

Une introduction au SCMA

C. Poulliat

Accès Non orthogonal pour la 5G

- Accès 1G -> 4G : accès orthogonal.
- Accès 4G: **OFDMA/(TDMA)** pour downlink et **SC-FDMA** pour Uplink
 - Accès orthogonale et ordonnancement des utilisateurs sur un pavé temps-fréquence.
 - Gain de multiplexage obtenu pour une efficacité raisonnable en réception
- 5G et au-delà: nécessité de considérer les accès non orthogonaux pour accroître le nombre de connections et améliorer la latence.

➡ Accès multiple partagé par codage par superposition à l'émission et décodage par élimination successive d'interférence (SIC)

Accès Non orthogonal pour la 5G, Étalement pour améliorer le Cas Uplink

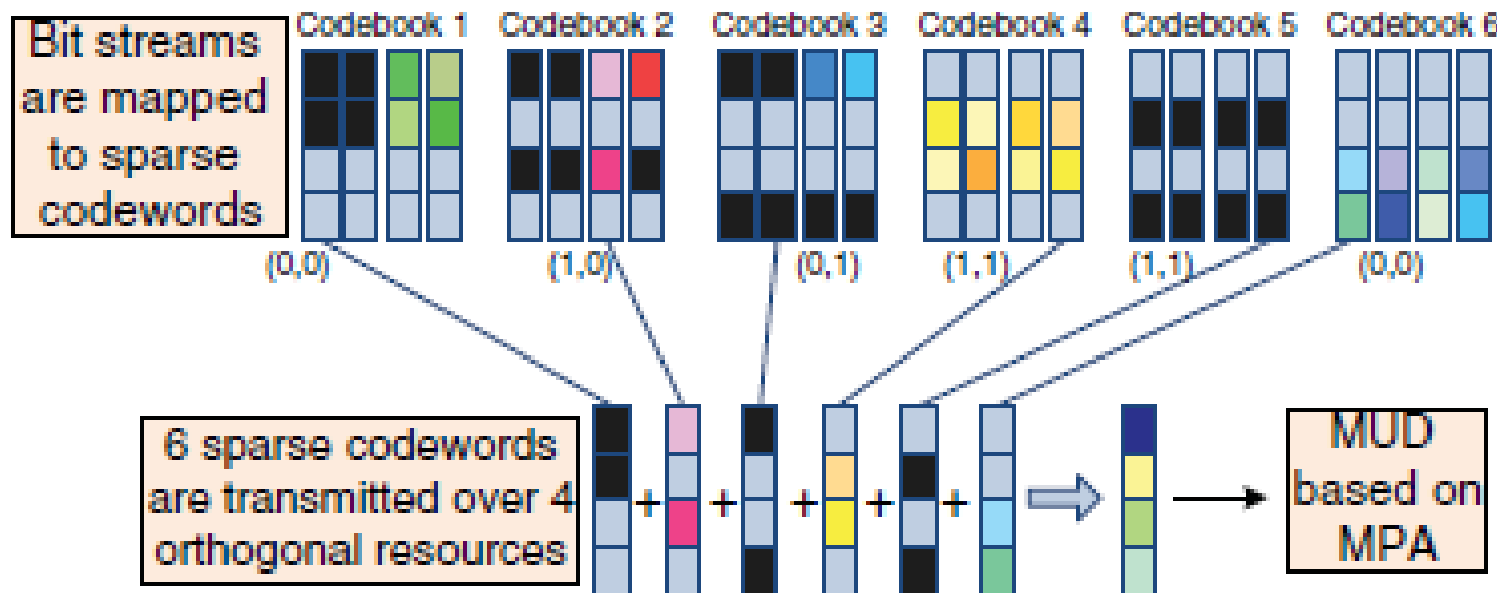
- L'accès non orthogonal permet de connecter simultanément plus d'utilisateurs.
 - Permet un accès sans permission préalable par relaxation de la contrainte de la stricte orthogonalité des ressources.
 - "L'étalement"/répétition permet d'avoir une meilleure robustesse aux collisions (accès non orthogonal).
- ⇒
- Accès non orthogonale par superposition avec "étalement" préalable

Formes d'onde d'accès multiple candidates pour la 5G

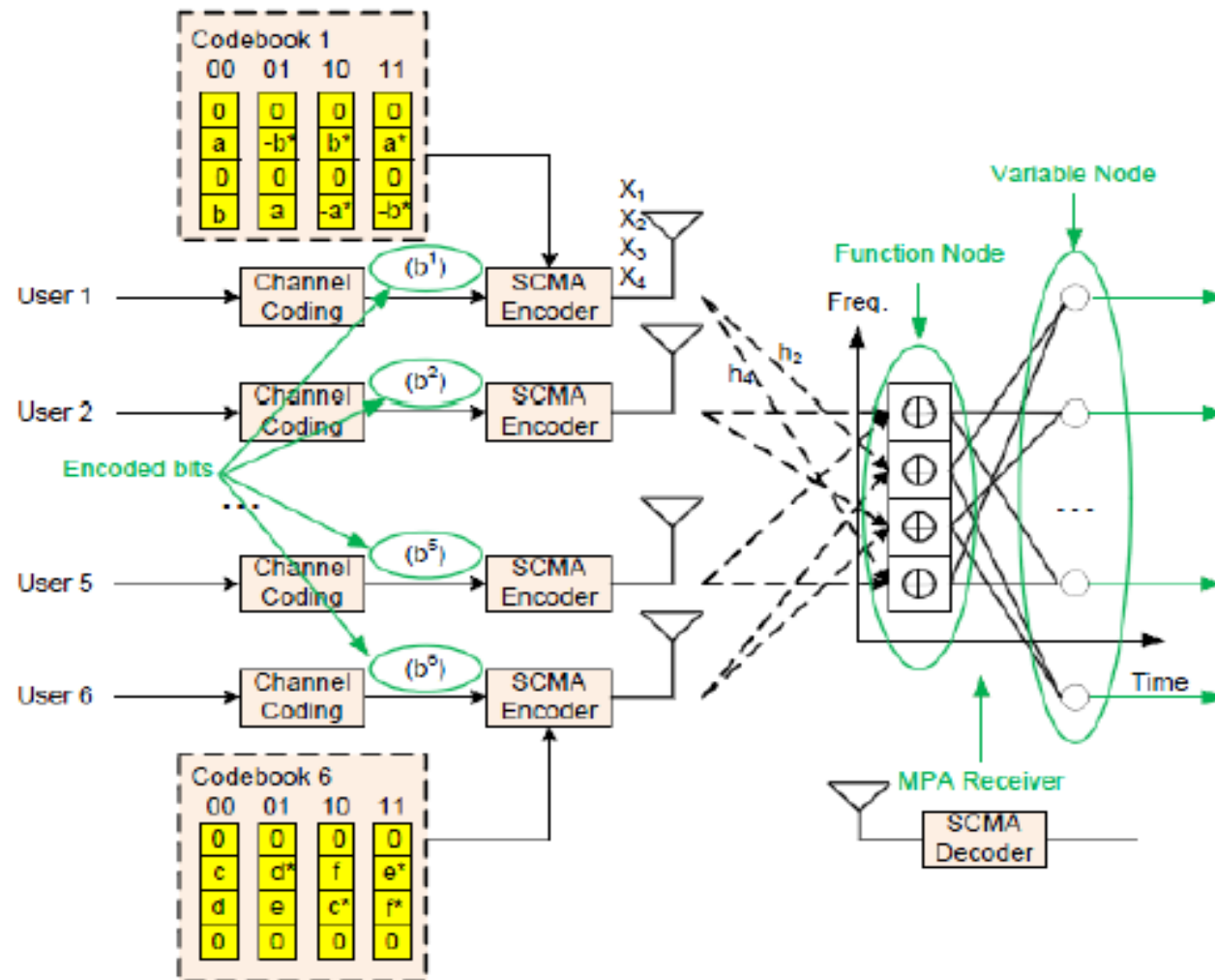
Schemes	Characteristics	Advantages	Disadvantages
Power-domain NOMA	Power domain multiplexing	High SE Compatible to other techniques	Need user pairing Error propagation in SIC
LDS-CDMA	Sparse spreading CDMA	No need of CSI Near-optimal MPA detector	Redundancy from coding
LDS-OFDM	Sparse spreading OFDM	No need of CSI Near-optimal MPA detector More fit for wideband than LDS-CDMA	Redundancy from coding
SCMA	Sparse spreading Multi-dimensional constellation	No need of CSI Near-optimal MPA detector More diversity than simple LDS	Redundancy from coding Difficult to design optimal codebook
PDMA	Sparse spreading Multiplexing in power, code, and spatial domains	More diversity Near-optimal MPA detector Low-complexity receiver	Redundancy from coding Difficult to design optimal patterns
BOMA	Tiled building block	Simple structure Compatible to current system Low-complexity receiver	Need user pairing Not very flexible
LPMA	Multilevel lattice code Multiplexing in power and code domains	No need for user clustering	Specific channel coding

Accès Non orthogonal : Sparse Code Multiple Accès (SCMA)

- Le SCMA est une des techniques envisagées pour l'accès montant non orthogonal.
- C'est une généralisation du cas LDS-OFDM.
- Principe: Chaque utilisateur associe à un symbole de $\log_2(M)$ bits
- un dictionnaire complexe parcimonieux de dimension K de taille M. Au final, $2^M \cdot N$ bits sont codés par un vecteur reçu de dimension K.



Accès Non orthogonal pou: SCMA Emetteur



S. Zhang, X. Xu, L. Lu, Y. Wu, G. He, and Y. Chen, "Sparse code multiple access: An energy efficient uplink approach for 5g wireless systems," in *2014 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM)*, pp. 4782– 4787, Dec 2014.

Accès Non orthogonal pour la 5G: Sparse Code Multiple Accès – Dictionnaires

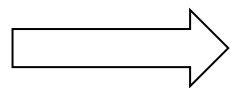
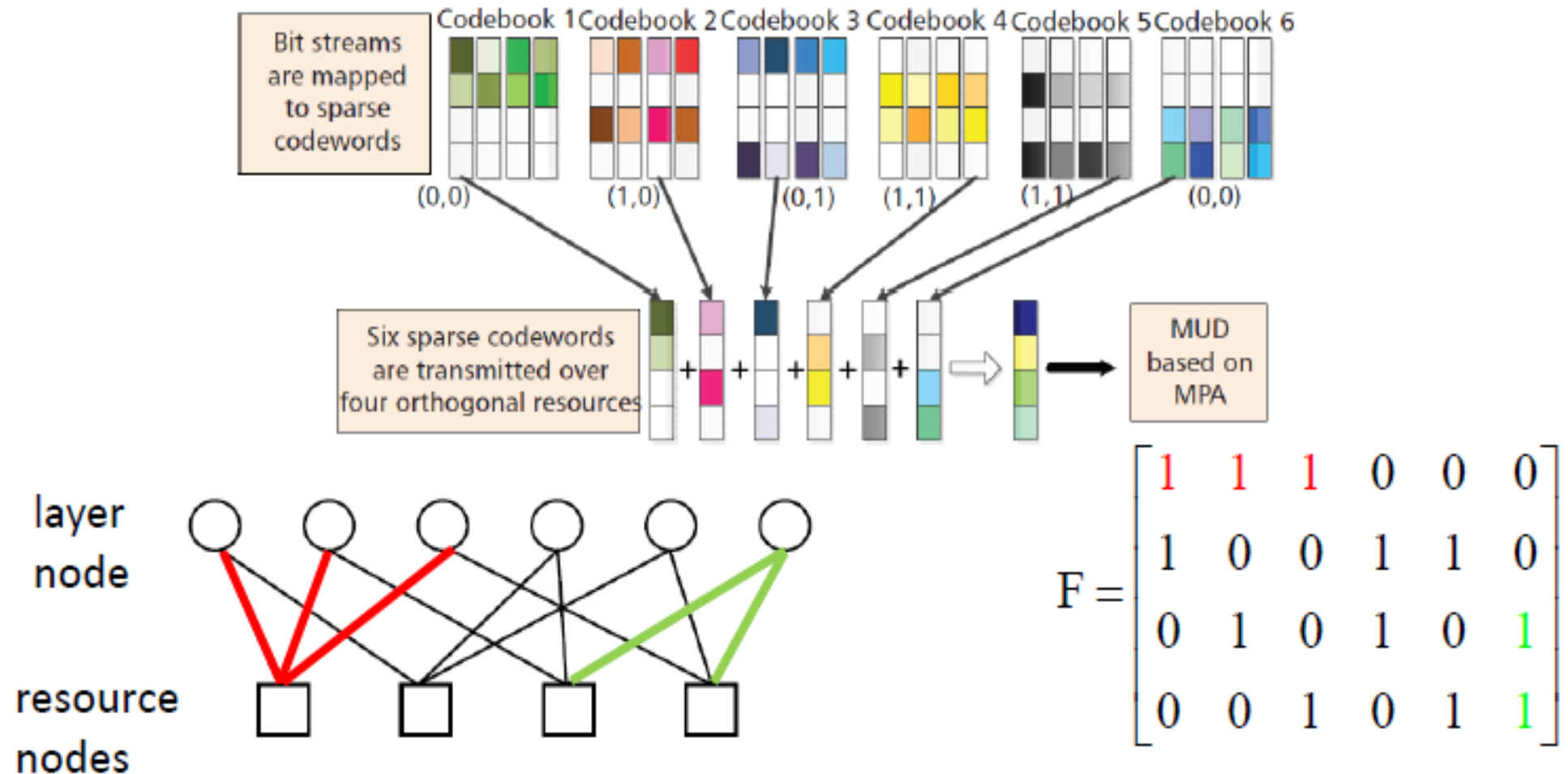
- Le design des dictionnaires est non trivial.
- Plusieurs méthodes dérivées des codes sur les réseaux de points furent proposées.

Accès Non orthogonal pour la 5G: SCMA

Dictionnaires -Exemple

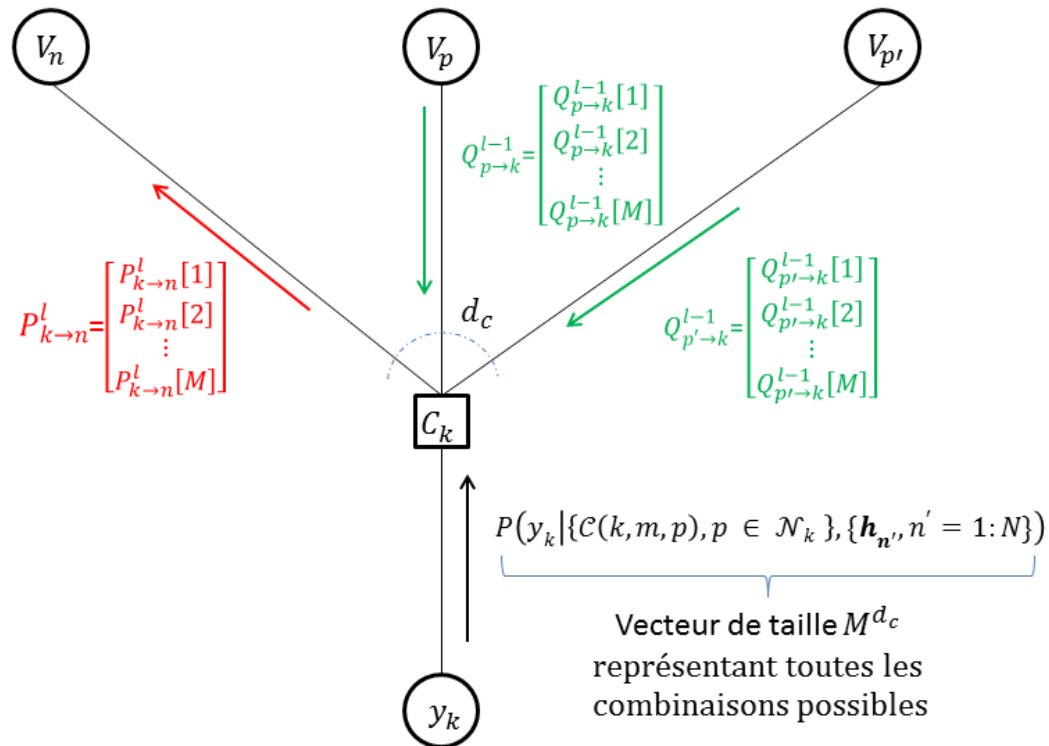
SCMA Codebook index	SCMA codebook for each layer
CB_1	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0.1815 - 0.1318i & -0.6351 - 0.4615i & 0.6351 + 0.4615i & 0.1815 + 0.1318i \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.7851 & -0.2243 & 0.2243 & -0.7851 \end{bmatrix}$
CB_2	$\begin{bmatrix} 0.7851 & -0.2243 & 0.2243 & -0.7851 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0.1815 - 0.1318i & -0.6351 - 0.4615i & 0.6351 + 0.4615i & 0.1815 + 0.1318i \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
CB_3	$\begin{bmatrix} -0.6351 + 0.4615i & 0.1815 - 0.1318i & -0.1815 + 0.1318i & 0.6351 - 0.4615i \\ 0.1392 - 0.1759i & 0.4873 - 0.6156i & -0.4873 + 0.6156i & -0.1392 + 0.1759i \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
CB_4	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.7851 & -0.2243 & 0.2243 & -0.7851 \\ -0.0055 - 0.2242i & -0.0193 - 0.7848i & 0.0193 + 0.7848i & 0.0055 + 0.2242i \end{bmatrix}$
CB_5	$\begin{bmatrix} -0.0055 - 0.2242i & -0.0193 - 0.7848i & 0.0193 + 0.7848i & 0.0055 + 0.2242i \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0.6351 + 0.4615i & 0.1815 - 0.1318i & -0.1815 + 0.1318i & 0.6351 - 0.4615i \end{bmatrix}$
CB_6	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.7851 & -0.2243 & 0.2243 & -0.7851 \\ 0.1392 - 0.1759i & 0.4873 - 0.6156i & -0.4873 + 0.6156i & -0.1392 + 0.1759i \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$

Accès Non orthogonal pour la 5G: SCMA – Aspects Récepteur



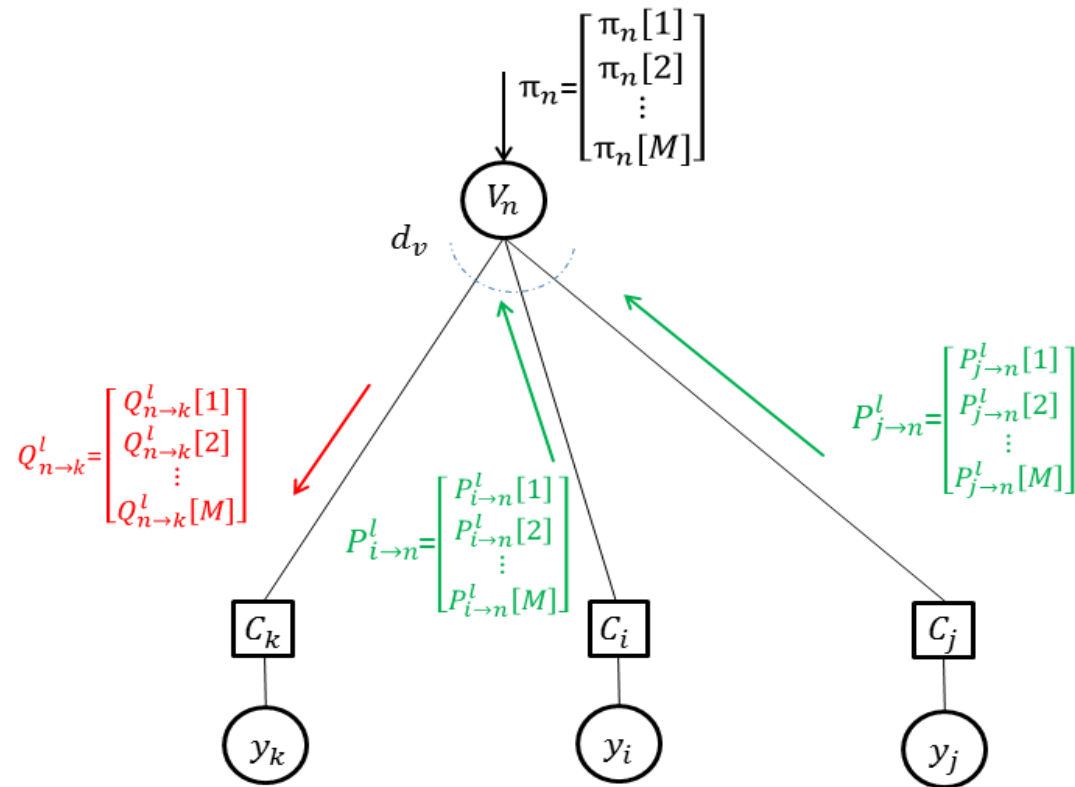
Représentation par un graphe de décodage sur lequel on peut appliquer un algorithme de type message passing, comme BP.

Accès Non orthogonal pour la 5G: SCMA – Aspects Récepteur



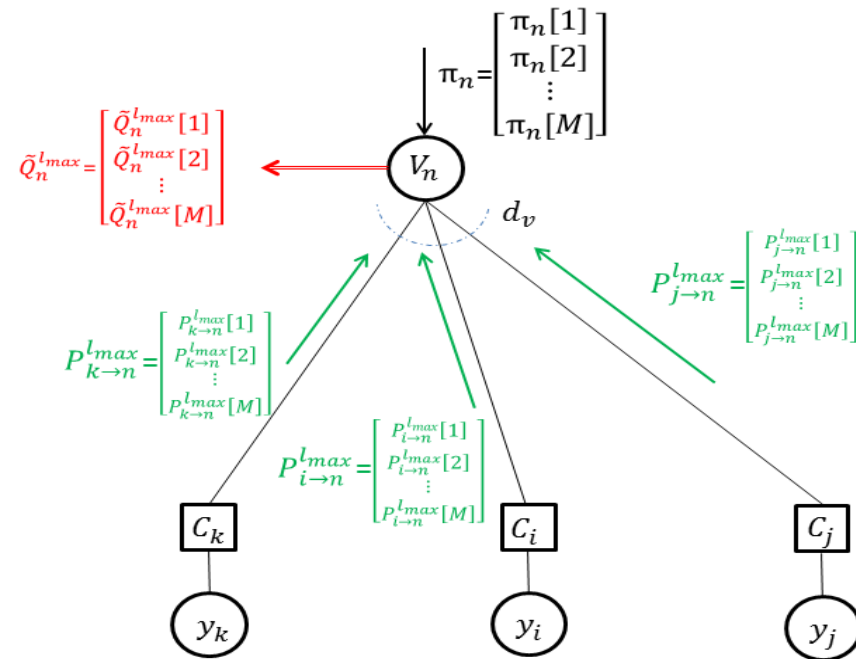
Mise à jour des noeuds de contraintes

Accès Non orthogonal pour la 5G: SCMA – Aspects Récepteur



Mise à jour noeuds de variables.

Accès Non orthogonal pour la 5G: SCMA – Aspects Récepteur



Calcul probabilité à posteriori.

Accès Non orthogonal pour la 5G: SCMA – Performances AWGN et Rayleigh.

