Structure d'information, stratégies de communication et application aux réseaux distribués

Benjamin Larrousse

Directeur de thèse : Samson Lasaulce

Laboratoire des Signaux et Systèmes, CNRS - Supelec - Université Paris Sud

11 décembre 2014

Plan

1 Introduction

2 Communication via les actions et réseaux sans fil

3 Communication stratégique et réseaux de distribution d'électricité

4 Perspectives

Plan

1 Introduction

2 Communication via les actions et réseaux sans fil

3 Communication stratégique et réseaux de distribution d'électricité

4 Perspectives

Introduction
Problèmes de communication

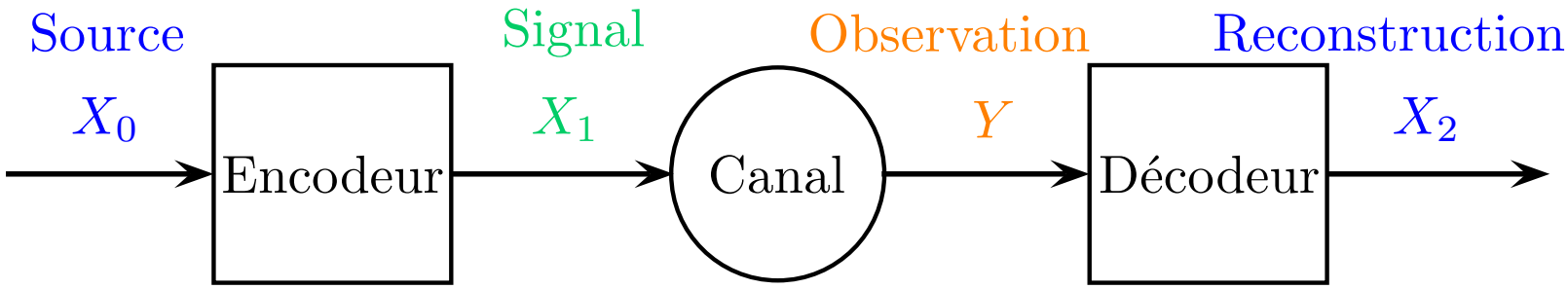
Système de contrôle décentralisé.

- **Communication** ➔ coordination.
- Actions des agents :
  - ➔ **Un seul rôle** : communiquer [Shannon, 1948].
    VS
  - ➔ **Deux rôles** : maximiser un critère de performance / communiquer pour se coordonner.

• Capacité optimale de communication en fonction de la structure d'information ?

Paradigme de [Shannon, 1948]

Communication point à point



- **Critère de Shannon** : Assurer un niveau maximal de distorsion entre X_0 et X_2.
- Corrélations entre source et reconstruction *uniquement*.

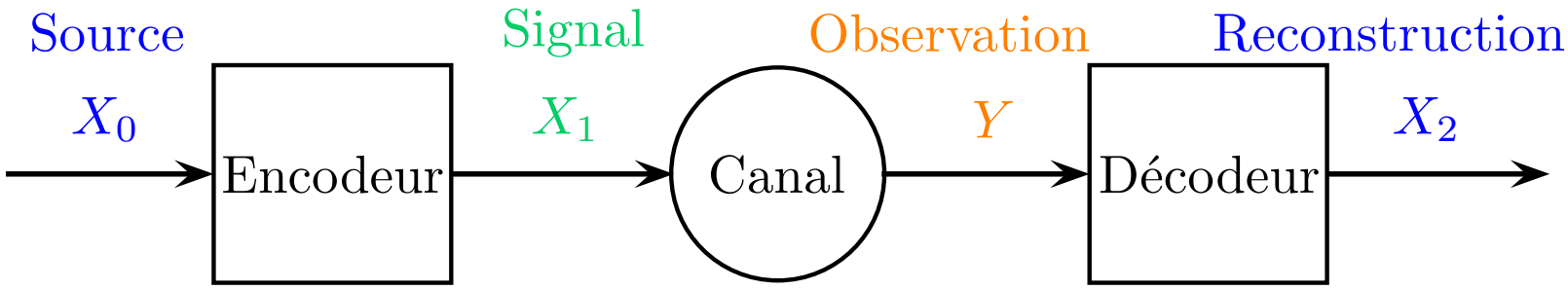
Cette thèse :

→ Encodeur et décodeur : critère de performance quelconque.

→ Influence directe du signal. Corrélations entre X_0, X_2 ET X_1 [Cuff et al., 2010, Cuff and Zhao, 2011].

Paradigme de [Shannon, 1948]

Communication point à point



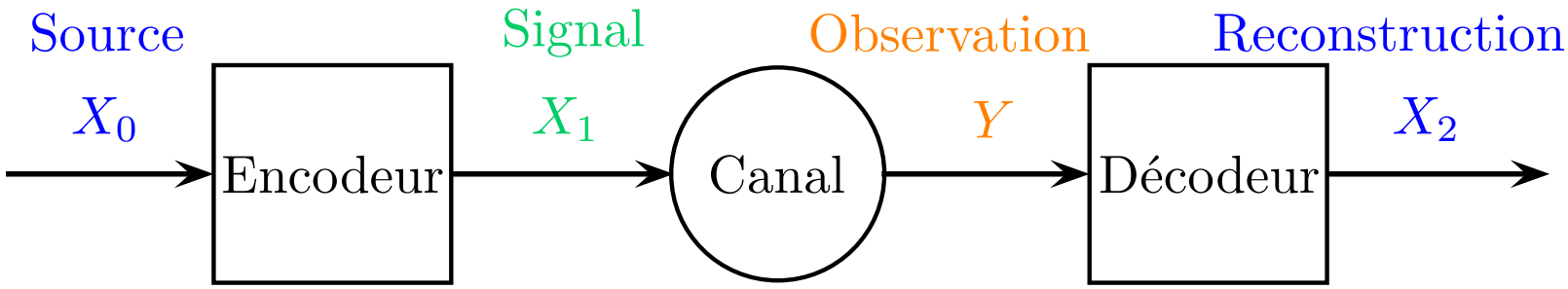
- **Critère de Shannon** : Assurer un niveau maximal de distorsion entre X_0 et X_2.
- Corrélations entre source et reconstruction *uniquement*.

Cette thèse :

- → Encodeur et décodeur : critère de performance quelconque.
- → Influence directe du signal. Corrélations entre X_0, X_2 ET X_1 [Cuff et al., 2010, Cuff and Zhao, 2011].

Paradigme de [Shannon, 1948]

Communication point à point



- **Critère de Shannon** : Assurer un niveau maximal de distorsion entre X_0 et X_2.
- Corrélations entre source et reconstruction *uniquement*.

Cette thèse :

- ➔ Encodeur et décodeur : critère de performance quelconque.
- ➔ Influence directe du **signal**. Corrélations entre X_0, X_2 **ET** X_1 [Cuff et al., 2010, Cuff and Zhao, 2011].

Présentation : deux parties

Coordination

Problèmes à deux agents et asymétrie d'information.

1. → Coordination empirique dans un réseau distribué.
   → Communication **via les actions**.
   → Application au contrôle de puissance.

2. → Utilités non alignées : communication stratégique.
   → Messages sans influence **directe** sur les utilités.
   → Application aux réseaux de distribution d'électricité.

Présentation : deux parties

Coordination

Problèmes à deux agents et asymétrie d'information.

1. ➔ Coordination empirique dans un réseau distribué.
   ➔ Communication **via les actions**.
   ➔ Application au contrôle de puissance.

2. ➔ Utilités non alignées : communication stratégique.
   ➔ Messages sans influence **directe** sur les utilités.
   ➔ Application aux réseaux de distribution d'électricité.

Plan

1 Introduction

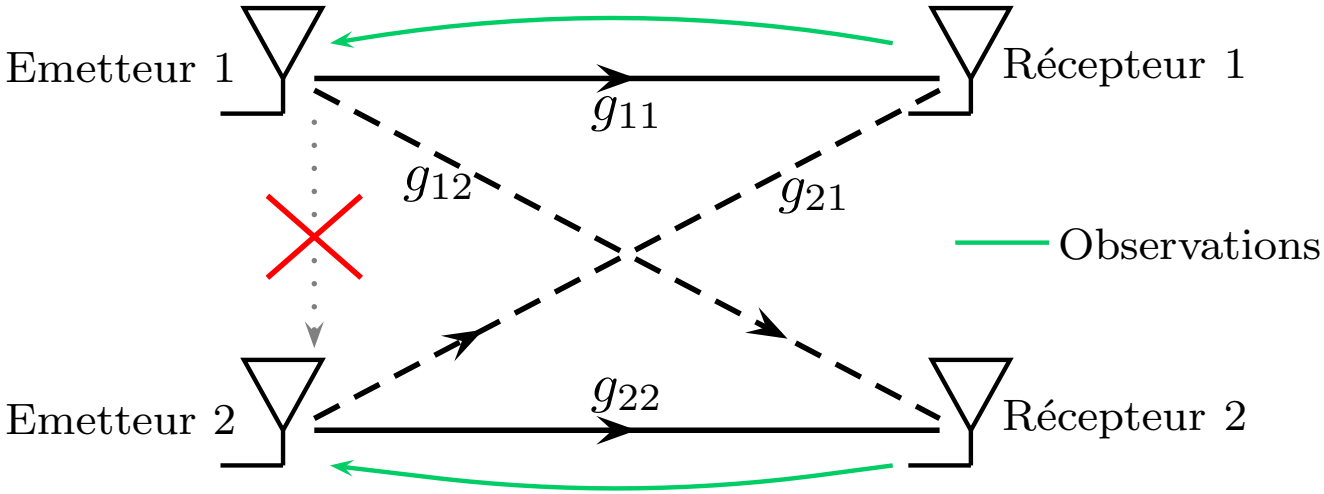
2 Communication via les actions et réseaux sans fil

3 Communication stratégique et réseaux de distribution d'électricité

4 Perspectives

Motivation pratique

Le canal à interférence



- $g_{ij}, i, j \in \{1, 2\}$: qualité des liens.
- Pas de coordination centralisée.
- Interactions répétées.
- Actions : puissances d'émissions disponibles.

➔ Possibilités de coordination ?

Motivation pratique

L'algorithme itératif de « water-filling ».

- Standard : algorithme itératif de « water-filling » [1].
- Inconvénients :
  - convergence pas toujours garantie [2].
  - équilibres **Pareto-inefficace** [3].

Nouveau concept : contrôle de puissance codé.

➔ Coder l'information dans les choix de puissance.

1. [Yu et al., 2002]
2. [Mertikopoulos et al., 2012]
3. [Lasaulce and Tembine, 2011]

Problème d'optimisation distribuée

Coordination

- 2 agents : X_1, X_2 ; un état : $X_0 \sim \rho(x_0)$ fixée.
- $|\mathcal{X}_i| < \infty$, $i = 0, 1, 2$.
- Utilité instantanée :

$$w : \mathcal{X}_0 \times \mathcal{X}_1 \times \mathcal{X}_2 \to \mathbb{R}. \tag{1}$$

- Utilité moyenne sur T étapes :

$$W_T(x_0^T, x_1^T, x_2^T) \triangleq \frac{1}{T} \sum_{t=1}^{T} w(x_{0,t}, x_{1,t}, x_{2,t}). \tag{2}$$

Communication sans coût

Cas de référence

(x_1^T, x_2^T) contrôlées conjointement sachant x_0^T :

➔ Optimisation sans contraintes

$$W_T^\star = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^{T} \max_{x_1, x_2} w(x_{0,t}, x_1, x_2). \tag{3}$$

Hypothèse supplémentaire : **asymétrie d'information**.

➔ x_0^T connue uniquement de l'Agent 1.

Stratégies des Agents
[Gossner et al., 2006] vs [Larrousse et al., 2014]

Stratégies de [Gossner et al., 2006].

- Agent 1 : $(\sigma_t)_{1\leq t\leq T}$ avec :

$$\sigma_t : \mathcal{X}_0^{\infty} \times \mathcal{X}_1^{t-1} \times \mathcal{X}_2^{t-1} \to \mathcal{X}_1 \tag{4}$$

- Agent 2 : $(\tau_t)_{1\leq t\leq T}$ avec :

$$\text{(Cas I)} \qquad \tau_t : \mathcal{X}_0^{t-1} \times \mathcal{X}_1^{t-1} \times \mathcal{X}_2^{t-1} \to \mathcal{X}_2 \tag{5}$$

1. Connaissance finie de la séquence d'état.
2. Version bruité de X_1.
3. Pas d'observations des actions passées.

Stratégies des Agents

[Gossner et al., 2006] vs [Larrousse et al., 2014]

Nos stratégies.

- Agent 1 : $(\sigma_t)_{1 \leq t \leq T}$ avec :

$$\sigma_t : \mathcal{X}_0^T \times \mathcal{X}_1^{t-1} \times \mathcal{X}_2^{t-1} \to \mathcal{X}_1 \tag{4}$$

- Agent 2 : $(\tau_t)_{1 \leq t \leq T}$ avec :

$$\text{(Cas I)} \qquad \tau_t : \mathcal{X}_0^{t-1} \times \boldsymbol{\mathcal{X}_1^{t-1}} \times \mathcal{X}_2^{t-1} \to \mathcal{X}_2 \tag{5}$$

1. Connaissance finie de la séquence d'état.
2. Version bruité de X_1.
3. Pas d'observations des actions passées.

Stratégies des Agents

[Gossner et al., 2006] vs [Larrousse et al., 2014]

Nos stratégies.

- Agent 1 : $(\sigma_t)_{1\leq t\leq T}$ avec :

$$\sigma_t : \mathcal{X}_0^T \times \mathcal{X}_1^{t-1} \times \mathcal{X}_2^{t-1} \to \mathcal{X}_1 \tag{4}$$

- Agent 2 : $(\tau_t)_{1\leq t\leq T}$ avec :

$$\text{(Cas I)} \qquad \tau_t : \mathcal{X}_0^{t-1} \times \mathcal{Y}^{t-1} \times \mathcal{X}_2^{t-1} \to \mathcal{X}_2 \tag{5}$$

1. Connaissance finie de la séquence d'état.
2. Version bruité de X_1.
3. Pas d'observations des actions passées.

Stratégies des Agents

[Gossner et al., 2006] vs [Larrousse et al., 2014]

Nos stratégies.

- Agent 1 : $(\sigma_t)_{1\leq t\leq T}$ avec :

$$\sigma_t : \mathcal{X}_0^T \times \{\emptyset\} \times \{\emptyset\} \to \mathcal{X}_1 \tag{4}$$

- Agent 2 : $(\tau_t)_{1\leq t\leq T}$ avec :

$$\text{(Cas I)} \qquad \tau_t : \mathcal{X}_0^{t-1} \times \mathcal{Y}^{t-1} \times \{\emptyset\} \to \mathcal{X}_2 \tag{5}$$

1. Connaissance finie de la séquence d'état.
2. Version bruité de X_1.
3. Pas d'observations des actions passées.

Stratégies des Agents

[Gossner et al., 2006] vs [Larrousse et al., 2014]

Nos stratégies.

- Agent 1 : $(\sigma_t)_{1\leq t\leq T}$ avec :

$$\sigma_t : \mathcal{X}_0^T \to \mathcal{X}_1 \tag{4}$$

- Agent 2 : $(\tau_t)_{1\leq t\leq T}$ avec :

$$\text{(Cas I)} \qquad \tau_t : \mathcal{X}_0^{t-1} \times \mathcal{Y}^{t-1} \to \mathcal{X}_2 \tag{5}$$

$$\text{(Cas II)} \qquad \tau_t : \{\emptyset\} \times \mathcal{Y}^{t-1} \to \mathcal{X}_2 \tag{6}$$

Cas II : pas d'observations.

Stratégies des Agents

[Gossner et al., 2006] vs [Larrousse et al., 2014]

Nos stratégies.

- Agent 1 : $(\sigma_t)_{1\leq t\leq T}$ avec :

$$\sigma_t : \mathcal{X}_0^T \to \mathcal{X}_1 \tag{4}$$

- Agent 2 : $(\tau_t)_{1\leq t\leq T}$ avec :

$$\text{(Cas I)} \qquad \tau_t : \mathcal{X}_0^{t-1} \times \mathcal{Y}^{t-1} \to \mathcal{X}_2 \tag{5}$$

$$\text{(Cas II)} \qquad \tau_t : \mathcal{Y}^{t-1} \to \mathcal{X}_2 \tag{6}$$

Lien

distribution $\overline{Q}(x_0, x_1, x_2)$ et utilité

Distribution $\longleftrightarrow$ utilité.

$u \in \mathbb{R}$ réalisable **si et seulement si** $\overline{Q} \in \Delta(\mathcal{X}_0 \times \mathcal{X}_1 \times \mathcal{X}_2)$ atteignable :

$$\mathbf{u} = \mathbb{E}_{\overline{\mathbf{Q}}}[\mathbf{w}] \tag{7}$$

Condition nécessaire d'atteignabilité

Contrainte d'information

Hypothèses :

- $(X_{0,t})_t$ i.i.d $\sim \rho$.
- $\mathrm{P}(y^T|x_0^T, x_1^T, x_2^T) = \prod_{t=1}^{T} \Gamma(y_t|x_{0,t}, x_{1,t}, x_{2,t})$.
- $Q(x_0, x_1, x_2, y) = \Gamma(y|x_0, x_1, x_2)\overline{Q}(x_0, x_1, x_2)$.
- $\sum_{x_1,x_2} \overline{Q}(x_0, x_1, x_2) = \rho(x_0)$.

Théorème 1 [Larrousse et al., 2014]. Cas I et II

$\overline{Q} \in \Delta(\mathcal{X}_0 \times \mathcal{X}_1 \times \mathcal{X}_2)$ atteignable si Q associée vérifie :

$$\mathbf{I_Q(X_0; X_2) \leq I_Q(X_1; Y|X_0, X_2)} \tag{8}$$

Condition nécessaire d'atteignabilité

Interprétation

$$\underbrace{I_Q(X_0; X_2)}_{\textit{Taux de distortion source}} \leq \underbrace{I_Q(X_1; Y|X_0, X_2)}_{\textit{Taux de transmission canal}} \quad (9)$$

- X_0 : source.
- X_2 : séquence décodée pour un problème source-canal conjoint avec distorsion.
- X_1 : entrée du canal, Y : sortie du canal, (X_0, X_2) : état du canal.

⚠ Difficulté : état **dépendant** du message.

➔ démonstration dédiée.

Condition suffisante d'atteignabilité

Cas I : observation strictement causale

Théorème 2 [Larrousse et al., 2014].

$$\text{Cas I :} \quad \begin{cases} \sigma_t & : & \mathcal{X}_0^T & \to & \mathcal{X}_1 \\ \tau_t & : & \mathcal{X}_0^{t-1} \times \mathcal{Y}^{t-1} & \to & \mathcal{X}_2 \end{cases} \tag{10}$$

Si $Q(x_0, x_1, x_2, y)$ associée à $\overline{Q}(x_0, x_1, x_2)$ vérifie :

$$\mathbf{I_Q(X_0; X_2) \leq I_Q(X_1; Y | X_0, X_2)} \tag{11}$$

alors $\overline{Q}$ atteignable.

Condition suffisante, cas I

Interprétation

- Cas I : Conditions nécessaire et suffisante coïncident.
  - Connaissance des actions passées : inutile.
  - **Séparation** opérations codage/décodage source et canal : pas de pertes.
- **Contribution** : contrainte d'information convexe en Q.

Condition suffisante d'atteignabilité

Cas II : pas d'observation

Théorème 3 [Larrousse et al., 2014].

$$\text{Cas II :} \quad \begin{cases} \sigma_t & : & \mathcal{X}_0^T & \to & \mathcal{X}_1 \\ \tau_t & : & \mathcal{Y}^{t-1} & \to & \mathcal{X}_2 \end{cases} . \tag{12}$$

Si $Q(x_0, x_1, x_2, y, u)$ associée à $\overline{Q}(x_0, x_1, x_2)$ vérifie :

$$\mathbf{I_Q(X_0; X_2) \leq I_Q(U; Y, X_2) - I_Q(U; X_0, X_2)}, \tag{13}$$

alors $\overline{Q}$ atteignable.

Condition suffisante, cas II

Interprétation

- Codes source et canal **séparés** : optimal.
- Actions passées de l'Agent 2 **utile** pour la *coordination*.
- Si **observation parfaite** ($Y = X_1$), $U = X_1$ optimal :

$$I_Q(X_0; X_2) \leq I_Q(U; Y, X_2) - I_Q(U; X_0, X_2) \quad (14)$$
$$\Leftrightarrow I_Q(X_0; X_2) \leq I_Q(X_1; Y | X_0, X_2) \quad (15)$$
$$\Leftrightarrow I_Q(X_0; X_2) \leq H_Q(X_1 | X_0, X_2) \quad (16)$$

- Connaissance strictement causale de X_0 pour l'Agent 2 inutile.

Optimisation sous contraintes [4]

Problème convexe, Cas II

$$
\begin{aligned}
\text{Minimiser} \quad & -\mathbb{E}_Q[w(X)] = -\sum_{x,y,u} Q(x,y,u)w(x) & & \\
\text{sous contraintes :} \quad & \sum_{(x,y,u)} Q(x,y,u) & = & 1 \\
\forall (x,y,u), \quad & \frac{Q(x,y,u)}{\sum_{(y,u)} Q(x,y,u)} & = & \Gamma(y|x) \\
\forall x_0, \quad & \sum_{x_1,x_2,y,u} Q(x,y,u) & = & \rho(x_0) \\
\forall (x,y,u), \quad & -Q(x,y,u) & \leq & 0 \\
I_Q(X_0;X_2) \quad & - I_Q(U;Y,X_2) + I_Q(U;X_0,X_2) & \leq & 0
\end{aligned}
$$

4. *Notation* : $x = (x_0, x_1, x_2)$.

Optimisation sous contraintes [4]

Problème convexe, Cas I

$$
\begin{aligned}
\text{Minimiser} \quad & -\mathbb{E}_Q[w(X)] = -\sum_{x,y,u} Q(x,y,u)w(x) \\
\text{sous contraintes :} \quad & \sum_{(x,y,u)} Q(x,y,u) && = 1 \\
\forall (x,y,u), \quad & \frac{Q(x,y,u)}{\sum_{(y,u)} Q(x,y,u)} && = \Gamma(y|x) \\
\forall x_0, \quad & \sum_{x_1,x_2,y,u} Q(x,y,u) && = \rho(x_0) \\
\forall (x,y,u), \quad & -Q(x,y,u) && \leq 0 \\
I_Q(X_0;X_2) \quad & -I_Q(X_1;Y|X_0,X_2) && \leq 0
\end{aligned}
$$

4. *Notation* : $x = (x_0, x_1, x_2)$.

Application aux réseaux sans fil
Paramètres

- $x_0 = (g_{11}, g_{12}, g_{21}, g_{22})$, liens indépendants.
- $g_{ij} \in \{g_{\min}, g_{\max}\}$, $g_{ij} \sim \mathcal{B}(p_{ij})$, $i, j \in \{1, 2\}$.
- $|\mathcal{X}_1| = |\mathcal{X}_2| = 4$ $\leftarrow$ Utile en pratique[5].
- Fonctions d'utilités :

$$w^{\text{taux}}(x_0, x_1, x_2) = \sum_{i=1}^{2} \log_2 \left(1 + \underbrace{\frac{g_{ii} x_i}{\sigma^2 + g_{-ii} x_{-i}}}_{\text{RSIB}_i} \right) \tag{17}$$

$$w^{\text{RSIB}}(x_0, x_1, x_2) = \sum_{i=1}^{2} \frac{g_{ii} x_i}{\sigma^2 + g_{-ii} x_{-i}} \tag{18}$$

5. [Gjendemsj et al., 2008].

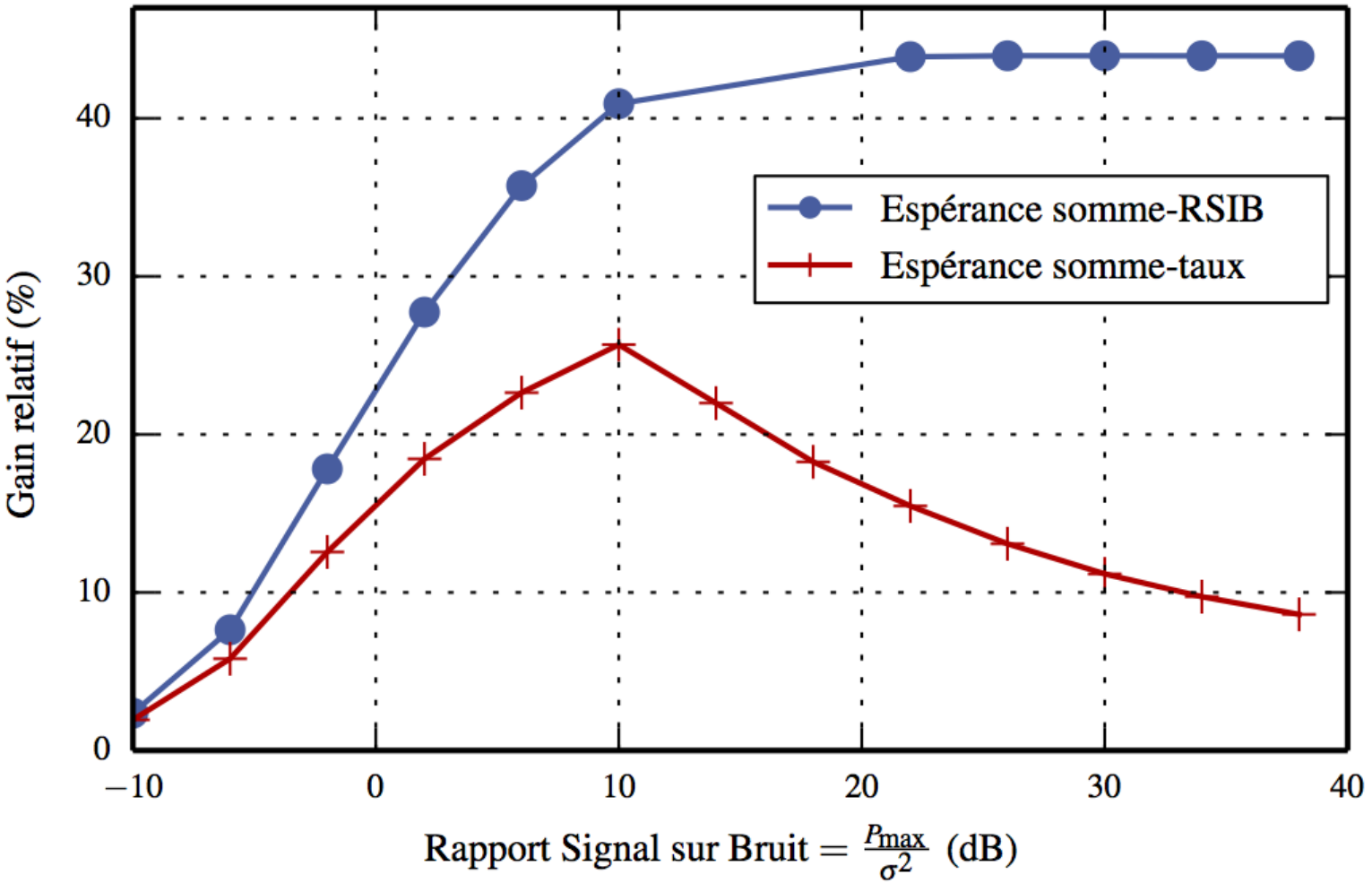
- **Contrôle de puissance semi-coordonné**. Agent 2 : puissance maximale. Agent 1 choisit :

$$x_1^* \in \arg\max_{x_1} w^{\mathrm{r}}(x_0, x_1, P_{\max}),\ \mathrm{r} \in \{\mathrm{taux}, \mathrm{RSIB}\} \quad (19)$$

- **Communication sans coût**. Maximum à chaque étape.

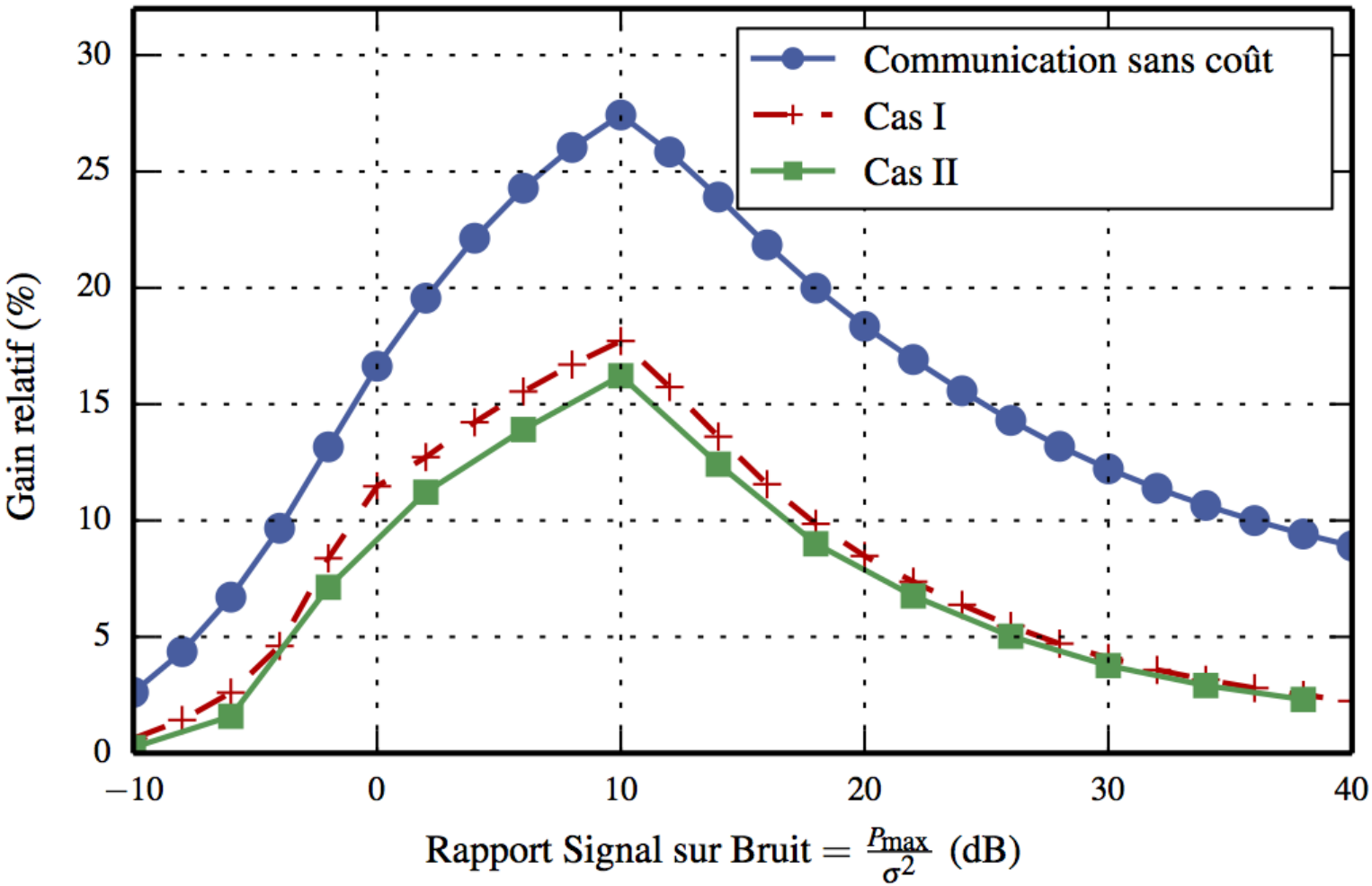
Contrôle de puissance

Influence fonctions d'utilités, cas I



Contrôle de puissance

Influence de la connaissance sur l'état



Plan

1 Introduction

2 Communication via les actions et réseaux sans fil

3 Communication stratégique et réseaux de distribution d'électricité

4 Perspectives

Motivation pratique

Communication dans les réseaux d'électricité

- Réseaux électriques actuels : production d'énergie principalement commandée par la demande.
- Smart Grids : consommateur s'adapte à la production.
- Consommateur et fournisseur d'énergie : utilités non alignées.
  - Situation stratégique : demande reportée plus élevée que besoin réel.

→ Communication entre consommateur et fournisseur d'énergie ?

Motivation pratique

Communication dans les réseaux d'électricité

- Réseaux électriques actuels : production d'énergie principalement commandée par la demande.
- Smart Grids : consommateur s'adapte à la production.
- Consommateur et fournisseur d'énergie : utilités non alignées.
  - Situation stratégique : demande reportée plus élevée que besoin réel.

→ Communication entre consommateur et fournisseur d'énergie ?

Motivation pratique

Communication dans les réseaux d'électricité

- Réseaux électriques actuels : production d'énergie principalement commandée par la demande.
- Smart Grids : consommateur s'adapte à la production.
- Consommateur et fournisseur d'énergie : utilités non alignées.
  - Situation stratégique : demande reportée plus élevée que besoin réel.

→ Communication entre consommateur et fournisseur d'énergie ?

Motivation pratique

Communication dans les réseaux d'électricité

- Réseaux électriques actuels : production d'énergie principalement commandée par la demande.
- Smart Grids : consommateur s'adapte à la production.
- Consommateur et fournisseur d'énergie : utilités non alignées.
  - Situation stratégique : demande reportée plus élevée que besoin réel.

→ Communication entre consommateur et fournisseur d'énergie ?

Transmission stratégique de l'information

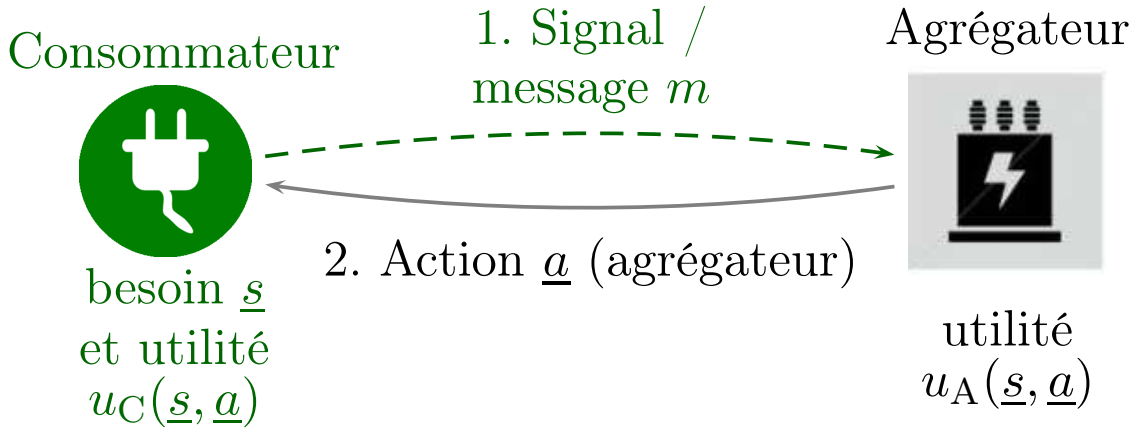
Application aux Smart Grids

- Modélisation : jeu de « Cheap talk »[6], application aux Smart Grids.
- Interprétation :
  - ➔ codage source avec perte et utilités **non alignées**.
  - ➔ quantification vectorielle[7].

6. [Crawford and Sobel, 1982].
7. [Gray and Neuhoff, 1998], [Jäger et al., 2011].

Modèle de Smart Grids

Schéma de signal



- Besoins et puissances allouées dans $\mathcal{S} \triangleq [0,1]^T$, T taille du vecteur.
- **Ensembles des messages** : $m \in \{1, 2, \ldots, M\}$.
- Fonctions d'utilités **non alignées**.
- **Point clé** : utilités ne dépendent pas (directement) des *messages*.

Stratégies :

$$f : \left| \begin{array}{ccc} \mathcal{S} & \rightarrow & \{1, 2, ..., M\} \\ \underline{s} & \mapsto & m \end{array} \right. . \tag{20}$$

$$g : \left| \begin{array}{ccc} \{1, 2, ..., M\} & \rightarrow & \mathcal{S} \\ m & \mapsto & \underline{a} \end{array} \right. . \tag{21}$$

Fonctions d'utilités :

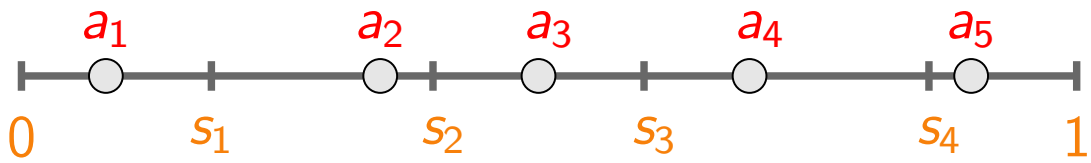
$$W_C(f, g) = -\int_{\underline{s} \in \mathcal{S}} \underbrace{\|\underline{s} - g(f(\underline{s}))\|_2^2}_{\text{Puissance proche du besoin}} \quad p(\underline{s})\, d\underline{s} \tag{22}$$

$$W_A(f, g) = -\int_{\underline{s} \in \mathcal{S}} \left[\|\underline{s} - g(f(\underline{s}))\|_2^2 + \mathbf{b}\, \underbrace{c\Big(g(f(\underline{s}))\Big)}_{\text{Coût réseau}} \right] p(\underline{s})\, d\underline{s} \tag{23}$$

Exemple simple

Modèle scalaire : $T = 1$

- **Distribution uniforme** p sur $[0, 1]$.
- **Stratégies** $(M = 5)$:



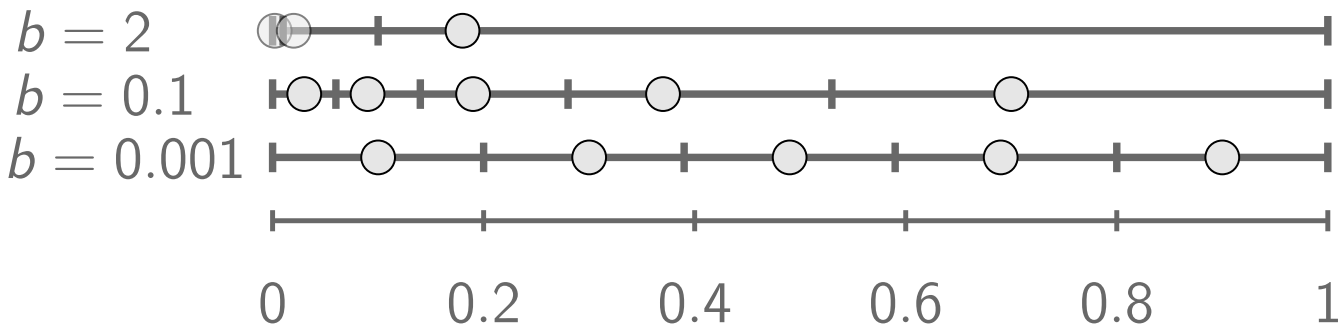
- **Fonctions d'utilités** :

$$U_C^{\epsilon}((s_m)_m, (a_m)_m) = -\sum_{m=1}^{M} \int_{s_{m-1}}^{s_m} (a_m - (s + \epsilon))^2 \; p(s)\, ds \tag{24}$$

$$U_A((s_m)_m, (a_m)_m) = -\sum_{m=1}^{M} \int_{s_{m-1}}^{s_m} \left[(a_m - s)^2 + \mathbf{b} a_m^2\right] \; p(s)\, ds \tag{25}$$

Exemple simple
Solution

- Solution paramétrée par ϵ.
  - ➔ Si $\epsilon > 0$: nombre de messages utilisés fini [8].
  - ➔ $\epsilon = 0$: nombre de messages utilisés non borné [9].
  - ⚠ Différent de [Crawford and Sobel, 1982].
- Influence de b.



Partitions d'équilibre.

8. [Crawford and Sobel, 1982].
9. [Gordon, 2010].

Résultats théoriques
Dimension 1

Proposition 4 (Existence) [Beaude et al., 2014].

Pour tout M fixé, il existe un équilibre de Nash mixte avec M messages.

Proposition 5 (Condition suffisante d'unicité de l'équilibre) [Beaude et al., 2014].

- $c(a) = \|a\|_2^2 = a^2$, M est fixé.
- $p_{\max} = \max_{s\in[0,1]} p(s)$ et $p_{\min} = \min_{s\in[0,1]} p(s)$.

Si

$$\frac{p_{\max}}{p_{\min}} \leq \sqrt{1+b} \tag{26}$$

alors l'équilibre de Nash de taille M est unique.

Résultats théoriques

Convergence, dimension 1

Théorème 6 (Dynamique de meilleure réponse) [Beaude et al., 2014].

- $p(\cdot)$ continue et strictement positive sur $[0, 1]$.
- Dynamique de meilleure réponse bien définie à chaque itération.

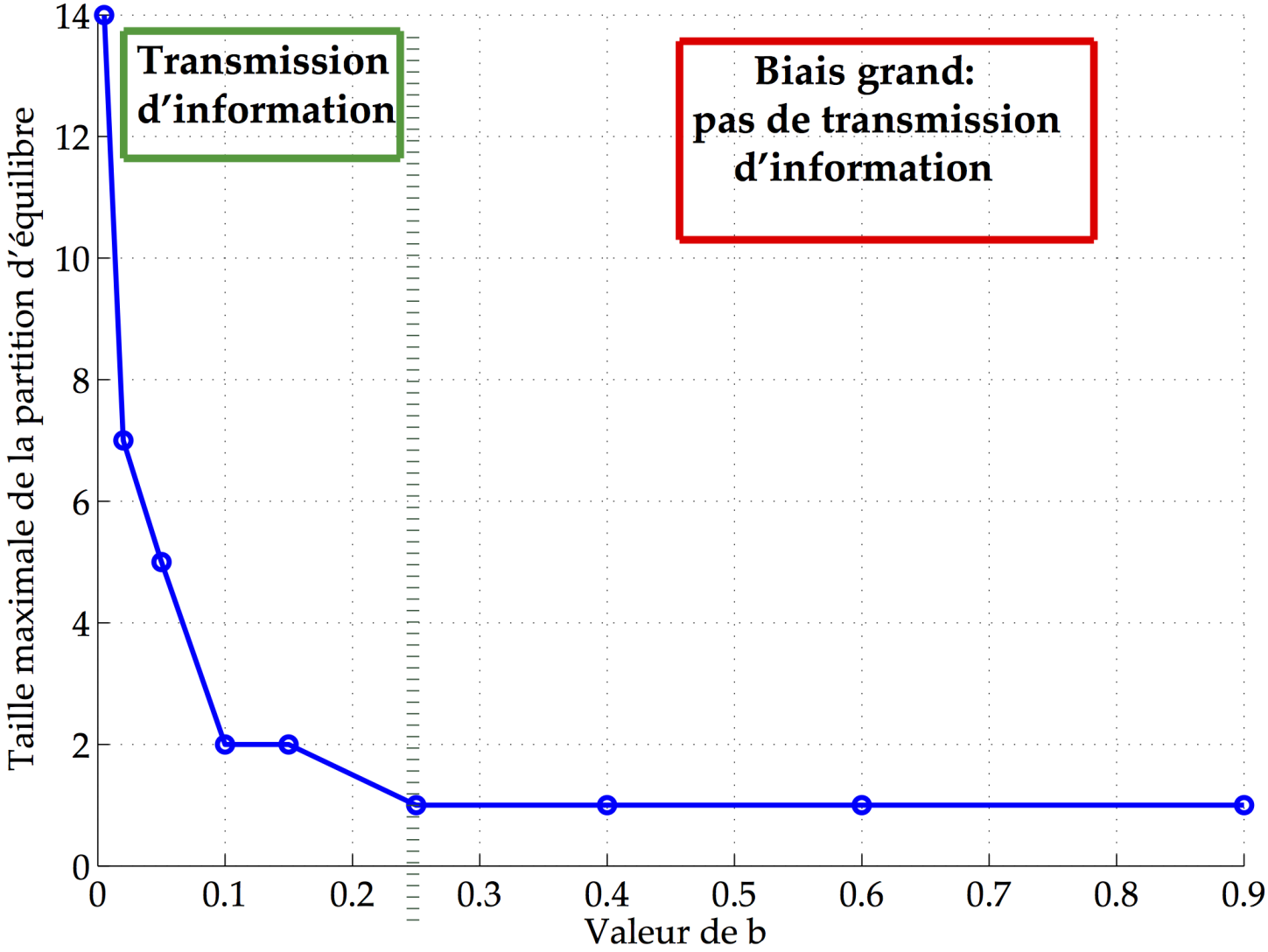
Alors cette dynamique converge.

➔ Généralisation de l'algorithme de Lloyd-Max.

➔ Existence d'un équilibre pur.

Illustration numérique, dimension 1

Taille maximale VS biais



Plan

1 Introduction

2 Communication via les actions et réseaux sans fil

3 Communication stratégique et réseaux de distribution d'électricité

4 Perspectives

Perspectives
Quelques axes de travail

- Communication via les actions avec **biais**.
  - ➔ Intérêt de communiquer ?
  - ➔ Caractériser les équilibres de Nash.
- Communication stratégique avec **signal bruité** [10].
  - ➔ Augmentation de l'utilité espérée !
- Augmentation du nombre d'agents.
  - ➔ Contrainte pour retrouver **l'observation parfaite** pour tous les agents.
- Passage à des espaces continus [11].

10. [Blume et al., 2007].
11. [Agrawal et al., 2015].

Perspectives
Quelques axes de travail

- Communication via les actions avec **biais**.
  - ➔ Intérêt de communiquer ?
  - ➔ Caractériser les équilibres de Nash.
- Communication stratégique avec **signal bruité** [10].
  - ➔ Augmentation de l'utilité espérée !
- Augmentation du nombre d'agents.
  - ➔ Contrainte pour retrouver **l'observation parfaite** pour tous les agents.
- Passage à des espaces continus [11].

10. [Blume et al., 2007].
11. [Agrawal et al., 2015].

Perspectives
Quelques axes de travail

- Communication via les actions avec **biais**.
  - ➔ Intérêt de communiquer ?
  - ➔ Caractériser les équilibres de Nash.
- Communication stratégique avec **signal bruité** [10].
  - ➔ Augmentation de l'utilité espérée !
- Augmentation du nombre d'agents.
  - ➔ Contrainte pour retrouver **l'observation parfaite** pour tous les agents.
- Passage à des espaces continus [11].

10. [Blume et al., 2007].
11. [Agrawal et al., 2015].

Perspectives
Quelques axes de travail

- Communication via les actions avec **biais**.
  - ➔ Intérêt de communiquer ?
  - ➔ Caractériser les équilibres de Nash.
- Communication stratégique avec **signal bruité** [10].
  - ➔ Augmentation de l'utilité espérée !
- Augmentation du nombre d'agents.
  - ➔ Contrainte pour retrouver **l'observation parfaite** pour tous les agents.
- Passage à des espaces continus [11].

10. [Blume et al., 2007].
11. [Agrawal et al., 2015].

Merci de votre attention !

Liste de publications

Articles de revues internationales.

- **B. Larrousse, S. Lasaulce, and M. Bloch**, "Coordination in distributed networks. Application to power control", *soumis à IEEE Transaction on Information Theory (Oct. 2014)*.
- **O. Beaude, B. Larrousse, and S. Lasaulce**, "Strategic communications in smart grids", *Working paper, à soumettre à IEEE Trans. on Signal Processing.*

Articles de congrès internationaux.

- **A. Agrawal, F. Danard, B. Larrousse, and S. Lasaulce**, "Implicit coordination in two-agent team problems", *European Conference on Control (ECC) 2015, Linz, Austria, soumis.*
- **B. Larrousse, A. Agrawal, and S. Lasaulce**, "Implicit coordination in 2-agent team problems. Application to distributed power allocation", *IEEE 12th Intl. Symposium on Modeling and Optimization in Mobile, Ad Hoc, and Wireless Networks (WiOpt), Hammamet, Tunisia, May 2014.*
- **B. Larrousse, O. Beaude, and S. Lasaulce**, "Crawford-Sobel Meets Lloyd-Max on the Grid", *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), Florence, Italy, May 2014.*
- **B. Larrousse and S. Lasaulce**, "Coded Power Control : Performance Analysis", *IEEE Intl. Symposium on Information Theory (ISIT), Istanbul, Turkey, Jul. 2013.*

Bibliographie I

- Blume, A., Board, O. J., and Kawamura, K. (2007).
  Noisy talk.
  Theoretical Economics, 2(4) :395–440.
- Crawford, V. and Sobel, J. (1982).
  Strategic information transmission.
  Econometrica : Journal of the Econometric Society, pages 1431–1451.
- Cuff, P., Permuter, H. H., and Cover, T. M. (2010).
  Coordination capacity.
  IEEE Transactions on Information Theory, 56(9) :4181–4206.
- Cuff, P. and Zhao, L. (2011).
  Coordination using implicit communication.
  In *Information Theory Workshop (ITW), 2011 IEEE*, pages 467–471. IEEE.
- Gjendemsj, A., Gesbert, D., Oien, G. E., and Kiani, S. G. (2008).
  Binary power control for sum rate maximization over multiple interfering links.
  IEEE Transactions on Wireless Communications, 7(8) :3164–3173.
- Gordon, S. (2010).
  On infinite cheap talk equilibria.
  manuscript, University of Montreal.

Bibliographie II

- Gossner, O., Hernandez, P., and Neyman, A. (2006).
  Optimal use of communication resources.
  Econometrica, 74(6) :1603–1636.
- Gray, R. M. and Neuhoff, D. L. (1998).
  Quantization.
  Information Theory, IEEE Transactions on, 44(6) :2325–2383.
- Jäger, G., Metzger, L. P., and Riedel, F. (2011).
  Voronoi languages : Equilibria in cheap-talk games with high-dimensional types and few signals.
  Games and economic behavior, 73(2) :517–537.
- Larrousse, B., Lasaulce, S., and Bloch, M. (2014).
  Coordination in distributed networks. application to power control.
  IEEE Transactions on Information Theory.
- Lasaulce, S. and Tembine, H. (2011).
  Game Theory and Learning for Wireless Networks : Fundamentals and Applications.
  Academic Press.

Bibliographie III

- Mertikopoulos, P., Belmega, E. V., Moustakas, A. L., and Lasaulce, S. (2012).
  Distributed learning policies for power allocation in multiple access channels.
  IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 30(1) :96–106.
- Shannon, C. E. (1948).
  A mathematical theory of communication.
  Bell System Technical Journal, 27 :379–423.
- Yu, W., Ginis, G., and Cioffi, J. M. (2002).
  Distributed multiuser power control for digital subscriber lines.
  IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 20(5) :1105–1115.

Annexe
Théorie de l'information

Definition (Entropie d'une variable aléatoire Z)

$Z \sim Q \in \Delta(\mathcal{Z})$:

$$H_Q(Z) = H(Z) \triangleq -\sum_{z \in \mathcal{Z}} Q(z) \log_2 Q(z). \tag{27}$$

Definition (Information mutuelle entre 2 variables aléatoires)

$(Y, Z) \sim Q \in \Delta(\mathcal{Y} \times \mathcal{Z})$:

$$I_Q(Y; Z) \triangleq \sum_{(y,z) \in (\mathcal{Y} \times \mathcal{Z})} Q(y, z) \cdot \log_2 \frac{Q(y, z)}{\sum_{z' \in \mathcal{Z}} Q(y, z') \cdot \sum_{y' \in \mathcal{Y}} Q(y', z)}. \tag{28}$$