

Année Universitaire: 2012-2013



Remerciements

Nous remercions tout d'abord, Allah qui nous a donné la force et le courage de parvenir à élaborer ce modeste travail.

Nous adressons nos remerciements à Monsieur Merzougui .R président du jury à Monsieur Bensalah .A examinateur pour avoir accepté de juger notre travail ce qui pour nous fut un grand honneur.

Nous tenons aussi à remercier notre encadreur Monsieur Djemai .A à l'INTTIC et témoigner de toute notre reconnaissance pour son aide consistante, ses conseils judicieux, et pour ses remarques objectives et surtout pour sa gentillesse permanente.

Nous profitons de cette opportunité pour exprimer notre gratitude à tous nos enseignants qui ont contribué par leurs collaborations, disponibilité et sympathie durant toute notre formation.

M^{elle} Mehdié ikram

M^{elle} Bouhafis hanene



Dédicace



A l'aide de dieu la tout puissant, nous avons pu achever ce travail

que je dédié avec toutes mon affection :

A mes chers parents, en témoignage de l'amour, de respect

et de gratitude que je leur porte et en reconnaissance

pour tous les sacrifices consentis sans la quels je ne serait jamais

arrivé à cette consécration

A mes sœurs et mes frères.

A tout mes amies.

A mon encadreur M^r Djmai Abderzzak et sa famille

je vous souhaite le bonheur

A tous ma promotion

Ikrām



Dédicace

Je dédie ce travail à mon cher père et ma très cher mère, pour leur soutien et tous les efforts qu'on ma donnée le long de mon parcours et je leurs souhaite bonne santé et longue vie.

*Je dédie ce travail aussi à mes très chers frères :
Kamel et sa femme, Mouaad et abderrahmane,
et mes très chers sœurs :
Amina, Warda et Najet.*

A ma tres chers grand mere hadja Warda, mon oncle Mohamed Amin et sa petite famille qui ont tous contribué par leurs encouragements ce travail.

*À mes très chers amies : C.Amina, H.Djawhar, B.Souad, Saliha,
B.Siham, Nadia, Kalthouma, Houria, Siham,
Latifa, Amina, B.Rabiha, A.Saliha
A tous ceux que j'aime et qui m'aiment
et à toute la promotion RMS sans exception.*

Bouhafs HANENE

Table des matières

Introduction générale.....	1
<u>Chapitre I : Réseaux cellulaires d'opérateurs</u>	
I.1 Introduction.....	2
I.2 Réseaux cellulaires d'opérateurs :.....	2
I.3 Exemples de réseaux cellulaires d'opérateurs:.....	2
I.3.1 GSM :.....	2
I.3.1.1 Introduction aux réseaux GSM :.....	2
I.3.1.2 Les équipements d'un réseau GSM :.....	3
I.3.1.3 Architecture du réseau :.....	3
I.3.1.3.1 Le sous-système radio :.....	4
I.3.1.3.2 Le sous-système réseau :.....	6
I.3.1.3.3 Le centre d'exploitation et de maintenance :.....	8
I.3.1.4 L'acheminement des appels entre le réseau fixe et le réseau GSM :.....	8
I.3.1.5 Présentation des interfaces :.....	9
I.3.1.6 Le HANOVER dans le GSM :.....	10
I.3.1.6.1 Le Hard HANOVER:	10
I.3.1.6.2 Seamless HANOVER:	11
I.3.1.6.3 Soft HANOVER:	11
I.3.2 L'UMTS:	12
I.3.2.1 Introduction :.....	12
I.3.2.2 Objectifs de L'UMTS.....	13
I.3.2.3 Architecture de l'UMTS.....	14
I.3.2.3.1 Le réseau cœur « Core Network (CN) » :.....	15
I.3.2.3.2 Le réseau d'accès « Radio Access Network (RAN) » :.....	16
I.3.2.3.3 USER Equipment (UE) :.....	18
I.3.2.4 Caractéristiques d'un système UMTS:.....	19
I.3.2.4.1 L'organisation fréquentielle :	20
I.3.2.4.2 Organisation temporelle	21
I.3.2.4.3 L'étalement de spectre :.....	21
I.3.2.5 Techniques d'accès :.....	21
I.3.2.5.1 Accès multiple à répartition fréquentielle (AMRF, FDMA) :.....	22
I.3.2.5.2 Accès multiple à répartition dans le temps (AMRT, TDMA) :.....	22
I.3.2.5.3 Accès multiple à répartition par code (AMRC, CDMA) :.....	23
I.3.2.6 Le Handovers :.....	24
I.4 conclusion :.....	25
<u>Chapitre 2 La théorie des jeux</u>	
II.1 Introduction:.....	26
II.2 Jeux non coopératifs et coopératifs.....	28
II.3 Quelques champs d'application.....	28
II.4 Présentation générale.....	29
II.5 Classification des jeux.....	30
II.6 Formalisme.....	31

Table des matières

II.7 Le concept d'équilibre.....	33
II.8. Notion de stratégie	33
II.9 Les équilibres du jeu.....	34
II.10 Le concept d'équilibre	34
II.10.1 Résolution des jeux par élimination des stratégies dominées	35
II.10.1.1 Définition (Stratégie dominante).....	35
II.10.1.2 Définition 1.....	35
II.10.1.3 Définition 2.....	37
II.10.1.4 Définition 3.....	37
II.10.2 Equilibre de Nash	37
II.10.2.1 Définition 4	37
II.10.3 Equilibre de Nash en stratégie mixte	38
II.10.3.1 Définition 5	38
II.10.3.2 Théorème [Nash, 1950]	38
II.11 Conclusion :.....	40
<u>Chapitre III : Modélisation du jeu réseau- client par la théorie des jeux</u>	
III.1 Introduction	41
III.2 Scénario	41
III.3 Formalisme mathématique des gains.....	42
III.4 Application sur Matlab	44
III.5 Conclusion	49
Conclusion générale.....	50

INTRODUCTION GENERALE

Le réseau cellulaire se situe à l'heure actuelle comme le système observant la plus forte croissance du nombre d'abonnés profitant de ses services. Ainsi, la garantie d'une qualité de service acceptable devient une nécessité à réaliser. L'opérateur des télécommunications cellulaires doit maintenir une qualité de service satisfaisante, pour ne pas perdre ses clients et aussi attirer d'autres abonnés (élévation d'abonnés) dont le but de réaliser et maximiser ses gains. Contre face le client, veut toujours une bonne qualité de service mais avec un coût moins cher, c'est-à-dire lui aussi cherche à profiter et maximiser ses gains. Donc, on a deux joueurs concurrents où chacun d'entre eux veut gagner et maximiser ses gains. La satisfaction de ces concurrents nécessite l'établissement d'un compromis, autrement dit, on doit trouver un point optimum qui se comporte comme la meilleure solution pour les deux. Pour réaliser ce but, on doit fait appel à la théorie des jeux pour la modélisation de cette situation de compétition.

Cette théorie est la discipline mathématique qui étudie les situations où le sort de chaque participant dépend non seulement des décisions qu'il prend mais également des décisions prises par d'autres participants. En conséquence, le choix "optimal" pour un participant dépend généralement de ce que font les autres. Parce que chacun n'est pas totalement maître de son sort, on dit que les participants se trouvent en situation d'interaction stratégique.

La théorie des jeux en tant que discipline est couramment répertoriée comme une branche des mathématiques appliquées. Elle est tout indiquée, et employée, dans des domaines variés allant de l'économie, la biologie, les relations internationales.

Les problèmes étudiés dans le cadre de la théorie des jeux sont des objets mathématiques bien définis. Un jeu comprend un ensemble de joueurs ayant chacun un ensemble d'actions possibles et une fonction de gain à valeur pour chaque combinaison possible d'actions. Il y a de nombreuses catégories de jeux.

Le premier chapitre sera consacré à la description des réseaux cellulaires d'opérateurs, GSM (2G) et UMTS (3G).

Le second chapitre sera réservé à l'étude de la théorie des jeux. En premier temps, nous avons présenté quelques champs d'applications importants de la théorie des jeux qui l'ont influencée. De toutes les disciplines qui y font appel, la biologie est sans doute celle qui a apporté le plus de modifications conceptuelles à la théorie des jeux (nombreuses discussions sur le bien-être ou l'utilité, théorie des jeux évolutionnaires, notion de fitness (adaptation à l'environnement) et de stratégie évolutionnaire ment stable). Dans la seconde partie nous avons mentionné plusieurs notions de base comme les jeux coopératifs, qui sont en général représentés à l'aide d'une fonction caractéristique et les jeux non-coopératifs en forme normale. Finalement nous avons introduit ce qu'est un équilibre au sens de Nash.

La phase de l'implémentation de la théorie des jeux à l'optimisation du jeu représenté par sa forme stratégique et l'interprétation des résultats est décrite au niveau du troisième chapitre.

I.1 Introduction :

Les réseaux cellulaires analogiques ont été communément appelés « systèmes de première génération ». Quant aux réseaux numériques utilisés à l'heure actuelle, comme le GSM, le PDC (Personal Digital Cellular), le CDMA-One (IS-95) et l'US-TDMA (IS-36), ils sont regroupés sous l'appellation de « systèmes de deuxième génération ». Ces systèmes ont permis aux communications vocales de s'affranchir de la traditionnelle paire de cuivre et de gérer efficacement la mobilité de leurs utilisateurs. Ces derniers ont pu progressivement découvrir les avantages de nouveaux services, comme les messages courts et l'accès aux réseaux de données.

Les systèmes dits de « troisième génération » ont été conçus pour les communications multimédia comme l'UMTS. Avec ces nouveaux systèmes, les communications pourront être enrichies d'image et de vidéo de grande qualité. L'accès aux informations et aux services, que ce soit sur des réseaux publics ou privés, sera facilité par des débits nettement supérieurs et des fonctionnalités avancées.

I.2 Réseaux cellulaires d'opérateurs :

Un opérateur de réseau mobile est une compagnie de télécommunication qui propose des services de téléphonie mobile ou d'accès mobile à Internet. L'opérateur fournit une carte SIM au client qui l'insère dans son téléphone mobile ou sa tablette tactile pour avoir accès au réseau cellulaire de l'opérateur (normes : GSM, CDMA, UMTS, WiMAX ou LTE).

L'opérateur de réseau mobile est également chargé, du marketing, de la commercialisation, de la facturation et de l'assistance à sa clientèle ; toutefois, un opérateur peut externaliser n'importe laquelle de ces fonctions et être encore considéré comme un opérateur de réseau mobile.

I.3 Exemples de réseaux cellulaires d'opérateurs:

I.3.1 GSM :

I.3.1.1 Introduction aux réseaux GSM :

Dix huit ans depuis sa première installation et jusqu' à aujourd'hui, et malgré ça, il a resté populaire, plus de 450 opérateurs et 800 millions abonnés.

GSM, un système cellulaire a été installé en 1991 comme un système de communication numérique sous la norme (2G), il fournit à ses abonnés l'accessibilité, la rapidité et la flexibilité. [1]

GSM (Global System for Mobile communications) très largement utilisé, et la première norme de téléphonie cellulaire qui soit pleinement numérique. C'est la référence mondiale pour les systèmes radio mobiles. Avec plus de 400 millions d'utilisateurs à la fin de l'année 2000 dans le monde, soit la moitié du nombre total d'utilisateurs de téléphonie mobile, Le réseau GSM offre à ses abonnés des services qui permettent la communication de stations mobiles de bout en bout à travers le réseau.[2]

I.3.1.2 Les équipements d'un réseau GSM :

On décrit rapidement les différents composants du réseau GSM dans le tableau I.1.

Nom	Signification	Fonction
BTS	Base Transceiver (Radio) Station	Station de base réceptionnant les appels entrant et sortant de ME.
BSC	Base Station Controller	Contrôleur des stations de base
MSC	Mobile Switching Center	Commutateur de réseau
HLR	Home Location Register	Base de données sur l'identité et la location des abonnés
AUC	Authentification Center	Centre d'authentification des terminaux sur le réseau
VLR	Visitor Location Register	Base de données sur les visiteurs du réseau
OMC	Opération and Maintenance Center	Centre d'exploitation et de maintenance du réseau de l'opérateur.
ME	Mobile Equipment	Terminal de l'abonné.
SIM	Subscriber Identity Module	Carte SIM identifiant l'abonné sur un réseau défini.

Tableau I.1: les différents composants du réseau GSM

I.3.1.3 Architecture du réseau :

L'architecture d'un réseau GSM peut être divisée en trois sous-systèmes :

1. Le sous-système radio contenant la station mobile, la station de base et son contrôleur.
2. Le sous-système réseau ou d'acheminement.
3. Le sous-système opérationnel ou d'exploitation et de maintenance.[3]

Les éléments de l'architecture d'un réseau GSM sont repris sur la figure I.1.

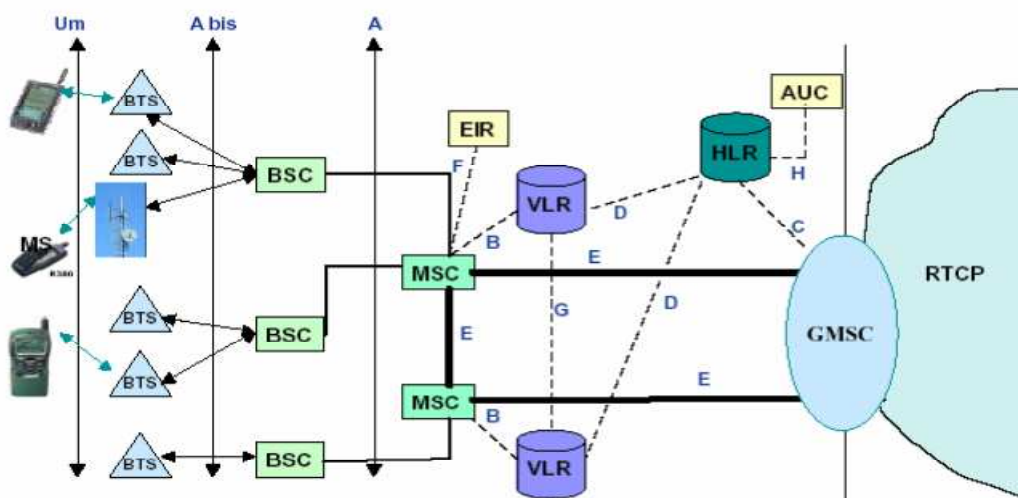


Figure I.1 : L'architecture et les interfaces du réseau GSM.

	GSM	DCS-1800
Bande de fréquences (↑)	890, 2_ 915 [MHz]	1710_ 1785 [MHz]
Bande de fréquences (↓)	935, 2_ 960 [MHz]	1805_ 1880 [MHz]
Nombre d'intervalles de temps par trame TDMA	8	8
Débit total par canal	271 [kb=s]	271 [kb=s]
Débit de la parole	13 [Kb/s]	13 [Kb/s]
Débit maximal de données	12 [kb=s]	12 [kb=s]
Technique de multiplexage	Multiplexage fréquentiel et temporel	Multiplexage fréquentiel et temporel
Rayon de cellules	0, 3 à 30 [km]	0, 3 à 30 [km]
Puissance des terminaux	2 à 8 [W]	0,25 et 1 [W]
Sensibilité des terminaux	-102 [dB]	
Sensibilité de la station de base	-102 [dB]	

Tableau I.2 : Comparaison des systèmes GSM et DCS-1800.

I.3.1.3.1 Le sous-système radio :

Le sous-système radio gère la transmission radio. Il est constitué de plusieurs entités dont le mobile, la station de base (BTS, Base Transceiver Station) et un contrôleur de station de base (BSC, Base Station Controller).[3]

a. Le mobile :

Le téléphone et la carte SIM (Subscriber Identity Module) sont les deux seuls éléments auxquels un utilisateur a directement accès. Ces deux éléments suffisent à réaliser l'ensemble des fonctionnalités nécessaires à la transmission et à la gestion des déplacements.

La principale fonction de la carte SIM est de contenir et de gérer une série d'informations. Elle se comporte donc comme une mini-base de données dont les principaux champs sont fournis dans le tableau I.3.

Paramètres	Commentaires
Données administratives	
PIN/PIN2	Mot de passe demandé à chaque connexion
PUK/PUK2	Code pour débloquer une carte
Langage	Langue choisie par l'utilisateur
Données liées à la sécurité	
Clé Ki	Valeur unique, connue de la seule carte SIM et du HLR
CKSN	Séquence de chiffrement
Données relatives à l'utilisateur	
IMSI	Numéro international de l'abonné
MSISDN	Numéro d'appel d'un téléphone GSM
Données de roaming	
TMSI	Numéro attribué temporairement par le réseau à un abonné
Location updating status	Indique si une mise à jour de la localisation est nécessaire
Données relatives au réseau	
Mobile Country Code (MCC), Mobile Network Code (MNC), etc.	Identifiants du réseau mobile de l'abonné
Numéros de fréquence absolus	Fréquences utilisées par le PLMN

Tableau I.3 : *Liste partielle des informations contenues dans une carte SIM*

L'identification d'un mobile s'effectue exclusivement au moyen de la carte SIM. En effet, elle contient des données spécifiques comme le code PIN (Personal Identification Number) et d'autres caractéristiques de l'abonné, de l'environnement radio et de l'environnement de l'utilisateur.

L'identification d'un utilisateur est réalisée par un numéro unique (IMSI, International Mobile Subscriber Identity) différent du numéro de téléphone connu de l'utilisateur (MSISDN, Mobile Station ISDN Number), tous deux étant incrustés dans la carte SIM.[5]

b. La station de base (BTS) :

La BTS a pour fonction la gestion des transmissions radios (modulation, démodulation, égalisation, codage et correcteur d'erreurs), elle gère la couche physique des réseaux, aussi l'exploitation des données recueillies par la BTS est réalisée par le BSC.

La BTS gère la couche de liaison de données pour l'échange de signalisation entre les mobiles et l'infrastructure réseau de l'opérateur.

La BTS gère ensuite la liaison de donnée avec le BSC. La capacité maximale d'une BTS est de 16 porteuses. Ainsi une BTS peut gérer au maximum une centaine de communications simultanées. On distingue deux types de BTS :

- Les BTS dites « normales » : sont des les stations de base classiques utilisées dans les systèmes cellulaires avec des équipements complètement installés dans des locaux techniques et des antennes sur les toits.
- Les micro-BTS : sont utilisées pour couvrir les zones urbaines denses avec des micros cellules. Il s'agit d'équipements de petite taille, de faible coût qui permettent de mieux couvrir un réseau dense comme le quartier d'une ville à forte affluence.

Le rayon d'une cellule varie entre 200m en milieu urbain et 30km en milieu rural. Une cellule est au minimum couverte par la triangulation de trois BTS. L'exploitation de cette dernière se fait soit en local soit par télécommande à travers de son contrôleur de station BSC.[6]

c. Le contrôleur de station de base (BSC) :

Le BSC est l'organe intelligent du sous système radio. Le contrôleur de stations de base gère une ou plusieurs stations et remplit différentes fonctions de communication et d'exploitation.

Pour le trafic abonné venant des BTS, le BSC joue un rôle de concentrateur. Il a un rôle de relais pour les alarmes et les statiques émanent des BTS vers le centre d'exploitation et de maintenance.

Pour le trafic issu du concentrateur, le BSC joue le rôle d'aiguilleur vers la station de base destinataire. Le BSC est une banque de données pour la version logicielle et les données de configuration téléchargées par l'opérateur sur les BTS.

Le BSC pilote enfin les transferts entre deux cellules ; il avise d'une part la nouvelle BTS qui va prendre en charge l'abonné « mobile » tout en informant le back end system, ici le HLR de la nouvelle localisation de l'abonné.

Les BTS sont contactés par le centre de maintenance et d'exploitation par le biais des BSC qui jouent le rôle des relais. [6]

I.3.1.3.2 Le sous-système réseau :

Le sous-système réseau, appelé Network Switching sub-system (NSS), joue un rôle essentiel dans un réseau mobile. Alors que le sous-réseau radio gère l'accès radio, les éléments du NSS prennent en charge toutes les fonctions de contrôle et d'analyse d'informations contenues dans des bases de données nécessaires à l'établissement de connexions utilisant une ou plusieurs des fonctions suivantes : chiffrement, authentification ou roaming.[3]

Le NSS est constitué de :

- Mobile Switching Center (MSC)
- Home Location Register (HLR) / Authentication Center (AuC)
- Visitor Location Register (VLR)
- Equipment Identity Register (EIR)

a. Le centre de commutation mobile (MSC) :

Le centre de commutation mobile est relié au sous-système radio via l'interface A. Son rôle principal est d'assurer la commutation entre les abonnés du réseau mobile et ceux du réseau commuté public (RTC) ou de son équivalent numérique, le réseau RNIS (ISDN en anglais).

D'un point de vue fonctionnel, il est semblable à un commutateur de réseau ISDN, mis à part quelques modifications nécessaires pour un réseau mobile.

De plus, il participe à la fourniture des différents services aux abonnés tels que la téléphonie, les services supplémentaires et les services de messagerie. Il permet encore de mettre à jour les différentes bases de données (HLR et VLR) qui donnent toutes les informations concernant les abonnés et leur localisation dans le réseau.

Les commutateurs MSC d'un opérateur sont reliés entre eux pour la commutation interne des informations. Des MSC servant de passerelle (Gateway Mobile Switching Center, GMSC) sont placées en périphérie du réseau d'un opérateur de manière à assurer une interopérabilité entre réseaux d'opérateurs. [5]



Figure I.2 : *Exemple d'antennes GSM (ROCKHAMPTON, QUEENSLAND, AUSTRALIE).*

b. L'enregistreur de localisation nominale (HLR) :

C'est la base de données qui gère les abonnés d'un PLMN donné. Elle contient toutes les informations relatives à l'abonnement et aux droits d'accès. D'autre part, le HLR est une base de données de localisation. Il mémorise pour chaque abonné le VLR où il se trouve.

c. L'enregistreur de localisation des visiteurs (VLR) :

Cette base de données contient temporairement des informations sur les abonnés qui visitent une région desservie par un MSC autre que celui auquel ils sont abonnés. Ces informations proviennent du HLR auquel l'abonné est enregistré et indiquent les services auxquels l'abonné a droit.

d. Le centre d'authentification (AuC) :

Le centre d'authentification AUC mémorise pour chaque abonné une clé secrète utilisée pour authentifier les demandes de services et pour chiffrer la communication. Un AUC est en général associé à chaque HLR. L'ensemble peut être intégré dans un même sous système.

e. L'enregistreur des identités des équipements (EIR) :

C'est une base de données annexe contenant les identités des terminaux (IMEI). Elle peut être consultée lors des demandes de services d'un abonné pour vérifier que le terminal utilisé est autorisé à fonctionner sur le réseau. L'EIR possède 4 listes suivant : black, grey, white et unknown.

I.3.1.3.3 Le centre d'exploitation et de maintenance :

Cette partie du réseau regroupe trois activités principales de gestion : la gestion administrative, la gestion commerciale et la gestion technique.

Le réseau de maintenance technique s'intéresse au fonctionnement des éléments du réseau. Il gère notamment les alarmes, les pannes, la sécurité, . . . Ce réseau s'appuie sur un réseau de transfert de données, totalement dissocié du réseau de communication GSM.

I.3.1.4 L'acheminement des appels entre le réseau fixe et le réseau GSM :**Deux scénarios en guise d'exemple :**

Illustrons brièvement le fonctionnement des entités d'un réseau en traitant deux scénarios typiques simplifiés entre un réseau mobile et un réseau fixe :

1. Un abonné GSM compose le numéro de téléphone d'un abonné du réseau fixe.

Sa demande arrive d'abord au BTS de la cellule puis passe à travers le BSC et arrive enfin au MSC qui vérifie les droits de l'abonné (autorisation d'accéder à ce service, état de l'abonnement,...).

Si l'abonné remplit les conditions, le MSC transmet l'appel au réseau public et demande au BSC de réserver un canal pour la communication. Il ne reste alors plus qu'à attendre que le poste fixe soit décroché pour que la communication soit établie.

2. Supposons au contraire qu'un abonné du réseau fixe veuille joindre un abonné du réseau GSM. Le fonctionnement est un plus complexe car l'opérateur GSM n'alloue des ressources à un abonné que lorsque celui reçoit ou émet un appel.

Le numéro composé sur le poste fixe est tout d'abord aiguillé vers le réseau de l'abonné GSM. La demande de connexion est interprétée par un commutateur passerelle entrant du réseau GSM, il s'agit d'un GMSC.

Le numéro formé par l'abonné du réseau fixe n'est pas utilisé tel quel pour commuter la communication. À l'instar des numéros verts ou des numéros d'urgence, il y a un mécanisme qui, au droit du GMSC, va convertir le numéro de l'abonné en un autre numéro attribué dynamiquement en fonction de la position de l'utilisateur. C'est sur la base de ce numéro dynamique que l'appel sera redirigé dans le réseau GSM.

Concrètement, le HLR est interrogé afin de connaître la position de l'utilisateur du réseau mobile ainsi que son état (libre, occupé, éteint). Si le mobile est dans l'état libre, le réseau interroge alors le VLR de la zone pour savoir dans quelle cellule le mobile se situe. Ainsi, le BSC de la zone demande aux différentes stations de base de sa zone de diffuser un avis d'appel. Comme le mobile est libre, le destinataire écoute le réseau et s'aperçoit qu'on tente de le joindre et la sonnerie du terminal est activée.

Une fois que l'utilisateur a décroché, un canal de communication est alloué à l'appel et les bases de données VLR et HLR sont mises à jour. [2]

I.3.1.5 Présentation des interfaces :

Une interface est un protocole qui permet le dialogue entre deux nœuds. Chaque interface est désignée par une lettre. Le découpage des fonctions entre VLR et MSC effectué par les constructeurs n'est en général pas conforme à la norme ; l'interface B est donc peu respectée.

L'interface à respecter de façon impérative est l'interface D car elle permet à un MSC/VLR de dialoguer avec le HLR de tout autre réseau. Sa conformité avec la norme permet donc l'itinérance internationale.

L'interface A sépare le NSS du BSS. La conformité du BSC et du MSC à la recommandation permet aux opérateurs d'avoir différents fournisseurs pour le NSS et le BSS.

L'interface radio Um est normalisée par contre l'interface Abis du réseau d'accès n'est pas normalisée, obligeant l'opérateur à associer des équipements BSC et BTS d'un même constructeur. [2]

Interface	Equipements	Fonction principale
Um	BTS-Mobile	Interface radio FDMA/TDMA. Cette interface est normalisée
Abis	BTS- BSC	Supervision de la BTS. Activation, désactivation des ressources radio. Cette interface n'est pas normalisée
A	BSC-MSC	Etablissement et libération de la communication Allocation de ressources et gestion du Handover.
B	MSC-VLR	Échange d'informations usager et mise à jour de zone de localisation. Cette interface est non normalisée car les fonctions du MSC et du VLR sont souvent intégrées dans un seul équipement.
C	GMSC-HLR	Interrogation du HLR pour joindre un abonné mobile.
D	VLR-HLR	Le VLR informe le HLR de la localisation du mobile. Le HLR fournit au VLR les informations relatives à l'abonné. MSC-MSC Gestion du Handover.
E	MSC-GMSC	Transport des SMS.
G	VLR-VLR	Gestion du changement de zone de localisation.
F	MSC-EIR	Vérification de l'identité du terminal
H	HLR-AuC	Échange des informations nécessaires au chiffrement et à l'authentification. Cette interface n'est pas normalisée.

Tableau I.4 : *Les interfaces du réseau GSM*

I.3.1.6 Le HANDOVER dans le GSM :

On peut classer trois types de HANDOVER : Hard, Seamless, Soft.

I.3.1.6.1 Le Hard HANDOVER:

Le hard HANDOVER a lieu quand l'ancien lien est libéré avant l'établissement du nouveau lien avec la BTS cible, il est spécifié par :

- Communication + routage des infos vers le nouveau lien simultanément.
- Un seul canal radio à la fois.
- Légère interruption de la communication [3]

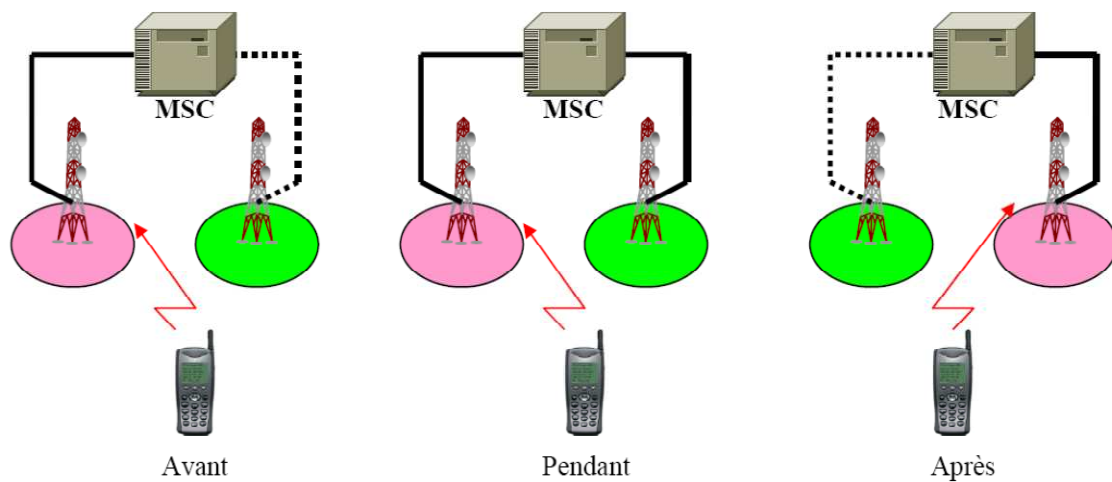


Figure I.3: *hard handover*.

I.3.1.6.2 Seamless HANDOVER:

L'ancien lien est libéré pendant l'établissement du nouveau lien avec la BTS cible. Il est caractérisé par :

- Qualité de service maintenue.
- Probabilité de coupure minimisée.
- Consommation supérieure des ressources.[3]

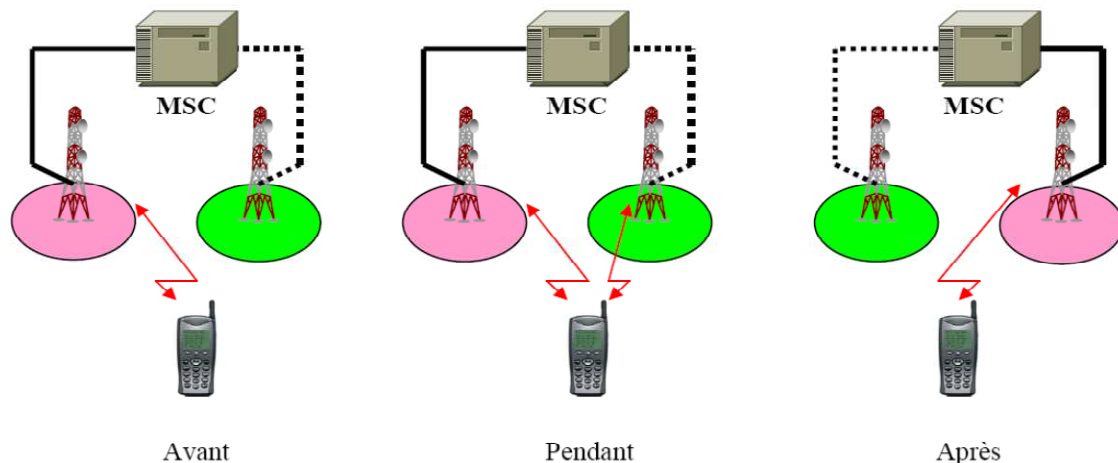


Figure I.4: *seamless handover*

I.3.1.6.3 Soft HANDOVER:

L'ancien lien est libéré après l'établissement du nouveau lien avec la BTS cible. Il est caractérisé par :

- Une qualité de service offerte à l'utilisateur.
- Charge élevée au niveau du réseau.
- Charge élevée sur l'interface radio.[3]

On remarque que les deux flux sont actifs simultanément pendant un court laps de temps.

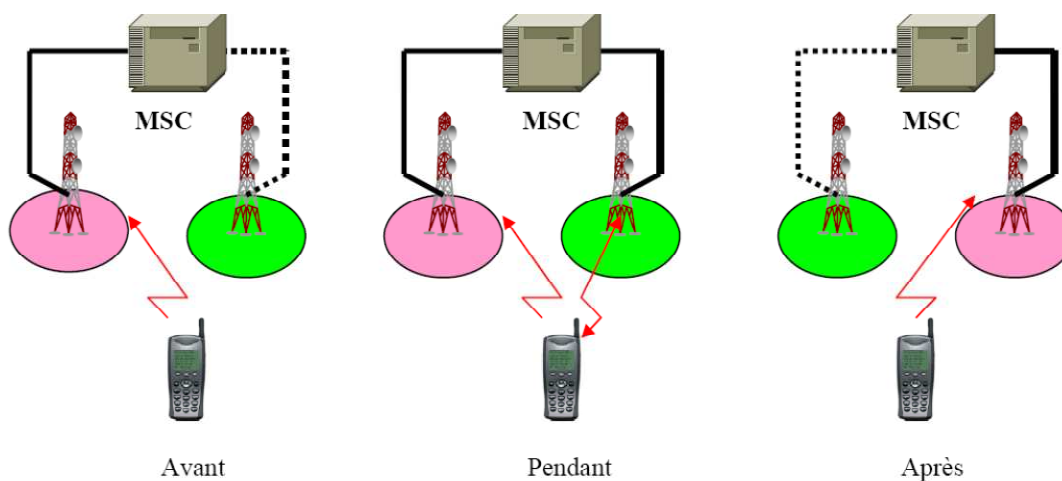


Figure.I.5: *soft handover*

I.3.2 L'UMTS:

I.3.2.1 Introduction :

L'UMTS est le système de réseau mobile de 3ème génération, après le GSM qualifié de réseau mobile de 2ème génération.

Les techniques utilisées vont permettre d'atteindre des débits de 384 kbit/s et même 2Mbit/s. Les réseaux UMTS seront utilisés pour le transfert de données, pour le multimédia et pour la voix.

Il est prévu pour deux types d'accès radio. Un accès par réseau terrestre (comme le GSM) et un accès direct par liaison satellite.

L'accès par réseau terrestre, en particulier, utilise :

- Des fréquences de l'ordre de 2 GHz ;
- Les cellules UMTS doivent être plus petites que les cellules GSM;
- Le débit maximal est fonction de la dimension de la cellule et de la vitesse de déplacement du terminal, par exemple le débit de 2 Mbit/s nécessite une très petite cellule (< 100 m environ) et que le mobile soit presque immobile durant la transmission.

L'UMTS est davantage un produit complémentaire du GSM qu'un produit Concurrent.[2]

I.3.2.2 Objectifs de L'UMTS :

Les principaux objectifs de L'UMTS sont entre autres :

- **La compatibilité de l'UMTS avec le GSM qui comprend deux aspects :**

La compatibilité en termes de services offerts à l'utilisateur (les services support, les télé-services et les services supplémentaires) ; la transparence du réseau vis-à-vis de l'utilisateur.

- **Le support du multimédia (voix, visiophonie, transfert de fichiers ou navigation sur le Web)**

- **Les débits supportés**

En tant que successeur du GSM, l'UMTS doit proposer une gamme de débits allant au-delà de l'offre de 2^{ème} génération. Il a été décidé que l'UMTS serait conçu de manière à assurer les débits suivants :

- 144 kbit/s en environnement rural extérieur.
- 384 kbit/s en environnement urbain extérieur.
- 2 Mbit/s pour des faibles distances à l'intérieur d'un bâtiment couvert (c'est-à-dire mobilité réduite).

- **Les classes de services de L'UMTS :**

Afin de couvrir l'ensemble des besoins présents et futurs des services envisagés pour l'UMTS, quatre classes ont été définies afin de regrouper les services en fonction de leurs contraintes respectives. Les principales contraintes retenues pour la définition des classes de services de l'UMTS sont les suivantes :

- La variation du délai de transfert des informations.
- La tolérance aux erreurs de transmission.

Les quatre classes de services définies dans le cadre de l'UMTS peuvent se répartir en deux groupes :

- Les classes A (ou conversationnel) et B (ou streaming) pour les applications à contrainte temps réel.
- les classes C (ou interactive) et D (ou background) pour les applications de données sensibles aux erreurs de transmission.

Groupes	Classes	Services	Contraintes
Groupes des applications à contraintes temps réel	Classe A (conversational) services conversationnels	-Téléphonie -Visiophonie -Jeux interactifs	Très sensibles au retard, symétriques
	Classe B (streaming) services à fluxcontinues	-Vidéo à la demande -Diffusion radiophonique -Transfert d'image	Très Sensibles au retard, asymétriques.
Groupes des applications de données sensibles aux erreurs de transmission.	Classe C (interactive): services interactifs	-Navigation Web -Transfert de fichier FTP -Transfert d'E-mail -E-commerce	Sensibles au temps aller et retour, asymétriques.
	Classe D (background) services d'arrière plan	- Transfert de Fax - SMS	Insensible au retard, asymétriques.

Tableau I.5 : Tableau récapitulatif des Classes de services et leurs contraintes

I.3.2.3 Architecture de l'UMTS :

Le système UMTS fait distinction entre la partie accès et les autres parties. Globalement, il peut être divisé en trois domaines principaux comme le montre la figure I.6.

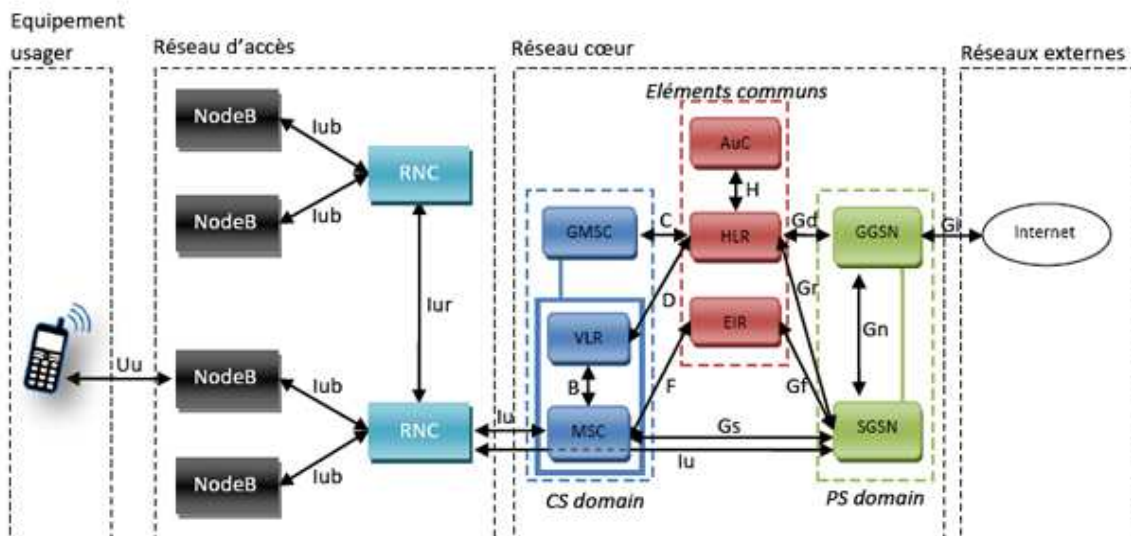


Figure I.6 - Architecture du réseau UMTS

Le système UMTS est composé de différents éléments logiques, chacun possède leurs propres fonctionnalités. Un réseau UMTS comporte deux domaines principaux : Domaine d'infrastructure qu'est composé de deux domaines, le premier c'est le réseau cœur (CN) et la deuxième c'est le réseau d'accès ou UTRAN.

I.3.2.3.1 Le réseau cœur « Core Network (CN) » :

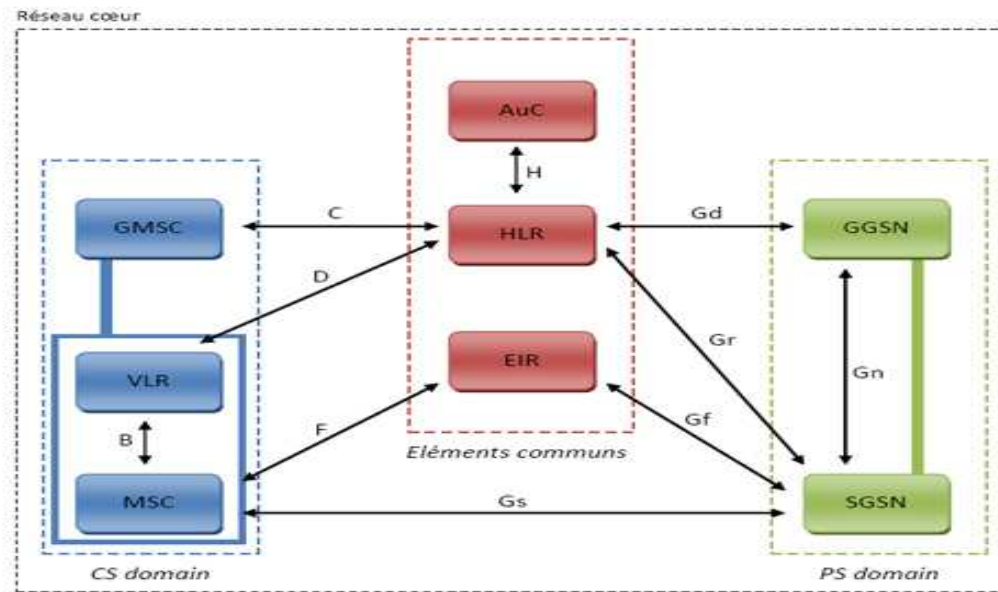


Figure I.7 : Architecture du réseau cœur de l'UMTS

Dans ce domaine, on trouve les mêmes nœuds avec le GSM phase 2+ ou bien le GPRS avec les mêmes tâches. On va mentionner les tâches les plus importants dans ce réseau. Il regroupe l'ensemble des équipements assurant les fonctions telles que :

- ◆ le contrôle des appels (établissement, fin, modification, commutation).
- ◆ le contrôle de la sécurité (authentification, intégrité...).
- ◆ Le management de mobilité (les mécanismes de Handover, Roaming).
- ◆ La facturation, service de provision
- ◆ L'allocation des Radio Access Bearer (RAB).

a. Éléments communs :

Le groupe des éléments communs est composé de plusieurs modules :

Le HLR (Home Location Register) représente une base de données des informations de l'utilisateur : l'identité de l'équipement usager, le numéro d'appel de l'utilisateur, les informations relatives aux possibilités de l'abonnement souscrit par l'utilisateur.

L'AuC (Authentication Center) est en charge de l'authentification de l'abonné, ainsi que du chiffrement de la communication. Si une de ces deux fonctions n'est pas respectée, la communication est rejetée. L'AuC se base sur le HLR afin de récupérer les informations relatives à l'utilisateur et pour ainsi créer une clé d'identification.

L'EIR (Equipment Identity Register) est en charge de la gestion des vols des équipements usagers. Il est en possession d'une liste des mobiles blacklistés par un numéro unique propre à chaque équipement usager, le numéro IMEI (International Mobile station Equipment Identity).

b. Le domaine CS :

Le domaine CS est composé de plusieurs modules :

Le **MSC** (Mobile-services Switching Center) est en charge d'établir la communication avec l'équipement usager. Il a pour rôle de commuter les données.

Le **GMSC** (Gateway MSC) est une passerelle entre le réseau UMTS et le réseau téléphonique commuté PSTN (Public Switched Telephone Network). Si un équipement usager contacte un autre équipement depuis un réseau extérieur au réseau UMTS, la communication passe par le GMSC qui interroge le HLR pour récupérer les informations de l'utilisateur. Ensuite, il route la communication vers le MSC dont dépend l'utilisateur destinataire.

Le **VLR** (Visitor Location Register) est une base de données, assez similaire à celle du HLR, attachée à un ou plusieurs MSC. Le VLR garde en mémoire l'identité temporaire de l'équipement usager dans le but d'empêcher l'interception de l'identité d'un usager.

Le VLR est en charge d'enregistrer les usagers dans une zone géographique la (Location Area).

c. Le domaine PS :

Le domaine PS est composé de plusieurs modules :

Le **SGSN** (Serving GPRS Support Node) est en charge d'enregistrer les usagers dans une zone géographique dans une zone de routage RA (Routing Area)

Le **GGSN** (Gateway GPRS Support Node) est une passerelle vers les réseaux à commutation de paquets extérieurs tels que l'Internet. [2]

I.3.2.3.2 Le réseau d'accès « Radio Access Network (RAN) » :

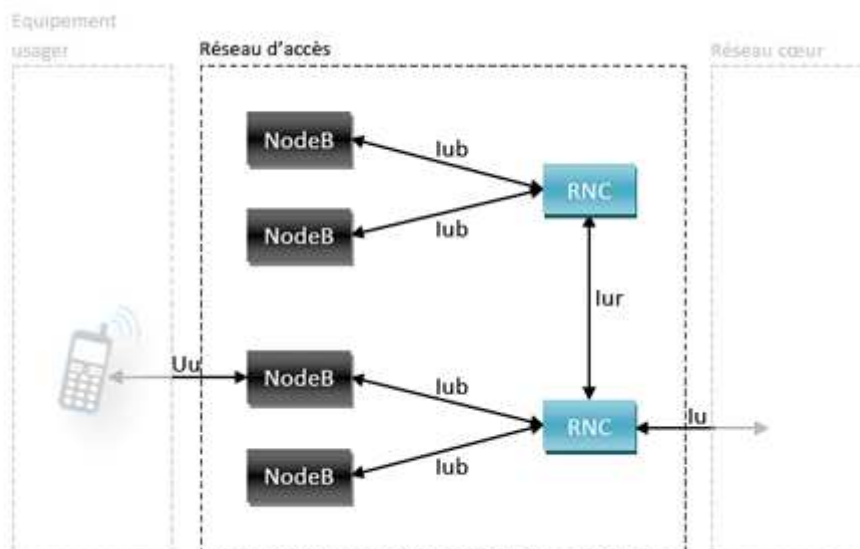


Figure I.8 - Architecture du réseau d'accès

On peut dire que l'UMTS est un réseau GPRS+UTRAN. Tandis que le développement essentiel d'UMTS se trouve dans le RAN ou bien « UTRAN » qui est le nouveau domaine qu'a fait la révolution. Il est la principale innovation dans un réseau UMTS, un UTRAN possède les tâches suivantes :

- ◆ La provision de la couverture radio et la gestion des ressources radio.
- ◆ Il permet de l'échange d'information trafic de signalisation entre UE et le réseau cœur.
- ◆ Il est le responsable de la sécurité et l'intimité d'un lien radio.
- ◆ Il est le faiseur de décision pour le mécanisme de HANDOVER.

Il est constitué de :

a. Radio Network Controller (RNC) :

C'est le nœud intelligent dans l'UTRAN et l'équivalent de BSC en GSM. Le RNC fonctionne à niveau 1 et 2 du modèle OSI. On peut trier les tâches suivantes :

- ◆ Le contrôle de puissance en boucle externe.
- ◆ Le faiseur de décision pour tous les mécanismes de handover.
- ◆ Le contrôle de l'admission des mobiles au réseau et la gestion de charge.
- ◆ L'allocation des codes CDMA.
- ◆ La transmission de données en mode paquet.
- ◆ La combinaison/distribution des signaux entre les différents nœuds B pour succéder la procédure de soft handover dans une situation de macro diversité.

Selon son rôle fonctionnel, On dénomme le RNC, le RNC a trois parties principales :

➤ **Controlling RNC (CRNC) :** le RNC de contrôle, le CRNC gère les ressources radio pour tous les nœuds B sous son contrôle, il donne aussi l'admission ou le refus à un nouvel utilisateur dans une cellule, ainsi il est le veilleur d'une procédure de handover pour éviter le blocage partiel et la saturation.

➤ **Serving RNC (SRNC) :** le RNC serveur, il gère la connexion radio avec l'UE et certaines procédures, par exemple le mécanisme que nous intéressons le handover, où il fait l'allocation et la résiliation des porteurs radio qui sont impliqués dans une communication. En état de soft handover le SRNC effectue la sélection des trames qui sont émis par différents nœuds B qui contiennent le même signal d'un UE.

➤ **Drift RNC :** il est le RNC en cas des cellules couvertes par différents nœuds B qui sont associés à un même RNC, alors il a un rôle très important dans la situation de macro diversité.

b. Nœud B:

Il représente le nœud d'accès à l'UTRAN: c'est la « passerelle » de communication entre l'UE et le RNC. On peut représenter son fonctionnement dans les tâches suivantes :

- Il assure la transmission et la réception radio entre l'UTRAN et l'UE. Il convertit le flux de données entre les interfaces Iub et Uu.
- Il peut servir en Dual-mode (bi- mode), c'est-à-dire il supporte FDD et TDD.
- Il applique des procédures telles que l'entrelacement (interleaving), le codage et le décodage de canal pour la correction d'erreurs.
- L'étalement de spectre (Spectrum spreading) et la modulation QPSK.

1.3.2.3.3 USER Equipment (UE) :

Le terminal utilisateur est composé de deux parties suivantes :

- Le terminal mobile « Mobile Equipment (ME) » correspond au terminal radio et utilisé pour les communications radio sur l'interface Uu.

- La carte USIM « UMTS Subscriber Identity Module » est une carte à puce qui stocke l'identité de l'abonné, les algorithmes et les clés d'authentification, les clés de chiffrement.

L'architecture du système UMTS est similaire à celle de la plupart des réseaux de deuxième génération. Le système UMTS est composé de différents éléments logiques qui possèdent chacun leurs propres fonctionnalités. Il est possible de regrouper ces éléments de réseau en fonction de leurs fonctionnalités ou en fonction du sous réseau auquel ils appartiennent. Les éléments de réseau du système UMTS sont répartis en deux groupes. Le premier groupe correspond au réseau d'accès radio (RAN, Radio Access Network ou UTRAN.UMTS Terrestrial RAN) qui supporte toutes les fonctionnalités radio. Quant au deuxième groupe, il correspond au réseau cœur (CN, Core Network) qui est responsable de la commutation et du routage des communications (voix et données) vers les réseaux externes. Pour compléter le système, on définit également le terminal utilisateur UE (User Equipment) qui se trouve entre l'utilisateur proprement dit et le réseau d'accès radio. [1]

Exemple :

Lorsqu'une communication est établie par un équipement usager, une connexion de type RRC (Radio Resource Control) est établie entre celui-ci et un RNC du réseau d'accès UTRAN. Dans ce cas de figure, le RNC concerné est appelé SRNC (Serving RNC). Si l'utilisateur se déplace dans le réseau, il est éventuellement amené à changer de cellule en cours de communication. Il est d'ailleurs possible que l'utilisateur qui change de NodeB vers un NodeB ne dépendant plus de son SRNC. Le RNC en charge de ces cellules distantes est appelé « controlling RNC ». Le RNC distant est appelé « drift RNC » du point de vue RRC. Le « drift RNC » a pour fonction de router les données échangées entre le SRNC et l'équipement usager.[2]

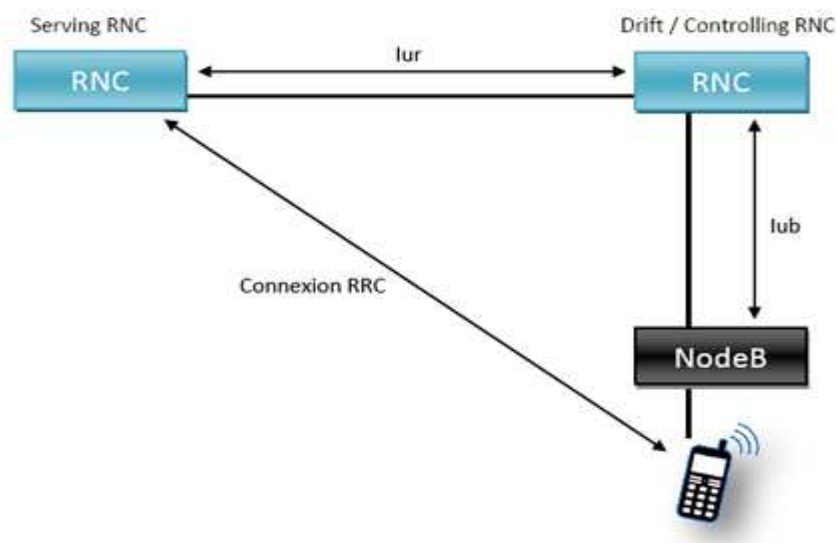


Figure. I.9 - Représentation graphique de l'exemple de communication

I.3.2.4 Caractéristiques d'un système UMTS:

Depuis 1985, l'Union Internationale de Télécommunications (UIT ou ITU en anglais) réfléchit à un système de troisième génération, initialement appelé Futur Public Land Mobile Téléphone System FPLMTS, mais actuellement connu sous le nom d'IMT 2000.

L'idée fondatrice du système 3G est d'intégrer tous les réseaux de deuxième génération du monde entier en un seul réseau et de lui adjoindre des capacités multimédia (haut débit pour les données). Le principe du système est souvent résumé dans la formule anyone, anywhere, anytime, signifiant que chacun doit pouvoir joindre ou être joint n'importe où et n'importe quand. Le système doit donc permettre l'acheminement des communications indépendamment de la localisation de l'abonné, que celui-ci se trouve chez lui, au bureau, en avion...

Le choix de la technologie 3G prendra en considération des facteurs techniques, politiques et commerciaux.

Les facteurs techniques concernent la fourniture des débits demandés et la performance du réseau. Politiquement, les différents organismes de normalisation doivent parvenir à un accord et prendre en compte les spécificités régionales.

Enfin, les investissements engagés par les opérateurs dans les systèmes existants laisseraient à penser qu'il faut choisir un système 3G compatible avec les réseaux 2G, tandis que bien sûr les constructeurs pencheraient plutôt pour un nouveau système qui leur ouvrirait de belles opportunités commerciales.

Les autres principales caractéristiques à respecter sont :

- l'assurance en mobilité d'un débit de 144 Kbits/s (de préférence 384 Kbits/s) partout où le service est assuré.
- l'assurance dans certaines zones (de mobilité limitée) d'un débit de 2 Mbits/s.
- une haute efficacité spectrale par rapport aux systèmes 2G.
- une haute flexibilité pour permettre aisément l'introduction de nouveaux services.
- Les débits ont été spécifiés à partir des débits proposés par le Réseau Numérique à Intégration de Service (RNIS ou ISDN en anglais).
- 144 Kbits/s qui correspond à l'accès de base destiné au grand public pour le RNIS : 2 canaux B d'utilisateur à 64 Kbits/s + 1 canal D de signalisation à 16 Kbits/s.
- 384 et 1920 Kbits/s qui correspondent à l'accès aux canaux RNIS de type H0 et H12.
- Les bandes de fréquences allouées pour l'IMT 2000 sont 1885-2025 MHz et 2110-2200 MHz.

I.3.2.4.1 L'organisation fréquentielle :

Les bandes de fréquences allouées pour l'IMT 2000 sont 1885-2025 MHz et 2110-2200 MHz. L'UMTS propose la répartition suivante :

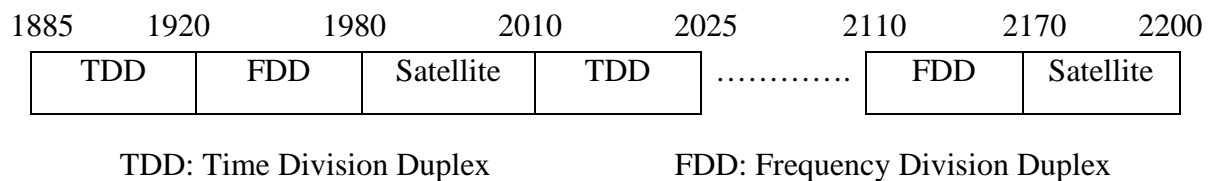


Figure I.10 - Utilisation de la Bande de Fréquences pour l'UMTS

La division duplex dans les bandes dite "appariées", c'est à dire 2 à 60 MHz, est fréquentielle. L'écart duplex vaut 190 MHz. On utilise dans ces bandes un accès W-CDMA.

La division duplex dans les bandes dite "non appariées", c'est à dire 35 MHz et 15 MHz, est temporelle. On utilise dans ces bandes un accès TD-CDMA.

Les deux modes d'accès doivent être harmonisés pour favoriser la réalisation de terminaux bi-modes TDD / FDD à bas coûts.

D'une manière générale, le mode FDD est bien adapté à tous les types de cellules, y compris aux grandes cellules, mais n'est pas très souple pour gérer des trafics asymétriques.

Quant au mode TDD, il permet d'adapter le rapport de transmission montante/descendante en fonction de l'asymétrie du trafic, mais exige une synchronisation des stations de base et n'est pas bien adaptée aux grandes cellules à cause des temps de garde trop importants. Les deux bandes restantes sont réservées à la composante satellitaire de l'UMTS, non encore étudiée.

I.3.2.4.2 Organisation temporelle :

L'organisation temporelle de l'UMTS est basée sur une super trame de 720 ms, comportant elle-même 72 trames.

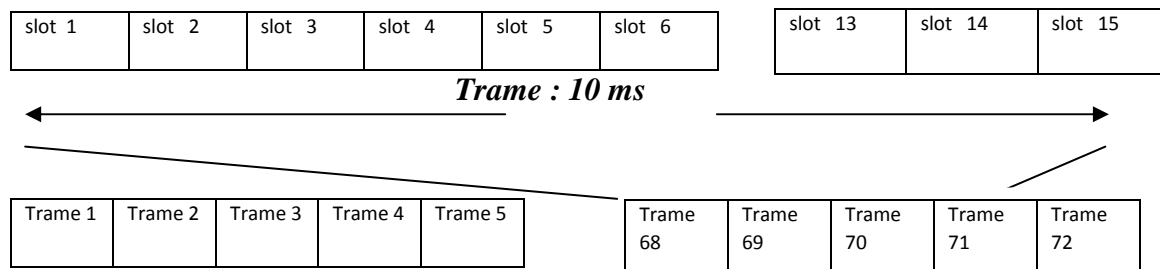


Figure I.11 - Structure de trame de l'UMTS

I.3.2.4.3 L'étalement de spectre :

L'étalement de spectre se fait en deux étapes. La première, dite de channelization ou de spreading, transforme chaque symbole de données en un certain nombre de chips. La seconde, dite de scrambling, s'applique aux chips.

Ces deux étapes sont nécessaires :

- Pour séparer les différentes applications issues d'une même source, utilisation des séquences de Hadamard.
- Pour séparer différentes stations de bases :
 - En mode FDD : utilisation des séquences de Gold, de période 10 ms, à 3,84Mchips/s.
 - En mode TDD : utilisation de codes de longueur 16.
- Pour séparer différents mobiles :
 - En mode FDD : utilisation de séquences de Gold longues, de période 10 ms ou de séquences courtes, de période 256 chips.
 - En mode TDD : utilisation de codes de période de 16 chips et de midambules de différente longueur suivant l'environnement. [4]

I.3.2.5 Techniques d'accès :

Le partage des fréquences entre des différents utilisateurs est réalisé par des techniques d'accès permettant la gestion du spectre radio. Ces techniques sont appelées techniques d'accès multiples. Elles sont réparties en trois types :

I.3.2.5.1 Accès multiple à répartition fréquentielle (AMRF, FDMA) :

C'est la méthode la plus ancienne. Le spectre disponible est divisé en canaux. Chaque canal fréquentiel est assigné à un seul utilisateur simultanément. La méthode d'affectation d'un canal est alors basée sur une règle du type premier arrivé, premier servi.

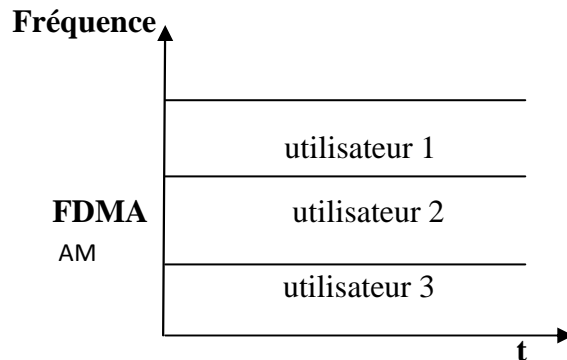


Figure I.12 - Affectation d'un canal dans le FDMA

Les Avantages:

- Faible complexité du terminal mobile : pas d'égalisation ou de tramage complexe et de synchronisation.
- Transmission et synchronisation continue possible.

Les Inconvénients :

- Coûts des équipements fixes élevés : plus d'équipements au niveau de la station de base (un canal par porteuse).
- Nécessité d'un duplexeur : contre les interférences entre émetteur et récepteur du mobile « coûts supplémentaires ».

I.3.2.5.2 Accès multiple à répartition dans le temps (AMRT, TDMA) :

Dans le cas de l'Accès multiple à répartition dans le temps, chaque canal de type AMRF est encore subdivisé dans le temps, et l'on attribue aux utilisateurs de courts intervalles de temps pendant lesquels ils peuvent communiquer sur le canal. Par exemple le système GSM alloue un IT à 8 utilisateurs successivement sur un même canal.

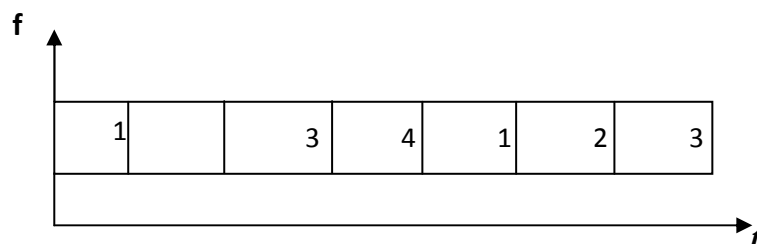


Figure I.13- Affectation d'un canal dans le TDMA

Les Avantages:

- Coût réduit de la station de base.
- Souplesse de modification sur les débits transmis.

Les Inconvénients:

- Complexité au niveau du mobile : traitement numérique plus complexe.
- Ajout de bits de signalisation et de synchronisation. [2]

I.3.2.5.3 Accès multiple à répartition par code (AMRC, CDMA) :

En CDMA, chaque utilisateur émet un spectre étalé obtenu au moyen d'un code pseudo aléatoire personnel. Ainsi tous les utilisateurs utilisent simultanément la même bande de fréquence.

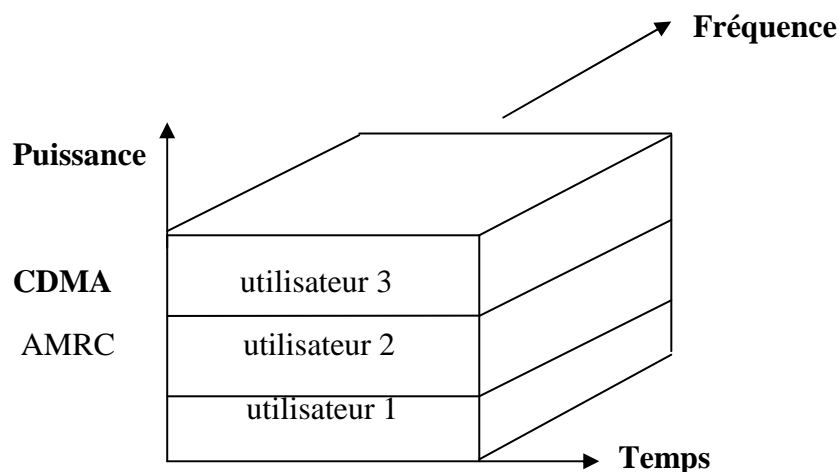


Figure I.14 - Affectation d'un canal dans le CDMA

Les Avantages:

- Immunité par rapport aux brouilleurs
- Diversité de fréquence
- Cryptage
- Souplesse de modification sur les débits transmis

Les Inconvénients:

- Nécessité d'une égalisation intensive
- Nécessité d'un contrôle de la puissance d'émission

Les techniques d'accès multiple par répartition de code utilisent des modulations à étalement de spectre pour lesquelles chaque utilisateur possède un code d'étalement privé.

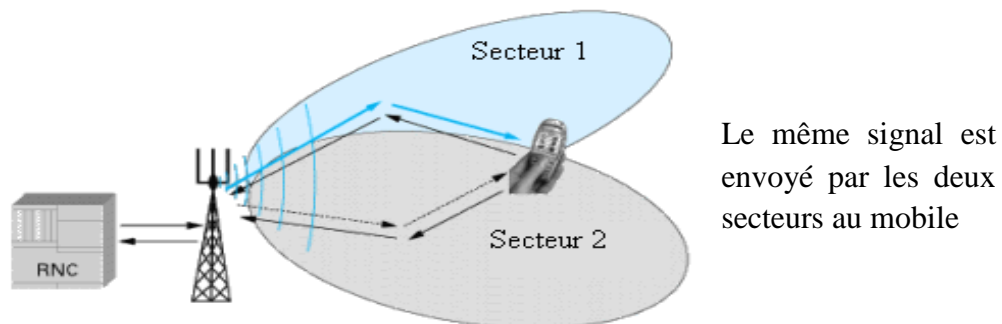
Les modulations à étalement de spectre peuvent être réalisées par une technique de saut de fréquences ou par une technique de séquence directe.

I.3.2.6 Handover :

Dans un système W-CDMA, on distingue le cas où le mobile reste dans la zone couverte par une station de base en changeant juste de secteur (softer handover) et le cas où il change de station de base (soft handover).

- **Softer handover :**

Durant le softer handover, le mobile étant en communication avec une seule station de base, il utilise simultanément deux canaux radio. Dans le sens descendant, deux codes d'étalement sont activés pour que le mobile distingue les signaux issus des deux secteurs. Dans le sens montant, les signaux émis par le mobile sont reçus par les deux secteurs de la station de base et dirigés vers le même récepteur. Ils sont donc combinés au niveau de la station de base.



Downlink : codes différents par secteur.

Uplink : combinaison au niveau de la station de base.

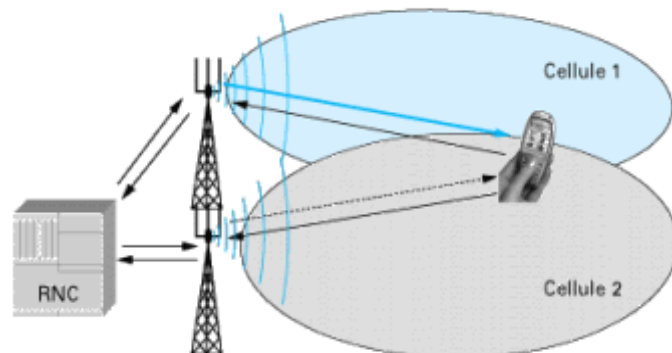
Figure I.15 : *Softer handover*

- **Soft handover :**

Le mobile est cette fois dans la zone de couverture qui est commune à deux stations de base. Les communications utilisent deux canaux différents, un pour chacune des deux stations. Du côté du mobile, il n'y a pas de différence avec un softer handover.

Dans le sens montant, par contre, les données sont combinées au niveau du contrôleur de réseau radio (RNC) et non plus de la station de base. Cela permet de sélectionner la meilleure trame parmi celles qui sont reçues, après chaque période d'entrelacement, toutes les 10 à 80 ms.

Notons qu'à l'inverse du softer handover, durant le soft handover deux procédures de contrôle de puissance sont actives au même instant pour un mobile.



Le même signal est envoyé de deux stations de base au mobile (excepté les commandes de contrôle de puissance)

Downlink : codes différents par secteur.

Uplink : combinaison au niveau du réseau cœur, par trame Une procédure de contrôle de puissance différente pour chaque site radio.

Figure I.16 - *Soft handover*

On considère que 20 à 40% des mobiles d'une zone sont en situation de soft handover. Il est indispensable de prendre en compte ces connexions supplémentaires dues au soft handover lors de la phase de dimensionnement du réseau.

Il existe deux autres types de handover:

- Hard handover inter-fréquences : permet à un mobile de passer d'une fréquence WCDMA à une autre.
- Hard handover inter-systèmes : permet à un mobile de passer d'un système à un autre, comme du WCDMA en mode FDD au TD-CDMA en mode TDD ou au GSM. [2]

I. 4 Conclusion :

Ce chapitre avait pour objectif de présenter des concepts généraux sur les réseaux d'opérateurs, GSM (2G) et UMTS (3G), qui sont imposés ces dernières années et qui ont eu un succès incontestable.

Dans le chapitre suivant, on va présenter le théorème de la théorie des jeux qui sera appliquée dans le 3^{ème} chapitre pour modéliser le jeu entre le réseau d'opérateur et le client.

II.1 Introduction :

Deux individus arrêtés ensemble en possession d'armes à feu sont soupçonnés d'un délit fait en commun. Les policiers les mettent dans des cellules différentes et proposent à chacun d'entre eux le marché suivant : « Si l'un de vous deux avoue et que l'autre n'avoue rien, le premier est libéré, et le second sera emprisonné pendant 5 années. Si chacun de vous deux avoue, vous irez tous les deux en prison pour une durée de 3 ans. Cependant, si aucun de vous n'avoue, vous serez tous les deux libérés assez vite après une année de prison ». La question que chacun de nous peut se poser est : « Si je suis un des deux prisonniers, qu'elle sera la décision que je vais prendre ? » Cette situation est largement connue sous le nom de « dilemme du prisonnier » [7] qui définit toute situation de conflit où deux individus rationnels, dans le sens où ils cherchent à maximiser leur gain personnel, doivent prendre une décision simultanément et séparément, sachant que la décision de chacun des deux individus a un impact sur l'autre individu.

Supposons maintenant qu'un prisonnier soit enfermé dans une cellule, le policier n'a aucune preuve pour le condamner mais hésite à le libérer et pense qu'il est coupable. Dans ce cas le policier propose au prisonnier le marché suivant : « Vous avez le choix entre deux clés différentes dont une seule qui vous permet d'ouvrir la porte. Je place une des deux clés dans ma main droite et l'autre dans ma main gauche et vous avez le droit de choisir une seule clé. Si c'est la bonne vous êtes libéré, sinon vous serez emprisonné pendant une année ». C'est une autre situation de conflit où l'individu n'arrive pas à prendre facilement une décision, dans ce cas, le hasard jouera un grand rôle. Une telle situation est connue sous le nom du « jeu de pile ou face ».

Des situations similaires sont souvent présentes dans notre vie réelle, sociale, économique ou tout autre domaine où les gens interagissent entre eux et se trouvent dans des situations de conflit. Le but principal pour chaque individu consiste à savoir comment réagir et quelle sera la décision à prendre pour satisfaire son intérêt personnel. Pour répondre à ces besoins, plusieurs études ont été entamées pour pouvoir analyser et, dans certain cas, résoudre ces conflits. Cette étude des conflits d'intérêts est appelée « **Théorie des jeux** ».

La théorie des jeux est la discipline mathématique qui étudie les situations où le sort de chaque participant dépend non seulement des décisions qu'il prend mais également des décisions prises par d'autres participants. En conséquence, le choix "optimal" pour un participant dépend généralement de ce que font les autres. Parce que chacun n'est pas totalement maître de son sort, on dit que les participants se trouvent en situation d'interaction stratégique. Le mot stratégie vient du grec ancien où il désignait les actions prises par un chef militaire en campagne. Il a gardé ce sens. Toutefois son acceptation s'est élargie pour couvrir des situations moins belliqueuses, mais dans lesquelles persiste l'idée de conflit.

Si les ressources sont rares, il y a obligatoirement conflit sur la manière de les répartir. Dès lors, on peut voir les marchés comme des jeux où les participants sont des producteurs et des consommateurs. Plus généralement, une partie d'échecs, la formation d'une coalition gouvernementale ou une négociation au sein de l'OMC sont autant de jeux différents obéissant à des règles spécifiques. Les jeux peuvent donc décrire des situations sociales très différentes [8].

Dans la théorie des jeux, il ya certaines hypothèses de base qui sont souvent utilisées pour faciliter la construction de modèles maniable pour des situations réelles. Premièrement, on suppose que chaque individu dans le jeu a un ordre défini de préférences sur tous les résultats d'une situation donnée. Ces préférences prennent la forme d'une fonction d'utilité ou de paiement. Deuxièmement, les participants dans les jeux sont parfois considérés comme rationnels. Cela signifie qu'ils agissent toujours de façon à maximiser leurs gains, ils seront toujours capables de penser par tous les résultats possibles et en choisissant l'action qui se traduira par la out come mieux possible [9], et cette théorie est généralement utilisée dans des applications militaires, elle intervient aussi dans les questions économiques (problèmes de concurrence, gestion des entreprises) et politiques (élections). Cependant, nous ne pouvons pas trouver une définition précise de cette théorie, certains auteurs prétendant qu'elle cherche à expliquer les phénomènes observés, ou à faire des prédictions, d'autres qu'elle est la prescriptive (normative), d'autres encore qu'elle est l'une et l'autre [10].

La théorie des jeux fut fondée par Von Neumann et Morgenstern en 1944 lors de la parution de leur ouvrage *Theory of Games and Economic Behavior* Bien sûr, il y a eu des précurseurs; parmi les principaux, il faut citer Cournot et Edgeworth. Toutefois, c'est depuis la publication du livre de Von Neumann et Morgenstern que la théorie des jeux est véritablement considérée comme une nouvelle discipline. Ces deux auteurs ont proposé une solution dans le cas particulier d'un jeu où le gain d'un joueur correspond exactement à la perte subie par l'autre (jeu à somme nulle ou duel). Le jeu d'échecs est un exemple de jeu où l'antagonisme entre joueurs est ainsi poussé à l'extrême.

Les cas d'application en économie sont rares. En 1951, Nash a montré comment les idées développés par Cournot d'es 1838 pouvaient servir de base pour construire une théorie de l'équilibre non coopératif pour des jeux à somme variable, qui généralise la solution proposée par Von Neumann et Morgenstern. Les applications de ce concept à l'économie se sont multipliées à partir des années 70 et 80. C'est en économie industrielle que l'intérêt de ce concept est apparu avec le plus de force parce qu'il permet d'étudier des situations de concurrence imparfaite où les entreprises adoptent des comportements stratégiques. Le concept de cœur, anticipé par Edgeworth en 1881, a été systématisé par Gillies en 1953 et appliqué à la théorie de l'équilibre général dans les années 60 et 70 [8].

II.2 Jeux non coopératifs et coopératifs :

En théorie des jeux, l'interaction qui relie les joueurs est beaucoup plus complexe. Tout d'abord, les joueurs se connaissent (ils savent combien il y a de participants et qui ils sont). Ensuite, ils ne peuvent pas se contenter de choisir leurs propres plans d'actions, en négligeant ce que font les autres. Ils doivent au contraire se faire une idée aussi précise que possible des plans choisis par les autres. Pour cela, la théorie admet : que chaque joueur s'efforce de prendre les meilleures décisions pour lui-même et sait que les autres joueurs font de même, et que chacun sait qu'il en va de même pour tous les autres.

On convient de distinguer entre deux grandes familles de jeux : les jeux coopératifs et les jeux non coopératifs. La mise en **jeu non-coopératif** est celui dans lequel chaque joueur agit individuellement pour optimiser son rendement, sans égard à la performance des autres joueurs. Par exemple on pourrait imaginer qu'un fournisseur de services propose plusieurs classes de services qui se distinguent par la qualité de chaque service (le débit offert, les délais etc.) mais aussi par le coût du service.

On peut alors identifier une situation de **jeux non-coopératifs** entre les abonnés. En effet, la qualité de service perçue par un abonné peut dépendre des choix de chaque autre abonné. En revanche, dans le cadre des **jeux coopératifs**, les joueurs sont autorisés à communiquer avant de choisir leurs stratégies et de jouer le jeu (par exemple sous la forme d'un contrat qui prévoit une sanction légale dans le cas du non respect de l'accord). On dit alors qu'ils forment une coalition dont les membres agissent de concert [18].

II.3 Quelques champs d'application :

L'application de la théorie des jeux aux sciences politiques porte sur des questions de partage équitable, d'économie publique, de bien-être social moyen, etc. Des modèles théoriques ont été développés dans lesquels les joueurs sont des électeurs des pays, des politiciens ou des lobbies [11].

En économie, elle sert à anticiper des stratégies financières d'entreprises qui veulent maximiser leurs profits en minimisant les risques à travers l'étude des comportements des firmes concurrentes, du marché, des consommateurs, etc.

En biologie, l'intérêt est porté sur la notion de fitness (bien-être) et d'équilibres pouvant se maintenir dans le temps. Maynard-Smith et Price développent le concept d'Evolutionarily Stable Strategy (ESS) [12]. Ainsi sous l'influence de la sélection naturelle, il existerait un certain phénotype comportemental (stratégie) qui, s'il est adopté par la majorité de la population, peut protéger celle-ci de l'invasion d'une population de mutants (individus de phénotypes différents). Des biologistes ont étudié des phénomènes d'organisations spontanées et l'émergence de la communication animale au moyen de jeux de signaux [13].

La théorie des jeux joue un rôle de plus en plus important en informatique théorique et logique pour formaliser des sémantiques de jeux ou des systèmes multi-agents. La théorie des jeux algorithmiques implique la construction d'algorithmes, une vision informatique de la complexité et l'emploi de la théorie des jeux classique. Pour une application originale à la frontière entre la biologie et la théorie des jeux évolutionnaires, le lecteur peut se reporter aux travaux de Karl Sims sur les Evolved Virtual Creatures par exemple [14].

En sciences sociales, la théorie des jeux sert à analyser le comportement des populations humaines. L'idée qu'il est possible de prédire le comportement humain à grande échelle a été critiquée [12] car les humains dans les jeux " se comportent de façon à maximiser leur « bien-être », c'est le modèle de l'homo economicus [15]. Dans la réalité, trop de facteurs individuels font dévier le modèle théorique comme l'irrationalité, le remord, l'altruisme, etc. Si certaines notions d'équilibre justifient le comportement d'une population équilibrée, la question de savoir comment elle peut y parvenir reste ouverte.

II.4 Présentation générale :

Un jeu est, au sens de la théorie des jeux, un modèle, dont les principaux ingrédients sont des individus « joueurs » qui prennent des décisions simultanément, en choisissant un élément d'un ensemble dont les caractéristiques font partie des hypothèses du modèle, et des règles, qui précisent notamment l'issue résultant des diverses décisions (simultanées) possibles, une issue étant généralement caractérisée par les gains qu'elles procurent aux joueurs et l'information dont dispose chacun. Les éléments de l'ensemble dans lequel les individus font leurs choix sont appelés « **stratégies** ».

Pour spécifier un jeu, il est important de savoir de quelles informations disposent les joueurs pour faire leurs choix. Dans le cas le plus simple, les joueurs ont une information complète sur le jeu (les Echecs ou le jeu de Go par exemple), ce qui signifie qu'ils connaissent tous les règles du jeu et que lorsqu'ils doivent faire un choix, ils connaissent le déroulement complet du jeu jusqu'à ce stade. Dans tous les autres cas, nous parlons de jeux à information incomplète, les connaissances des joueurs sont bien définies et limitées.

Le niveau d'information des joueurs sur le jeu est lié à la façon de le représenter. Un jeu peut être séquentiel ou simultané. Si un jeu implique des choix successifs de la part des participants, il est crucial de savoir à quel moment tel joueur dispose de telle information.

L'intérêt de la théorie des jeux est de proposer un outil permettant d'analyser l'aspect stratégique des interactions. On ne s'occupe pas uniquement du résultat, mais de la façon de l'atteindre. L'aspect stratégique signifie que chaque joueur sait que son choix aura une influence sur son résultat mais aussi sur celui des autres et inversement, il sait que son résultat va dépendre de ce que feront les autres [16].

II.5 Classification des jeux :

De manière générale, les jeux matriciels sont classés suivant la nature de la fonction de récompense. De ce fait, nous pouvons citer les classes suivantes :

Les jeux à somme nulle : il n'y a que deux joueurs et les gains de l'un représentent les pertes de l'autre ($R_1 = -R_2$), voir le tableau II.1. Ce jeu comporte deux joueurs, chacun possède une pièce et doit choisir secrètement l'un des deux côtés. Le joueur 1 gagne si les deux pièces sont sur le même côté, sinon c'est le joueur 2 qui gagne.

		Joueur B	
		F	P
Joueur A	F	(1,-1)	(-1 .1)
	P	(-1.1)	(1.-1)

Tableau II.1 : *Le jeu de pile ou face*

Les jeux à somme non nulle (générale) : les gains peuvent être de nature quelconque. Ces jeux permettent de modéliser toutes les situations, où par exemple certaines issues sont profitables pour tous. A ces deux classifications principales, se rajoutent d'autres distinctions :

Les jeux à information complètes/incomplètes : La notion d'information incomplète signifie que certains joueurs ne sont pas tout connaître la structure de la partie [5]. Dans le cas contraire, il est à information complète [2]. Par exemple, le joueur i ne connaît pas la fonction de gain du joueur k mais dispose d'une distribution de probabilité sur les fonctions possibles [16].

Les jeux à information parfaites/imparfaites : On dit que l'information est parfaite si chaque joueur est parfaitement informé des actions passées des autres joueurs. L'information est imparfaite quand un joueur ignore certains des choix qui ont été effectués avant le sien [2].

Les jeux statiques/dynamiques : un jeu statique est un jeu se jouant en un seul tour, où tous les joueurs choisissent leur unique coup simultanément. Contrairement aux jeux en forme statique, qui sont joués une fois, les jeux dynamiques décrivent des processus dépendant du temps. Ainsi, les joueurs peuvent adapter leur comportement présent sur les décisions observées des autres joueurs dans le passé [16].

Les jeux simultanés et jeux séquentiels : Un jeu simultané (ou en forme normale ou stratégique) : représente la situation où chaque joueur choisit son plan d'action complet une fois pour toutes au début du jeu. Un jeu séquentiel (ou en forme extensive) : donne la

spécification complète du déroulement exact du jeu. Chaque joueur à la possibilité de considérer son plan d'action non seulement au début du jeu.

Finalement, nous introduisons un dernier type de jeu, considéré à la fois comme dynamique et à information complète :

Les jeux répétés : Un jeu répété en fait tout simplement un jeu ordinaire réitéré plusieurs fois de suite [4]. Un jeu ordinaire étant un jeu unique dans lequel les joueurs décident simultanément d'effectuer une certaine action.

II.6 Formalisme :

La théorie des jeux concerne l'étude de situations dans lesquelles les individus interagissent dans un environnement d'interdépendance stratégique : leurs profits dépendront aussi des actions choisies par les autres agents.

Il existe deux modèles de représentation des jeux, la représentation **extensive** et la représentation **stratégique** (ou matricielle).

a- Forme extensive : Elle utilise un arbre qui décrit comment le jeu est joué. Plus précisément, chaque sommet de l'arbre spécifie le (ou les) joueur(s) qui doit (doivent) choisir une action à ce moment du jeu ainsi que l'information dont chaque joueur dispose lors de la prise de décision, les gains que chaque joueur peut réaliser après avoir suivi un des chemins possibles au sein de l'arbre sont donnés aux sommets terminaux. En outre, les événements possibles et leurs probabilités peuvent aussi être associés à certains sommets de l'arbre; la "**nature**" n'est pas un joueur, mais elle choisit aléatoirement certaines actions à des moments particuliers du jeu. Dans un jeu en forme extensive, une stratégie est une collection de règles décrivant les choix de chaque joueur en fonction de son information.

On peut associer un jeu en forme stratégique à tout jeu en forme extensive en combinant toutes les stratégies possibles et en évaluant les gains correspondants (on utilise les gains espérés lorsque la nature intervient dans le déroulement du jeu). [8]

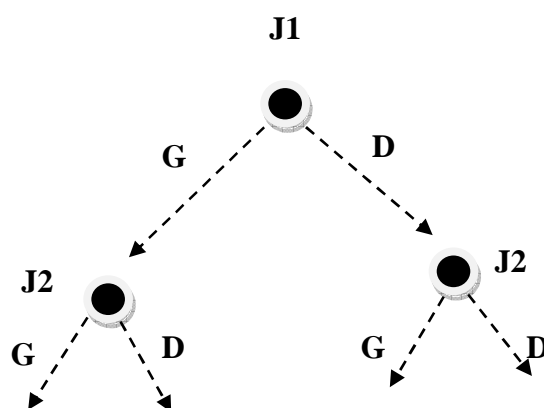


Figure II.1 : Représentation d'un jeu sous forme d'arbre

La figure II.1 représente un jeu à deux joueurs (J1 et J2) dans lequel ceux-ci devraient choisir G (gauche) ou D (droite) l'un après l'autre. Les quatre flèches (de joueur 2) indiquent quatre issues possibles pour le jeu. Cette représentation est commode pour étudier un jeu séquentiel par « induction à rebours » (backward induction en Anglais), c'est-à-dire en partant de la fin d'une issue particulière - et en remontant l'arbre afin d'identifier différentes situations plus ou moins favorables.

b- Forme stratégique : En revanche, dans le cadre des jeux en **forme stratégique**, les joueurs peuvent choisir leurs actions de manière simultanée sans connaître le choix des autres et le jeu est décrit sous la forme d'une matrice. De ce fait, nous nous intéressons uniquement à cette dernière forme de représentation [16].

Plus précisément, les éléments constitutifs d'un jeu en forme stratégique sont les suivants :

(1) $N = \{1 \dots n\}$ est l'ensemble des joueurs.

On suppose que les joueurs sont en nombre fini. Un joueur quelconque est désigné par l'indice i . L'extension au cas d'une infinité de joueurs ne pose pas de problèmes conceptuels particuliers.

(2) s_i désigne une stratégie du joueur $i \in N$.

Une stratégie décrit de manière précise tout ce qu'un joueur fait. Remarquons que si n n'est pas nécessairement un nombre; ce peut être aussi un vecteur ou une fonction.

(3) S_i est l'ensemble des stratégies du joueur $i \in N$.

Cet ensemble décrit toutes les stratégies disponibles pour le joueur i .

(4) $s = (s_1, \dots, s_i, \dots, s_n) \in S_1 \times \dots \times S_i \times \dots \times S_n \equiv S$ est une issue du jeu, c'est-à-dire une combinaison de stratégies à raison d'une stratégie par joueur. On désigne par $s_{-i} \in S_{-i}$ toutes les stratégies choisies sauf celle du joueur i .

(5) $u_i(s) \in \mathbb{R}$ est la fonction de gain du joueur $i \in N$.

Autrement dit, la "fonction d'objectif" du joueur i dépend non seulement de sa stratégie s_i , mais aussi de celles des autres joueurs résumées dans s_{-i} . Le joueur i préfère strictement l'issue s à l'issue s' si $u_i(s) > u_i(s')$. Si $u_i(s) = u_i(s')$, le joueur est indifférent entre les deux issues.

(6) Chaque joueur connaît les ensembles de stratégies et les fonctions de gains de tous les joueurs, y compris donc les siens.

Du fait de cette dernière hypothèse, on dit que le jeu est en information complète.

Dans de tels jeux, l'ensemble des gains possibles qui peuvent être obtenus par les joueurs, est représenté par une matrice. Pour un jeu à deux joueurs, le principe est relativement simple : le premier joueur choisit ses actions à partir des lignes et le second joueur choisit ses actions à partir des colonnes. Le choix conjointement effectué, détermine les gains de chaque joueur en fonction de la matrice jouée.

Le tableau II.2 représente sous forme matricielle un exemple de jeu, avec deux joueurs (Joueur1 et Joueur2), chacun ayant deux actions a et b. Par convention les gains sont représentés sous la forme (x, y) , où x est le gain de joueur ligne (joueur 1) et y est le gain de joueur colonne (joueur 2). Si le premier joueur choisit la première ligne et que le second choisit la deuxième colonne, alors ils auront respectivement les paiements x_{12} et y_{12} .

		Joueur 2	
		a	b
Joueur 1	a	$(x_{11} \cdot y_{11})$	$(x_{12} \cdot y_{12})$
	b	$(x_{21} \cdot y_{21})$	$(x_{22} \cdot y_{22})$

Tableau II.2 : Exemple de jeu en forme stratégique.

II .7. Relation entre formes stratégique et extensive :

- A chaque jeu sous forme extensive correspond un jeu stratégique dans lequel les joueurs choisissent simultanément les stratégies qu'ils mettront en œuvre. En revanche, un jeu sous forme stratégique peut correspondre à plusieurs jeux sous forme extensive différents.
- Une stratégie est la spécification complète du comportement d'un joueur dans n'importe quelle situation (dans un jeu sous forme extensive cela signifie donc pour chaque ensemble d'information où c'est à ce joueur de jouer).

II.8. Notion de stratégie :

Une stratégie est un plan d'actions complet pour chaque joueur spécifiant ce que fera ce dernier à chaque étape du jeu et face à chaque situation pouvant survenir au cours du jeu. La stratégie décrit totalement le comportement d'un joueur. Il existe plusieurs types de stratégies. Une stratégie **pure** est une action, ou un plan d'actions, qui est choisie par chaque joueur avec certitude. Cette notion a été étendue à celle de stratégie **mixte** définie comme une distribution de probabilité sur l'ensemble des stratégies pures. D'un point de vue formel, une stratégie mixte peut être vue comme une simple généralisation mathématique où l'on déconcentre la masse-unité entre plusieurs stratégies pures [8].

Le concept de rivalité est au centre de la théorie des jeux. Pour cette raison, cette théorie est capable d'étudier des phénomènes très différents. Toutefois, il est important de préciser d'emblée que la théorie des jeux ne fournit pas de solutions toutes faites. Elle constitue plutôt une façon de penser qui permet de mieux comprendre la nature des conflits possibles et de concevoir ce que pourrait être une solution acceptable et raisonnable [8].

La théorie des jeux non coopératifs s'est avérée extrêmement riche pour l'analyse des comportements oligopolistiques des entreprises, des luttes d'influence entre groupes au sein d'une institution (par exemple une entreprise), des négociations internationales entre gouvernements ou encore de la concurrence électorale entre partis politiques. C'est cette théorie qui nous retiendra dans la suite de ce cours, parce qu'elle permet une description détaillée des mécanismes incitatifs qui guident le comportement des joueurs sur la base de leurs seuls objectifs personnels.

II.9 Les équilibres du jeu :

L'analyse d'un jeu permet de prédire l'équilibre qui émergera si les joueurs sont rationnels. Un équilibre est un état ou une situation dans lequel aucun joueur ne souhaite modifier son comportement une fois connu le comportement des autres joueurs. De façon plus précise, un équilibre est une combinaison de stratégies telle qu'aucun des joueurs n'a d'incitation à changer sa stratégie une fois connues les stratégies des autres joueurs. Une fois que l'équilibre est atteint dans un jeu (peu importe la manière dont il a été obtenu), il n'y a aucune raison de le quitter.

II.10 Le concept d'équilibre :

Il est différent de celui de solution. En effet, un jeu peut avoir plusieurs équilibres et une seule solution. A l'inverse, un équilibre peut ne pas exister, et il faudra utiliser des hypothèses sur la rationalité des agents pour déterminer la solution du jeu. La solution correspond souvent à l'équilibre le plus avantageux pour les deux joueurs. Cependant, parfois, un équilibre unique dans un jeu ne correspondra pas à la solution du jeu (cas de dilemme du prisonnier : l'équilibre du jeu n'offre pas les meilleurs paiements).

Dans ce cas, l'équilibre est dit sous – optimal. Ce dernier correspondra à la solution du jeu tant que les règles n'auront pas été édictées pour empêcher les risques de tricherie. En présence de règles, la solution du jeu ne correspondra pas à l'équilibre unique mais à une autre combinaison favorable aux deux joueurs (dite Pareto – optimal). Il faut donc déterminer les critères qui vont permettre de juger si le choix d'une stratégie est plus donc raisonnable que le choix d'une autre.

Dans beaucoup de jeux, la nature de l'interaction stratégique suggère que les joueurs souhaitent choisir une stratégie qui n'est pas prévisible à l'avance par l'autre joueur. Chaque joueur va donc essayer de maximiser son propre gain tout en sachant que c'est aussi le but de l'autre joueur. En conséquence, il faut que chaque joueur se demande ce que l'autre pense qu'il va faire.

II.10.1 Résolution des jeux par élimination des stratégies dominées :

Les notions de stratégies dominantes et de stratégies dominées sont des concepts importants en théorie des jeux.

II.10.1.1 Définition (Stratégie dominante) : Supposons qu'un joueur dispose de plusieurs stratégies dont s_1 et s_2 , nous disons que la stratégie s_1 domine la stratégie s_2 si le fait jouer s_1 donne toujours des résultats équivalents ou meilleurs à ceux obtenus en jouant s_2 . Nous pouvons caractériser de façon symétrique une stratégie dominée.

Un joueur rationnel ne doit jamais utiliser une stratégie dominée dans le sens où elle est dominée en terme de gain par au moins une autre de ses stratégies face à toutes les stratégies possibles de ses adversaires. Lorsque nous sommes opposés à un joueur rationnel, nous pouvons supposer que ce dernier n'utilisera jamais une telle stratégie, nous pouvons donc l'éliminer de son ensemble de stratégies possibles. Une manière de déterminer les équilibres d'un jeu consiste à éliminer en premier toutes les stratégies dominées puis de rechercher dans le jeu réduit les équilibres.

II.10.1.2 Définition 1 : Une stratégie s_n est (strictement) dominée pour le joueur i s'il existe une stratégie s_n' telle que pour tous les profils s_{-n}

$$u_n (s_n', s_{-n}) > u_n (s_n, s_{-n})$$

Pour illustrer cette méthode, considérons le jeu représenté par sa forme stratégique du tableau suivant.

Joueur 2				
		L	M	R
Joueur 1	T	(1,0)	(1,2)	(0,1)
	B	(0,3)	(0,1)	(2,0)

Tableau II.3 : jeu en forme stratégique

Comparons les stratégies M et R pour le joueur colonne. On observe que:

- Si le joueur ligne joue T, la stratégie M donne au joueur colonne 2 alors que R donne seulement 1.
- Si le joueur ligne joue B alors, la stratégie M donne au joueur colonne 1 alors que la stratégie R donne seulement 0.

Et donc, indépendamment de ce que fait le joueur ligne, la stratégie M donne strictement plus au joueur colonne que la stratégie R.

Ainsi, dans notre exemple, la stratégie R peut être éliminée. Les joueurs considèrent donc qu'ils jouent le jeu suivant:

		Joueur 2	
		L	M
Joueur 1	T	(1,0)	(1,2)
	B	(0,3)	(0,1)

Tableau II.4 : le nouveau jeu

Mais, dans ce nouveau jeu, la stratégie B est strictement dominée par T. Ainsi, la stratégie B peut être éliminée. On obtient donc le nouveau jeu réduit suivant :

		Joueur 2	
		L	M
Joueur 1	T	(1,0)	(1,2)

Tableau II.5 : le nouveau jeu réduit

Dans ce jeu, L peut être éliminée. Ceci nous amène à un jeu où chaque joueur possède une unique stratégie pour le joueur ligne **T** et pour le joueur colonne **M avec (1,2)** comme paiement. Ce procédé est appelé procédé d'élimination des stratégies strictement dominées. Quand ce procédé converge vers un unique résultat, on qualifie ce résultat comme étant la solution du jeu et on dit que le jeu est résoluble par dominance.

Une classe particulière de jeux résoluble par dominance est la classe de jeu où chaque joueur possède une stratégie qui domine strictement toutes les autres stratégies. Dans ce cas, on dit que le jeu possède une solution en stratégie strictement dominante [8].

Une méthode commune pour identifier ces situations facilement est de trouver ce que l'on appelle les valeurs Minimax et Maximin.

Le théorème du minimax prouvé par Von Neumann en 1928 dit que tout jeu défini à deux joueurs et à somme constante a une solution en stratégies pures ou mixtes. En d'autres termes, dans un tel jeu où A et B sont les deux joueurs, il y a une valeur v et une stratégie pour chacun des deux joueurs telles que, si A joue sa stratégie maximin, son gain sera au moins égal à v et que si B adopte sa stratégie minimax, le gain de A sera au plus de v . Ainsi, A et B ont tous deux intérêts à orienter leur stratégie de façon à ce que leur gain soit de v . Nous définissons une notion supplémentaire qui va nous servir par la suite que nous appelons la non-dominance.

II.10.1.3 Définition 2 : (La non-dominance) Supposons qu'un joueur dispose de plusieurs stratégies dont s_1 , si le fait de jouer la stratégie s_1 ne constitue jamais une meilleure réponse pour le joueur, alors nous disons que la stratégie s_1 est non dominante (ou jamais dominante).

II.10.1.4 Définition 3 : Une stratégie s_n est faiblement dominée pour le joueur i s'il existe une stratégie s_n' telle que pour tous les profils s_{-n} :

$$u_n(s_n', s_{-n}) \geq u_n(s_n, s_{-n})$$

II.10.2 Equilibre de Nash :

Dans un jeu à deux joueurs, un équilibre de Nash est une situation dans laquelle chaque joueur choisit sa meilleure réponse compte tenu de la réponse de l'autre, et les stratégies retenues de chaque joueur sont mutuellement cohérentes : si 1 a intérêt à jouer A quand 2 joue B, et que 2 a intérêt à jouer B lorsque 1 joue A, alors la situation où A et B sont jouées est un équilibre de Nash. Une autre façon de définir un équilibre de Nash est une situation dont personne n'a intérêt à dévier individuellement, sachant la stratégie de l'autre. Ne pas dévier individuellement veut dire que les individus font un choix optimal qui maximise leur utilité compte tenu de la stratégie de l'autre. L'autre fait le même raisonnement compte tenu de la stratégie du premier joueur [17].

Ce concept d'équilibre de Nash est assez naturel et à trois propriétés qu'il convient de discuter :

- **la rationalité** : il repose sur l'optimisation et la poursuite de l'intérêt individuel, pour ne pas dire l'égoïsme, des joueurs;
- **la spontanéité** : la convergence vers l'équilibre se fait en général sans besoin d'intervention extérieure;
- **la stabilité** : l'équilibre de Nash est généralement stable [17].

II.10.2.1 Définition 4 : (Equilibre de Nash)

On dit qu'une combinaison de stratégies s^* est un équilibre de Nash (ou un équilibre non coopératif) si l'inégalité suivante est satisfaite pour chaque joueur $n = 1, 2, \dots, n$

$$u_n(s_n^*, s_{-n}^*) \geq u_n(s_n, s_{-n}^*)$$

Pour chaque $s_n \in S_n$, il est clair que l'Equilibre de Nash représente tout simplement un particulier, "steady" état pour un système, en ce sens que, une fois atteinte, aucun joueur n'a aucune motivation pour unilatéralement déroger. Dans de nombreux cas, l'Equilibre de Nash représente le résultat de l'apprentissage et l'évolution des acteurs dans un système. Il est donc important de prévoir et caractériser ces points dans la perspective de la conception du système.

Exemple : On considère le jeu décrit par la matrice suivante :

1 \ 2	G	D
H	(0,0)	(2,2)
B	(10,11)	(1,0)

Tableau II.6 : jeu à deux joueurs avec deux stratégies

Si 1 joue H, alors il est optimal pour 2 de jouer D; si 1 joue B, il est optimal pour 2 de jouer G. De la même manière, si 2 joue G, il est optimal pour 1 de jouer B tandis que la meilleure réponse de 1 est H si 2 joue D. Toutefois, la paire (B,G) semble une solution raisonnable en ce qu'aucun joueur ne semble pouvoir faire mieux pour lui-même. Plus précisément, cette paire constitue ce que l'on appelle un équilibre de Nash : chaque joueur maximise ses gains compte tenu de l'action supposée de l'autre.

II.10.3 Equilibre de Nash en stratégie mixte :

Un équilibre de Nash en stratégie mixte est une combinaison de distributions de probabilités sur les actions des joueurs (stratégies mixtes) qui sont chacune la meilleure réponse du joueur aux stratégies mixtes des autres.

II.10.3.1 Définition 5 : On dit qu'une combinaison de stratégies mixtes σ^* est un équilibre de Nash (en stratégies mixtes) si on a l'inégalité suivante pour chaque joueur i :

$$u_n(\sigma_n^*, \sigma_{-n}^*) \geq u_n(\sigma_n, \sigma_{-n}^*)$$

II.10.3.2 Théorème [Nash, 1950] : Tout jeu sous forme stratégique a un équilibre de Nash en stratégies mixtes.

Exemple :

Soit la matrice prenant en compte les probabilités des stratégies.

		Joueur 2			
		f	c		
Joueur 1	f	(2,1)	(0,0)	p	1-p
	c	(0,0)	(1,2)		
		q	1-q		

Tableau II.7 : matrice des gains

Soit q la probabilité avec laquelle le joueur 2 joue f , quelle est la meilleure réponse du joueur 1 ?

$$EG(f) = 2 \cdot (q) + 0 \cdot (1 - q) = 2q$$

$$EG(c) = 0 \cdot (q) + 1 \cdot (1 - q) = 1 - q$$

Donc:

- Si $2q > 1 - q$, ($q > 1/3$), la meilleure réponse du joueur 1 est de jouer f
- Si $2q < 1 - q$, ($q < 1/3$), la meilleure réponse du joueur 1 est de jouer c
- Si $2q = 1 - q$, ($q = 1/3$), le joueur 1 est indifférent entre f et c , il peut donc jouer l'une ou l'autre, ou n'importe quelle combinaison des deux.

Soit p la probabilité avec laquelle le joueur 1 joue f , quelle est la meilleure réponse du joueur 2 ?

$$EG(f) = 1 \cdot (p) + 0 \cdot (1 - p) = p$$

$$EG(c) = 0 \cdot (p) + 2 \cdot (1 - p) = 2 \cdot (1 - p)$$

Donc:

- Si $p > 2 \cdot (1 - p)$, ($p > 2/3$), la meilleure réponse du joueur 2 est de jouer f
- Si $p < 2 \cdot (1 - p)$, ($p < 2/3$), la meilleure réponse du joueur 2 est de jouer c
- Si $p = 2 \cdot (1 - p)$, ($p = 2/3$), le joueur 2 est indifférent entre f et c , il peut donc jouer l'une ou l'autre, ou n'importe quelle combinaison des deux.

Les gains des deux joueurs avec un profil en stratégie mixte σ sont donc:

$$\begin{aligned}\mu_1(\sigma) &= p * q * 2 + p * (1 - q) * 0 + (1 - p) * q * 0 + (1 - p) * (1 - q) * 1 \\ &= 3p * q - p - q + 1 \\ \mu_2(\sigma) &= p * q * 1 + p * (1 - q) * 0 + (1 - p) * q * 0 + (1 - p) * (1 - q) * 2 \\ &= 3pq - 2p - 2q + 2\end{aligned}$$

Le profil $\sigma^* = (< (f, 2/3), (c, 1/3) >, < (f, 1/3), (c, 2/3) >)$ est donc un équilibre de Nash en stratégie mixte.

Les gains des deux joueurs avec σ^* sont :

$$\begin{aligned}\mu_1(\sigma^*) &= 3 * 2/3 * 1/3 - 2/3 - 1/3 + 1 \\ &= 2/3 \\ \mu_2(\sigma^*) &= 3 * 2/3 * 1/3 - 2 * 2/3 - 2 * 1/3 + 2 \\ &= 2/3\end{aligned}$$

II.11 Conclusion :

Nous avons présenté dans ce chapitre quelques champs d'applications importants de la théorie des jeux qui l'ont influencée ainsi l'intérêt principal de cette théorie et nous avons mentionné plusieurs notions de base comme les jeux coopératifs, qui sont en général représentés à l'aide d'une fonction caractéristique et les jeux non-coopératifs en forme normale. Enfin nous avons introduit ce qu'est un équilibre au sens de Nash.

Dans le chapitre suivant, nous envisagerons de présenter notre application dans le domaine de télécommunications pour savoir qu'est ce qui se passe entre le réseau et le client.

III.1 Introduction :

Dans cette partie, nous allons présenter les paramètres des deux joueurs (réseau et client) participants, ainsi la modélisation du jeu par la théorie des jeux dans le but de trouver le point optimum qui satisfait les 2 joueurs.

Pour cela, nous allons appliquer pour notre scénario, le jeu non-coopératif qui est un type adéquat pour notre étude.

Avant de jouer, il faut définir les actions (stratégies) attribuées à chaque joueur et calculer les gains en fonction des paramètres mentionnés ci-dessus.

III.2 Scénario :

Pour notre travail, on prend un ensemble de BTS qui constituent un réseau d'opérateur GSM et un certain nombre de clients comme deux joueurs. On applique la théorie de jeux afin d'obtenir le point optimum (meilleure solution) pour que les deux joueurs soient gagnants. Pour atteindre ce but, on joue sur les paramètres présentés dans les équations des gains qu'on a pu imaginer et conçu. Dans l'application, chaque joueur prend deux actions différentes.

- 1^{er} joueur : **Joueur A** (Clients)

- 1^{ère} action (C) : représente le cas où tout les utilisateurs sont en communication
- 2^{ème} action (\bar{C}) : représente le cas où, on a 3 situations :

- α : nombre de clients en état '**extinction**' (le terminal n'est pas allumé).

- β : nombre de clients en état '**standby**' (le terminal est allumé mais pas de communication).

- γ : nombre de client en état '**communication**'.

Avec : $\alpha + \beta + \gamma = 1$

- 2^{ème} joueur : **Joueur B** (Réseau : Cellules-BTS)

- 1^{ère} action (A) : représente le cas où tout les BTS sont en service (tout les BTS sont actifs).

- 2^{ème} action (\bar{A}) : représente le cas où un certain nombre de BTS est en hors service (des BTS qui ne sont pas actifs).

- b : représente les BTS qui sont actifs.

Pour illustrer ce qui a été décrit, considérons le jeu représenté par sa forme stratégique (en tenant compte des probabilités des stratégies) du tableau suivant.

		Joueur B		
		A	\bar{A}	
Joueur A	C	$(x_{11} \cdot y_{11})$	$(x_{12} \cdot y_{12})$	q
	\bar{C}	$(x_{21} \cdot y_{21})$	$(x_{22} \cdot y_{22})$	1 - q
		p	1 - p	

Tableau III.1- jeu en forme stratégique

III.3 Formalisme mathématique des gains:

Les expressions des gains de chaque joueur sont données par les relations suivantes :

1) Pour le joueur 1 (Clients (utilisateurs de service)) :

- $x_{11} = (a * n * m) - (((c * t)/30) * n * m)$
- $x_{12} = (a * n * b * m) - ((c * t/30) * b * n * m)$
- $x_{21} = (a * (\beta + \gamma) * n * m) - (\gamma * (c * t/30) * n * m)$
- $x_{22} = (a * (\beta + \gamma) * n * b * m) - ((c * t/30) * \gamma * n * b * m)$

2) Pour le joueur 2 (Réseau (Cellules-BTS)) :

- $y_{11} = -(a * n * m) + (((c * t)/30) * n * m)$
- $y_{12} = -(a * n * b * m) + ((c * t/30) * b * n * m)$
- $y_{21} = -(a * (\beta + \gamma) * n * m) + (\gamma * (c * t/30) * n * m)$
- $y_{22} = -(a * (\beta + \gamma) * n * b * m) + ((c * t/30) * \gamma * n * b * m)$

Avec :

a : représente le débit.

n : représente le nombre de clients.

m : représente le nombre de BTS.

t : représente le temps d'appel.

c : représente le coût.

Explication :

On choisit n tel que n ne dépasse pas $m * 29$. (pour le cas de GSM).

En supposant que le serveur (réseau) choisit ses stratégies avec les probabilités suivantes :

- A avec la probabilité p avec $1 > p > 0$
- \bar{A} avec la probabilité $(1 - p)$

Quelle est la situation de serveur ?

- Si le client choisit C , alors :

$$\text{Espérance de son utilité} = x_{11} * p + x_{12} * (1 - p)$$

- Si Le client choisit \bar{C} , alors :

$$\text{Espérance de son utilité} = x_{21} * p + x_{22} * (1 - p)$$

Même raisonnement que précédemment pour le client :

En supposant que le client choisit ses stratégies avec les probabilités suivantes :

- C avec la probabilité q avec $1 > q > 0$
- \bar{C} avec la probabilité $(1 - q)$

Quelle est la situation de client ?

Si le serveur choisit A , alors :

$$\text{Espérance de son utilité} = y_{11} * q + y_{21} * (1 - q)$$

Si Le serveur choisit \bar{A} , alors :

$$\text{Espérance de son utilité} = y_{12} * q + y_{22} * (1 - q)$$

Si le joueur 1 choisit la stratégie C on aura :

$$x_{11} * p + x_{12} * (1 - p) > x_{21} * p + x_{22} * (1 - p)$$

$$x_{11} * p + x_{12} - x_{12} * p > x_{21} * p + x_{22} - x_{22} * p$$

$$(x_{11} + x_{22} - x_{12} - x_{21}) * p > x_{22} - x_{12}$$

Donc :
$$p > x_{22} - x_{12} / x_{11} + x_{22} - x_{12} - x_{21} = p^*$$

Si le joueur 2 choisit la stratégie A :

$$y_{11} * q + y_{21} * (1 - q) > y_{12} * q + y_{22} * (1 - q)$$

$$y_{11} * q + y_{21} - y_{21} * q > y_{12} * q + y_{22} - y_{22} * q$$

$$(y_{11} - y_{21} - y_{12} + y_{22}) * q > y_{22} - y_{21}$$

Donc :
$$q > y_{22} - y_{21} / y_{11} - y_{21} - y_{12} + y_{22} = q^*$$

La paire (p^*, q^*) semble une solution raisonnable en ce qu'aucun joueur ne semble pouvoir faire mieux pour lui-même. Plus précisément, cette paire constitue ce que l'on appelle un équilibre de Nash : chaque joueur maximise ses gains compte tenu de l'action supposée de l'autre.

L'Equilibre de Nash : représente la meilleure solution (point optimum) pour les 2 joueurs.

III.4 Application sur Matlab :

Pour

- $\mathbf{b} = 0.3000$

$$\alpha = 0.3000$$

$$\beta = 0.6000$$

$$\gamma = 0.1000$$

les gains de joueur1	les gains de joueur2
$x_{11} = -7504$	$y_{11} = 7504$
$x_{12} = -2.2512e+003$	$y_{12} = 2.2512e+003$
$x_{21} = 123.200$	$y_{21} = -123.2000$
$x_{22} = 36.9600$	$y_{22} = -36.9600$

$$p^* = 0.4286$$

$$q^* = 0.0162$$

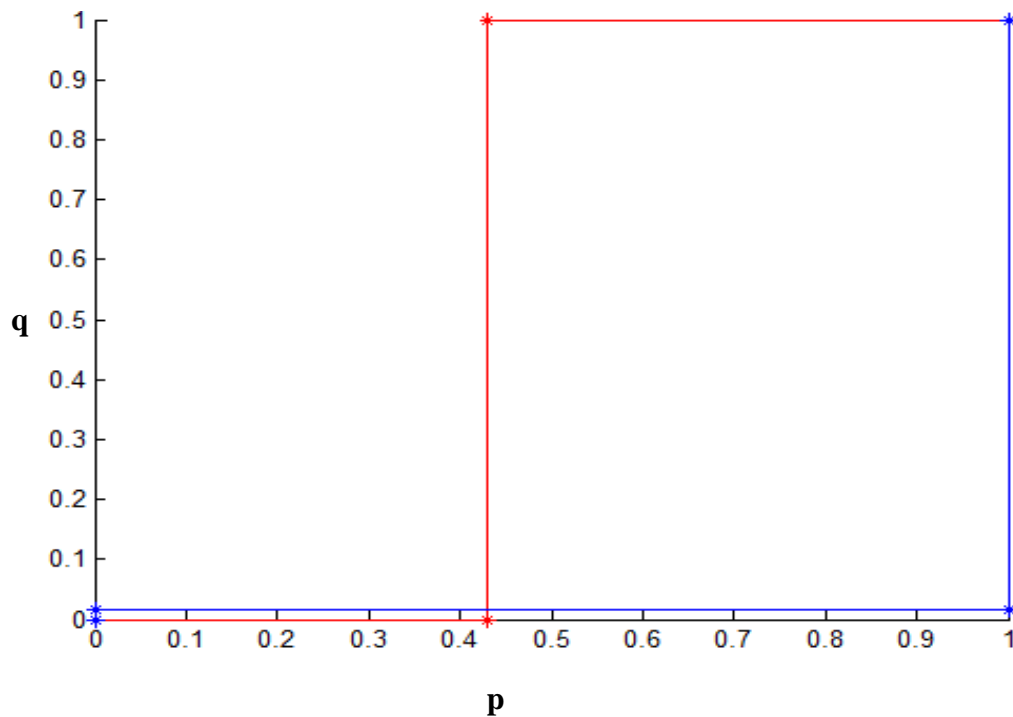


Figure III .1: Représentation graphique du jeu

A partir de cette figure, on peut dire que :

- Si $q > 0.0162$, la meilleure réponse du joueur 2 est de jouer A
- Si $q < 0.0162$, la meilleure réponse du joueur 2 est de jouer \bar{A}
- Si $q = 0.0162$, le joueur 2 est indifférent entre A et \bar{A} , il peut donc jouer l'une ou l'autre, ou n'importe quelle combinaison des deux.
- Si $p > 0.4286$, la meilleure réponse du joueur 1 est de jouer C
- Si $p < 0.4286$, la meilleure réponse du joueur 1 est de jouer \bar{C}
- Si $p = 0.4286$, le joueur 1 est indifférent entre C et \bar{C} , il peut donc jouer l'une ou l'autre, ou n'importe quelle combinaison des deux.

D'après les probabilités on peut dire que la solution est meilleure pour le 1^{er} joueur

Pour :

- $\mathbf{b = 0.3000}$

$$\alpha = 0.3000$$

$$\beta = 0.3000$$

$$\gamma = 0.4000$$

les gains de joueur1	les gains de joueur2
$x_{11} = -7504$	$y_{11} = 7504$
$x_{12} = -2.2512e+003$	$y_{12} = 2.2512e+003$
$x_{21} = -2.5648e+003$	$y_{21} = 2.5648e+003$
$x_{22} = -769.4400$	$y_{22} = 769.4400$

$$p^* = 0.4286$$

$$q^* = 0.5193$$

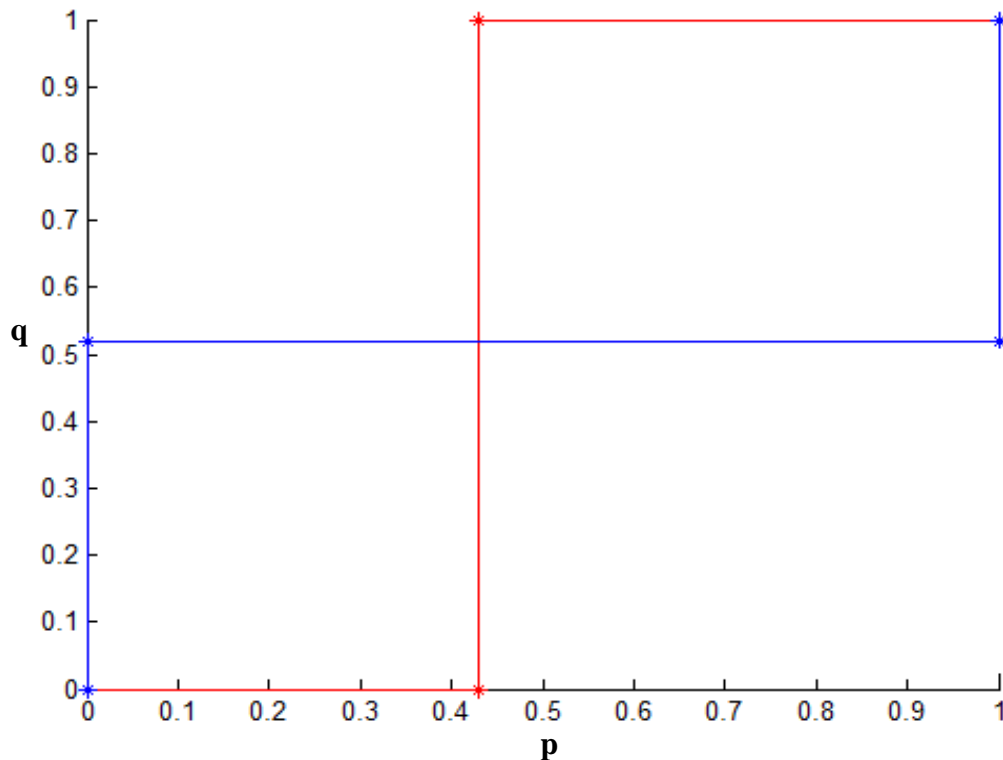


Figure III .2: Représentation graphique du jeu

A partir de cette figure, on peut dire que :

- Si $q > 0.5193$, la meilleure réponse du joueur 2 est de jouer A
- Si $q < 0.5193$, la meilleure réponse du joueur 2 est de jouer \bar{A}
- Si $q = 0.5193$, le joueur 2 est indifférent entre A et \bar{A} , il peut donc jouer l'une ou l'autre, ou n'importe quelle combinaison des deux.
- Si $p > 0.4286$, la meilleure réponse du joueur 1 est de jouer C
- Si $p < 0.4286$, la meilleure réponse du joueur 1 est de jouer \bar{C}
- Si $p = 0.4286$, le joueur 1 est indifférent entre C et \bar{C} , il peut donc jouer l'une ou l'autre, ou n'importe quelle combinaison des deux

D'après les probabilités on peut dire que la solution est meilleure pour les deux joueurs car elle est proche de 0.5

Pour :

- $b = 0.4000$

$$\alpha = 0.3000$$

$$\beta = 0.3000$$

$$\gamma = 0.4000$$

les gains de joueur1	les gains de joueur2
$x_{11} = -7504$	$y_{11} = 7504$
$x_{12} = -3.0016e+003$	$y_{12} = 3.0016e+003$
$x_{21} = -2.5648e+003$	$y_{21} = 2.5648e+003$
$x_{22} = -1.0259e+003$	$y_{22} = 1.0259e+003$

$$p^* = 0.6667$$

$$q^* = 0.5193$$

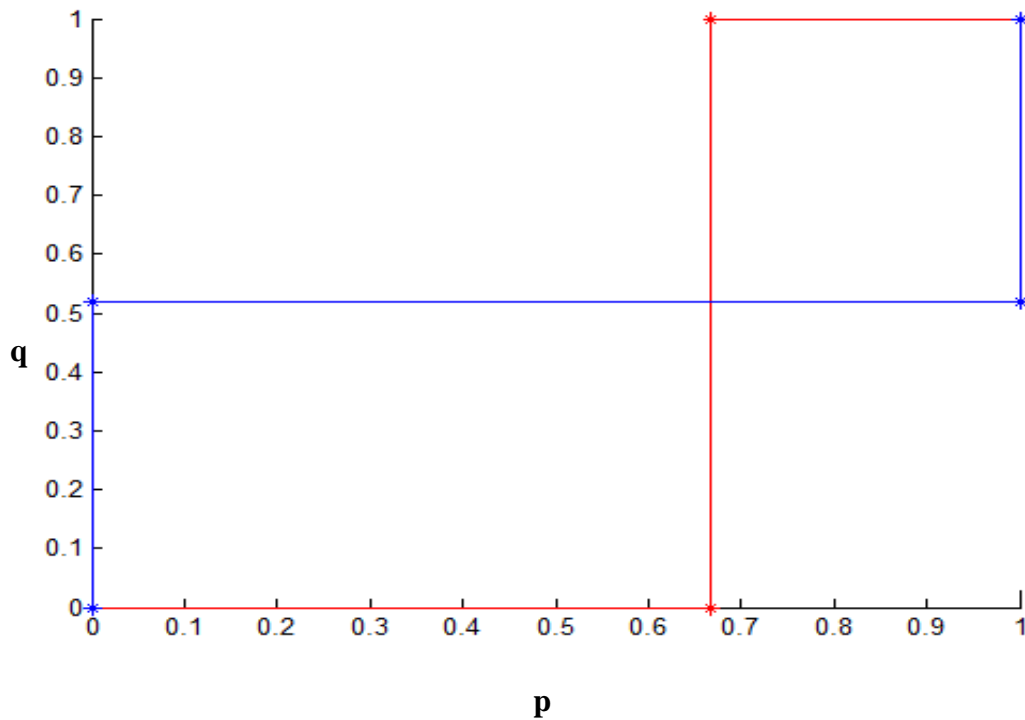


Figure III .3 : Représentation graphique du jeu

A partir de cette figure, on peut dire que :

- Si $q > 0.5193$, la meilleure réponse du joueur 2 est de jouer **A**
- Si $q < 0.5193$, la meilleure réponse du joueur 2 est de jouer \bar{A}
- Si $q = 0.5193$, le joueur 2 est indifférent entre **A** et \bar{A} , il peut donc jouer l'une ou l'autre, ou n'importe quelle combinaison des deux.
- Si $p > 0.6667$, la meilleure réponse du joueur 1 est de jouer **C**
- Si $p < 0.6667$, la meilleure réponse du joueur 1 est de jouer \bar{C}
- Si $p = 0.6667$, le joueur 1 est indifférent entre **C** et \bar{C} , il peut donc jouer l'une ou l'autre, ou n'importe quelle combinaison des deux

D'après les probabilités on peut dire que la solution est meilleure pour les deux joueurs car elle est proche de 0.5

Pour :

- $b = 0.5000$

$$\alpha = 0$$

$$\beta = 0.6000$$

$$\gamma = 0.4000$$

les gains de joueur1	les gains de joueur2
$x_{11} = -7504$	$y_{11} = 7504$
$x_{12} = -3752$	$y_{12} = 3752$
$x_{21} = -2128$	$y_{21} = 2128$
$x_{22} = -1064$	$y_{22} = 1064$

$$p^* = 0.9$$

$$q^* = 0.3958$$

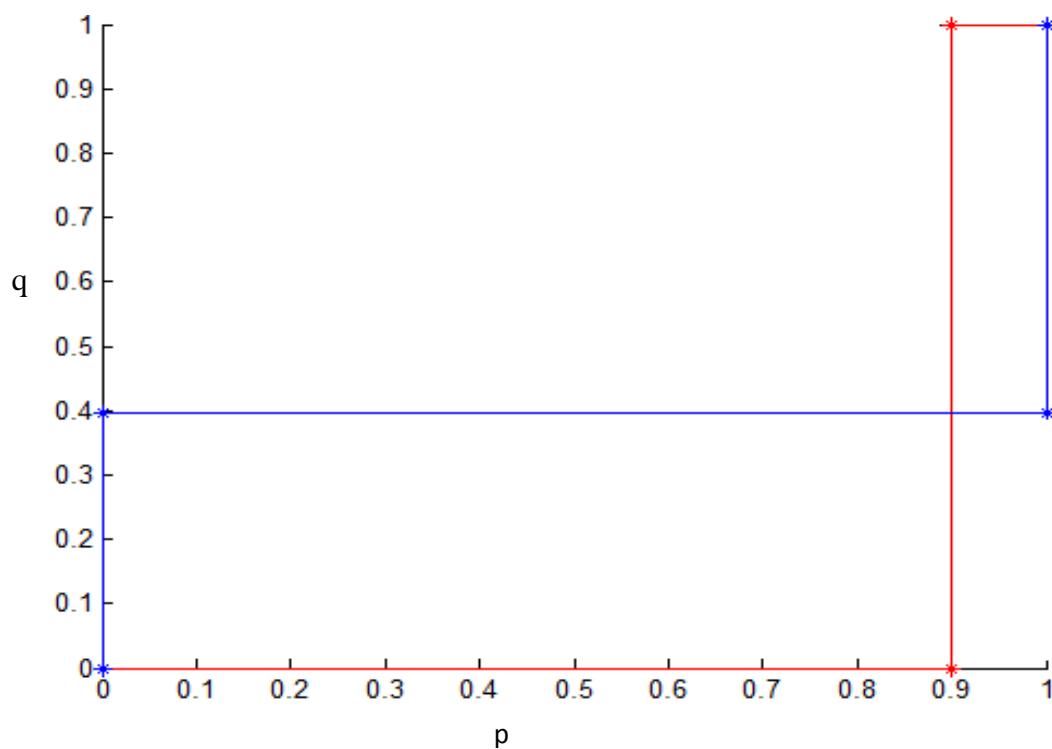


Figure III .V : Représentation graphique du jeu

A partir de cette figure, on peut dire que :

- Si $q > 0.3958$, la meilleure réponse du joueur 2 est de jouer **A**
- Si $q < 0.3958$, la meilleure réponse du joueur 2 est de jouer \bar{A}
- Si $q = 0.3958$, le joueur 2 est indifférent entre **A** et \bar{A} , il peut donc jouer l'une ou l'autre, ou n'importe quelle combinaison des deux.
- Si $p > 0.9$, la meilleure réponse du joueur 1 est de jouer **C**
- Si $p < 0.9$, la meilleure réponse du joueur 1 est de jouer \bar{C}
- Si $p = 0.9$, le joueur 1 est indifférent entre **C** et \bar{C} , il peut donc jouer l'une ou l'autre, ou n'importe quelle combinaison des deux

D'après les probabilités on peut dire que la solution est meilleure pour le 2^{ème} joueur

III.5 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons essayé de présenter les différents résultats obtenus par l'application de la théorie des jeux non coopératifs sur le modèle proposé du jeu représenté par sa forme stratégique entre le réseau et le client afin de déterminer le point optimum.

On constate que la meilleure solution (point optimum) qui satisfait les deux joueurs réseau et client est la solution qui prend des paires (p^*, q^*) proche de $(0,5, 0,5)$.

En effet, nous tenons à souligner que pour avoir la meilleure solution qui représente l'équilibre de Nash, il faut que :

$$b = 0.3$$

$$\alpha \in [0.3, 0.6]$$

$$\beta \in [0, 0.3]$$

$$\gamma = 0.4$$

CONCLUSION GENERALE

Le projet développé ici a consisté à modéliser le jeu de compétition dans le monde des télécommunications entre le fournisseur de service (le réseau d'opérateur) et l'utilisateur de ce service (le client) représenté par sa forme stratégique et définir un formalisme mathématique afin d'appliquer la théorie des jeux dans le but de trouver le point optimum (Equilibre de Nash) autrement dit chaque joueur maximise ses gains compte tenu de l'action supposée de l'autre.

C'est dans ce cadre que nous avons jugé utile de faire un aperçu général sur les réseaux cellulaires d'opérateurs contenant le GSM (2G) et l'UMTS (3G) comme exemples, avec la présentation de l'architecture et les services pour chacun.

Un prospect bien détaillé sur la théorie des jeux expliquant les types afin de choisir le jeu adéquat qui marche avec notre problématique.

La théorie des jeux s'intéresse à des situations où des "joueurs" ou "agents" prennent des décisions, chacun étant conscient que ses gains dépendent non seulement de sa propre décision, mais aussi des décisions prises par les autres joueurs. Un joueur peut prendre plusieurs décisions et il en choisit une qui sera la meilleure pour lui. En termes mathématiques, on traduit la phrase "la meilleure pour lui" par l'introduction d'une fonction pour chacun des joueurs qui reflète ses préférences, appelée "utilité".

L'utilité d'un joueur peut dépendre non seulement de ses décisions mais aussi de celles de tous les autres joueurs. L'utilité est une fonction croissante par rapport aux préférences: l'utilité d'un joueur est plus élevée pour un choix de décisions par rapport à un autre s'il préfère le premier choix à l'autre.

Le concept de solution d'un jeu non-coopératif est souvent l'équilibre de Nash: c'est un choix de décision de tous les joueurs tel qu'aucun ne peut tirer avantage (ne peut augmenter sa fonction d'utilité) en changeant seul (unilatéralement) sa décision.

En perspective, nous conseillons d'appliquer la théorie des jeux à l'optimisation du routage dans les réseaux tel que le routage multicast non-coopératif qui est lié à un routage entre arbres plutôt qu'au routage entre chemins ou entre liens.

Liste des figures

Figure I.1 : L'architecture et les interfaces du réseau GSM.....	3
Figure I. 2 : Exemple d'antennes GSM (ROCKHAMPTON, QUEENSLAND, AUSTRALIE)..	7
Figure I.3: hard handover.....	11
Figure I. 4: seamless handover.....	11
Figure I.5 : soft handover.....	12
Figure I. 6 : Architecture du réseau UMTS.....	14
Figure I.7 : Architecture du réseau cœur de l'UMTS.....	15
Figure I.8 : Architecture du réseau d'accès.....	16
Figure I. 9 : Représentation graphique de l'exemple de communication.....	19
Figure I.10 : Utilisation de la Bande de Fréquences pour l'UMTS.....	20
Figure I.11 : Structure de trame de l'UMTS.....	21
Figure I.12 : Affectation d'un canal dans le FDMA.....	22
Figure I.13 : Affectation d'un canal dans le TDMA.....	22
Figure I.14 : Affectation d'un canal dans le CDMA.....	23
Figure I.15 : Softer handover.....	24
Figure I.16 : Soft handover.....	25
Figure II.1 : Représentation d'un jeu sous forme d'arbre	31
Figure III .1: Représentation graphique du jeu 1.....	44
Figure III .2: Représentation graphique du jeu 2.....	46
Figure III .3 : Représentation graphique du jeu 3.....	47
Figure III .V : Représentation graphique du jeu 4.....	48

Liste des tableaux

Tableau I.1 : les différents composants du réseau GSM.....	3
Tableau I.2 : Comparaison des systèmes GSM et DCS-1800.....	4
Tableau I.3 : Liste partielle des informations contenues dans une carte SIM.....	5
Tableau I.4 :Les interfaces du réseau GSM.....	10
Tableau I.5 : Tableau récapitulatif des Classes de services et leurs contraintes.....	14
Tableau II.1 : Le jeu de pile ou face.....	30
Tableau II.2 : Exemple de jeu en forme stratégique.....	33
Tableau II.3 : jeu en forme stratégique.....	35
Tableau II.4 : le nouveau jeu.....	36
Tableau II.5 : le nouveau jeu réduit.....	36
Tableau II.6 : jeu à deux joueurs avec deux stratégies	38
Tableau II.7 : matrice des gains.....	39
Tableau III.1 : jeu en forme stratégique.....	42

Liste des abréviations

0-9

3G Troisième Génération
2G Deuxième génération

A

AuC Authentication Center

B

BSC Base Station Controller
BTS Base Transceiver Station
BSS Base station sub-system

C

CDMA Code Division Multiple Access

E

EIR Equipment Identity Register

F

FDMA Frequency Division Multiple Access
FDD Frequency division Duplex

G

GSM Global System for Mobile communications
GMSC Gateway Mobile Switching Center
GGSN Gateway GPRS Support Node

H

HLR Home Location Register

I

IMSI International Mobile Subscriber Identity

M

MSC Mobile-services Switching Center
MSISDN Mobile Station ISDN Number

N

NSS Network Switching sub-system

O

OMC Opération and Maintenance Center
OSS Opération support sub-system

P

PDC Personale Digital Cellular
PIN Personal Identification Number

R

RAN Radio Access Network

S

SIM Subscriber Identity Module
SGSN Serving GPRS Support Node

T

TDMA Time Division Multiple Access
TDD Time Division Duplex

U

UMTS Universal Mobile Telecommunications System

V

VLR Visitor Location Register

W

WiMAX Worldwide Interoperability for Microwave Access

Références bibliographiques

- [1] Mr. AHMED Ahmed et Mr. CHAROU Mohamed Etude des mécanismes du Handover du réseau UMTS 2009
- [2] MM.BAWA Ibrahim Abdoul Razak et MM.MAHAMAT Charfadine Salim Optimisation des réseaux GSM pour la migration vers l'UMTS 2005
- [3] Mr boutiout .aboubakkr sécurité et gestion de la mobilité dans le réseau GSM 2004 /2005
- [4] Mr. KECHKOUCHE Mustapha Etude des services et application offerts par l'UMTS 2004
- [5] <http://www.ulg.ac.be/telecom>.
- [6] (réseaux GSM, GPRS, UMTS) www.girodon.com
- [7] Merrill M. Flood. Some experimental games. Research Memorandum RM-789-1. The RAND Corporation, Santa-Monica, CA, USA, 1952
- [8] Jean Gabszewicz Un excellent survol de ces contributions est donné, “Théorie du noyau et de la concurrence imparfaite” , Recherches Economiques de Louvain, vol. 36, 21-37, 1970.
- [9] A Game-Theoretical Approach to Resource Allocation in Wireless Networks 2010
- [10] Ouassila Labbani Comparaison des théories des jeux pour l'étude du comportement d'agents juillet 2003.
- [11] A. Downs. An economic theory of democracy. Harper, 1957.
- [12] John Maynard Smith. Evolution and the theory of games. Cambridge University Press, 1982.

[13] J. Maynard Smith. Animal Signals. Oxford University Press, 2003.

[14] Karl Sims. Evolving virtual creatures. SigGraph 94, pages 15,22, 1994.

[15] Joseph Persky. Retrospectives : The ethology of homo economicus. The journal of economic perspectives, 9 :221-231, 1995.

[16] Planification multi-agents dans un cadre markovien : les jeux stochastiques à somme générale, 2012

[17] Chapitre 17 Théorie des jeux (1) : concepts fondamentaux Pearson Education France
Principes de microéconomie – Etienne Wasmer 2010

Résumé

Dans notre étude, nous exposons un outil très performant provenant de la théorie des jeux qui permet de modéliser et analyser une situation de compétition dans le monde des télécommunications. L'objectif du présent travail consiste à concevoir et développer un formalisme mathématique à base de la théorie des jeux non-coopératifs qui permet de trouver le point optimum (Equilibre de Nash) d'un jeu représenté par sa forme stratégique entre le fournisseur de service (réseau d'opérateur) et l'utilisateur de ce service (client).

Mots clés : Optimisation, Théorie des jeux, Réseau, Client, Equilibre de Nash

Abstract

In our study, we expose a very powerful tool coming from the game theory which makes it possible to model and analyze a situation of competition in the world of telecommunications. The objective of this work consists to conceive and develop a mathematical formalism containing the not-co-operative game theory which makes it possible to find the point optimum (Balance of Nash) of a play represented by its strategic form between the supplier of service (network of operator) and the user of this service (customer).

Key words: Optimization, Game theory, Network, Customer, Balance of Nash