

Fabien Bonnefoi<sup>1</sup>

Julien Soula<sup>1</sup>

Cécile Bécarie<sup>2</sup>

Ludovic Leclercq<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>CSTB, Sophia-Antipolis*

*<sup>2</sup>Université de Lyon,*

*IFSTTAR/ENTPE, LICIT*

# Simulation Multi-Echelle du Trafic pour l'évaluation de l'aménagement urbain

---

**CSTB**  
le futur en construction



**IFSTTAR**



Présent  
pour  
l'avenir

## Ville Numérique

Plateforme d'aide à la décision pour les acteurs urbains / Simulations physiques interopérables



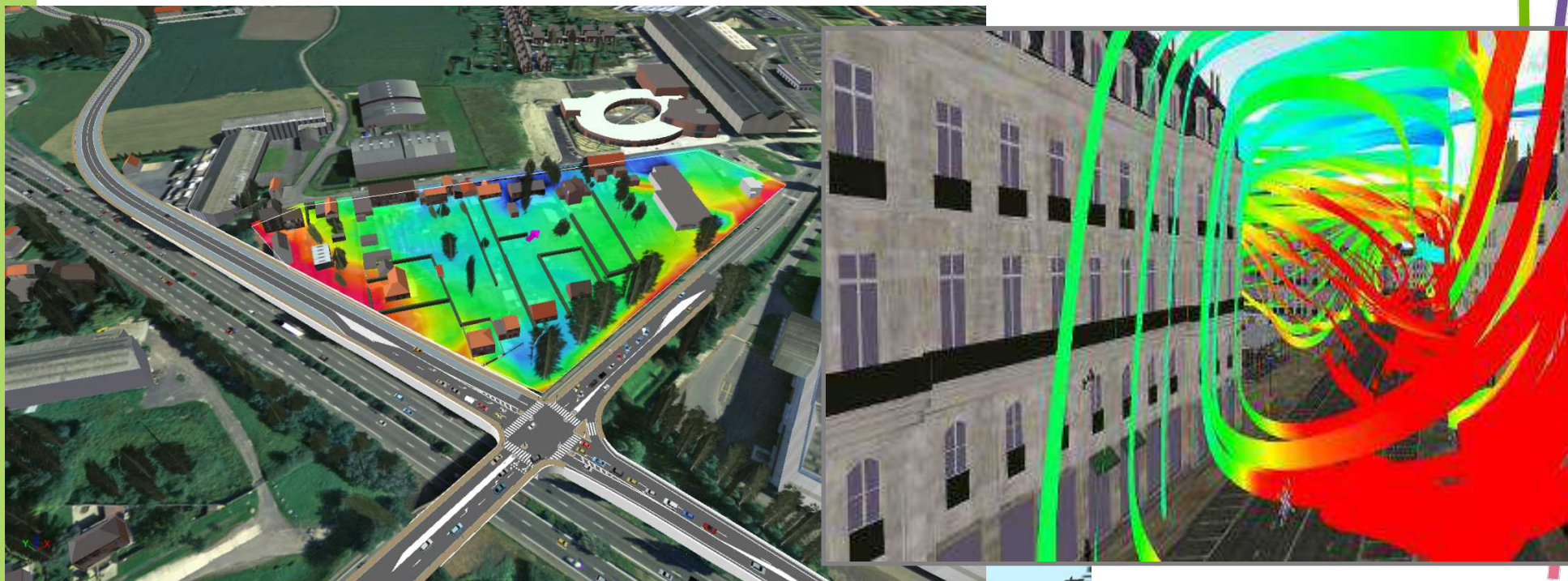
Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère  
de l'Écologie,  
du Développement  
durable,  
des Transports  
et du Logement

Ministère de l'Écologie, du Développement durable,  
des Transports et du Logement

[www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr)

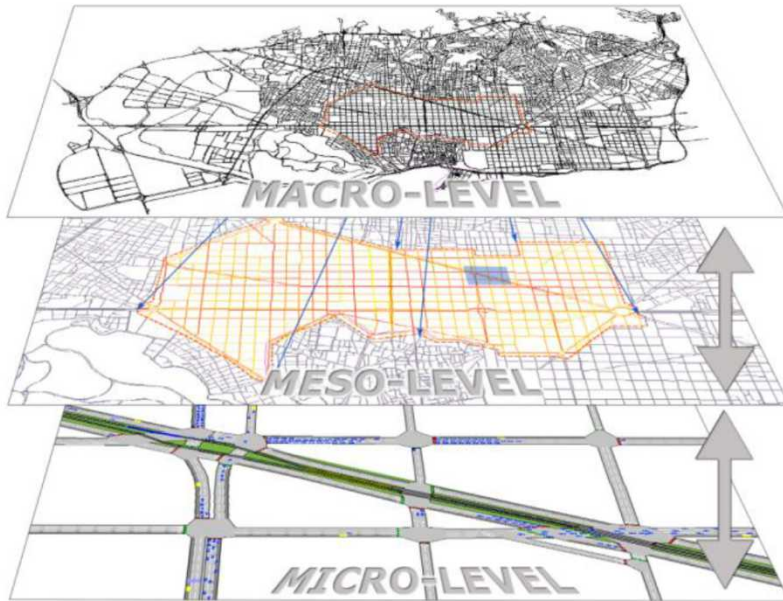
# Contexte : Logiciel de simulation pour l'aménagement urbain



Intégrateur de  
simulations  
multi-échelle



# Echelles de trafic



**Modèles macroscopiques :** Les flux dans une région, une métropole.

**Modèles mésoscopiques :** Le flux dynamique (temps discret) dans une région ou une métropole.

**Modèles microscopiques :** Le véhicule dans un flux urbain (temps continu).

**Modèles nanoscopiques :** Le comportement du conducteur et la physique/mécanique du véhicule.



# Sujet & Problématique

## Modélisation du trafic à différentes échelles

- Différentes modélisations
- Valides à leurs échelles
- incompatibilité lors d'un changement d'échelle

*Ex :« modèles d'écoulement dont la validité a été démontrée à l'échelle macroscopique mais qui peuvent induire des **artefacts visuels à l'échelle des véhicules** (véhicules qui se superposent, inter-distances non réalistes,...) »*

### Sujet:

- **compatibilité d'échelle** entre les différentes formes de représentation d'un trafic urbain (...)
- passage entre l'**échelle nanoscopique** (le véhicule) et **microscopique** (flux de véhicules)

# Intérêt du Modèle nano

- Réalisme / Crédibilité des rendus : étude d'aménagement.
- Etude de la consommation de carburant
- Simulateur de conduite (apprentissage, jeux...) [Aimsun + SCANeR 2010]
- Etude de l'impacte des ITS (avec modélisation du conducteur avancé) / Etude de logiciels embarqués [CIVIC]
- Etude des situation exceptionnelles ou extrêmes : catastrophes naturelles, évacuations d'urgence etc. [Daiheng 2000]

## Ville Numérique:

Interactions entre différents modèles et  
différentes échelles

**=> Traversée d'échelles Macro / Micro / Nano**

# Artefacts Visuels / Crédibilité

- AV-1) Inter-distances homogènes pour une classe de véhicules
- AV-2) Choix des files (des « espaces disponibles ») pas assez agressifs  
-> impression de conducteurs gentils
- AV-3) Virages saccadés -> « effet de rail »
- AV-4) Pas de tangage / roulis -> « effet de véhicules rigides.. »
- AV-5) Collisions inexistantes -> véhicules superposés , voies inaccessibles normalement deviennent accessibles



# Nano vehicles

Truck



Bus



Moto



## 3D models:

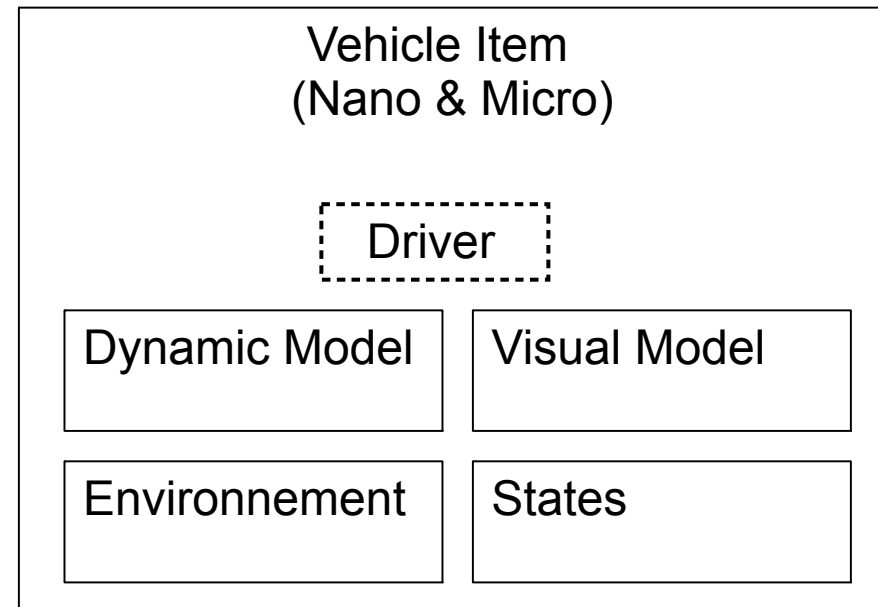
- 8 independent components in the skeleton ( each wheel, all wheels, front axle, body, shade)

⇒ allowing detailed dynamics

## Logic & dynamic model:

- 5 classes dedicated following 'state of the art' for autonomous vehicle

- Each aspect can be improved separately



**2 level of details : Micro & Nano**



# Nano Network

Micro level network is encoded for microscopic simulation :

Mainly Points:

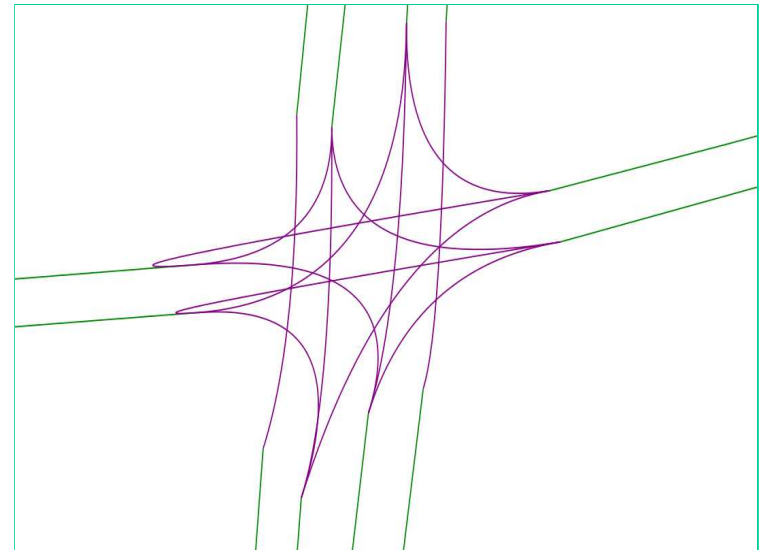
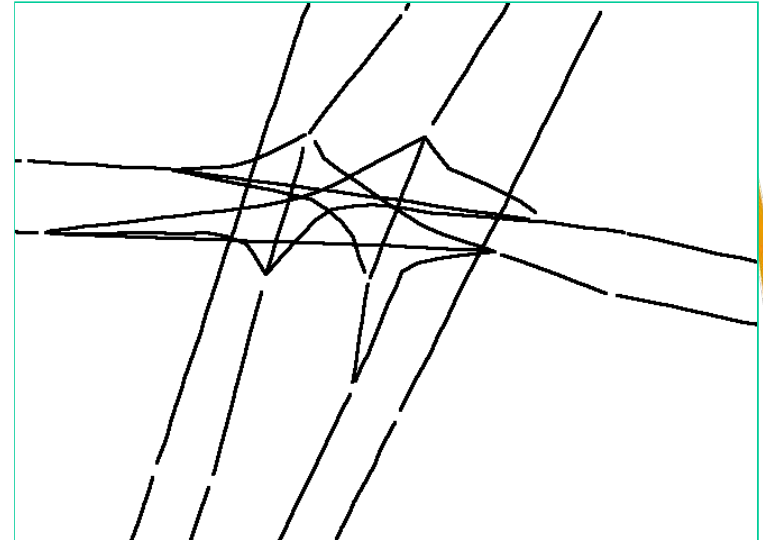
```
<POINT_INTERNE coordonnees="681436.340000,297514.110000"/>  
<POINT_INTERNE coordonnees="681458.974372,297520.632310"/>  
...
```

It could be used to generate Nanoscopic network:

Here with Bezier curves:

```
<TRACE type="Bezier_quadratique"  
point_de_controle1="681436.340000,297514.110000"  
point_de_controle2="681458.974372,297520.632310"  
point_de_controle3="681464.190000,297519.230000"/>
```

Next step : circles, clothoïdes etc...





# Interactions between Micro and Nano level simulations

## First approach: “independent simulations”

- > The nanoscopic simulation, when triggered, does not modify the micro simulation.
- >The nanoscopic simulation tries to minimized its divergence with micro simulation
- > fully compatible for real-time rendering on standard pc
- > Micro and Nano simulations are valid : **Hybrid validity**

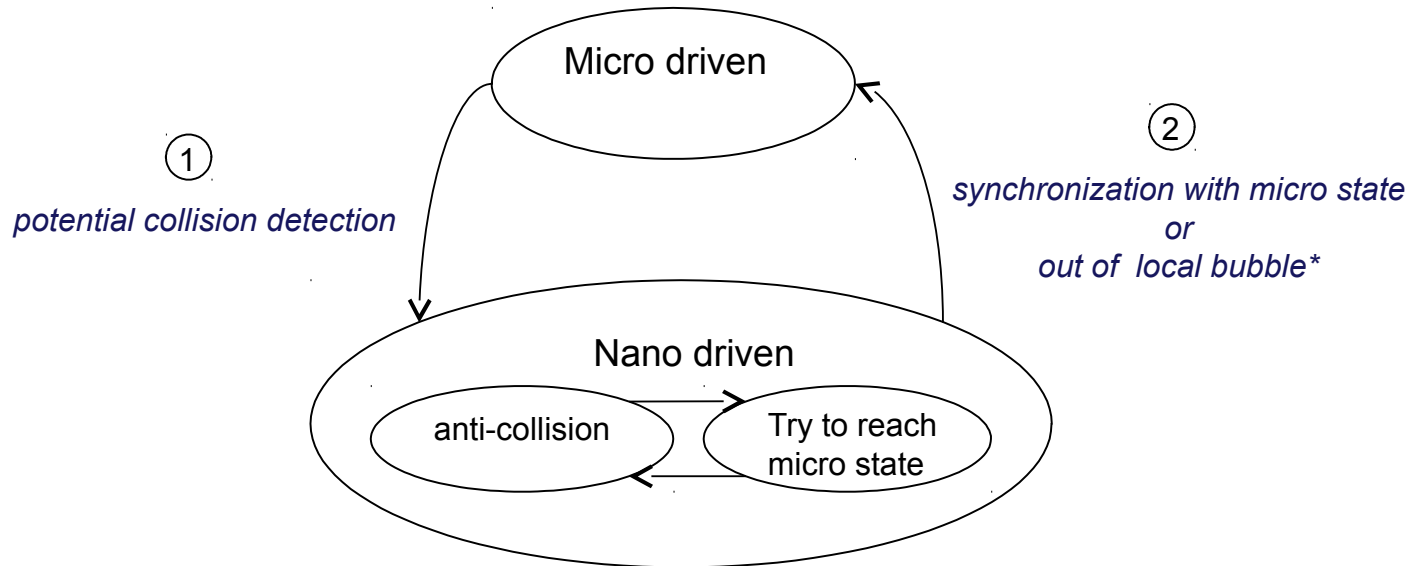
## Second approach : “nano dependent”

- > The nanoscopic simulation modifies the microscopic simulation and results
- > The micro simulation must be re-calibrated to take into account the nano behavior
- > Nano behavior must be always active in the whole network
- may cause performance issues in real-time rendering, precalculation may be required

## Third approach: “hybrid simulation” (not implemented )

- > Only relevant part of nano simulation are applied to micro simulation

# Algorithm for hybrid validity



①

Vehicles can switch to **nano behavior** if in the « **local bubble** »

The « **local bubble** » is defined by an LOD (defined in meters)

Vehicle switch to **nano behavior** when a potential collision is detected

=> *Dedicated collision detection based on 2D projection of vehicle shape on the road*

②

Vehicles get back to **micro behavior** when :

- nano state is the same than micro state
- they exit the « **local bubble** »

# Un LoD supplémentaire

## Modification des modelés & algorithmes

Vehicle  
(micro driven)



Nano Vehicle

Dynamic Model

Visual Model

Environnement

States

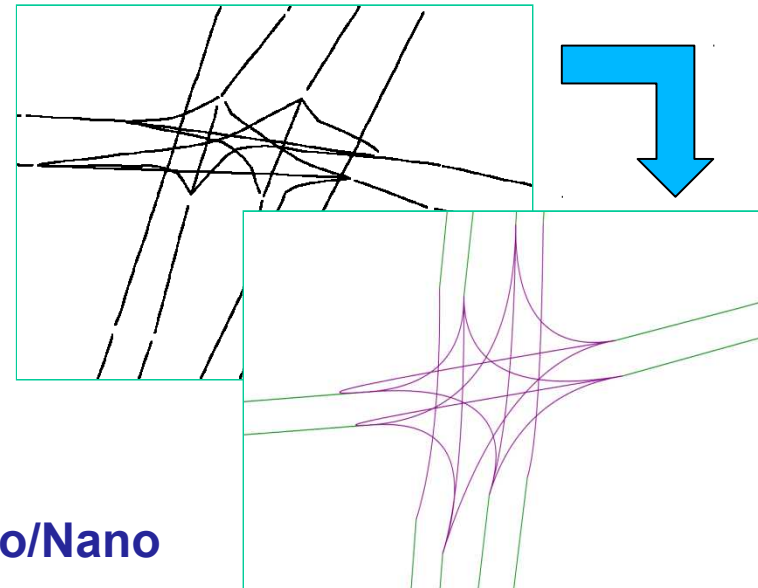
Driver  
(decision)

## Modification des modèles 3d

Modèles 3D des véhicules:

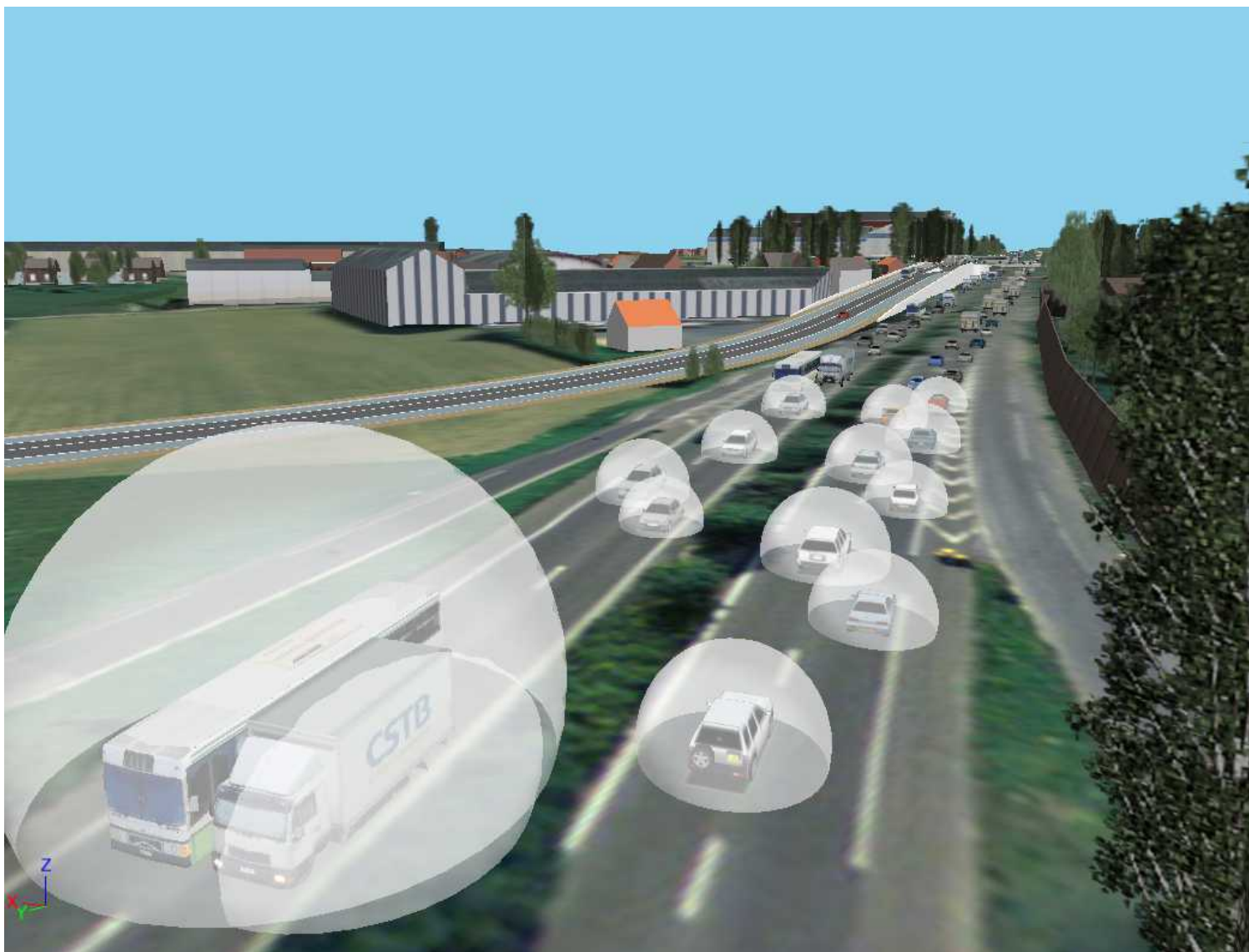
*Squelette en 8 parties*

Modèles du réseau:



**+ Algorithme de validité hybride Micro/Nano**

# Video - The local bubble





# Conclusion

## Moteur Nanoscopique

- ❑ différents mode de synchronisation avec l'échelle supérieure
- ❑ taille de la bulle nanoscopique dans la simulation et adaptable
- ❑ différents élément du modèle/simulation activable

## Perspectives:

- ❑ Utilisation de standards pour le réseau : CityGML / Euroroads
- ❑ **Mesurer les divergences des simulation Micro et Nano**
- ❑ Mesure de «l'impression» de réalisme »
- ❑ contrôle des véhicules & immersion : interaction avec la simulation
- ❑ Moteur multi-échelle utilisable en entrée d'autres simulations physiques, acoustique, etc. (exemple : consommation de carburant)