



# La radio cognitive dans les réseaux mobiles comme outil de traitement temporel opportuniste

Journées Scientifiques du CNFRS

28/03/2006

Mischa Dohler, Mohammed Ghozzi, Marylin Arndt

France Télécom R&D, Grenoble

Ali Seyed Ghorashi, Fatin Said, A. Hamid Aghvami

King's College London, London

Présentatrice : Patricia Martigne

# Plan de la présentation



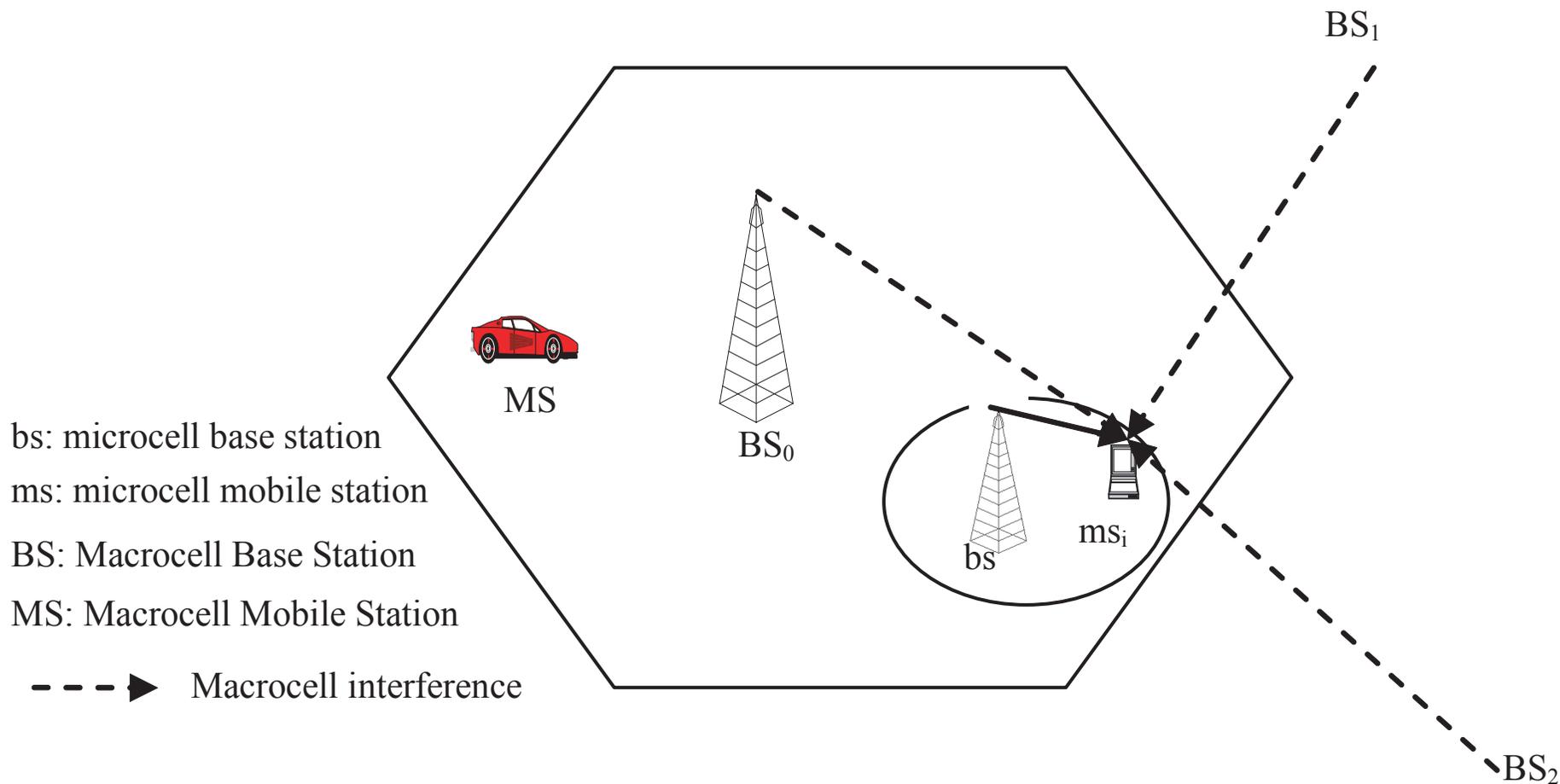
- Scénario et objectifs
- Analyse théorique
- Simulateur et résultats
- Conclusions



# SCENARIO & OBJECTIFS

# Scénario

## Systeme Cellulaire Hiérarchique (SCH)



# Caractéristiques

## Systeme Cellulaire Hierarchique (SCH)



- Les utilisateurs sont classés suivant leur vitesse :
  - utilisateurs avec une haute vitesse sont classés dans la cellule macro ;
  - utilisateurs avec une basse vitesse sont classés dans la cellule micro ;
  
- Aussi, typiquement :
  - utilisateurs avec "real time traffic" sont classés dans la cellule macro ;
  - utilisateurs avec "non-real time traffic" dans la cellule micro ;
  
- Capacité du système :
  - cellules macro et micro utilisent deux bandes de fréquences différentes ;
  - donc, l'augmentation de la capacité doit passer par une diminution du nombre de "hand-over" et un meilleur placement des cellule micro dans les "hot-spots".

# Pouvons-nous faire mieux ?

## Système Cellulaire Hiérarchique (SCH)



- Nous proposons de :
  - utiliser la même bande fréquence pour les deux cellules ;
  - classer le RTT dans macro et NRTT dans micro cellules ;
  - minimiser l'interférence de la micro à la macro cellule ;
  - maximiser le "NRTT throughput" dans la cellule micro.
  
- Comment ? Avec la radio cognitive !
  
- **Une radio cognitive peut connaître, percevoir et apprendre de son environnement puis agir pour simplifier la vie de l'utilisateur (Mitola 1999).**

# Radio Cognitive

## Idée principale et motivations



- Une radio cognitive sera capable de :
  - détecter et mesurer le niveau d'interférence de la cellule macro dans une cellule micro ;
  - utiliser cette information pour influencer les 'schedulers' de la station base de la cellule micro;
  - et par conséquent améliorer la capacité du système SCH.
  
- Le processus cognitif implique d'intégrer 3 aspects :
  - **Perception** : Mesure d'interférences ;
  - **Conscience** : Décision sur le 'scheduling' ;
  - **Adaptation** : Choix de la modulation et du codage.

# Radio Cognitive

## Objectifs de cette étude



### → Objectifs :

- montrer analytiquement qu'une amélioration de la capacité est possible ;
- utiliser la radio cognitive pour faciliter cette approche ;
- vérifier les résultats analytiques avec un simulateur.

### → Les hypothèse d'étude de cas :

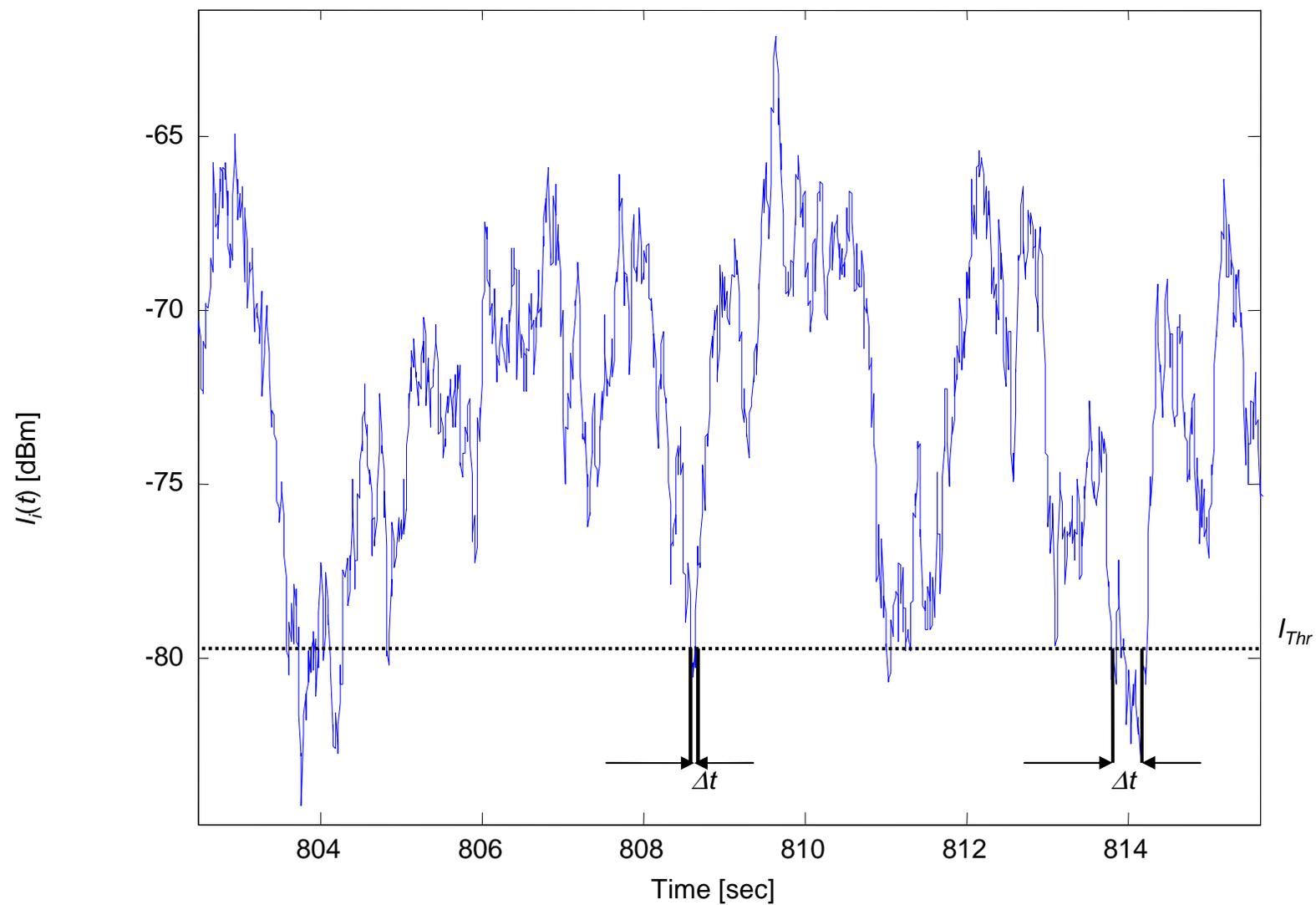
- SCH : basé sur 3GPP ;
- Macro : "power controlled", "fully loaded" ;
- Micro : "scheduling" à un utilisateur seulement ;
- Utilisateurs : mouvement casuel (macro); statique (micro).
- Détection : parfaite et sans délai.



# ANALYSE THEORIQUE

# Interférence

## Macro → micro cellule



# Interférence

## description



### → Signal-to-Interference Ratio (SIR) :

- en dB:  $SINR(t) = S(t) - I(t)$  ;
- $S(t)$  est la puissance du signal en dB variant avec le temps ;
- $I(t)$  est la puissance d'interférence en dB variant avec le temps.

### → Les statistiques :

- $S(t)$  : scénario statique, donc  $S(t) = S$  ;
- $I(t)$  : "power controlled" et canal, donc  $I(t) \sim N(\mu_I, \sigma_I^2)$  ;
- $SIR(t)$  : distribution Gaussien

### → La transmission d'un paquet est fait avec succès si :

- $I(t) < I_{threshold}(t)$  pour un intervalle
- $T > T_M$

# Throughput calcul



→ Nous pouvons trouver la PDF pour que l'intervalle soit inférieur à un seuil pour un niveau d'interférence fixé [Vijayan, ICC 93] :

- $f_{\tau}(\tau) = \frac{\lambda_I I_n^2 \tau}{4} e^{-\frac{\lambda_I I_n^2 \tau^2}{8}}$

→ Avec ça et quelques manipulations, on peut trouver la probabilité du succès pour un intervalle de largeur  $\tau_M$  :

- $P_{success} = \frac{\sqrt{\lambda}}{2\pi} e^{-\frac{4A}{\lambda}} \left( \tau_M e^{-A\tau_M^2} + \sqrt{\frac{\pi}{A}} Q(\sqrt{2A}\tau_M) \right)$

→ Avec des débits différents, le "NRTT throughput" est :

- $\Theta_{success} = -\frac{c_i}{2} e^{-A\tau_M^2} e^{\frac{\sigma_I^2 - 2\kappa\mu_I}{2\kappa^2}} \operatorname{erf} \left( \frac{\kappa^2 \operatorname{Ln}(c_i / x) - \kappa\mu_I + \sigma_I^2}{\sqrt{2\kappa}\sigma_I} \right) \Bigg|_{R_{\min}}^{R_{\max}}$



# SIMULATEUR & RESULTATS

# Simulateur

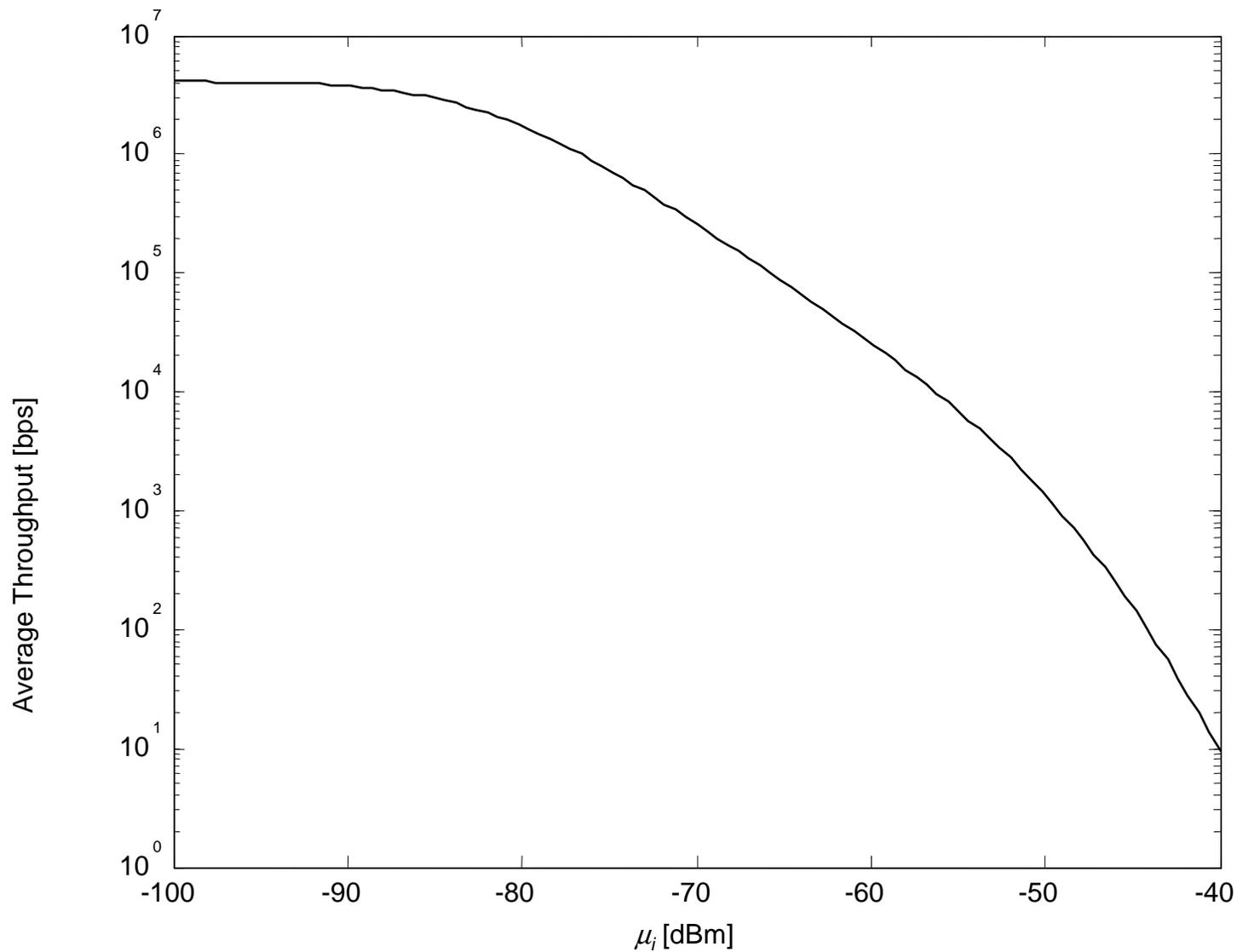
## description



Multiple access	WCDMA (FDD- Downlink)
Macrocell radius	2000 m
Microcell radius	100 m
Code Orthogonality factor	0.5
Path-loss model	Okumura-Hata [22]
Chip rate	3.84 Mchips/sec
Log-normal large scale fading	$\mu = 0, \sigma = 8$ dB
Max. BS power	40 dBm
Wrap around technique	Used
MS's speed	36 km/h
Max. direction update	22.5°
Decorrelation length	20 m
Rates	$\vec{R} = \{0, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096\}$

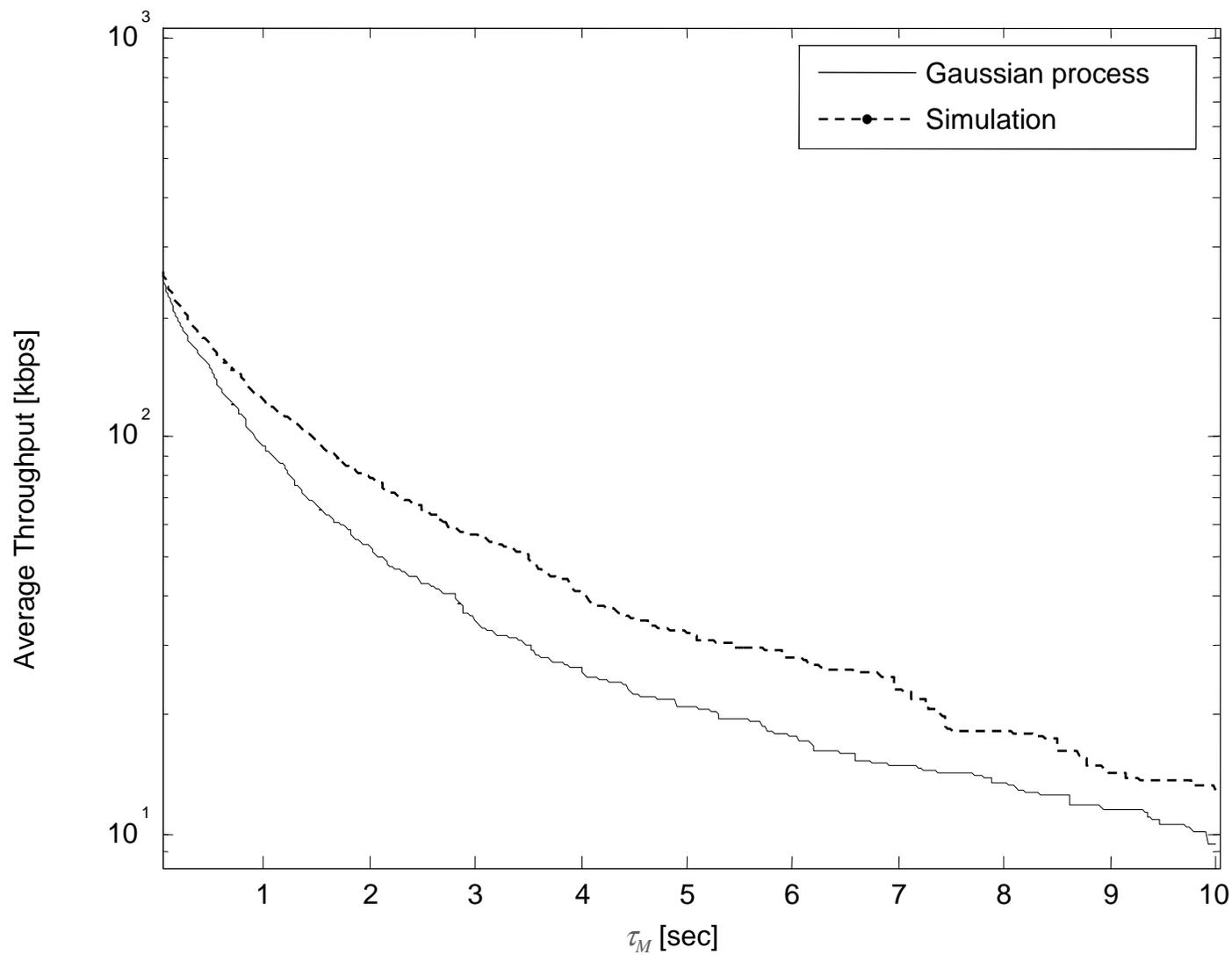
# Résultats

## Throughput vs niveau d'interférence



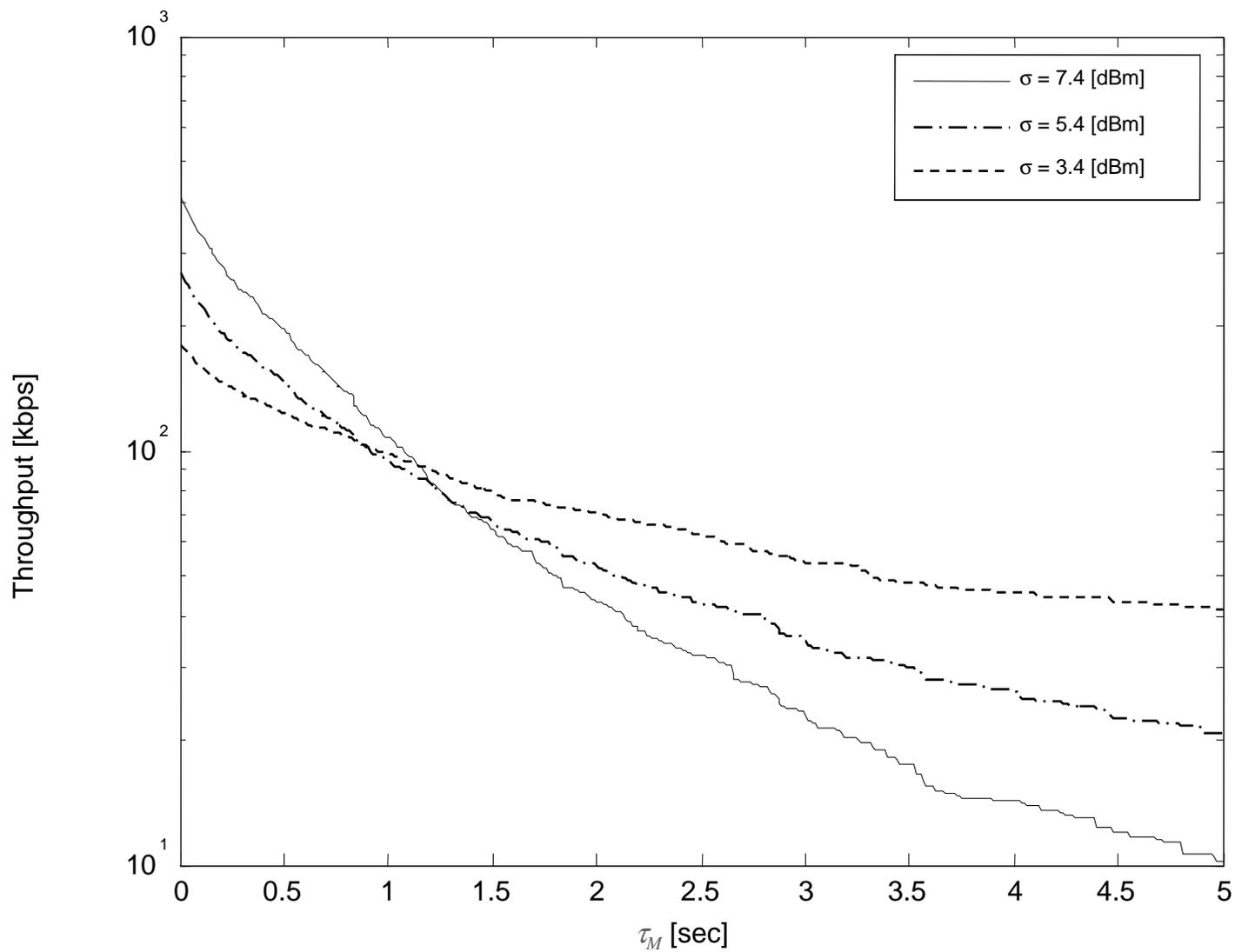
# Résultats

## Simulation vs hypothèse



# Résultats

## Influence de la variance



# Conclusions et perspectives



## → Nous avons :

- introduit un système cellulaire hiérarchique qui utilise seulement une bande de fréquence ;
- proposé d'utiliser une radio cognitive pour faciliter la réalisation de ce système hiérarchique ;
- montré de façon analytique qu'il est possible d'utiliser les variations temporelles de l'interférence macro cellulaire pour améliorer la capacité ;
- vérifié notre analyse et les hypothèses par simulation.

## → Quelques perspectives :

- améliorer le modèle relatif aux variations temporelles du canal ;
- caractériser d'autres canaux, comme Rayleigh, Nakagami, etc ;
- utiliser l'approche radio cognitive aussi pour d'autres systèmes, comme WLAN