

Réseaux Cellulaires

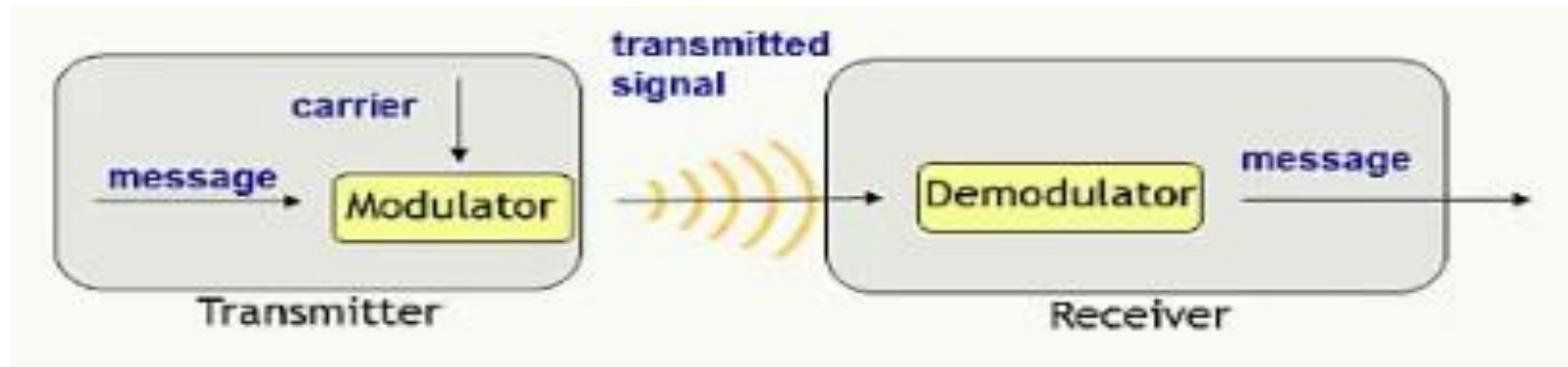
4 G LTE

Module: Réseaux Cellulaires

Modulation:

□ Modulation en LTE:

Rappel:



La LTE supporte en voie montante UL et en voie descendante DL les 3 modulations suivantes:

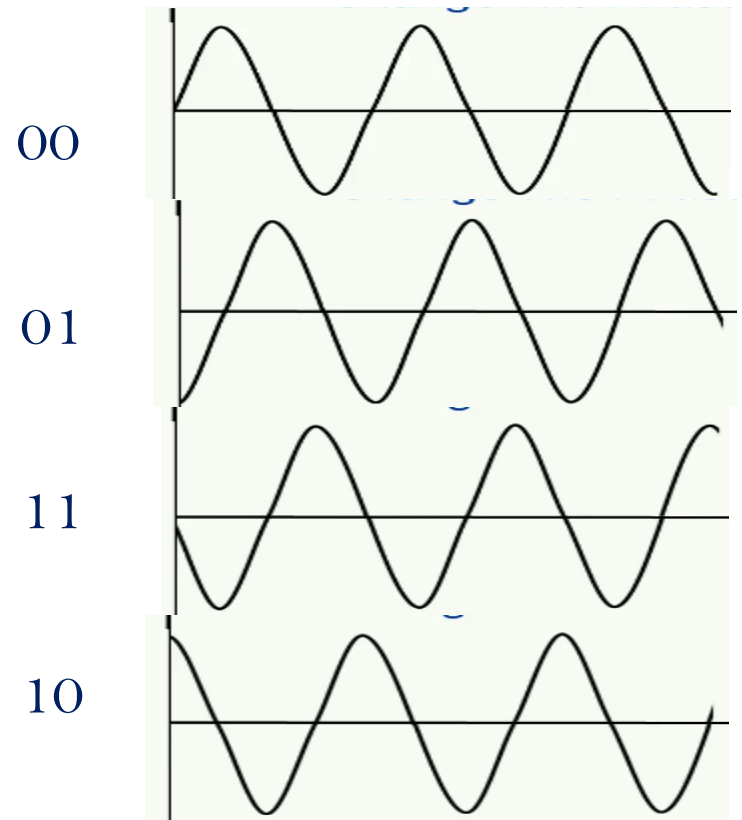
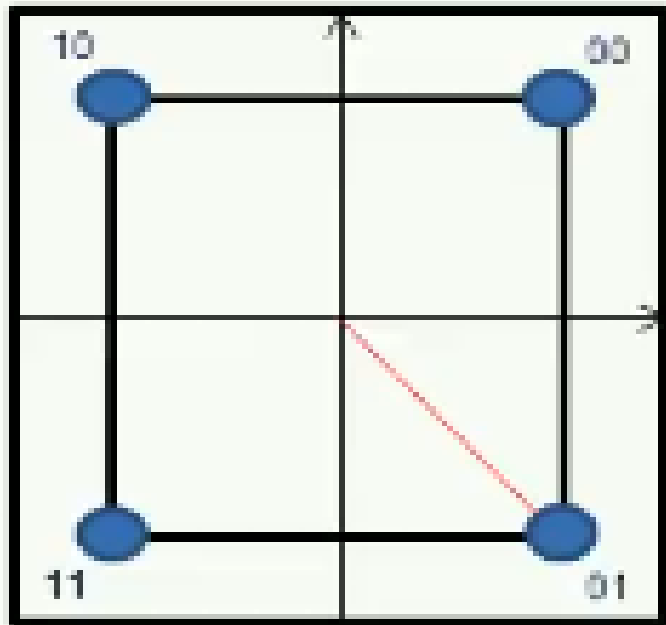
- **QPSK** la plus robuste mais la moins efficace
- **16 QAM**
- **64 QAM** la moins robuste mais la plus efficace

Modulation:

❑ Modulation QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) :

Diagramme de constellation de la QPSK

Modulation de symboles à 2 bits

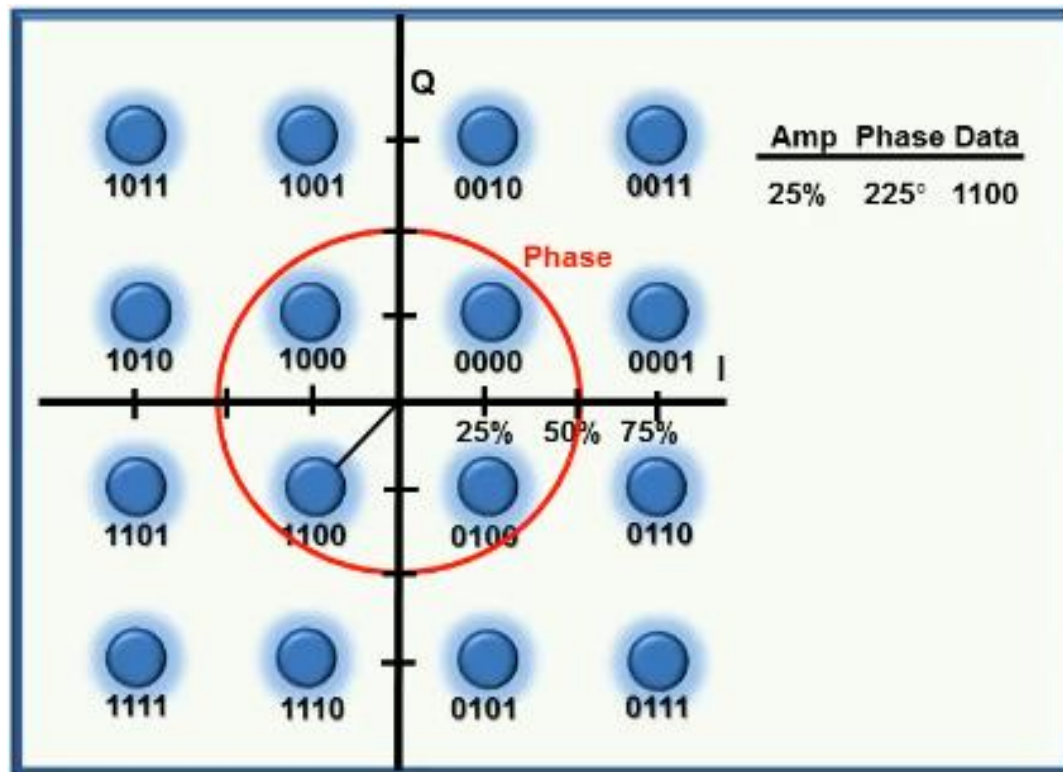


Modulation:

Modulation 16 QAM:

Diagramme de constellation de la 16 QAM

Modulation de symboles à 4 bits

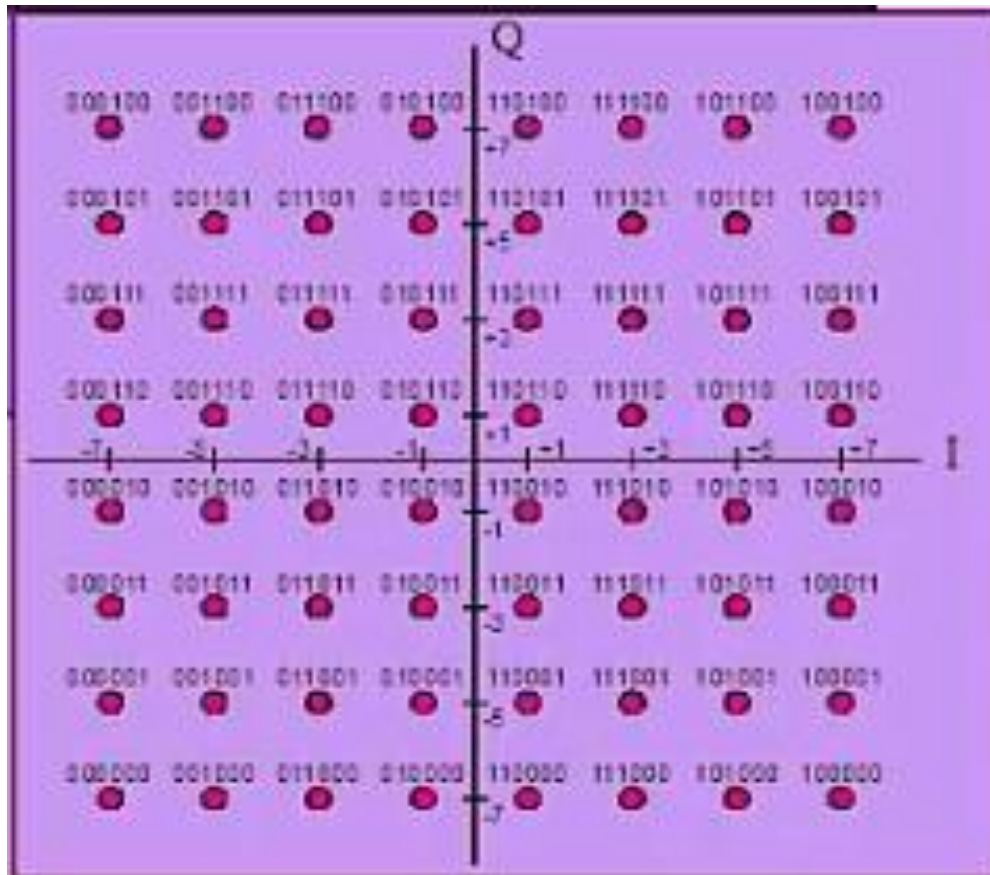


Modulation:

Modulation 64 QAM:

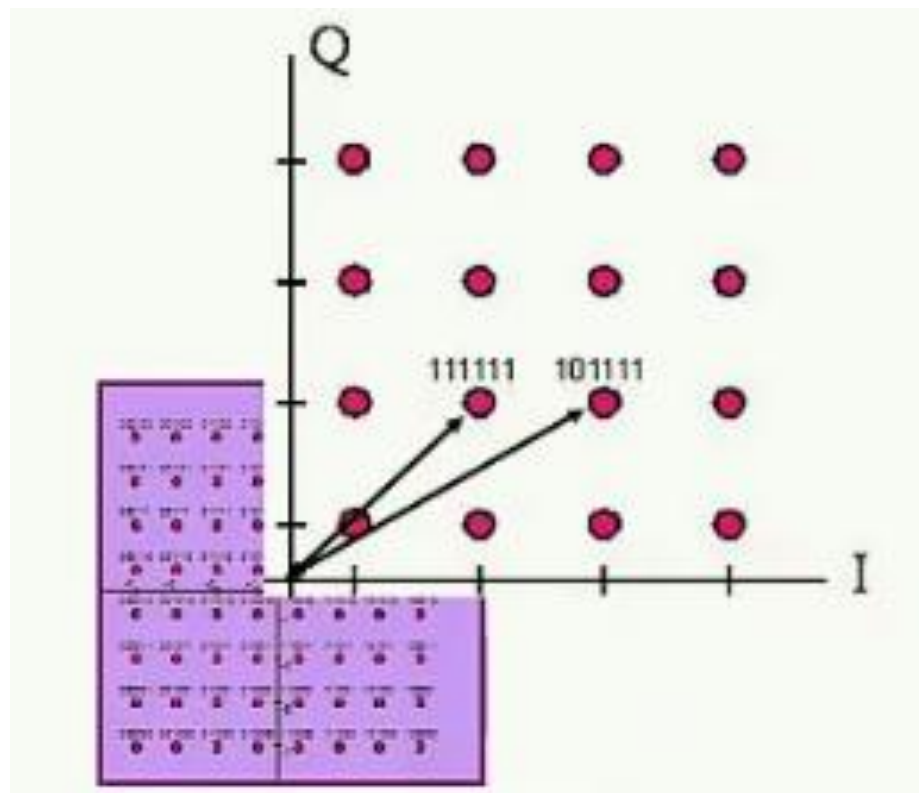
Diagramme de constellation de la 64 QAM

Modulation de symboles à 6 bits



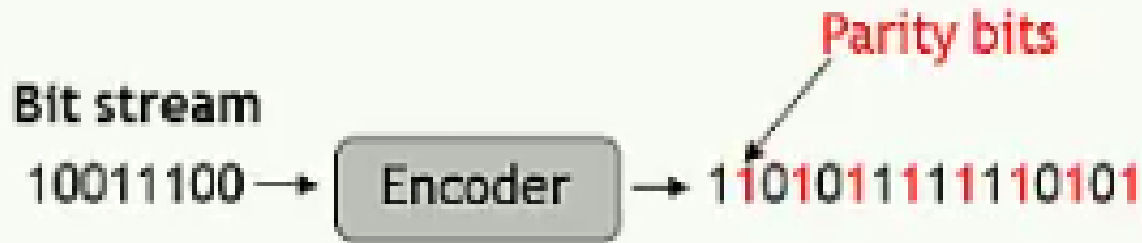
Adaptation au lien et robustesse:

A la réception, il est difficile de faire la distinction entre deux symboles adjacents (erreur de déphasage) ce qui peut produire des erreurs au niveau de la réception: :



Adaptation au lien et robustesse:

- ❑ Avant d'envoyer le train binaire (bit stream) sur l'interface air, l'émetteur effectue un codage canal afin de pouvoir détecter et corriger les erreurs de transmission à la réception.



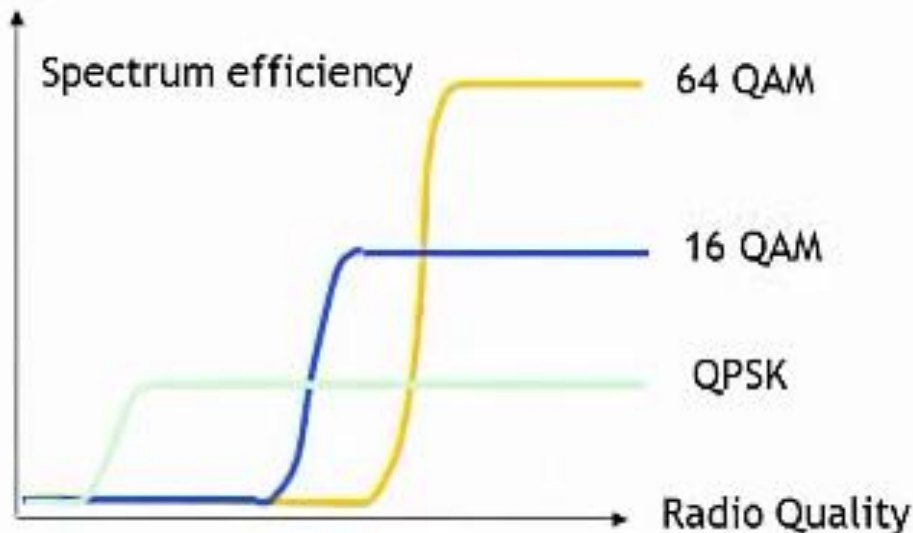
- ❑ Le nombre de bits de parité est défini par un rapport appelé Coding Rate:

$$\text{CodingRate} = \frac{\text{NumberOfUsefulBit}}{\text{TotalNumberOfBit}}$$

- ❑ Exemple: CodingRate = 1/2; 2/3; 3/4.

Adaptation au lien et robustesse:

- ❑ La combinaison de la modulation et du codage canal constitue une des possibilités du schéma de modulation et codage (MCS):
- ❑ L'adaptation au lien est obtenue par la sélection de la modulation la plus adaptée aux conditions radio.



| COI index | modulation | code rate x 1024 |
|-----------|------------|------------------|
| 0 | out of | range |
| 1 | QPSK | 78 |
| 2 | QPSK | 120 |
| 3 | QPSK | 193 |
| 4 | QPSK | 308 |
| 5 | QPSK | 449 |
| 6 | QPSK | 602 |
| 7 | 16QAM | 378 |
| 8 | 16QAM | 490 |
| 9 | 16QAM | 616 |
| 10 | 64QAM | 466 |
| 11 | 64QAM | 567 |
| 12 | 64QAM | 666 |
| 13 | 64QAM | 772 |
| 14 | 64QAM | 873 |
| 15 | 64QAM | 948 |

Principes de l'OFDMA:

❑ Plusieurs techniques d'accès multiples existent pour transmettre sur une bande de fréquence avec partage de ressource radio entre les différents utilisateurs.

➤ TDMA

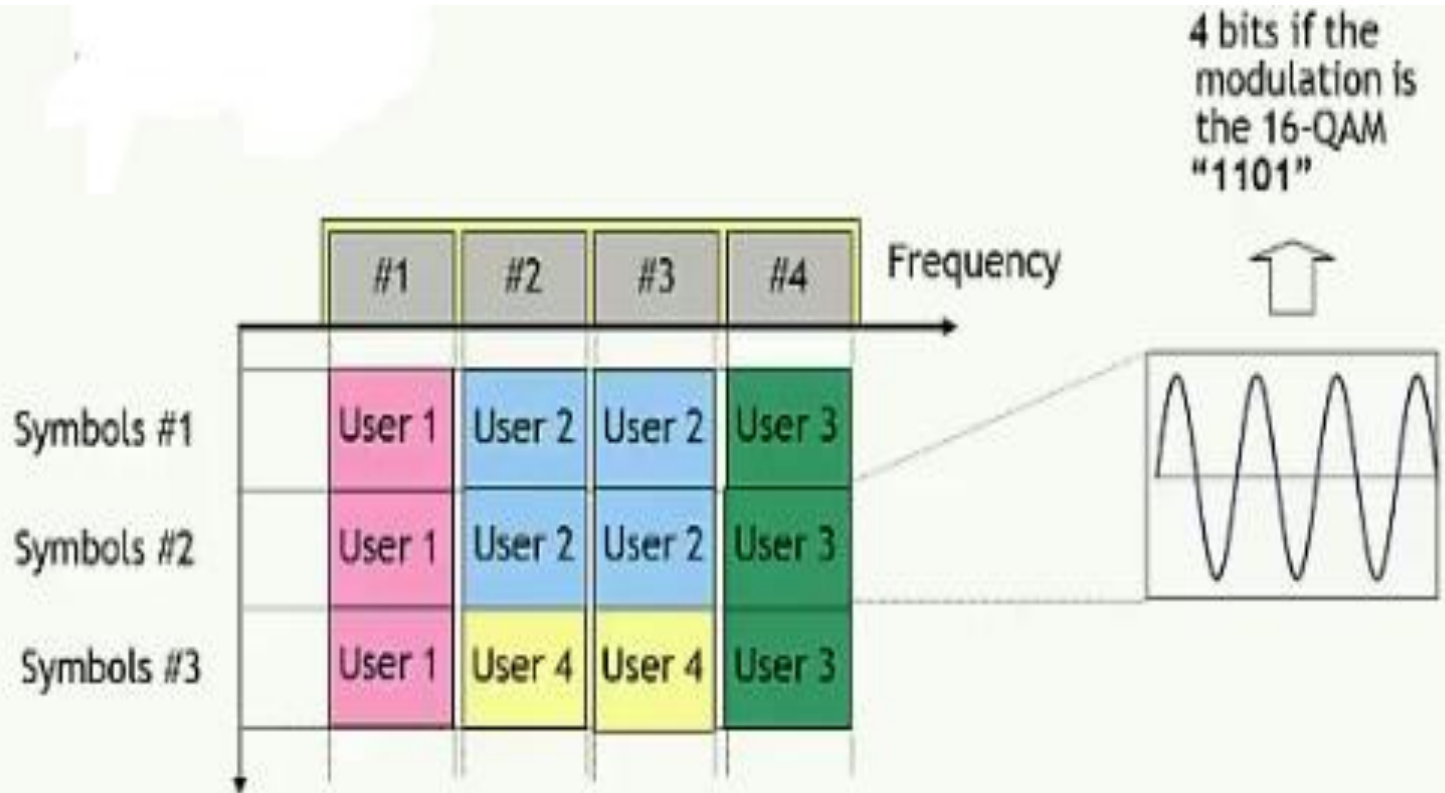
➤ FDMA

➤ CDMA

➤ OFDMA

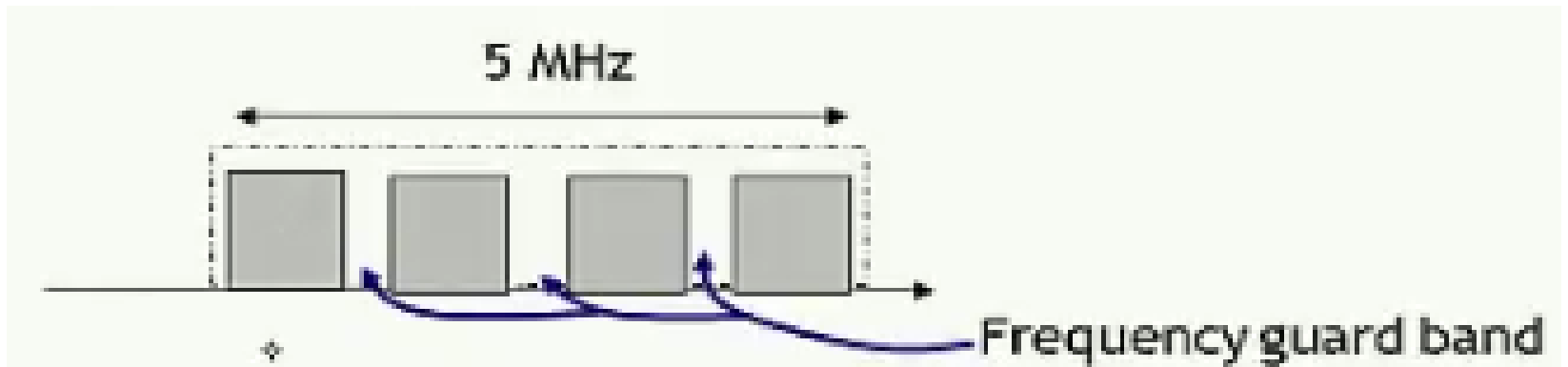
Principes de l'OFDMA:

- ❑ Durant une période IT une sous porteuse transmet un symbole.
- ❑ Le nombre de bits d'un symbole dépend de la modulation utilisée



Notion d'orthogonalité dans l'OFDMA:

- ❑ En FDM, sont séparées par des intervalles de garde “Guard Interval” afin d’éviter les interférences entre sous canaux.



- ❑ Il en résulte une perte d'efficacité spectrale à cause des intervalles de garde car on ne peut pas transmettre durant ces intervalles.

Notion d'orthogonalité dans l'OFDMA:

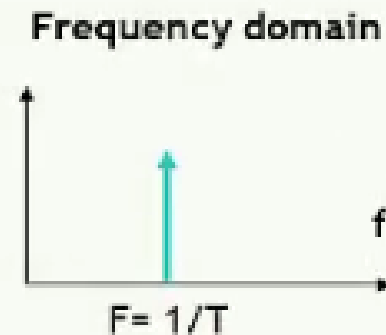
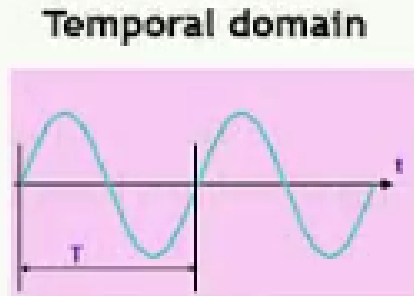
- ❑ En OFDM, les intervalles de garde sont supprimés entre les sous canaux.



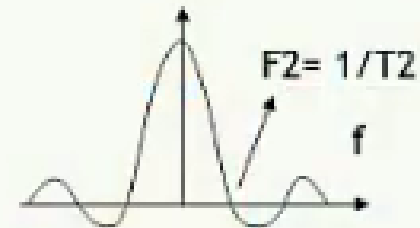
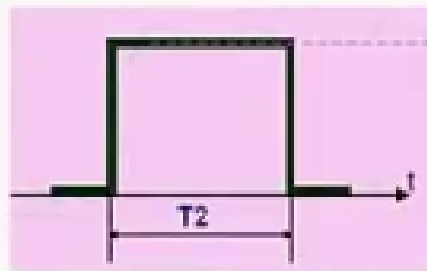
- ❑ On a donc plus de sous porteuses cela permet d'envoyer plus de symboles ce qui se traduit par un gain en efficacité spectrale.

Notion d'orthogonalité dans l'OFDMA:

- La TF du signal sinusoïdal est l'impulsion de Dirac.



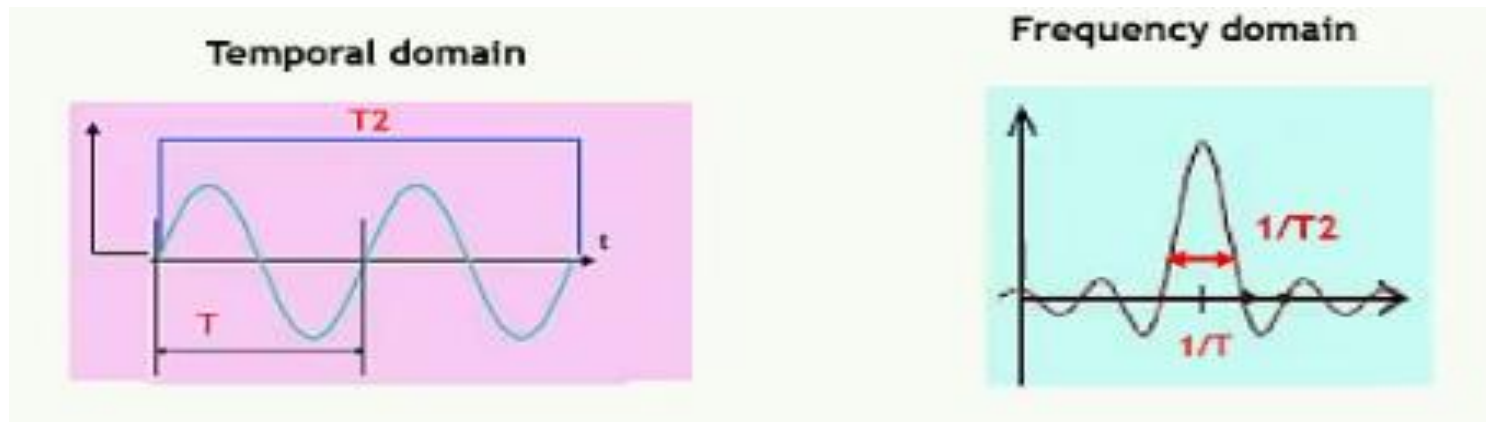
- La TF du signal carré est la fonction sinc



La largeur de la fonction sinc est inversement proportionnelle à la durée du signal carré (Dualité temps fréquence)

Notion d'orthogonalité dans l'OFDMA:

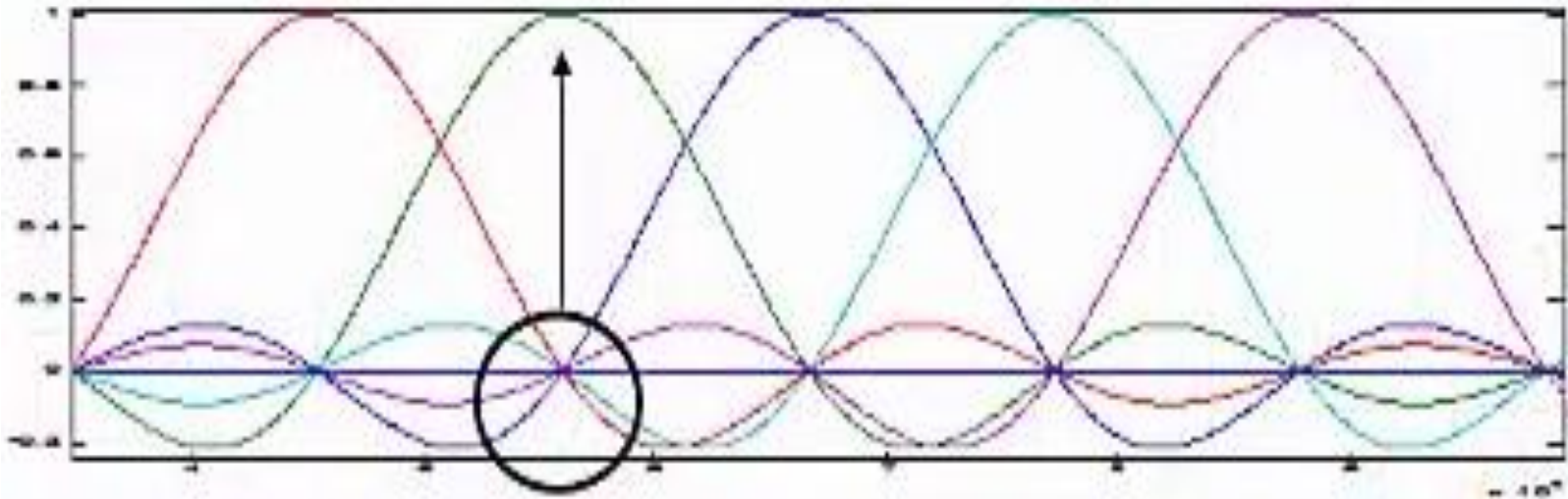
- ❑ La représentation d'une sous porteuse en temporel et en fréquentiel est comme suit:



- ❑ La durée du symbole dépend de la largeur de la sous porteuse . Elle est inversement proportionnelle.
- ❑ La fréquence centrale de la sous porteuse est liée à la fréquence de la porteuse.

Notion d'orthogonalité dans l'OFDMA:

- ❑ Les interférences inter canaux sont éliminés et ceci est dû au fait que quand une sous porteuse passe par son maximum les autres sous porteuses adjacentes s'annulent.

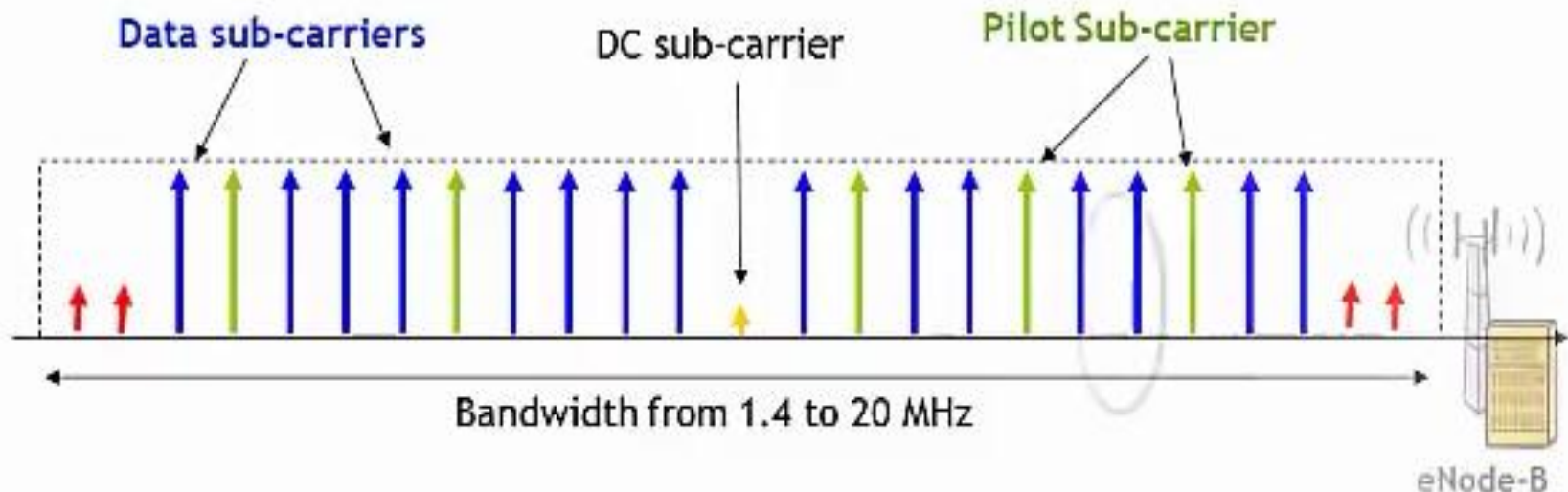


- ❑ L'OFDM permet une utilisation dense de porteuses sans génération d'interférences inter canaux.

Les sous porteuses en LTE:

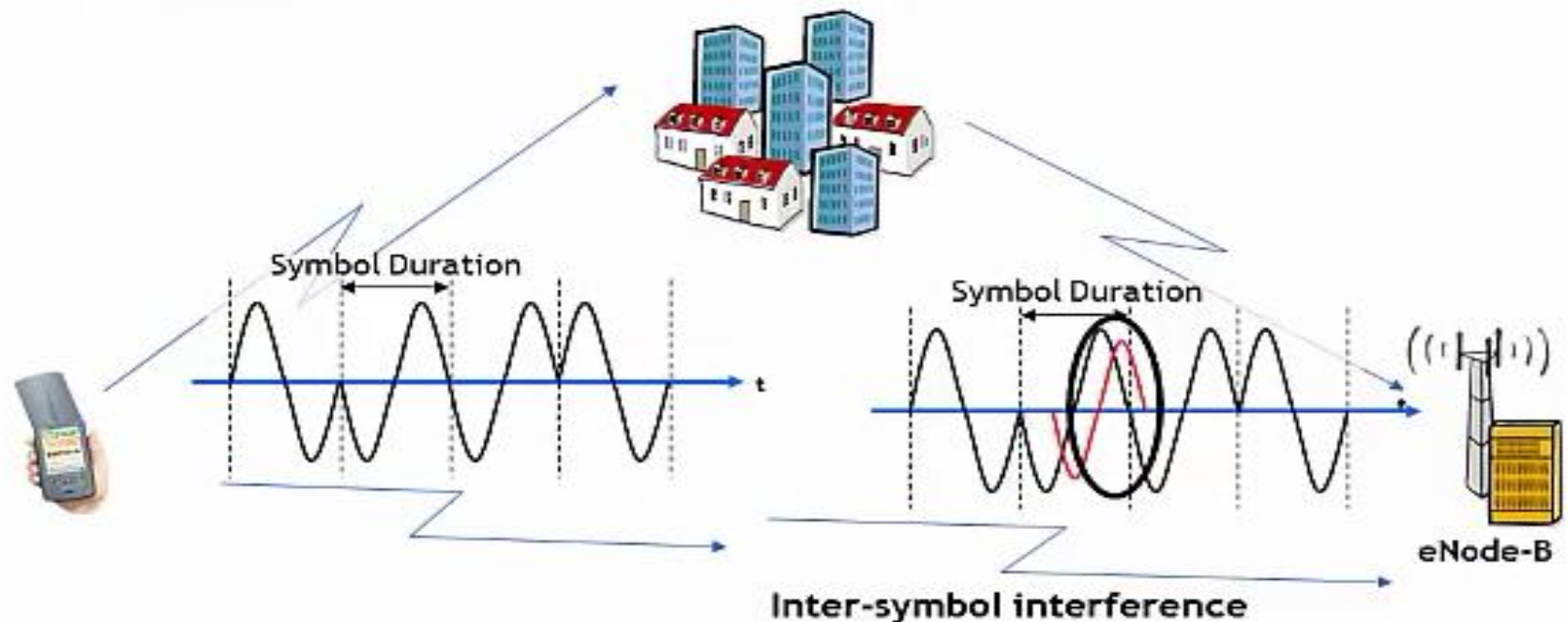
□ Il existe différents types de sous porteuses en LTE:

- Sous porteuse de données
- Sous porteuse pilote
- Sous porteuse DC
- Sous porteuse de garde



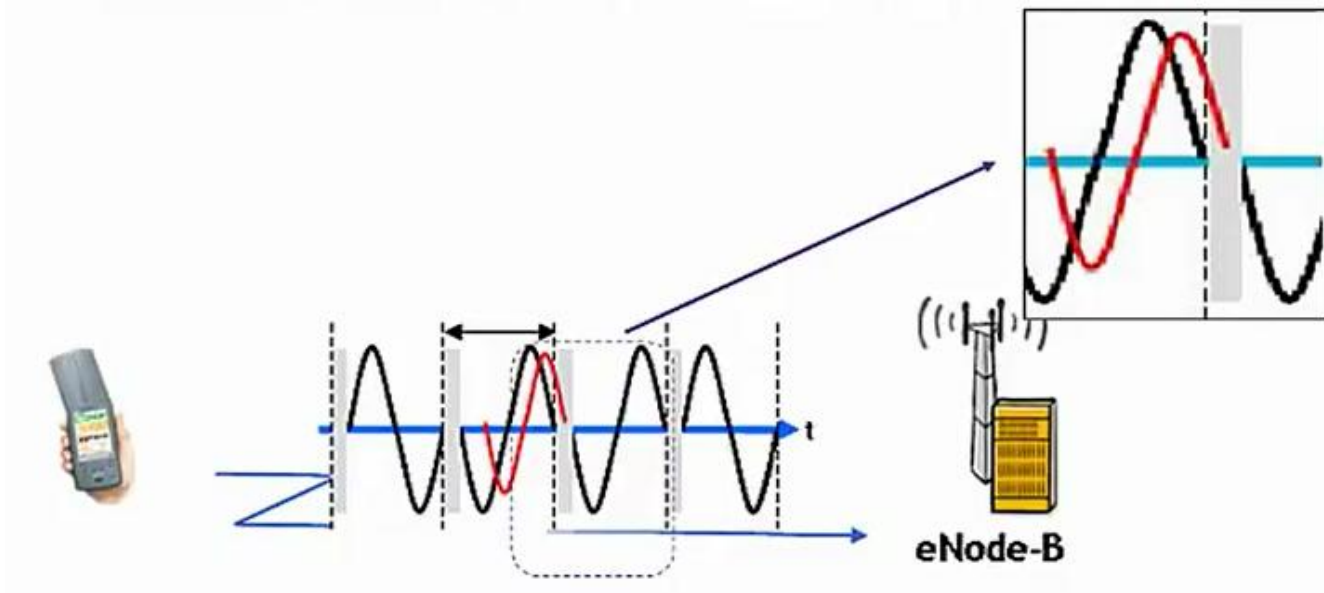
Interférence entre symbole:

- ❑ eNB reçoit différentes versions retardées du même signal émis par l'UE et ceci à cause du multi-trajet dû au phénomène de propagation d'OEM.
- ❑ Ce qui produit des interférences entre symboles IES ou "Inter Symbol Interference ISI".



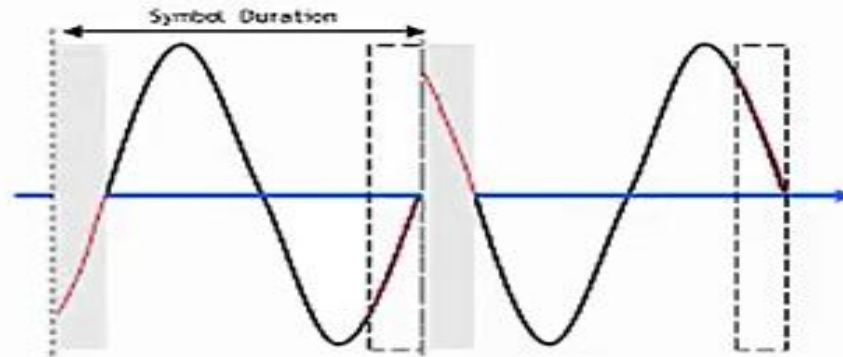
Interférence entre symbole:

- ❑ Ce problème est corrigé par l'introduction d'un temps de garde entre symboles pour éviter l'IES.
- ❑ L'IES persiste mais ne dérange pas au niveau de la réception.

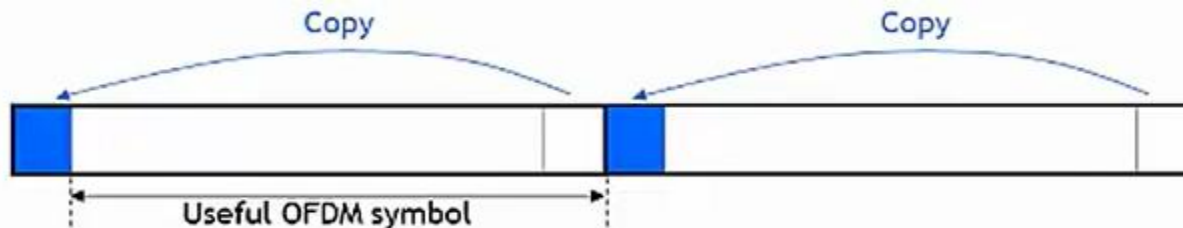


Interférence entre symbole:

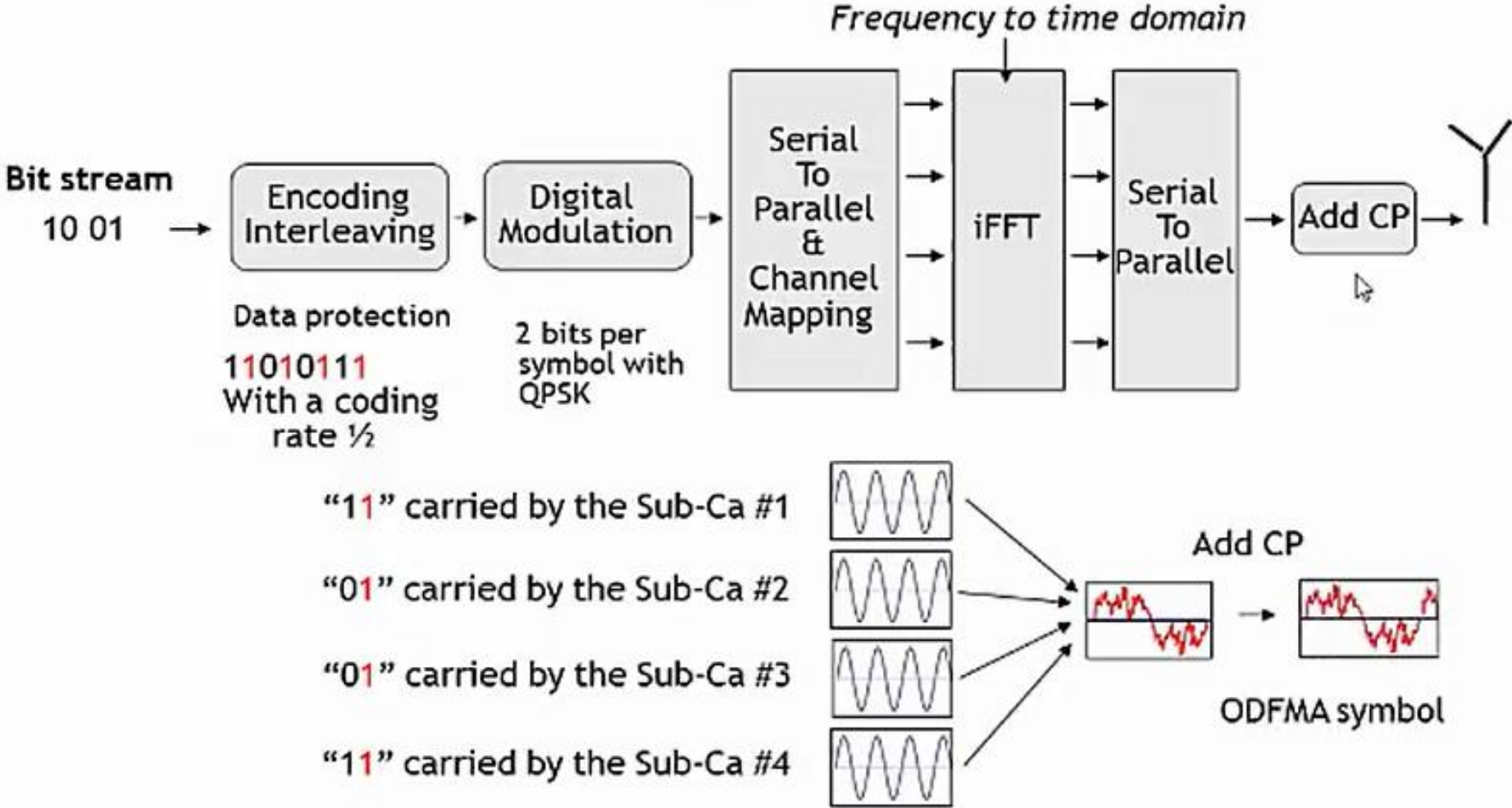
- ❑ Le temps de garde est appelé préfixe cyclique “Cyclic Prefix CP”. Il facilite la démodulation au niveau du récepteur.



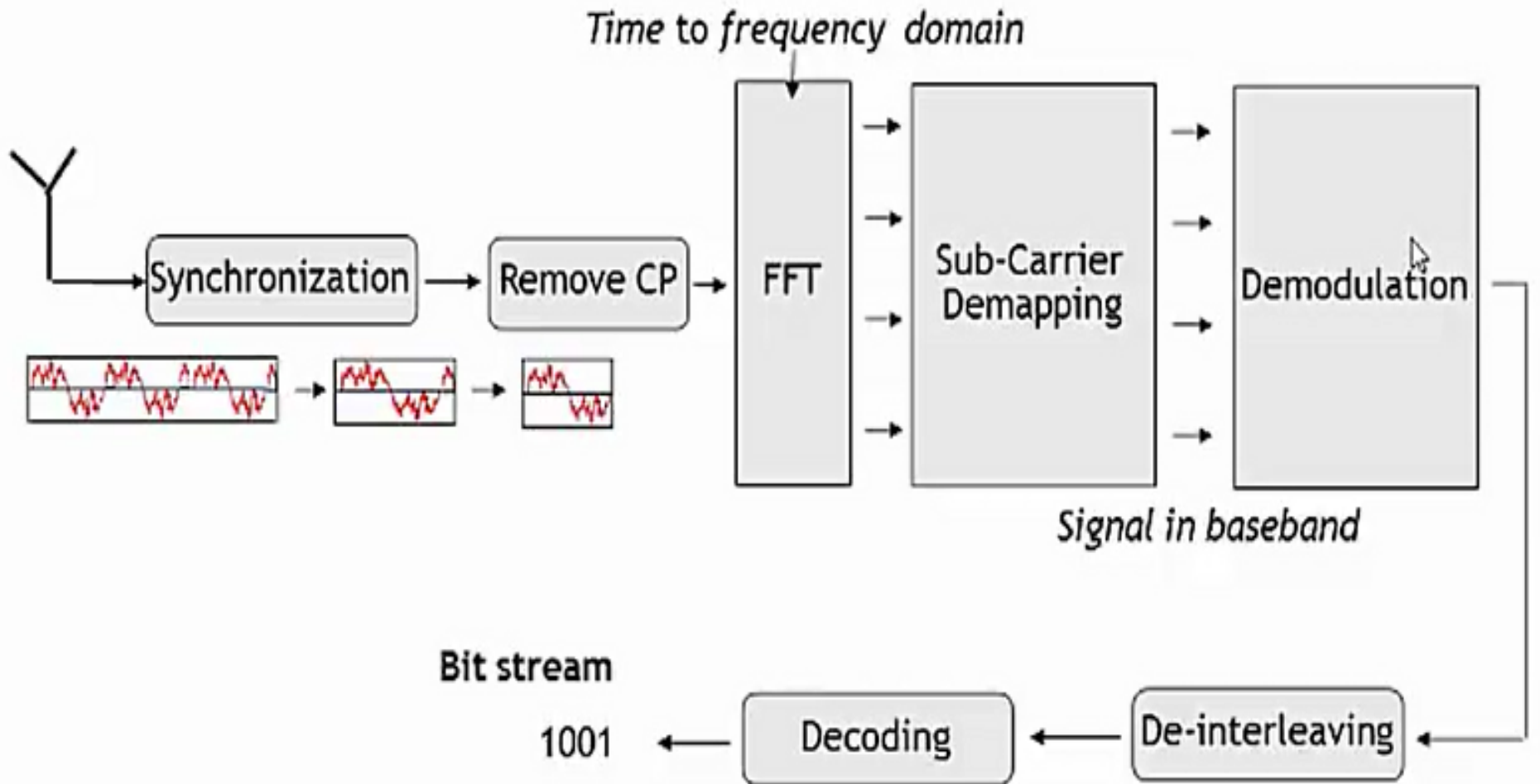
- ❑ Le CP transforme la convolution classique du canal en une convolution cyclique ce qui permet une démodulation facile



Emetteur OFDMA:



Récepteur OFDMA:



OFDMA:

❑ Avantages:

- Robuste aux interférences co-canaux à bandes étroites
- Robuste aux IES “multi trajets” et au fading
- Haute efficacité spectrale.
- Implémentation efficace de la FFT

❑ Inconvénient:

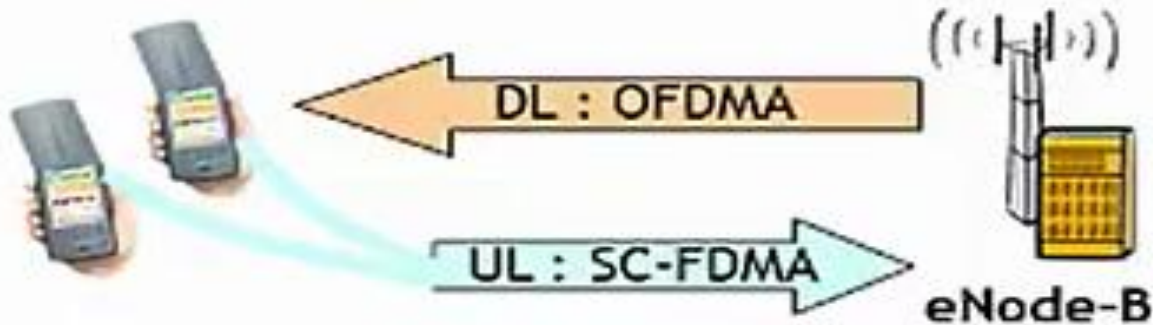
- PAPR très élevé “Peak to average Power Ratio”

❑ Conclusion

- L’OFDMA est utilisée en UL
- La SC-FDMA est utilisé en DL

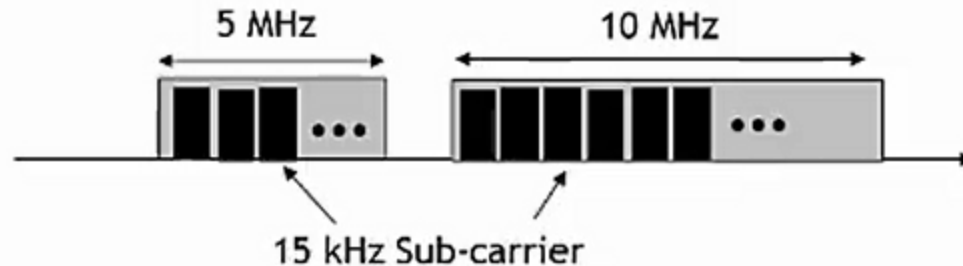
SC-FDMA:

- ❑ LTE utilise en UL la technique SC-FDMA une version modifiée de l'OFDMA.
- ❑ SC-FDMA réduit le PAPR comparée à la technique OFDMA
 - Réduit la consommation de l'énergie de l'UE.
 - Améliore la couverture de l'UE.



Paramètres de l'OFDMA en LTE:

- ❑ Les largeurs de bandes utilisées en LTE sont 1.4, 3, 5, 10, 15 et 20 MHz.
- ❑ La largeur des sous porteuses est de 15 kHz pour toutes les largeurs de bandes.



- ❑ En LTE Advanced 2.0 seulement la 5, la 10 et la 20 MHz sont implémentées.
- ❑ La durée du symbole est la même pour toutes les largeurs de bandes.
- ❑ Il y a 2 fois plus de sous porteuses en 10 MHz qu'en 5 MHz.
 - Donc deux fois plus de capacité.

Paramètres de l'OFDMA en LTE:

□ Tableau récapitulatif:

| Spectrum allocation | 1.4 MHz | 3 MHz | 5 MHz | 10 MHz | 15 MHz | 20 MHz |
|------------------------------------|-----------------------------------|-----------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Sub-carrier spacing | 15 kHz | | | | | |
| Sampling frequency | 1.92 MHz ($1/2 \times 3.84$) | 3.84 MHz | 7.68 MHz (2×3.84) | 15.36 MHz (4×3.84) | 23.04 MHz (6×3.84) | 30.72 MHz (8×3.84) |
| Number of sub-carriers FFT size | 128 | 256 | 512 | 1024 | 1536 | 2048 |
| Number of useful sub-carriers | 72 (73) | 180 (181) | 300 (301) | 600 (601) | 900 (901) | 1200 (1201) |