

# Réseaux de Télécoms Mobiles



Dr DIDOUH Soumia

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ORAN  
MAURICE AUDIN

Email : [sdidouhar@gmail.com](mailto:sdidouhar@gmail.com)

# Table des matières



<b>Objectifs</b>	3
<b>I - Chapitre2 :Réseaux cellulaires et mobiles :Bases des systèmes cellulaires</b>	4
1. Réseau cellulaire .....	4
2. Concepts cellulaires .....	5
2.1. Définition d'une cellule .....	5
2.2. Représentation des cellules .....	5
3. Mécanisme de propagation des ondes radio mobiles .....	7
3.1. Propagation des ondes radio .....	7
3.2. Propriétés du canal radio .....	8
3.3. Dégradations subies par l'onde radio .....	8
4. Méthodes d'accès .....	11
4.1. Accès Multiple par Répartition de Fréquence (FDMA) .....	11
4.2. Accès Multiple par Répartition dans le Temps (TDMA) .....	11
4.3. Accès Multiple à Répartition de Code (CDMA) .....	12
5. Méthodes de transfert des données .....	14
5.1. Transmission en simplexe .....	14
5.2. Transmission en half duplex .....	14
5.3. Transmission en full duplex .....	15
5.4. FDD : Frequency Division Duplexing .....	16
5.5. TDD : Time Division Duplexing .....	16

# Objectifs



A la fin de ce cours vous allez être capable de :

- Connaître les principes fondamentaux des réseaux mobiles
- Nommer les services offerts par les réseaux mobiles (voix, données, SMS).
- Expliquer les technologies d'accès radio (TDMA, FDMA, CDMA).
- Comprendre les architectures des réseaux de télécoms mobiles et les contraintes posées à l'infrastructure liés à la mobilité des utilisateurs et à l'utilisation du spectre radio.
- Analyser les performances des réseaux mobiles.
- Rassembler les informations des réseaux mobiles provenant de sources multiples et proposer des solutions aux problèmes rencontrés dans les réseaux mobiles.
- Évaluer l'impact des réseaux mobiles sur la société.

## Prés requis

Connaissances préalables recommandées :

- Cryptographie
- Architecture de sécurité
- Notions de base des systèmes de télécommunications, des signaux radio.



## 2. Concepts cellulaires

### 2.1. Définition d'une cellule

#### 🔑 Définition

Le concept de cellule est introduit comme une solution à la contrainte de la limitation de la ressource radio (spectres de fréquences).

Une cellule = zone géographique couverte par un émetteur et utilisant une plage de fréquences pour les communications qu'elle couvre.

#### 🌿 Fondamental

Ce concept consiste à diviser un territoire en **cellules** dont chacune est couverte par une station radio ou **station de base (BTS)** du réseau.

Un ensemble de cellules reliées à des **stations de contrôle BSC** (Base Station Controller). Et ainsi la réutilisation d'une même fréquence que celle des cellules différentes, c'est-à-dire qui sont adjacentes ou sécantes afin d'éviter les phénomènes d'interférences sur le signal utile reçu par le terminal mobile pour la station de base.

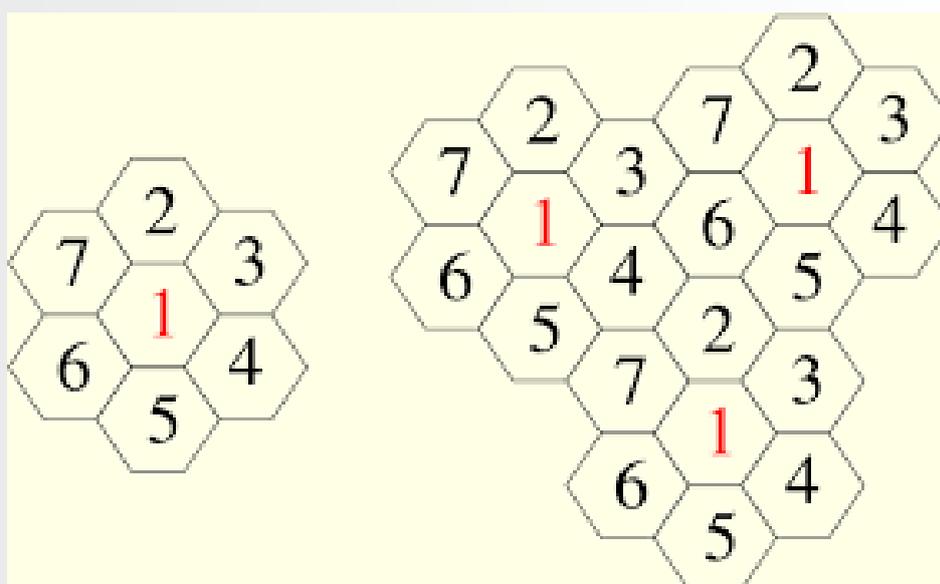


Figure représentant un motif élémentaire (à gauche) et un ensemble de motifs dans un réseau (à droite).

### 2.2. Représentation des cellules

Le problème est que les cellules circulaires ne peuvent pas être superposées sur une carte sans laisser des zones incouvertes ou sans créer des zones de chevauchement.

L'**hexagone** est la forme régulière qui ressemble le plus au cercle et que l'on peut juxtaposer sans laisser de zones vides.



*Représentation des cellules circulaire et hexagone*

### Complément

---

La grille hexagonale permet de respecter les conditions suivantes :

- Taille de cellules identique, donc couverture homogène et répartition à priori homogène du trafic sur chacune des cellules.
- Meilleure couverture et qualité de service .

## 3. Mécanisme de propagation des ondes radio mobiles

### 3.1. Propagation des ondes radio

L'onde électromagnétique se propageant rencontre un ou plusieurs obstacles qui vont la réfracter, la réfléchir, la diffracter, la diffuser. Il découle une multitude d'onde retardée, atténuée et déphasée au niveau du récepteur. Les obstacles rencontrés par le signal lors de son trajet de l'antenne d'émission à l'antenne réceptrice agissent différemment sur le signal. En effet la taille des obstacles vis-à-vis de la longueur d'onde du signal, sa nature et sa forme engendre différents phénomènes.

#### Fondamental

Les trois principaux qui perturbent le signal sont : la réflexion, la diffraction, la diffusion.

##### 1. La réflexion

Une onde peut se réfléchir sur une surface comme le sol, la surface de l'eau, un mur ou une voiture.

On parle de réflexion spéculaire lorsque l'onde se réfléchit comme un rayon lumineux comme elle le ferait sur un miroir.

Une onde dont la fréquence est de l'ordre de quelques mégahertz peut se réfléchir sur une des couches ionisées de la haute atmosphère.

La réflexion d'une onde est plus généralement diffuse, l'onde se réfléchissant dans plusieurs directions ainsi qu'un rayon lumineux frappant une surface mate.

##### 2. Réfraction

Comme un rayon lumineux est dévié lorsqu'il passe d'un milieu d'indice de réfraction  $n_1$  à un autre d'indice  $n_2$ , une onde radio peut subir un changement de direction dépendant à la fois de sa fréquence et de la variation de l'indice de réfraction.

Ce phénomène est particulièrement important dans le cas de la propagation ionosphérique, la réflexion que subit une onde décimétrique dans l'ionosphère est en fait une suite continue de réfractions.

##### 3. La diffraction

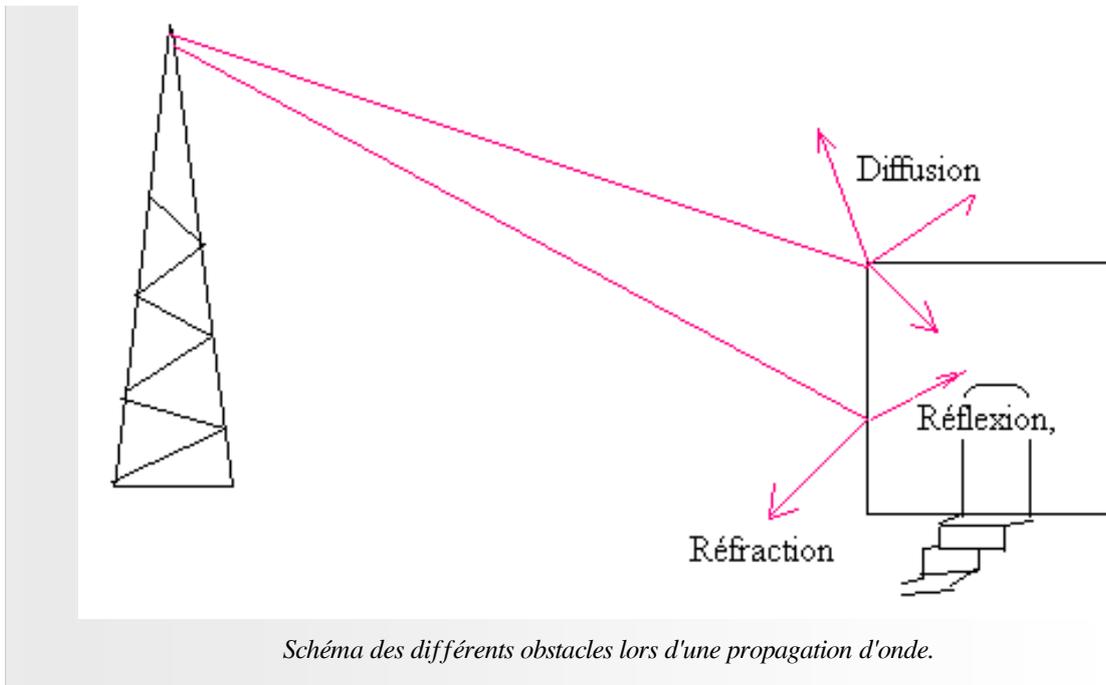
Lorsqu'une onde rencontre un obstacle de grande dimension par rapport à la longueur d'onde, celle-ci pourra être arrêtée par cet obstacle. Ce sera le cas d'une colline, d'une montagne, etc...

Cependant, dans une certaine mesure, l'onde pourra contourner l'obstacle et continuer à se propager derrière celui-ci, à partir des limites de cet obstacle.

Ainsi, une onde ne sera pas entièrement arrêtée par une montagne, mais pourra continuer à se propager à partir du sommet de la montagne, vers la plaine qui se trouve derrière... Ce franchissement de l'obstacle se fera avec une atténuation, parfois très importante.

##### 4. La diffusion

Le phénomène de diffusion peut se produire quand une onde rencontre un obstacle dont la surface n'est pas parfaitement plane et lisse. C'est le cas des couches ionisées, de la surface du sol dans les régions vallonnées (pour les longueurs d'ondes les plus grandes) ou de la surface des obstacles (falaises, forêts, constructions...) pour les ondes ultra-courtes (au-dessus de quelques centaines de mégahertz). Comme en optique, la diffusion dépend du rapport entre la longueur d'onde et les dimensions des obstacles ou des irrégularités à la surface des obstacles réfléchissants. Ces derniers peuvent être aussi variés que des rideaux de pluie (en hyperfréquences) ou les zones ionisées de la haute atmosphère lors des



### 3.2. Propriétés du canal radio

Entre l'antenne d'émission et l'antenne de réception le signal subi des pertes de grande, moyenne et petite échelle :

#### 1. Pertes à grande échelle

Elles définissent les fluctuations de la puissance moyenne mesurée sur un déplacement ou sur un intervalle de temps suffisamment grand. Ce sont des atténuations dues à la puissance parcourue par l'onde : on les appelle **Affaiblissement de parcours** (AEL "Affaiblissement en Espace Libre") ou **Pathloss**

#### 2. Les pertes à moyenne échelle

Ce sont des variations du canal radio mobile ou atténuation de la puissance du signal due aux obstacles rencontrés : on les appelle "**effets de masque** " (**Shadowing effect**).

#### 3. Les pertes à petite échelle

Ces pertes sont les fluctuations observées sur un intervalle de temps et ou un déplacement suffisamment petit pour négliger les évanouissements à grande échelle. Ce sont des atténuations sont liées au trajet multiple : on les appelle **Evanouissements (Fading rapide)**.

### 3.3. Dégradations subies par l'onde radio

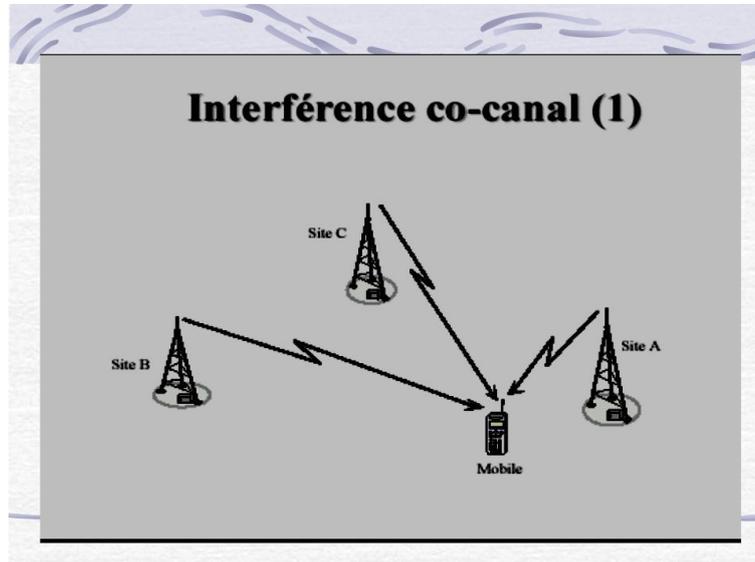
L'onde radioélectrique au fur et à mesure qu'elle se propage dans son environnement. Les principales caractéristiques sont :

- Atténuation due à la distance parcourue : Pathloss(PL)
- Effets de masques :Shadowing effect
- Evanouissements : Fading rapide par propagation multi-trajet
- Brouillage dû aux bruits ambiants (provenant d'émissions d'autres systèmes)
- Brouillage dû aux interférences (co-canal et canal adjacent).

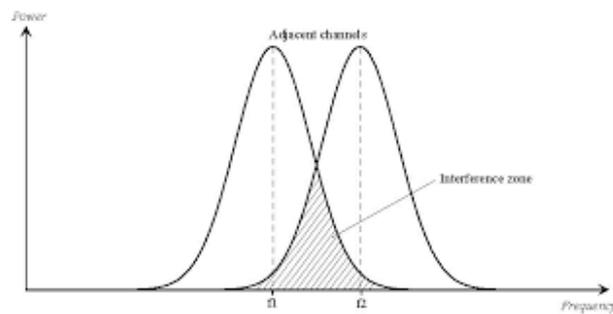
## Complément

On a 2 types d'interférences dans un système radio mobile :

- **Interférences co-canal** : dues aux émissions d'autres équipements sur la même bande de fréquence
- **Interférences sur canal adjacent** : dues aux émissions d'autres équipements sur des fréquences adjacentes.



*Interférences co-canal*



*Interférences sur canal adjacent*

## Fondamental

Les caractéristiques de la propagation dépendent :

- Morphologie du terrain
- La hauteur, la nature, la densité des bâtiments
- La densité de la végétation
- et les conditions météorologiques

La plus forte atténuation subie par la puissance est due aux obstacles soient naturelles (sol, arbres), soient artificiels.

Il existe deux conditions de propagation entre émetteur et récepteur :

- **La propagation avec la visibilité directe** (line-of-sight : los) : il n'y a aucun obstacle entre émetteur et récepteur

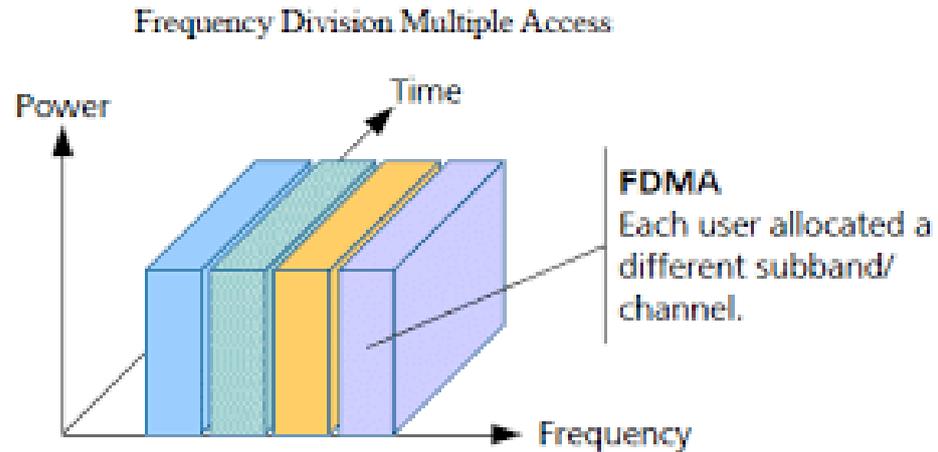
- **La propagation sans vision directe** (non line-of-sight : NLos) : il s'agit de la propagation d'un ou plusieurs obstacles entre émetteur-récepteur

## 4. Méthodes d'accès

### 4.1. Accès Multiple par Répartition de Fréquence (FDMA)

#### 🔑 Définition

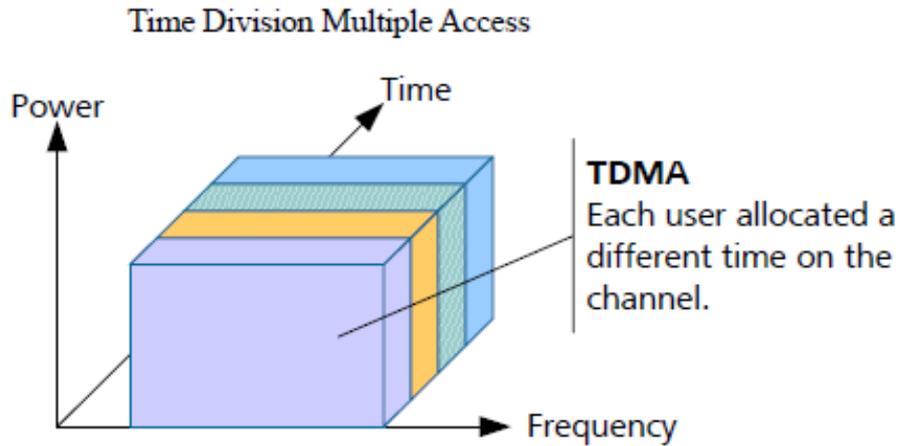
Basée sur la technique de **multiplexage**, largement utilisée dans les systèmes de communication 1G, le FDMA permet d'allouer à chaque utilisateur un canal avec une bande de fréquence unique. Dans ce cas, un seul utilisateur peut se servir de ce canal pendant la durée d'une communication. La suppression d'Interférence d'Accès Multiple (IAM) est assurée par l'utilisation de fréquences porteuses différentes et séparées par un intervalle fréquentiel prédéfini.



### 4.2. Accès Multiple par Répartition dans le Temps (TDMA)

#### 🔑 Définition

Beaucoup de systèmes de communication numérique comme le GSM européen utilisent cette technique, le multiplexage en temps consiste à répartir la transmission d'une porteuse sur des intervalles de temps distincts, appelés Times slots, de durée Tslot pendant lequel une station mobile (MS) peut communiquer avec la station de base (BS). L'allocation des intervalles de temps aux différents usagers se fait périodiquement (TTDMA) est chacun est affecté un certain nombre d'intervalle par trame TDMA numérotés par un indice TN . Par conséquent, un canal physique est consisté par la répartition périodique d'un intervalle dans la trame TDMA sur une fréquence donnée. Afin de ne pas engendrer d'IAM il faut respecter strictement l'intervalle de temps accordé pour la transmission.



Accès Multiple par Répartition dans le Temps (TDMA)

### 4.3. Accès Multiple à Répartition de Code (CDMA)

#### Définition

L'AMRC, plus fréquemment désigné par le signe anglais CDMA permet de multiplexer les signaux de plusieurs utilisateurs et de les transmettre sur la même bande et les mêmes intervalles temporels.

Le signal produit par un utilisateur est multiplié par un code, dit code d'étalement, code unique par utilisateur, qui lui permet de transmettre des informations en évitant d'interférer avec les messages provenant d'autres utilisateurs, la réduction de IAM n'est obtenue que dans le cas de l'utilisation de codes strictement orthogonaux.

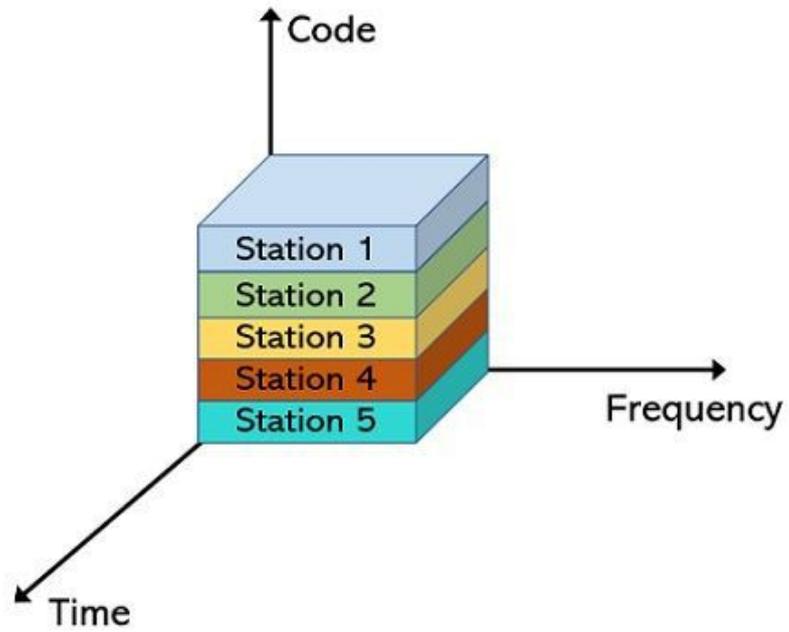
#### Méthode

Contrairement aux techniques TDMA, FDMA, la capacité de multiplexage du CDMA n'est pas limitée par des paramètres physiques (intervalle de temps disponible, fréquence ou bande passante) mais par la capacité à générer un maximum de codes sous la contrainte d'orthogonalité.

La technique d'étalement de spectre est utilisée pour affecter à chaque utilisateur un code, ou séquence, qui permet d'étaler le spectre du signal, après codage, sur toute la largeur de la bande de fréquence disponible.

De ce fait deux caractéristiques importantes caractérisent le CDMA :

- Le signal CDMA peut être confondu avec le bruit du canal et sera donc difficilement détectable par un utilisateur non concerné,
- Le signal étalé est résistant aux évanouissements sélectifs en fréquence



## Illustration of CDMA

*Accès Multiple à Répartition de Code (CDMA)*

## 5. Méthodes de transfert des données

### 5.1. Transmission en simplexe

#### Définition

---

Dans certains cas d'échange d'information une partie est toujours émettrice et l'autre est toujours réceptrice. Les données circulent toujours dans le même sens.

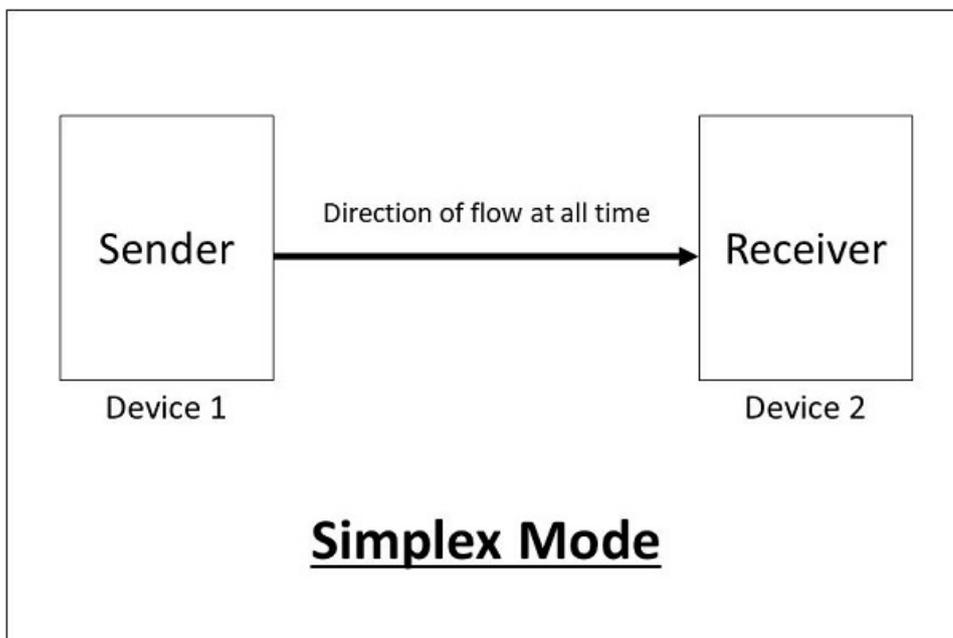
L'exploitation du canal de transmission est appelée dans ce cas en simplexe.

#### Exemple

---

Un exemple de canal simplexe est la radiodiffusion telle la radio FM.

Les informations sont envoyées à partir d'une station émettrice et reçues sur un poste. Les auditeurs ne peuvent pas répondre.



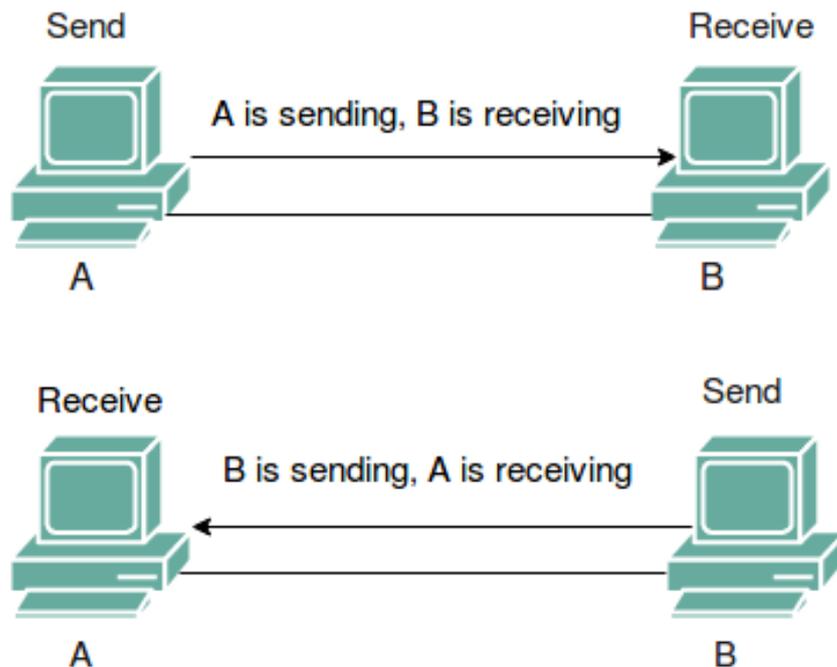
*Transmission en simplexe.*

### 5.2. Transmission en half duplex

#### Définition

---

Dans la transmission en semi-duplex (half-duplex), le canal est exploité à l'alternat pour l'émission : les deux parties émettent tous les deux mais pas en même temps.



*Transmission en half duplex.*

#### Exemple

La liaison half-duplex peut être comparée à une communication avec des talkies-walkies, l'un parle (l'autre ne peut parler en même temps) et lorsqu'il lâche le bouton (signal de fin de conversation) l'autre peut parler à son tour.

### 5.3. Transmission en full duplex

#### Définition

La transmission en full-duplex est bidirectionnelle simultanée. Cela est possible en partageant la bande passante et affecter une partie pour un sens et l'autre pour l'autre sens.



*Transmission en Full duplex*

#### Exemple

La liaison full-duplex peut être comparée à une conversation téléphonique : les deux interlocuteurs peuvent parler en même temps.

## 5.4. FDD : Frequency Division Duplexing

### Définition

**FDD**, signifie que la communication est effectuée sur deux fréquences indépendantes et que les données d'émission et de réception sont simultanées. C'est un système de communication Duplex typique.

**FDD** offre deux bandes fréquentielles pour chaque utilisateur.

Communication Duplex = 2 canaux Simplex.

### Exemple

Parmi les technologies exploitant le duplexage fréquentiel, on peut citer :

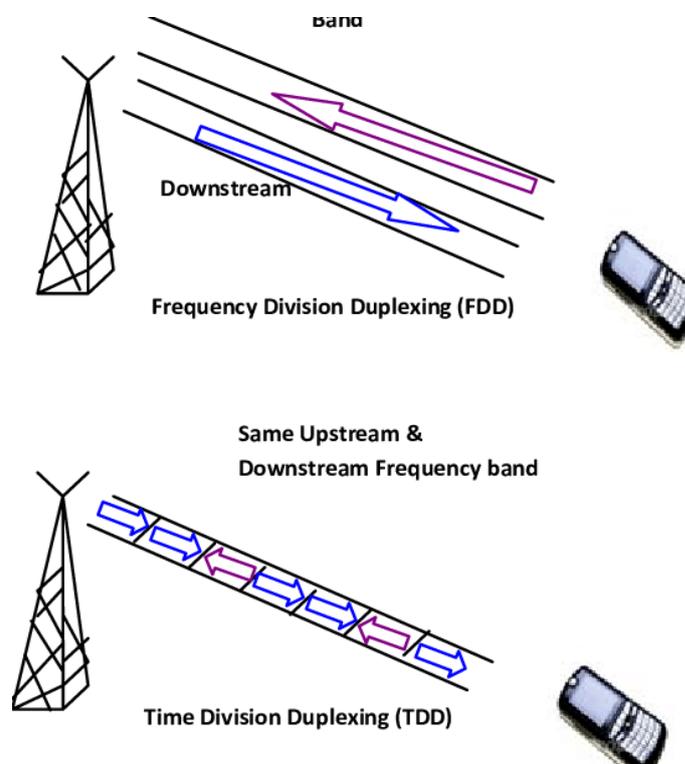
- l'ADSL
- plusieurs protocoles de téléphonie mobile : GSM/DCS 1800, UMTS, CDMA2000 et le LTE (variante FDD) ;

## 5.5. TDD : Time Division Duplexing

### Définition

**TDD** offre des times slots (au lieu de bandes fréquentielles) pour le Downlink et l'Uplink.

La communication est faite sur une seule fréquence, mais les données d'émission et de réception sont faites à des moments différents. Cette méthode de communication utilise le système Half Duplex. Utilisé en Bluetooth et Mobile WiMAX.



*La différence entre TDD et FDD*