



COMNUM

Communications Numériques

Philippe CIBLAT

Département COMELEC



Applications :

- ▶ Flux vidéo
- ▶ Transfert de données pour le nuage
... **très haut débit** requis

Des communications point-à-point (2003-2007)

- ▶ MIMO : le *Golden code* et décodeurs puissants
- ▶ Synchronisation et analyse de performances

aux communications multi-points à multi-points (2008-2013)

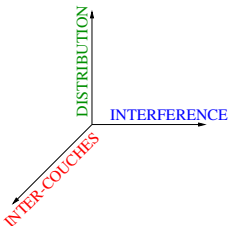
Applications :

- ▶ Flux vidéo
- ▶ Transfert de données pour le nuage
... **très haut débit** requis

Des communications point-à-point (2003-2007)

- ▶ MIMO : le *Golden code* et décodeurs puissants
- ▶ Synchronisation et analyse de performances

aux communications multi-points à multi-points (2008-2013)



- ▶ Algorithmes
Théorie du codage
Théorie du signal
- ▶ Performances limites
Théorie de l'Information

Membres de l'équipe

- ▶ Personnel permanent : 3 PR, 2 DR, 4 MC (dont 2 HDR)



J.-C. BELFIORE



P. CIBLAT



W. HACHEM



G. REKAYA



O. RIOUL



G. RODRIGUEZ



P. SOLE

Oct. 2009 (CNRS/I3S)



A. TCHAMKERTEN

Oct. 2008 (EPFL/MIT)



M. WIGGER

Déc. 2009 (ETHZ/UCSD)

- ▶ Personnel non-permanent
 - 28 thèses soutenues, 4 postdocs
 - 12 doctorants, 4 postdocs

1. Optimisation de réseaux

- ▶ Codage et décodage en réseau : *lattices*
- ▶ Caractérisation de région de capacité / voie de retour
- ▶ Allocation de ressources avec mécanisme de retransmission
- ▶ Analyse de la grande dimension : matrices aléatoires
- ▶ Traitement distribué : codage de source, optimisation

2. Sécurité

- ▶ par la couche physique : *lattices*
- ▶ par les composants électroniques (COMELEC/SEN)

3. Communication mono-utilisateur

- ▶ Communications asynchrones
- ▶ Communications MIMO sur fibre optique (COMELEC/GTO)

1. Optimisation de réseaux

- ▶ Codage et décodage en réseau : *lattices* **Ex1.**
- ▶ Caractérisation de région de capacité / voie de retour
- ▶ Allocation de ressources avec mécanisme de retransmission
- ▶ Analyse de la grande dimension : matrices aléatoires **Ex2.**
- ▶ Traitement distribué : codage de source, optimisation **Ex3.**

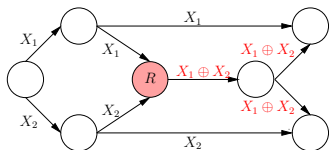
2. Sécurité

- ▶ par la couche physique : *lattices*
- ▶ par les composants électroniques (COMELEC/SEN)

3. Communication mono-utilisateur

- ▶ Communications asynchrones
- ▶ Communications MIMO sur fibre optique (COMELEC/GTO)

Avec fil, schéma « papillon » d'un codage en réseau [2000] :



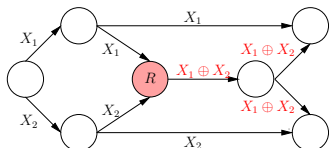
Routage remplacé par une combinaison de paquets

Sans fil, deux verrous importants :

- ▶ combinaison effectuée par le canal et non le nœud R
- ▶ combinaison effectuée sur le signal et non les paquets décodés
... solution de la littérature : *Compute and Forward* [2008]

Ex1-réseaux de points et codage en réseau

Avec fil, schéma « papillon » d'un codage en réseau [2000] :



Routing remplacé par une combinaison de paquets

Sans fil, deux verrous importants :

- ▶ combinaison effectuée par le canal et non le nœud R
- ▶ combinaison effectuée sur le signal et non les paquets décodés
... solution de la littérature : *Compute and Forward* [2008]

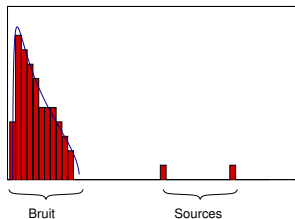
Contributions :

- ▶ Première mise en œuvre de codeur et de décodeur pour le *Compute and Forward* (grâce aux *lattices*)

Modèle :

$$\vec{y}(n) = \underbrace{\mathbf{H}}_{\text{taille } N \times K} \vec{x}(n) + \vec{b}(n)$$

- ▶ Valeurs et vecteurs propres de $\mathbf{Y}\mathbf{Y}^H$ avec $\mathbf{Y} = [\vec{y}(1) \cdots \vec{y}(T)]$
- ▶ N et T même ordre de grandeur
- ▶ $N, T \rightarrow \infty$ et $N/T \rightarrow c$



Applications :

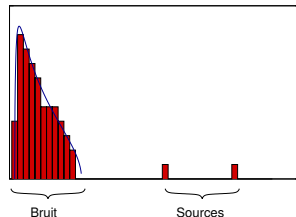
- ▶ Détection de sources en radio cognitive
- ▶ Estimation des directions d'arrivée
- ▶ Détection de défauts dans les réseaux

Ex2-inférence dans les grands réseaux

Modèle :

$$\vec{y}(n) = \underbrace{\mathbf{H}}_{\text{taille } N \times K} \vec{x}(n) + \vec{b}(n)$$

- ▶ Valeurs et vecteurs propres de $\mathbf{Y}\mathbf{Y}^H$ avec $\mathbf{Y} = [\vec{y}(1) \cdots \vec{y}(T)]$
- ▶ N et T même ordre de grandeur
- ▶ $N, T \rightarrow \infty$ et $N/T \rightarrow c$

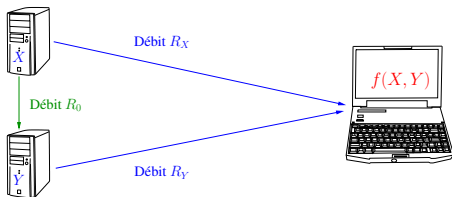


Applications :

- ▶ Détection de sources en radio cognitive
- ▶ Estimation des directions d'arrivée
- ▶ Détection de défauts dans les réseaux

Contributions :

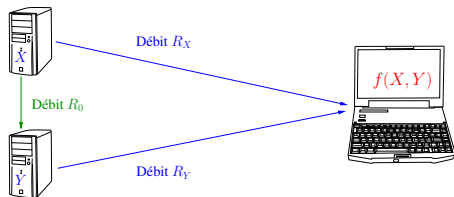
- ▶ Nouveaux algorithmes performants
- ▶ Analyse de performances via les grandes matrices aléatoires



Applications :

- ▶ Codage distribué
- ▶ Stockage distribué
- ▶ Calcul distribué

Question : # bits (R_X, R_Y) pour reconstruire parfaitement une fonction de deux sources collaborant via R_0 bits ?



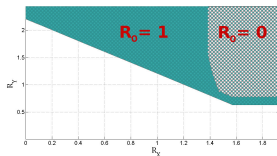
Applications :

- ▶ Codage distribué
- ▶ Stockage distribué
- ▶ Calcul distribué

Question : # bits (R_X , R_Y) pour reconstruire parfaitement une fonction de deux sources collaborant via R_0 bits ?

Contributions :

- ▶ Caractérisation de régions de capacité



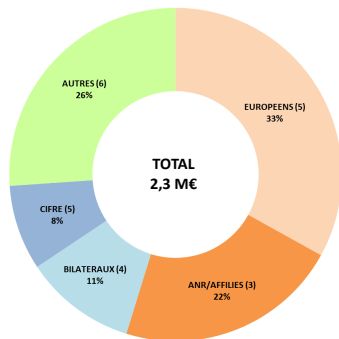
R_Y en fct. de R_X

Publications :

- ▶ Journaux internationaux : 72 (principalement *IEEE Trans.*)
- ▶ Congrès internationaux : 167 dont 23 invités
- ▶ Brevets : 18 (contrat de valorisation par *France Brevets*)

Financement :

- ▶ Thalès
- ▶ Mitsubishi
- ▶ Orange
- ▶ Google
- ▶ ...



Grandes compétences théoriques :

- ▶ Codage algébrique
- ▶ Théorie de l'information
- ▶ Matrices aléatoires

pour des applications nombreuses en communications :

- ▶ Gestion efficace de l'interférence
- ▶ Communications interactives
- ▶ Allocation de ressources
- ▶ Radio cognitive
- ▶ Sécurité
- ▶ ...

Deux axes de développement scientifique :

- ▶ Traitement distribué de l'information (*codage de source distribué pour le stockage, optimisation distribuée pour les réseaux ad hoc*)
- ▶ Codage et allocation de ressources pour la gestion de l'interférence (*codage tirant parti de l'interférence, allocation inter-couches, gestion de la voie de retour*)

Ressources financières plus pérennes :

- ▶ Montage d'un ERC sur le traitement distribué
- ▶ Montage d'un labo commun avec Thales sur l'interférence

Collaborations académiques



Expertise :

- ▶ *Associate Editor* :
 - 1 *IEEE Com. Letters*,
 - 2 *IEEE Trans. Signal Processing* dont 1 *Senior Area Editor*
 - 1 *IEEE Trans. Information Theory*
- ▶ Comité de programme : ISIT, ITW, ICASSP, SPAWC, EUSIPCO, GLOBECOM, ICC, WCNC, PIMRC, GRETSI, ...
 - *Track Chair* : PIMRC'2008, EUSIPCO'2011

Organisation/animation :

- ▶ Congrès *Sequences and their Applications* (SETA'2010)
- ▶ Ecole d'été Peyresq'2013 sur l'optimisation convexe
- ▶ Ecole de printemps Labex Digicosme'2014 sur les réseaux
- ▶ Directeur-adjoint du GDR ISIS