

DS-SS

CDMA

W-CDMA

Jean-Marie Gorce
CITI, INSA Lyon

Multiplexage par codes : CDMA

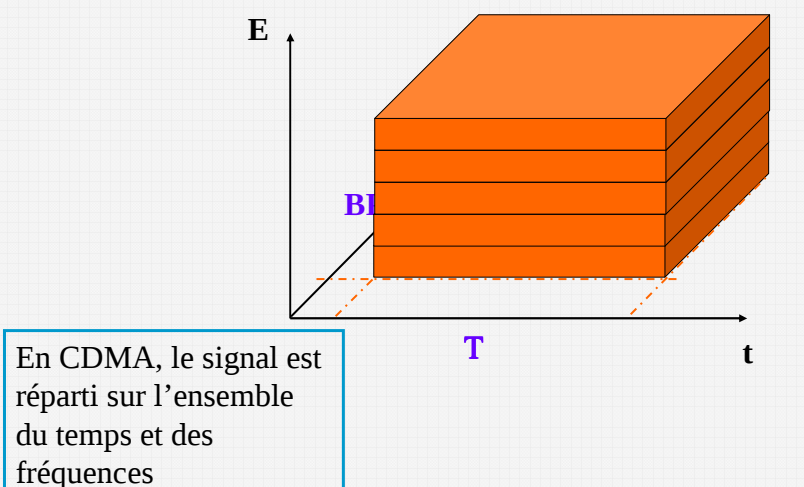
■ Le CDMA (*Code Division Multiples Access*)

- Principe
 - utilisation simultanée de plusieurs codes
- Système synchronisé :
 - les codes orthogonaux (spreading codes)
- Système non synchronisé :
 - les codes non orthogonaux (scrambling codes)
- Contraintes sur les codes
- Efficacité de multiplexage

I- Principe

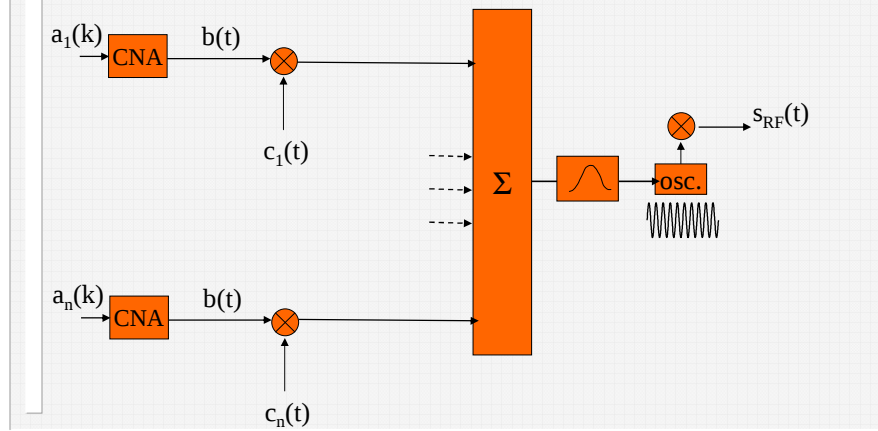
- Le CDMA consiste à utiliser une technique d'étalement par codes (DS-SS), en utilisant une famille de codes orthogonaux ou pseudo-orthogonaux.
- Il permet la transmission simultanée de plusieurs canaux, chacun étant étalé en temps et en fréquence (bonne résistance au fading plat et au fading rapide).

I- Principe



I- Principe

■ multiplexage de voix par CDMA



CITI - Dept Télécoms

5

I- Principe

■ Avantage du CDMA (vs FTDMA)

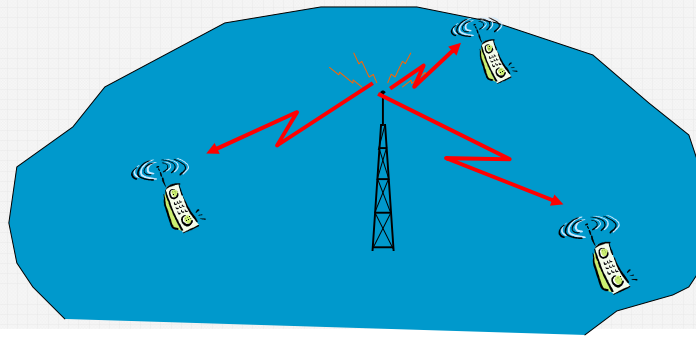
- le récepteur en réseau est naturel pour le CDMA :
 - il faut synchroniser le récepteur en recherchant le maximum de corrélation d'une séquence connue
- La résolution temporelle est plus grande (cadence chip)
 - UMTS : temps chip : $0,28 \mu s$ $\sim$ différence de chemin $\sim 80m$
 - GSM : $271kbit/s \sim 1km$

CITI - Dept Télécoms

6

II- systèmes synchronisés

- Utilisation : une source transmet plusieurs messages vers plusieurs récepteurs



CITI - Dept Télécoms

7

II- systèmes synchronisés

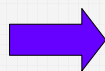
Pour avoir des interférences nulles,
1 contrainte : codes orthogonaux

$$\int_0^T c_n(t) \cdot c_m(t) dt = \delta_{nm}$$

T : durée bit du signal d'entrée

Les signaux $c_n(t)$ sont à la cadence chip : T_c .

Le nombre de codes orthogonaux de cette forme sont au maximum de $N=T/T_c$.



Le débit total utile est donc toujours identique.

CITI - Dept Télécoms

8

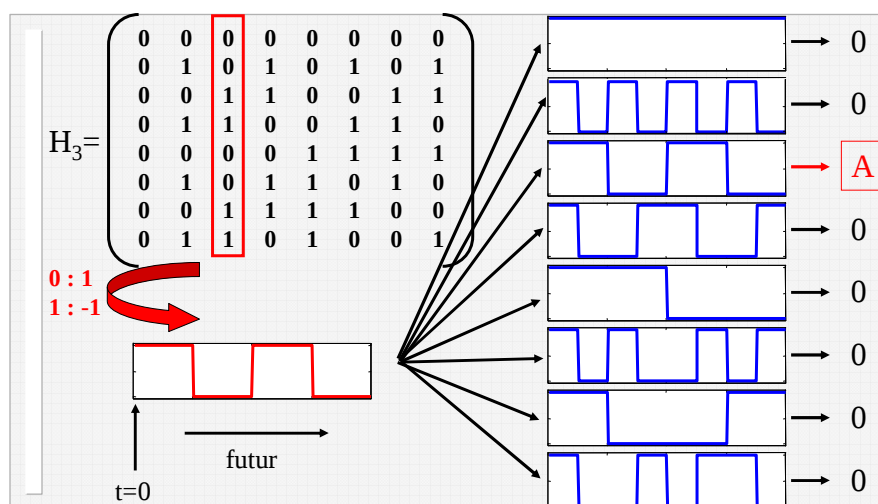
II- systèmes synchronisés

Construction des codes :
codes de Walsh / matrices de Hadamard

$$H_0 = [0] \quad ; \quad H_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad ; \dots \quad H_{N+1} = \begin{bmatrix} H_N & H_N \\ H_N & \overline{H_N} \end{bmatrix}$$

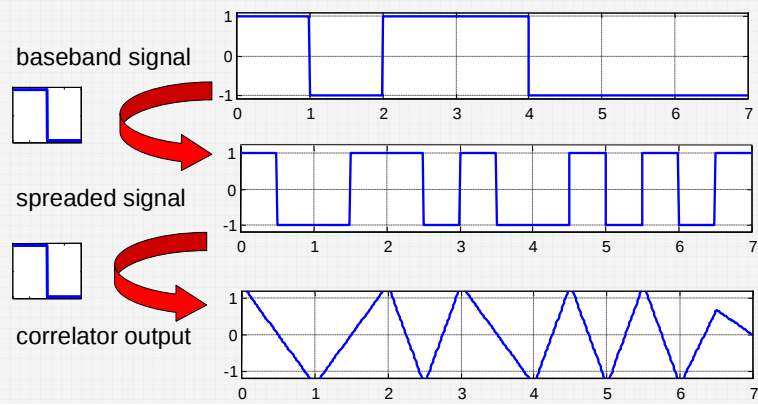
N=puissance de 2
les codes sont donnés par les colonnes

II- systèmes synchronisés



II- systèmes synchronisés

– Intercorrélation des codes

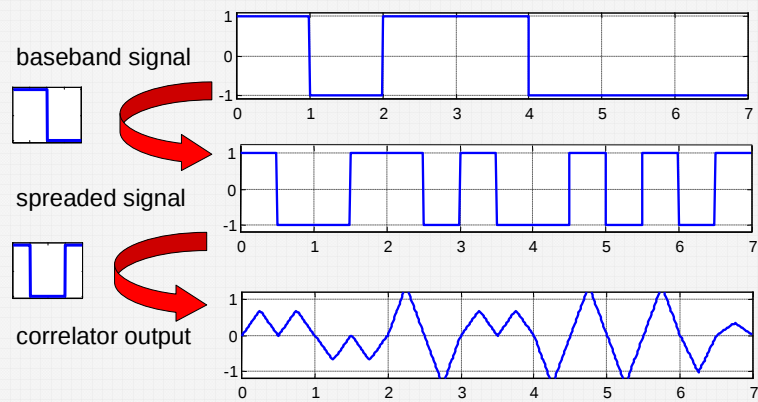


CITI - Dept Télécoms

11

II- systèmes synchronisés

– Intercorrélation des codes



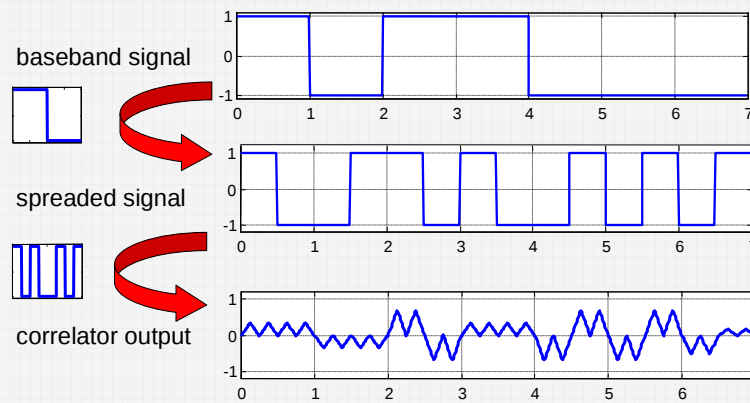
CITI - Dept Télécoms

12

II- systèmes synchronisés

– Intercorrélation des codes

Cf. démo 4b.



CITI - Dept Télécoms

13

II- systèmes synchronisés

– Conséquences

- difficile de synchroniser au départ si plusieurs séquences simultanées
- difficile d'initialiser le RAKE

– Solution

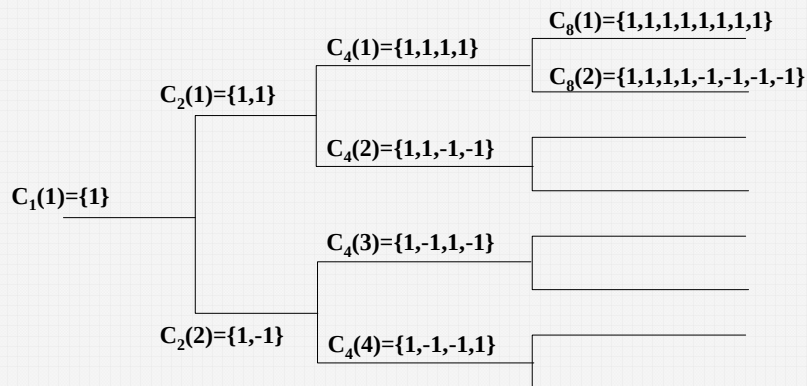
- émission périodique d'une séquence connue, pendant le silence des autres canaux (c'est le cas pour l'UMTS en downlink)

CITI - Dept Télécoms

14

II- systèmes synchronisés

Orthogonal Variable Spreading Factor (OVSF)



possibilité de gérer des débits variables

15

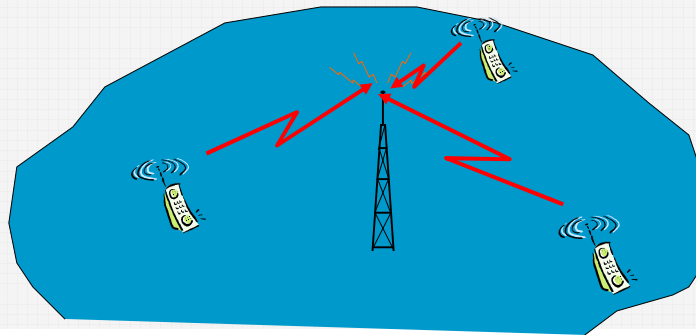
II- systèmes synchronisés

– Propriétés des codes orthogonaux

- l'orthogonalité est parfaite pour des signaux synchronisés.
- L'étalement n'est pas homogène
- mauvaises propriétés pour des signaux non synchronisés.
- mauvaise résolution temporelle pour le RAKE.
- le nombre de codes est relativement faible :
 - ne peut pas être utilisé pour plusieurs sources, car on retombe sur un problème de planification de codes, au lieu de planifier des fréquences.

III- systèmes non synchronisés

- Plusieurs sources transmettent un message vers un (ou plusieurs) récepteurs



CITI - Dept Télécoms

17

III- systèmes non synchronisés

Codes non orthogonaux :

La contrainte sur les codes non-orthogonaux est différente :

$$\Gamma_c = \int_0^T c_n(t) \cdot [c_m(t - T + \tau) + c_m(t + \tau)] dt \ll 1$$

On ne veut plus une corrélation nulle mais une corrélation faible, par contre elle doit rester faible avec un décalage τ entre les 2 codes.

CITI - Dept Télécoms

18

III- systèmes non synchronisés

Les techniques actuelles utilisent les propriétés des générateurs pseudo-aléatoires (bruit blanc).

Soit on génère 1 séquence très longue, et on en extrait des ' morceaux ' statistiquement décorélés.

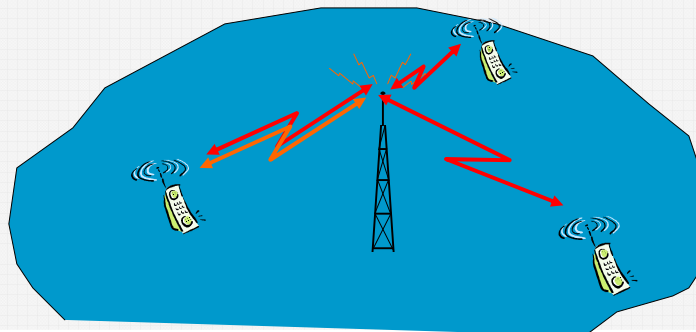
Soit on génère des séquences courtes indépendantes.

Le plus utilisé (UMTS par exemple) :

- séquences de Gold (1967).
- séquence de Kasami.

IV- systèmes mixtes

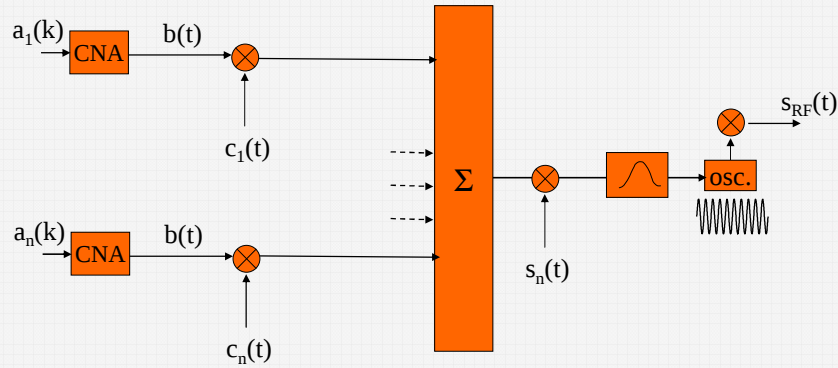
- plusieurs sources transmettent plusieurs messages vers un (ou plusieurs) récepteurs



IV- systèmes mixtes

■ Principe

- 1 code d'étalement + 1 code de scrambler) :



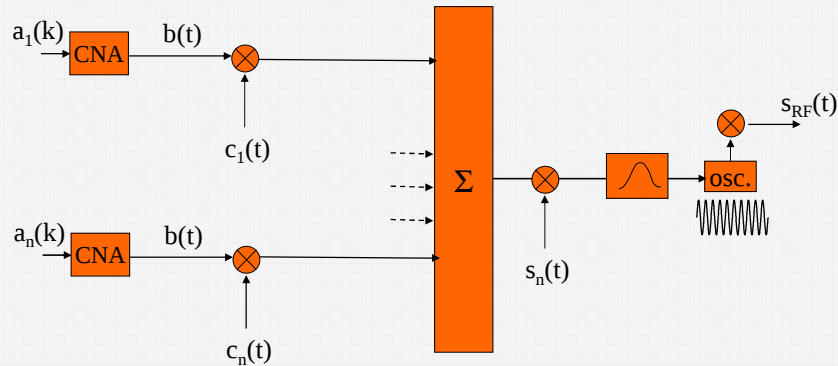
CITI - Dept Télécoms

21

IV- systèmes mixtes

■ Principe

- 1 code d'étalement + 1 code de scrambler) :



CITI - Dept Télécoms

22

IV- systèmes mixtes

- Le code d'étalement (spreading):
 - gère le multiplexage de plusieurs canaux d'une seule source (station de base, mobile avec services multiples). Chaque source peut utiliser l'ensemble des codes.
- Le code mélangeur (scrambler) :
 - un code spécifique à chaque source, utilisé comme signature d'une source.

IV- systèmes mixtes

Comparaison Codes orthogonaux / non orthogonaux

	codes orthogonaux	codes non orthogonaux
générateurs	Walsh	Séquences de Gold, Ikagami
rôle	étalement	scrambler
	séparation de flux d'une même source	séparation de différentes sources
propriétés	gestion de débits variables (OVSF)	robustesse aux chemins multiples
nombre de codes	=facteur d'étalement	quasi infini (attention C/I non nul)

IV-Application dans l'UMTS

- séparation de sources
 - les codes OVSF ne sont orthogonaux que pour une même source.
 - W-CDMA combine ces codes avec des codes long de «scrambling». Chaque station de base, chaque utilisateur possède son code propre
 - Pas de problème de répartition, car plusieurs millions de codes **«statistiquement» faiblement orthogonaux.**