



IFSTAR



Rhône-Alpes<sup>Région</sup>



## **Les Systèmes Coopératifs face aux problèmes de fiabilité des capteurs :**

Une approche basée sur un modèle Multi-Agents en 3 couches

*Réunion d'équipe SMA*

Vendredi 7 février 2014

Maxime Guériau

LIRIS & IFSTAR-LICIT

# Sommaire de la présentation

- 1 Les Systèmes Coopératifs**
  - Véhicule intelligent ?
  - Véhicule autonome ?
  - Véhicule coopératif
- 2 Modélisation du trafic**
  - Niveaux de modélisation
  - Modèles Car-following
- 3 Modèle 3 couches**
  - Présentation du modèle
  - Couche physique
  - Couche communication
  - Couche confiance
- 4 Simulation**
  - Implémentation
  - Résultats expérimentaux

# Sommaire de la présentation

- 1 Les Systèmes Coopératifs**
  - Véhicule intelligent ?
  - Véhicule autonome ?
  - Véhicule coopératif
- 2 Modélisation du trafic**
  - Niveaux de modélisation
  - Modèles Car-following
- 3 Modèle 3 couches**
  - Présentation du modèle
  - Couche physique
  - Couche communication
  - Couche confiance
- 4 Simulation**
  - Implémentation
  - Résultats expérimentaux

# Sommaire de la présentation

- 1 Les Systèmes Coopératifs**
  - Véhicule intelligent ?
  - Véhicule autonome ?
  - Véhicule coopératif
- 2 Modélisation du trafic**
  - Niveaux de modélisation
  - Modèles Car-following
- 3 Modèle 3 couches**
  - Présentation du modèle
  - Couche physique
  - Couche communication
  - Couche confiance
- 4 Simulation**
  - Implémentation
  - Résultats expérimentaux

# Sommaire de la présentation

- 1** Les Systèmes Coopératifs
  - Véhicule intelligent ?
  - Véhicule autonome ?
  - Véhicule coopératif
- 2** Modélisation du trafic
  - Niveaux de modélisation
  - Modèles Car-following
- 3** Modèle 3 couches
  - Présentation du modèle
  - Couche physique
  - Couche communication
  - Couche confiance
- 4** Simulation
  - Implémentation
  - Résultats expérimentaux

# Les Systèmes Coopératifs

## 1 Les Systèmes Coopératifs

### ■ Véhicule intelligent ?

■ Véhicule autonome ?

■ Véhicule coopératif

## 2 Modélisation du trafic

■ Niveaux de modélisation

■ Modèles Car-following

## 3 Modèle 3 couches

■ Présentation du modèle

■ Couche physique

■ Couche communication

■ Couche confiance

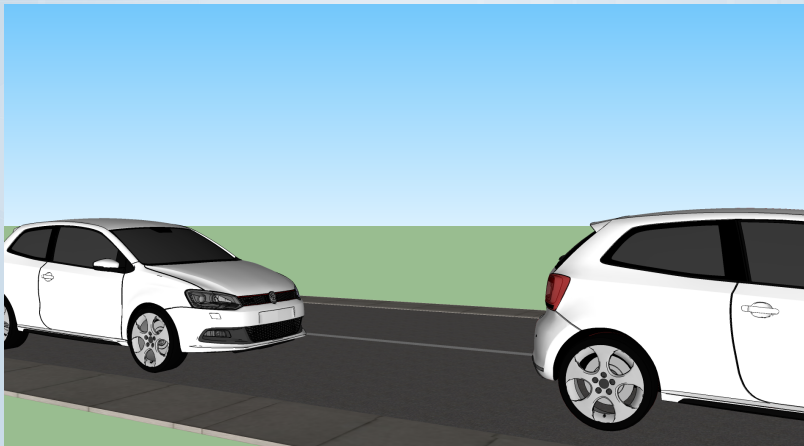
## 4 Simulation

■ Implémentation

■ Résultats expérimentaux

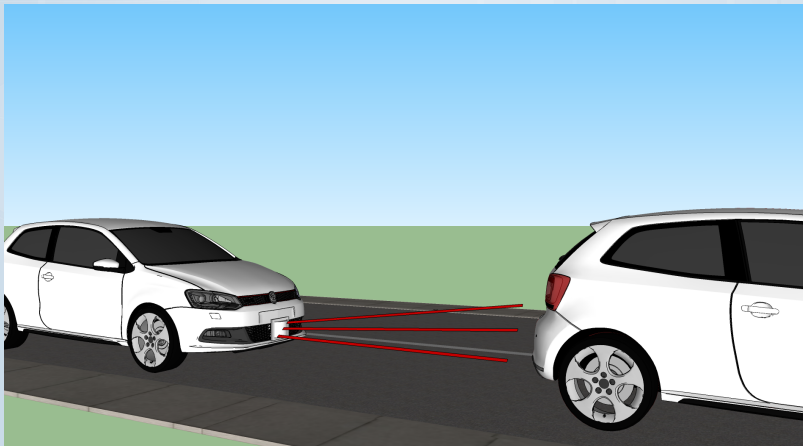
# Véhicule intelligent ?

- Véhicule classique



# Véhicule intelligent ?

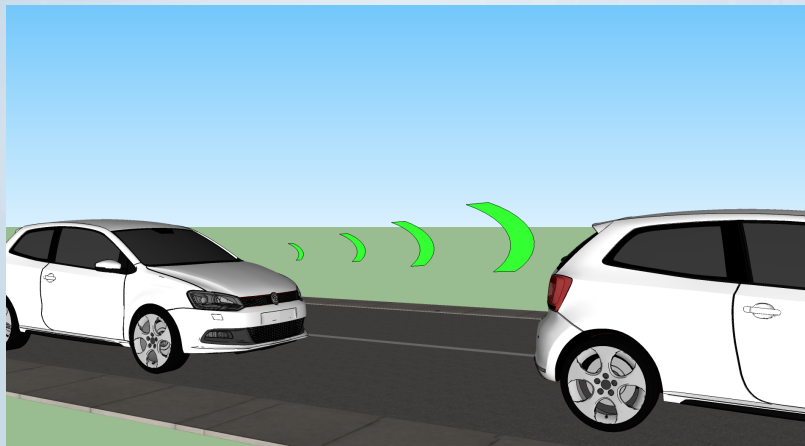
- Véhicule équipé





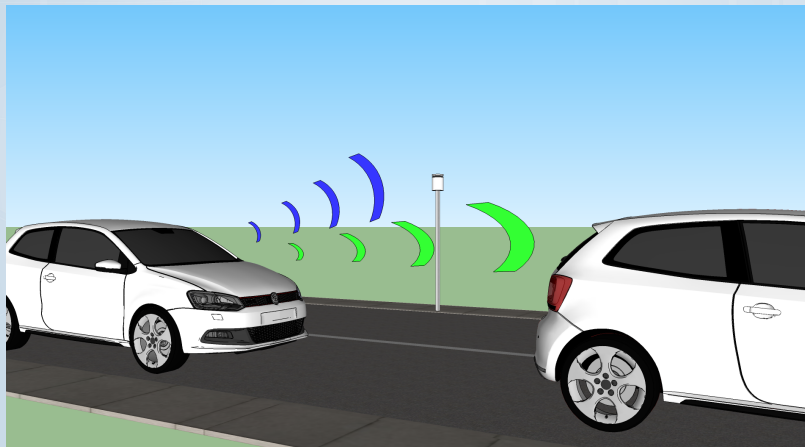
# Véhicule intelligent ?

- Véhicule connecté (V2V)



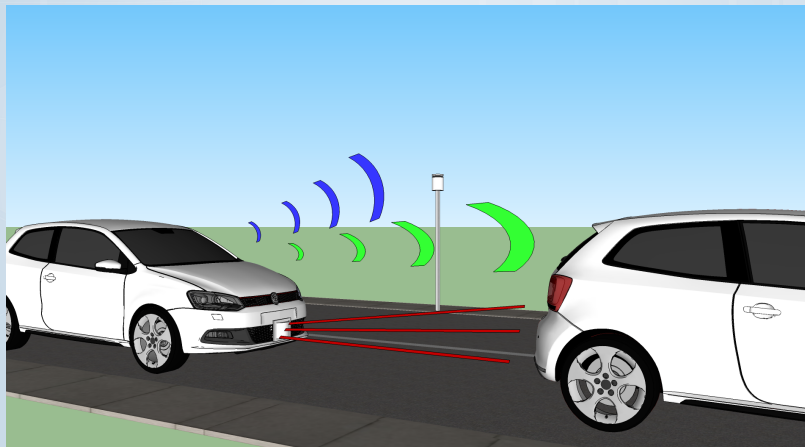
# Véhicule intelligent ?

- Véhicule connecté (V2V & V2I/I2V)



# Véhicule intelligent ?

- Véhicule intelligent



# Les Systèmes Coopératifs

## 1 Les Systèmes Coopératifs

- Véhicule intelligent ?

- **Véhicule autonome ?**

- Véhicule coopératif

## 2 Modélisation du trafic

- Niveaux de modélisation

- Modèles Car-following

## 3 Modèle 3 couches

- Présentation du modèle

- Couche physique

- Couche communication

- Couche confiance

## 4 Simulation

- Implémentation

- Résultats expérimentaux

# Véhicule autonome ?

- Systèmes avancés d'aide à la conduite (**A**dvanced **D**river **A**ssistance **S**ystems)
  - Lane-Keeping System
  - Active park-assist

# Véhicule autonome ?

- Systèmes avancés d'aide à la conduite (**A**dvanced **D**rivers **A**ssistance **S**ystems)
  - Lane-Keeping System



- Active park-assist

# Véhicule autonome ?

- Systèmes avancés d'aide à la conduite (**A**dvanced **D**rivers **A**ssistance **S**ystems)
  - Lane-Keeping System



- Active park-assist



# Véhicule autonome ?

- Systèmes avancés d'aide à la conduite (**A**dvanced **D**river **A**ssistance **S**ystems)
  - Collision avoidance system



- Adaptive Cruise Control



# Véhicule autonome ?

- Systèmes avancés d'aide à la conduite (**A**dvanced **D**rivers **A**ssistance **S**ystems)
  - Collision avoidance system



- Adaptive Cruise Control



# Véhicule autonome ?

- Autonomous vehicle



- Platoon system

# Véhicule autonome ?

- Autonomous vehicle



- Platoon system



# Les Systèmes Coopératifs

## 1 Les Systèmes Coopératifs

- Véhicule intelligent ?

- Véhicule autonome ?

- **Véhicule coopératif**

## 2 Modélisation du trafic

- Niveaux de modélisation

- Modèles Car-following

## 3 Modèle 3 couches

- Présentation du modèle

- Couche physique

- Couche communication

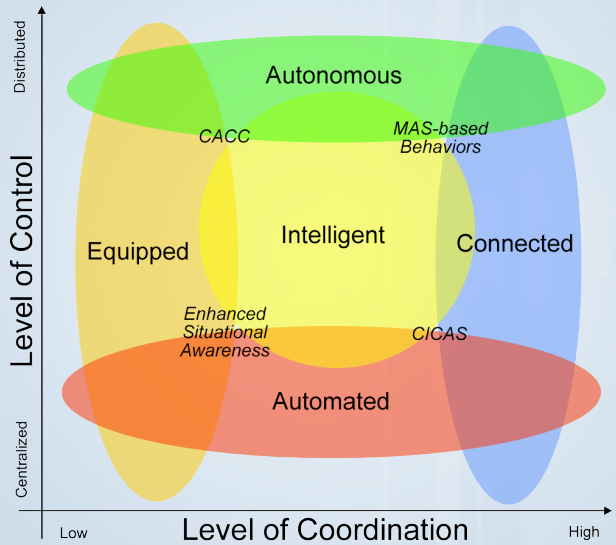
- Couche confiance

## 4 Simulation

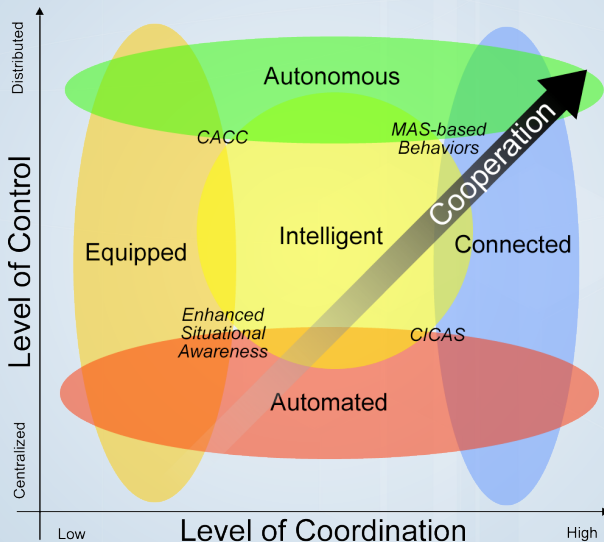
- Implémentation

- Résultats expérimentaux

# Véhicule coopératif

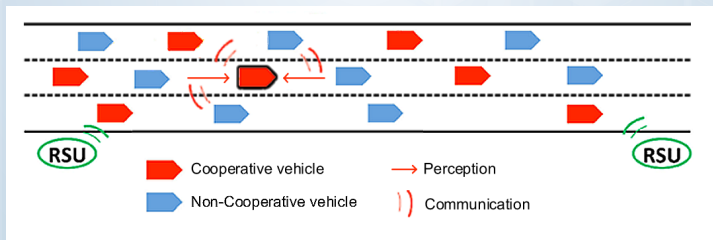


# Véhicule coopératif



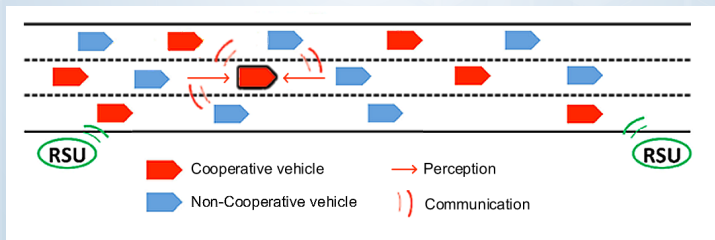
# Trafic coopératif

- Véhicules coopératifs
  - Communication
  - Perception
  - Coopération
- Infrastructure
  - RSU
  - Gestionnaire d'infrastructure



# Trafic coopératif

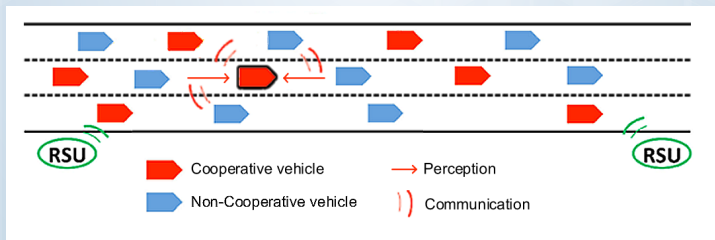
- Véhicules coopératifs
  - Communication
  - Perception
  - Coopération
- Infrastructure
  - RSU
  - Gestionnaire d'infrastructure





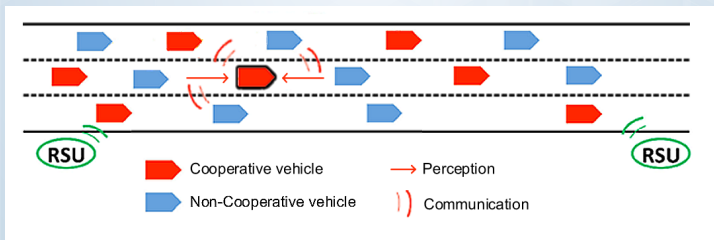
# Trafic coopératif

- Enjeux des systèmes coopératifs =
  - Sécurité
  - Fluidité
  - Confort



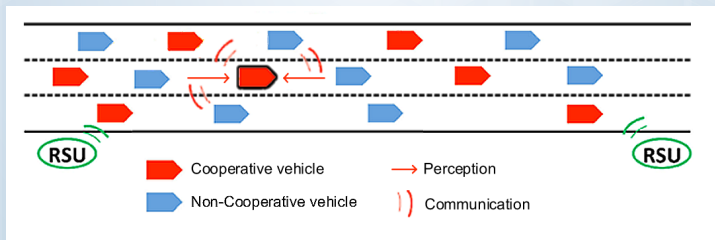
# Trafic coopératif

- Enjeux des systèmes coopératifs =
  - Sécurité
  - Fluidité
  - Confort



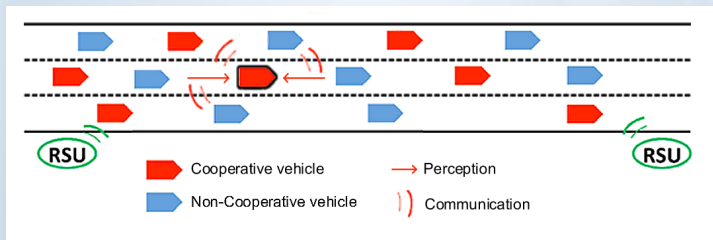
# Trafic coopératif

- Enjeux des systèmes coopératifs =
  - Sécurité
  - Fluidité
  - Confort



## Trafic coopératif

- Enjeux des systèmes coopératifs =  
**trafic + homogène et + stable**
  - Sécurité
  - Fluidité
  - Confort



# Modélisation du trafic

- 1 Les Systèmes Cooperatifs
  - Véhicule intelligent ?
  - Véhicule autonome ?
  - Véhicule coopératif
- 2 Modélisation du trafic**
  - Niveaux de modélisation**
  - Modèles Car-following
- 3 Modèle 3 couches
  - Présentation du modèle
  - Couche physique
  - Couche communication
  - Couche confiance
- 4 Simulation
  - Implémentation
  - Résultats expérimentaux

# Niveaux de modélisation

- **Modélisation macroscopique**
  - Indicateurs globaux : densité, débit, vitesse moyenne
  - Modèle d'ordre 1, d'ordre 2
- Modélisation mésoscopique
  - Niveau intermédiaire
  - "Gas-kinetic models"
  - Fonction de densité de probabilité
- Modélisation microscopique
  - Comportements individuels
  - Modélisation particulière
  - "Car-following models"

# Niveaux de modélisation

- Modélisation macroscopique
  - Indicateurs globaux : densité, débit, vitesse moyenne
  - Modèle d'ordre 1, d'ordre 2
- Modélisation mésoscopique
  - Niveau intermédiaire
  - "Gas-kinetic models"
  - Fonction de densité de probabilité
- Modélisation microscopique
  - Comportements individuels
  - Modélisation particulière
  - "Car-following models"

# Niveaux de modélisation

- Modélisation macroscopique
  - Indicateurs globaux : densité, débit, vitesse moyenne
  - Modèle d'ordre 1, d'ordre 2
- Modélisation mésoscopique
  - Niveau intermédiaire
  - "Gas-kinetic models"
  - Fonction de densité de probabilité
- Modélisation microscopique
  - Comportements individuels
  - Modélisation particulière
  - "Car-following models"



# Niveaux de modélisation

- Modélisation macroscopique
  - Indicateurs globaux : densité, débit, vitesse moyenne
  - Modèle d'ordre 1, d'ordre 2
- Modélisation mésoscopique
  - Niveau intermédiaire
  - "Gas-kinetic models"
  - Fonction de densité de probabilité
- Modélisation microscopique
  - Comportements individuels
  - Modélisation particulière
  - "Car-following models"

# Modélisation du trafic

- 1 Les Systèmes Cooperatifs
  - Véhicule intelligent ?
  - Véhicule autonome ?
  - Véhicule coopératif
- 2 Modélisation du trafic**
  - Niveaux de modélisation
  - Modèles Car-following**
- 3 Modèle 3 couches
  - Présentation du modèle
  - Couche physique
  - Couche communication
  - Couche confiance
- 4 Simulation
  - Implémentation
  - Résultats expérimentaux

# Modèles Car-following

## Intelligent Driver Model [Treiber and Kesting (2013)]

$$\ddot{x}_n = a \left[ 1 - \left( \frac{\dot{x}_n}{V_0} \right)^\delta - \left( \frac{s_0 + \dot{x}_n T + \frac{\dot{x}_n \Delta \dot{x}_n}{2\sqrt{ab}}}{\Delta x_n} \right)^2 \right]$$

- $a$  : accélération maximum
- $b$  : décélération désirée
- $V_0$  : vitesse désirée
- $s_0$  : distance en congestion
- $T$  : temps inter-véhicule désiré
- $\delta$  : traduit l'agressivité (accélération)

# Modèles Car-following

## Intelligent Driver Model [Treiber and Kesting (2013)]

$$\ddot{x}_n = a \left[ 1 - \left( \frac{\dot{x}_n}{V_0} \right)^\delta - \left( \frac{s_0 + \dot{x}_n T + \frac{\dot{x}_n \Delta \dot{x}_n}{2\sqrt{ab}}}{\Delta x_n} \right)^2 \right]$$

- $a$  : accélération maximum
- $b$  : décélération désirée
- $V_0$  : vitesse désirée
- $s_0$  : distance en congestion
- $T$  : temps inter-véhicule désiré
- $\delta$  : traduit l'agressivité (accélération)

# Modèles Car-following

## Intelligent Driver Model [Treiber and Kesting (2013)]

$$\ddot{x}_n = a \left[ 1 - \left( \frac{\dot{x}_n}{V_0} \right)^\delta - \left( \frac{s_0 + \dot{x}_n T + \frac{\dot{x}_n \Delta \dot{x}_n}{2\sqrt{ab}}}{\Delta x_n} \right)^2 \right]$$

- $a$  : accélération maximum
- $b$  : décélération désirée
- $V_0$  : vitesse désirée
- $s_0$  : distance en congestion
- $T$  : temps inter-véhicule désiré
- $\delta$  : traduit l'agressivité (accélération)

# Modèles Car-following

## Intelligent Driver Model [Treiber and Kesting (2013)]

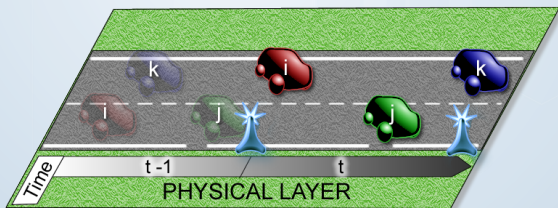
$$\ddot{x}_n = a \left[ 1 - \left( \frac{\dot{x}_n}{V_0} \right)^\delta - \left( \frac{s_0 + \dot{x}_n T + \frac{\dot{x}_n \Delta \dot{x}_n}{2\sqrt{ab}}}{\Delta x_n} \right)^2 \right]$$

- $a$  : accélération maximum
- $b$  : décélération désirée
- $V_0$  : vitesse désirée
- $s_0$  : distance en congestion
- $T$  : temps inter-véhicule désiré
- $\delta$  : traduit l'agressivité (accélération)

# Modèle 3 couches

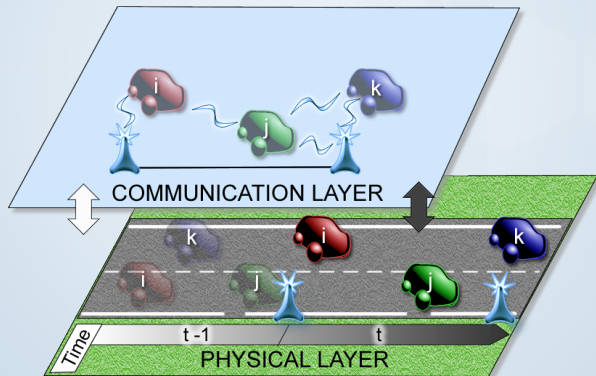
- 1 Les Systèmes Coopératifs
  - Véhicule intelligent ?
  - Véhicule autonome ?
  - Véhicule coopératif
- 2 Modélisation du trafic
  - Niveaux de modélisation
  - Modèles Car-following
- 3** **Modèle 3 couches**
  - **Présentation du modèle**
  - **Couche physique**
  - **Couche communication**
  - **Couche confiance**
- 4 Simulation
  - Implémentation
  - Résultats expérimentaux

# Modèle 3 couches [Monteil et al. (2013)]

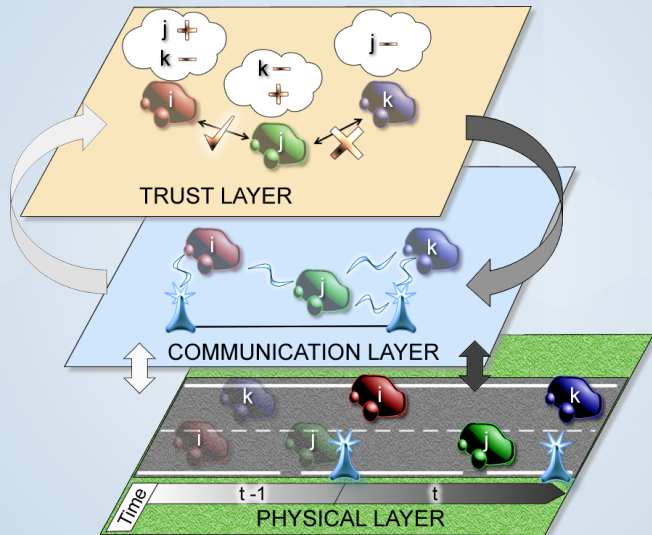




# Modèle 3 couches [Monteil et al. (2013)]

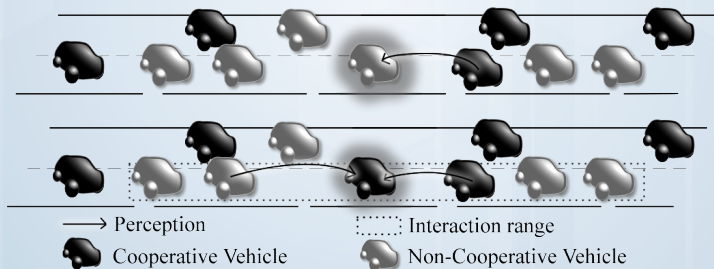


# Modèle 3 couches [Monteil et al. (2013)]



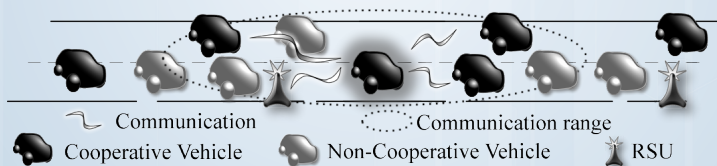
## Couche physique

- Section d'une autoroute urbaine à 3 voies
- Car-following model = lane-based trajectories
- Changement de voie opportuniste (MOBIL opportunistic lane change strategy [Kesting et al. (2007)])
- Capteurs = télémètres (à l'avant et à l'arrière)



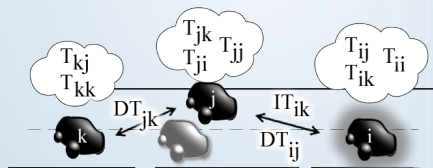
# Couche communication

- Communication V2V sans fil (norme Wifi 802.11p)
- Communication V2I
- Informations : propriétés cinématiques / valeurs de confiance / mesures de capteurs
- Road Side Units : calculent et transmettent les paramètres du *steady-state*



## Couche confiance

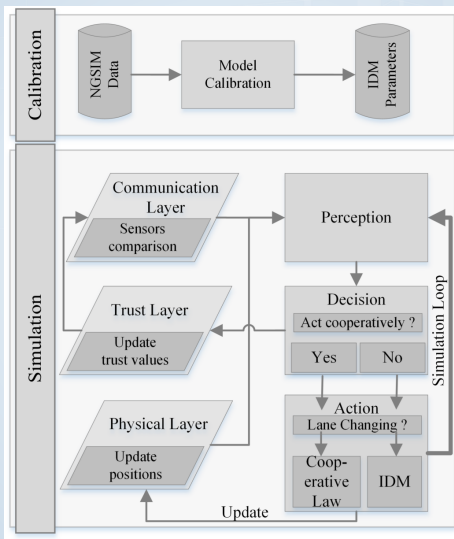
- Définition conceptuelle mais représentation calculatoire [Nguyen Vu et al. (2012)]
- Utilisation des mesures de capteurs et des valeurs de trust échangées
- Détection des capteurs non fiables



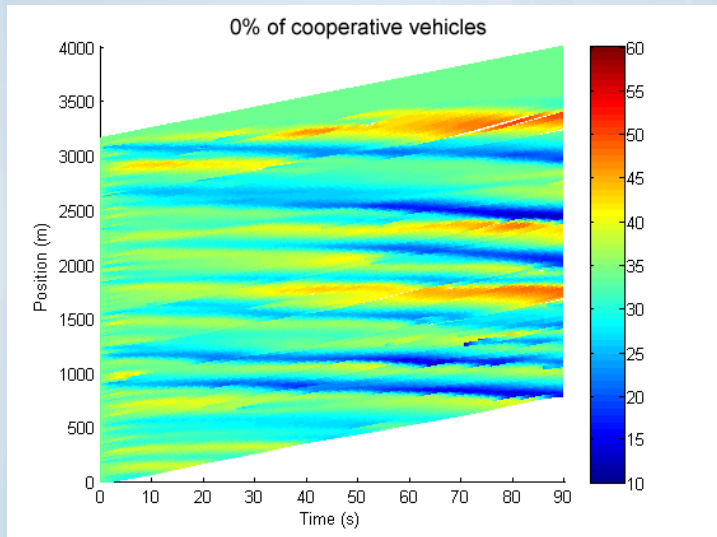
# Simulation

- 1 Les Systèmes Cooperatifs
  - Véhicule intelligent ?
  - Véhicule autonome ?
  - Véhicule coopératif
- 2 Modélisation du trafic
  - Niveaux de modélisation
  - Modèles Car-following
- 3 Modèle 3 couches
  - Présentation du modèle
  - Couche physique
  - Couche communication
  - Couche confiance
- 4 Simulation**
  - Implémentation
  - Résultats expérimentaux

# Implémentation

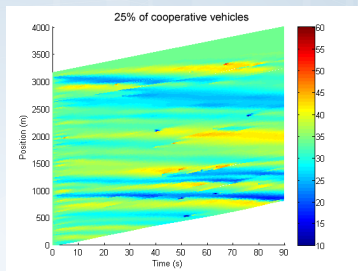
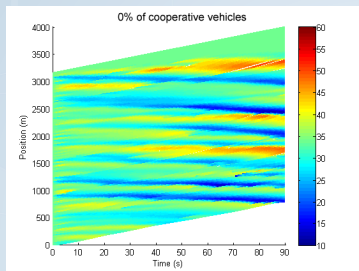


# Expérimentation 1 : Impact de la loi coopérative

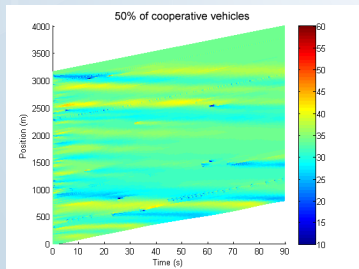
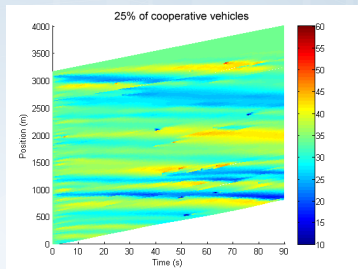
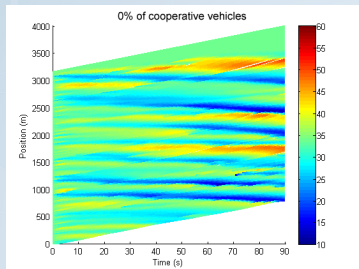




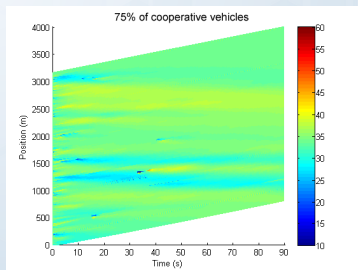
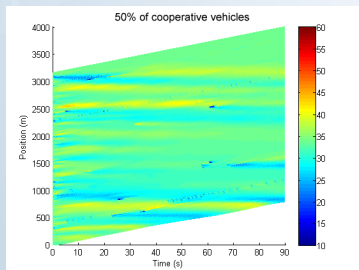
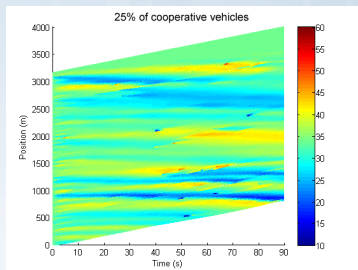
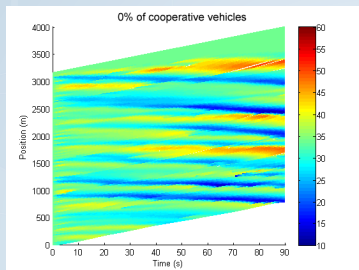
# Expérimentation 1 : Impact de la loi coopérative



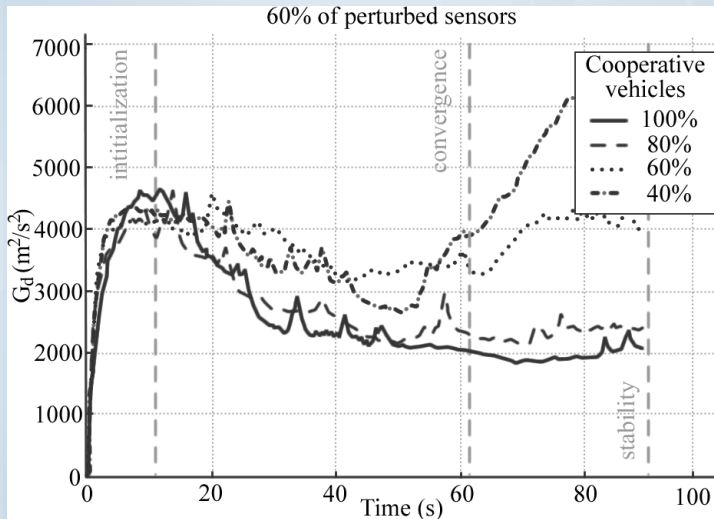
# Expérimentation 1 : Impact de la loi coopérative



# Expérimentation 1 : Impact de la loi coopérative



## Expérimentation 2 : Impact de la Trust



# Conclusion

- La loi coopérative permet d'homogénéiser le trafic
- Les effets sont positifs même pour un trafic mixte
- La couche confiance permet de détecter les agents dont les capteurs sont peu fiables
- Le modèle en 3 couches assure la cohérence du système et fait le lien entre les dynamiques du système

# Perspectives

- Proposer un modèle coopératif inspiré d'un comportement de "flocking"
- Intégrer les RSU comme support de décision ou entrée pour le contrôle du système
- Étudier les effets d'une stratégie de changement de voie coopérative
- Améliorer le modèle de Trust (prendre en compte les comportement de tricherie)

Merci de votre attention

## References

- Kesting, A., Treiber, M., and Helbing, D. (2007). General lane-changing model mobil for car-following models. *Transportation Research Record : Journal of the Transportation Research Board*, 1999 / 2007 Traffic Flow Theory 2007 :86–94.
- Monteil, J., Billot, R., Armetta, F., Hassas, S., and El Faouzi, N.-E. (2013). Cooperative highway traffic : multi-agent modeling and robustness assessment to local perturbations. In *the 92nd Annual Meeting of the Transportation Research Board, reviewed by TRB's Traffic Flow Theory and Characteristics Committee (AHB45)*.
- Nguyen Vu, Q.-A., Canal, R., Gaudou, B., Hassas, S., and Armetta, F. (2012). Trustsets : using trust to detect deceitful agents in a distributed information collecting system. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 3 :251–263.
- Treiber, M. and Kesting, A. (2013). *Traffic Flow Dynamics : Data, Models and Simulation*. Springer.