

Gestion des interactions entre agents: application à la simulation de trafic routier

Séminaire MFI

A. Doniec
doniec@inrets.fr



Plan de la présentation

- ❑ Contexte
- ❑ La simulation comportementale de trafic et le modèle ARCHISIM
- ❑ Simulation de trafic en carrefour et coordination multi-agent
- ❑ Vers une meilleure prise en compte des interactions dans le cas des situations complexes
- ❑ Perspectives et conclusion

Modélisation et simulation comportementale en milieu urbain : le cas des réseaux fortement maillés

- Thèse co-financée Région Nord-Pas-de-Calais / INRETS
Encadrants : R. Mandiau, S. Piechowiak, S. Espié
- Collaboration INRETS / LAMIH
 - Unité de Recherche **MSIS** | Equipe **RAIHM**
 - Directeur : S. Espié | Directeur : C. Kolski
 - | Thème SMA

Plan de la présentation

- Contexte
- La simulation comportementale de trafic et le modèle ARCHISIM
- Simulation de trafic en carrefour et coordination multi-agent
- Vers une meilleure prise en compte des interactions dans le cas des situations complexes
- Perspectives et conclusion

La simulation de trafic

Les enjeux...

La simulation de trafic

Les enjeux...

- Comprendre

La simulation de trafic

Les enjeux...

- Comprendre
- Prédire

La simulation de trafic

Les enjeux...

- Comprendre
- Prédire
- Optimiser

La simulation de trafic

Les enjeux...

- Comprendre
- Prédire
- Optimiser

Objectif de la simulation : simplifier les études trafic en...

La simulation de trafic

Les enjeux...

- Comprendre
- Prédire
- Optimiser

Objectif de la simulation : simplifier les études trafic en...

- réduisant les coûts liés aux expérimentations sur le terrain

La simulation de trafic

Les enjeux...

- Comprendre
- Prédire
- Optimiser

Objectif de la simulation : simplifier les études trafic en...

- réduisant les coûts liés aux expérimentations sur le terrain
- facilitant l'observation de phénomènes trafic bien particuliers (congestion, ralentissement, etc)

Deux approches de la simulation...

- *l'approche mathématique :*

Deux approches de la simulation...

- *l'approche mathématique :*

- recueil de données en situation réelle

Deux approches de la simulation...

- *l'approche mathématique :*

- recueil de données en situation réelle
- mise en équation de ces données

Deux approches de la simulation...

- *l'approche mathématique :*

- recueil de données en situation réelle
- mise en équation de ces données
- reproduction du trafic à partir des lois de poursuites obtenues

Deux approches de la simulation...

- ***l'approche mathématique :***

- recueil de données en situation réelle
- mise en équation de ces données
- reproduction du trafic à partir des lois de poursuites obtenues

- ***l'approche comportementale :***

Deux approches de la simulation...

- *l'approche mathématique :*

- recueil de données en situation réelle
- mise en équation de ces données
- reproduction du trafic à partir des lois de poursuites obtenues

- *l'approche comportementale :*

- utilisation des résultats obtenus en psychologie de la conduite

Deux approches de la simulation...

- *l'approche mathématique* :

- recueil de données en situation réelle
- mise en équation de ces données
- reproduction du trafic à partir des lois de poursuites obtenues

- *l'approche comportementale* :

- utilisation des résultats obtenus en psychologie de la conduite
- trafic = phénomène émergent résultant des interactions entre les différents acteurs de la simulation

Deux approches de la simulation...

- *l'approche mathématique* :

- recueil de données en situation réelle
- mise en équation de ces données
- reproduction du trafic à partir des lois de poursuites obtenues

- *l'approche comportementale* :

- utilisation des résultats obtenus en psychologie de la conduite
- trafic = phénomène émergeant résultant des interactions entre les différents acteurs de la simulation

⇒ une mise en oeuvre possible de l'approche comportementale : application des principes multi-agent

Le modèle ARCHISIM

Projet initié par S. Espié il y a une quinzaine d'années...

Quelques caractéristiques :

Le modèle ARCHISIM

Projet initié par S. Espié il y a une quinzaine d'années...

Quelques caractéristiques :

- modèle fondé sur l'approche comportementale

Le modèle ARCHISIM

Projet initié par S. Espié il y a une quinzaine d'années...

Quelques caractéristiques :

- modèle fondé sur l'approche comportementale
- utilisation des principes multi-agent

Le modèle ARCHISIM

Projet initié par S. Espié il y a une quinzaine d'années...

Quelques caractéristiques :

- modèle fondé sur l'approche comportementale
- utilisation des principes multi-agent
1 conducteur = 1 agent logiciel ...

Le modèle ARCHISIM

Projet initié par S. Espié il y a une quinzaine d'années...

Quelques caractéristiques :

- modèle fondé sur l'approche comportementale
- utilisation des principes multi-agent
1 piéton = 1 agent logiciel ...

Le modèle ARCHISIM

Projet initié par S. Espié il y a une quinzaine d'années...

Quelques caractéristiques :

- modèle fondé sur l'approche comportementale
- utilisation des principes multi-agent
1 acteur de la simulation = 1 agent logiciel

Le modèle ARCHISIM

Projet initié par S. Espié il y a une quinzaine d'années...

Quelques caractéristiques :

- modèle fondé sur l'approche comportementale
- utilisation des principes multi-agent
chaque agent évolue dans un environnement (réseau routier) représenté sous la forme d'un graphe (R, N) où R définit l'ensemble des routes et N l'ensemble des noeuds

Le modèle ARCHISIM

Projet initié par S. Espié il y a une quinzaine d'années...

Quelques caractéristiques :

- modèle fondé sur l'approche comportementale
- utilisation des principes multi-agent
chaque agent possède un ensemble de buts (un itinéraire, une vitesse désir,...) qu'il essaie de satisfaire tout en interagissant avec les autres agents

Le modèle ARCHISIM

Projet initié par S. Espié il y a une quinzaine d'années...

Quelques caractéristiques :

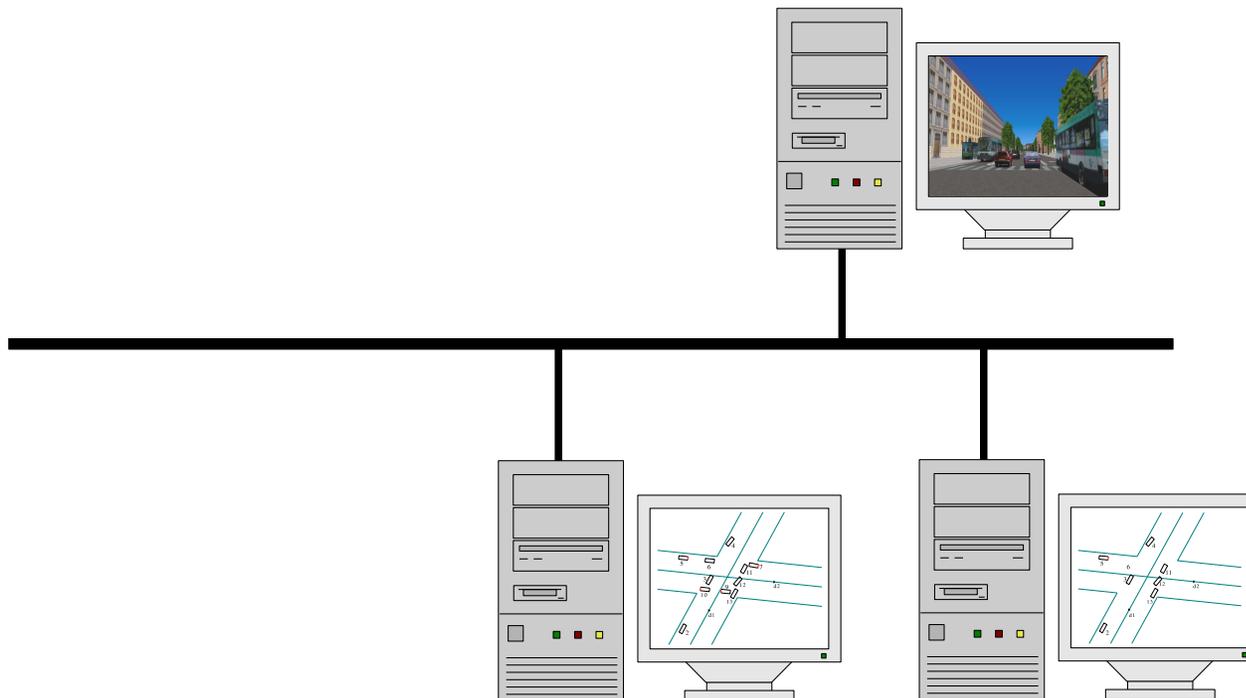
- modèle fondé sur l'approche comportementale
- utilisation des principes multi-agent
- architecture distribuée

Le modèle ARCHISIM

Projet initié par S. Espié il y a une quinzaine d'années...

Quelques caractéristiques :

- modèle fondé sur l'approche comportementale
- utilisation des principes multi-agent
- architecture distribuée

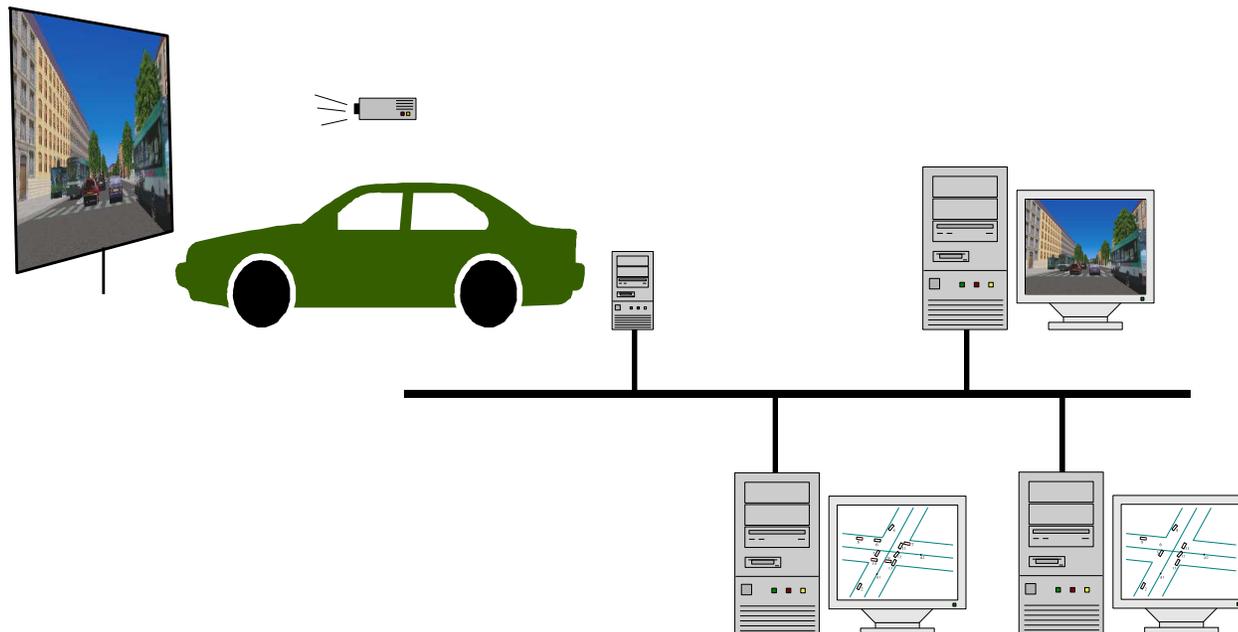


Le modèle ARCHISIM

Projet initié par S. Espié il y a une quinzaine d'années...

Quelques caractéristiques :

- modèle fondé sur l'approche comportementale
- utilisation des principes multi-agent
- architecture distribuée



Le modèle ARCHISIM

Projet initié par S. Espié il y a une quinzaine d'années...

Quelques caractéristiques :

- modèle fondé sur l'approche comportementale
- utilisation des principes multi-agent
- architecture distribuée
- trafic validé pour la conduite en file (autoroute)
[ElHadouaj00], [Champion01]

Plan de la présentation

- Contexte
- La simulation comportementale de trafic et le modèle ARCHISIM
- Simulation de trafic en carrefour et coordination multi-agent**
- Vers une meilleure prise en compte des interactions dans le cas des situations complexes
- Perspectives et conclusion

Objectif de notre travail

Objectif de notre travail

Permettre la simulation de situations complexes en carrefour

Objectif de notre travail

Permettre la simulation de situations complexes en carrefour

exemple de situations complexes :

Objectif de notre travail

Permettre la simulation de situations complexes en carrefour

exemple de situations complexes :

- trafic dense en carrefour

Objectif de notre travail

Permettre la simulation de situations complexes en carrefour

exemple de situations complexes :

- trafic dense en carrefour
- début de congestion

Objectif de notre travail

Permettre la simulation de situations complexes en carrefour

exemple de situations complexes :

- trafic dense en carrefour
- début de congestion
- forte occupation des zones de stockage

Objectif de notre travail

Permettre la simulation de situations complexes en carrefour

exemple de situations complexes :

- trafic dense en carrefour
- début de congestion
- forte occupation des zones de stockage
- remontée de queues entre deux carrefours

Objectif de notre travail

Permettre la simulation de situations complexes en carrefour

exemple de situations complexes :

- trafic dense en carrefour
- début de congestion
- forte occupation des zones de stockage
- remontée de queues entre deux carrefours
- interblocages

Simulation de trafic en carrefour

Problème difficile car :

Simulation de trafic en carrefour

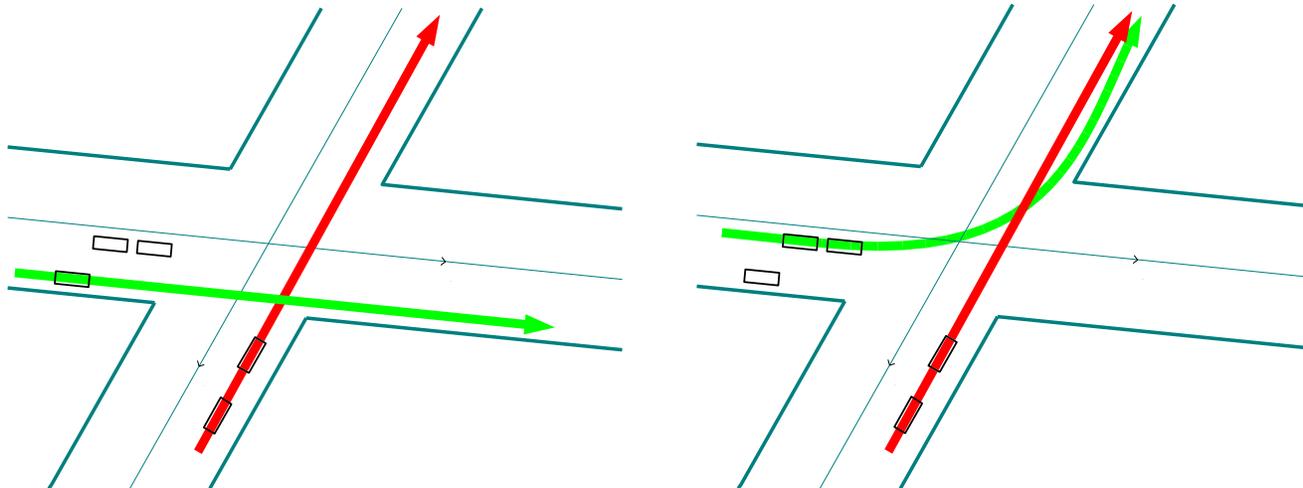
Problème difficile car :

- flux de trafics conflictuels (intersection et fusion)

Simulation de trafic en carrefour

Problème difficile car :

- flux de trafics conflictuels (intersection et fusion)



Simulation de trafic en carrefour

Problème difficile car :

- flux de trafics conflictuels (intersection et fusion)
- géométrie complexe du carrefour

Simulation de trafic en carrefour

Problème difficile car :

- flux de trafics conflictuels (intersection et fusion)
- géométrie complexe du carrefour
- carrefour = espace non-structuré

Simulation de trafic en carrefour

Problème difficile car :

- flux de trafics conflictuels (intersection et fusion)
- géométrie complexe du carrefour
- carrefour = espace non-structuré
- interblocages possibles

Coordination de trafic en carrefour

Simulation de trafic en carrefour : problème de coordination multi-agent

Coordination :

- coopérative (planification [Von Martial92], partage de tâches [Gasser 88],...)
- compétitive (théorie de la décision [Rosenshein 96], formation de coalition [Aknine et al00], ...)

Coordination compétitive dans le cadre du trafic routier :

- approche contextuelle [Trannois98]
- coordination à base de jeux [Champion03]

Modélisation d'une situation de carrefour :

Modélisation d'une situation de carrefour :

- 1 conducteur simulé = 1 agent = 1 joueur

Modélisation d'une situation de carrefour :

- 1 conducteur simulé = 1 agent = 1 joueur
- pour chaque joueur, le mécanisme ne gère que l'accélération longitudinale

Modélisation d'une situation de carrefour :

- 1 conducteur simulé = 1 agent = 1 joueur
- pour chaque joueur, le mécanisme ne gère que l'accélération longitudinale
- 2 types de stratégies possibles : $\{Go, Stop\}$

Modélisation d'une situation de carrefour :

- 1 conducteur simulé = 1 agent = 1 joueur
- pour chaque joueur, le mécanisme ne gère que l'accélération longitudinale
- 2 types de stratégies possibles : $\{Go, Stop\}$
- la conduite est généralement compétitive : jeux non-coopératifs

Modélisation d'une situation de carrefour :

- 1 conducteur simulé = 1 agent = 1 joueur
- pour chaque joueur, le mécanisme ne gère que l'accélération longitudinale
- 2 types de stratégies possibles : $\{Go, Stop\}$
- la conduite est généralement compétitive : jeux non-coopératifs
- perception locale de la situation pour chaque agent : jeux à informations incomplètes et imparfaites

Modélisation d'une situation de carrefour :

- 1 conducteur simulé = 1 agent = 1 joueur
- pour chaque joueur, le mécanisme ne gère que l'accélération longitudinale
- 2 types de stratégies possibles : $\{Go, Stop\}$
- la conduite est généralement compétitive : jeux non-coopératifs
- perception locale de la situation pour chaque agent : jeux à informations incomplètes et imparfaites
- jeux à un seul tour : les joueurs et les relations entre eux sont recalculés à chaque pas de temps

Analyse du mécanisme de coordination :

Avantages

- distribué
- non-normatif
- générique
- rapide

Inconvénients

- difficulté de la perception du contexte
- pas d'anticipation
- aucune gestion de l'espace au centre du carrefour

→ risque d'interblocages

Analyse du mécanisme de coordination :

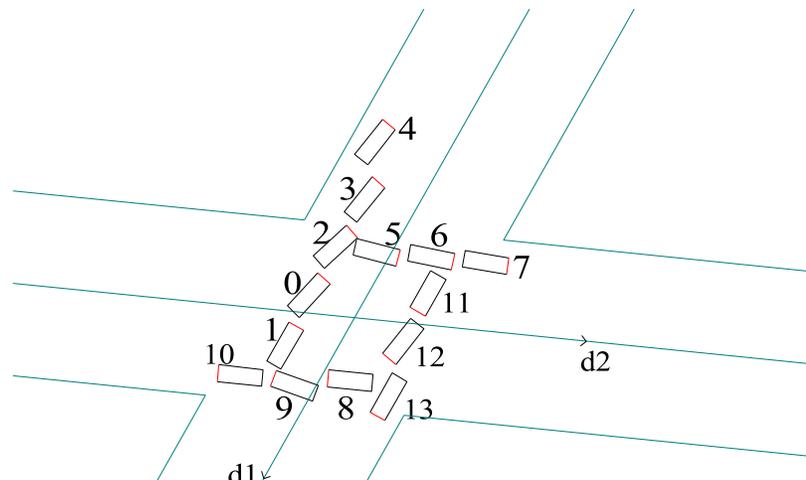
Avantages

- distribué
- non-normatif
- générique
- rapide

Inconvénients

- difficulté de la perception du contexte
- pas d'anticipation
- aucune gestion de l'espace au centre du carrefour

→ risque d'interblocages



Plan de la présentation

- Contexte
- La simulation comportementale de trafic et le modèle ARCHISIM
- Simulation de trafic en carrefour et coordination multi-agent
- Vers une meilleure prise en compte des interactions dans le cas des situations complexes**
- Perspectives et conclusion

Gestion des interblocages

Quelques points de réflexions :

- les interblocages sont relativement rares dans la réalité
- en simulation les interblocages infinis sont à proscrire

Gestion des interblocages

Quelques points de réflexions :

- les interblocages sont relativement rares dans la réalité
- en simulation les interblocages infinis sont à proscrire

Pistes de travail :

- prise en compte du contexte / reconnaissance de la situation
- anticipation

L'anticipation

“An anticipatory system is a system containing a predictive model of itself and/or of its environment that allows it to change state at an instant in accord with the model predictions pertaining to a later instant” [Rosen85]

L'anticipation

“An anticipatory system is a system containing a predictive model of itself and/or of its environment that allows it to change state at an instant in accord with the model predictions pertaining to a later instant” [Rosen85]

Anticipation dans les systèmes artificiels : problème difficile
(travaux de Rosen, de Davidson)

L'anticipation

“An anticipatory system is a system containing a predictive model of itself and/or of its environment that allows it to change state at an instant in accord with the model predictions pertaining to a later instant” [Rosen85]

Anticipation dans les systèmes artificiels : problème difficile
(travaux de Rosen, de Davidson)

exemple : anticipation dans les systèmes de classeurs (ACS,
[Stolzmann98])

Comment anticiper ?

Pré-requis pour pouvoir anticiper dans un environnement dynamique :

- une connaissance de l'environnement à l'instant t : R_t
- la capacité à déterminer/évaluer les effets de ces actions à $t + n$

Comment anticiper ?

Pré-requis pour pouvoir anticiper dans un environnement dynamique :

- une connaissance de l'environnement à l'instant t : R_t
- la capacité à déterminer/évaluer les effets de ces actions à $t + n$

Le principe général commun à tous les travaux sur l'anticipation :

- **prédiction** : calcul de R_{t+n} à partir de R_t
- **interprétation** : utilisation de R_{t+n} dans la prise de décision à l'instant t

Anticipation préventive

Une déclinaison de l'anticipation...

consiste à **prévenir** des **situations non-désirées** en essayant de **projeter** un ensemble d'actions dans le futur [Davidson03]

Bien adaptée à notre problématique : “éviter les interblocages”

Approche proposée

La portée locale des effets d'une action est relativement facile à évaluer

Approche proposée

La portée locale des effets d'une action est relativement facile à évaluer

...estimer l'impact d'une action au niveau global est plus compliqué

Idée : modéliser la situation globale dans le carrefour sous la forme d'un réseau de contraintes

Approche proposée

La portée locale des effets d'une action est relativement facile à évaluer

...estimer l'impact d'une action au niveau global est plus compliqué

Idée : modéliser la situation globale dans le carrefour sous la forme d'un réseau de contraintes

Prise en compte des effets d'une action :

- au niveau local : ajout / suppression de contraintes dans le réseau
- au niveau global : propagation sur le réseau modifié

Intégration dans ARCHISIM

Deux types de relations de blocage dans un carrefour :

- blocage physique
- blocage par priorité

Intégration dans ARCHISIM

Deux types de relations de blocage dans un carrefour :

- blocage physique
deux sous-types :
 - blocage physique effectif
 - blocage physique anticipé
- blocage par priorité

Intégration dans ARCHISIM

Deux types de relations de blocage dans un carrefour :

- blocage physique
- blocage par priorité

Exprimés sous la forme de trois prédicats : *bph*, *bpha*, *bpr*

Intégration dans ARCHISIM

Deux types de relations de blocage dans un carrefour :

- blocage physique
- blocage par priorité

Exprimés sous la forme de trois prédicats : bph , $bpha$, bpr

Sémantique :

$bph(x, y) \equiv x$ est physiquement bloqué par y

$bpha(x, y) \equiv x$ va être physiquement bloqué par y $|xy|$ mètres

$bpr(x, y) \equiv y$ est prioritaire sur x

Intégration dans ARCHISIM

Deux types de relations de blocage dans un carrefour :

- blocage physique
- blocage par priorité

Exprimés sous la forme de trois prédicats : bph , $bpha$, bpr

Sémantique :

$bph(x, y) \equiv x$ est physiquement bloqué par y

$bpha(x, y) \equiv x$ va être physiquement bloqué par y $|xy|$ mètres

$bpr(x, y) \equiv y$ est prioritaire sur x

Deux manières d'évaluer la relation $bpr(x, y)$ du point de vue d'un agent z :

- normative
- en projetant le comportement de z dans la situation de x

Intégration dans ARCHISIM

Chaque agent x est associé à un domaine $dom(x)$ représentant l'intervalle de temps dans lequel x peut agir

Sémantique :

$$dom(x) = [1... + \infty] \equiv x \text{ peut bouger de } t + 1 \text{ à } t + \infty$$

$$dom(x) = [1...4] \cup [8...10] \equiv x \text{ est bloqué de } t + 5 \text{ à } t + 7$$

Intégration dans ARCHISIM

Chaque agent susceptible de pouvoir prendre une décision suit le schéma suivant :

Intégration dans ARCHISIM

Chaque agent susceptible de pouvoir prendre une décision suit le schéma suivant :

- Etape 1 : construction d'un réseau à partir des relations topologiques fournies par la vision

Intégration dans ARCHISIM

Chaque agent susceptible de pouvoir prendre une décision suit le schéma suivant :

- Etape 1 : construction d'un réseau à partir des relations topologiques fournies par la vision
- Etape 2 : propagation dans le réseau

Intégration dans ARCHISIM

Chaque agent susceptible de pouvoir prendre une décision suit le schéma suivant :

- Etape 1 : construction d'un réseau à partir des relations topologiques fournies par la vision
- Etape 2 : propagation dans le réseau
- Etape 3 : détermination des effets engendrés par l'action *Go*

Intégration dans ARCHISIM

Chaque agent susceptible de pouvoir prendre une décision suit le schéma suivant :

- Etape 1 : construction d'un réseau à partir des relations topologiques fournies par la vision
- Etape 2 : propagation dans le réseau
- Etape 3 : détermination des effets engendrés par l'action *Go*
- Etape 4 : intégration de ces effets dans le réseau de contraintes

Intégration dans ARCHISIM

Chaque agent susceptible de pouvoir prendre une décision suit le schéma suivant :

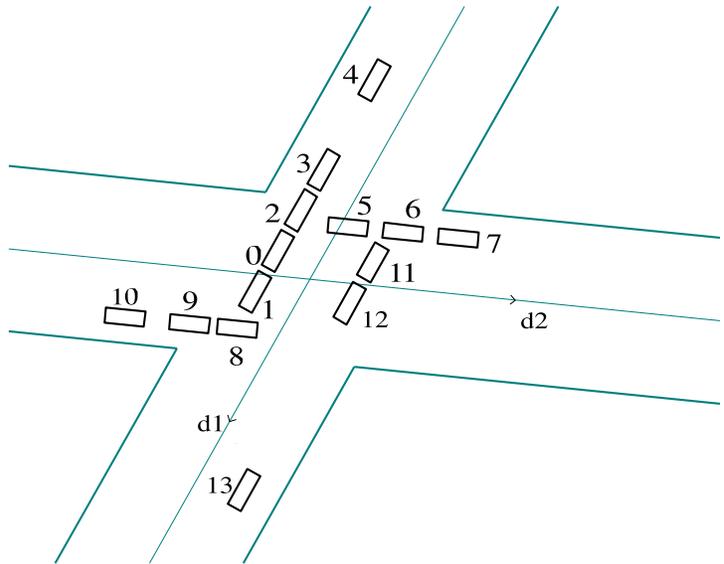
- Etape 1 : construction d'un réseau à partir des relations topologiques fournies par la vision
- Etape 2 : propagation dans le réseau
- Etape 3 : détermination des effets engendrés par l'action *Go*
- Etape 4 : intégration de ces effets dans le réseau de contraintes
- Etape 5 : propagation dans le réseau

Intégration dans ARCHISIM

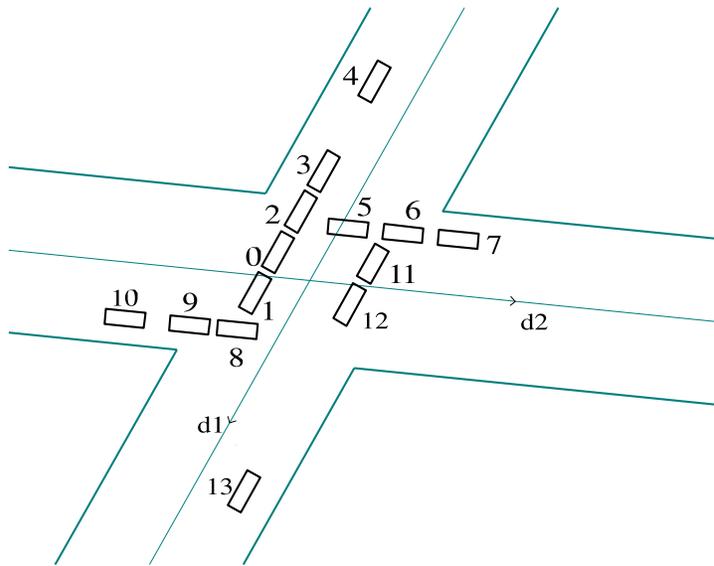
Chaque agent susceptible de pouvoir prendre une décision suit le schéma suivant :

- Etape 1 : construction d'un réseau à partir des relations topologiques fournies par la vision
- Etape 2 : propagation dans le réseau
- Etape 3 : détermination des effets engendrés par l'action *Go*
- Etape 4 : intégration de ces effets dans le réseau de contraintes
- Etape 5 : propagation dans le réseau
- Etape 6 : recherche d'états non-désirés dans le réseau

Du point de vue de l'agent 13 :



Du point de vue de l'agent 13 : construction du réseau



$$dom(13)=[1...+\infty] \quad dom(12)=[1...+\infty]$$

$$dom(11)=[1...+\infty] \quad dom(7)=[1...+\infty]$$

$$dom(6)=[1...+\infty] \quad dom(5)=[1...+\infty]$$

$$dom(4)=[1...+\infty] \quad dom(3)=[1...+\infty]$$

$$dom(2)=[1...+\infty] \quad dom(0)=[1...+\infty]$$

$$dom(1)=[1...+\infty] \quad dom(10)=[1...+\infty]$$

$$dom(9)=[1...+\infty] \quad dom(8)=[1...+\infty]$$

$$bpha(13,12) \wedge bpr(7,13) \wedge bph(12,11) \wedge bpr(12,7)$$

$$\wedge bph(11,6) \wedge bpr(11,7) \wedge bph(7,6) \wedge bpr(7,4)$$

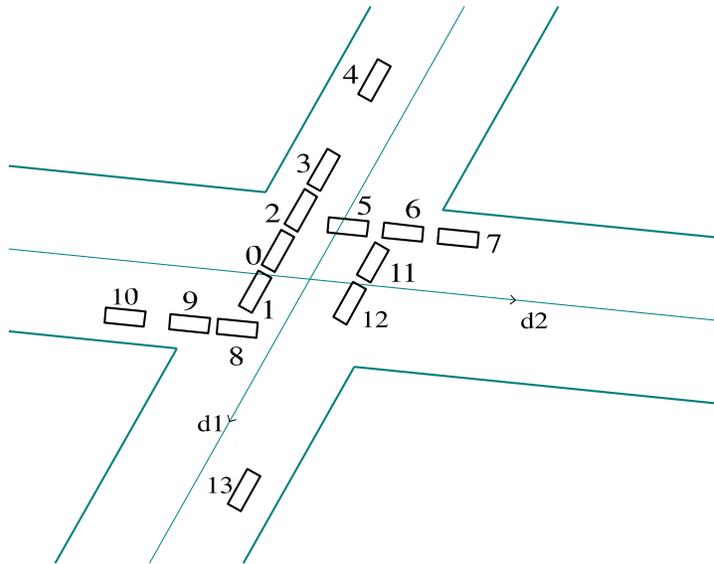
$$\wedge bph(6,5) \wedge bpr(6,4) \wedge bph(5,2) \wedge bpha(4,3)$$

$$\wedge bph(3,2) \wedge bph(2,0) \wedge bpr(2,10) \wedge bph(0,1)$$

$$\wedge bpr(0,10) \wedge bpr(0,9) \wedge bph(1,8) \wedge bpr(1,10)$$

$$\wedge bpr(1,9) \wedge bph(10,9) \wedge bph(9,8) \wedge bpr(13,8)$$

Du point de vue de l'agent 13 : propagation



$$dom(13)=[1..4]\cup[20...+\infty] \quad dom(12)=[19...+\infty]$$

$$dom(11)=[18...+\infty] \quad dom(7)=[13...+\infty]$$

$$dom(6)=[12...+\infty] \quad dom(5)=[11...+\infty]$$

$$dom(4)=[1,2]\cup[9...+\infty] \quad dom(3)=[8...+\infty]$$

$$dom(2)=[7...+\infty] \quad dom(0)=[6...+\infty]$$

$$dom(1)=[5...+\infty] \quad dom(10)=1\cup[3...+\infty]$$

$$dom(9)=[2...+\infty] \quad dom(8)=[1...+\infty]$$

$$bpha(13,12)\wedge bpr(7,13)\wedge bph(12,11)\wedge bpr(12,7)$$

$$\wedge bph(11,6)\wedge bpr(11,7)\wedge bph(7,6)\wedge bpr(7,4)$$

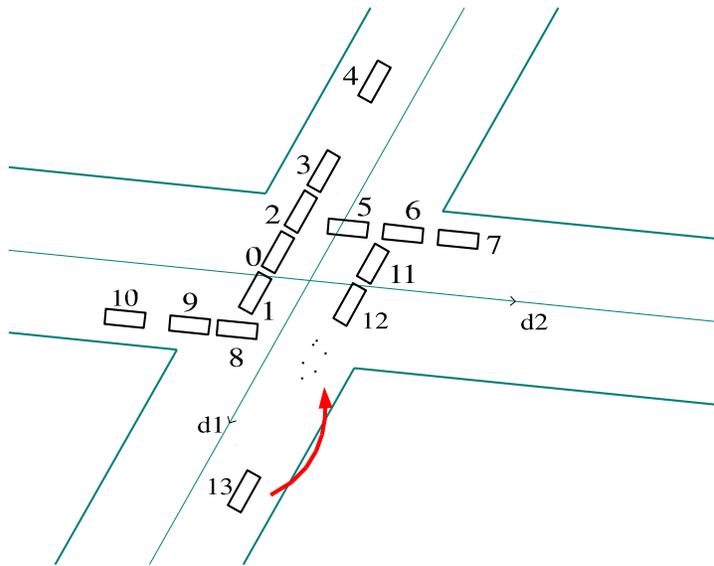
$$\wedge bph(6,5)\wedge bpr(6,4)\wedge bph(5,2)\wedge bpha(4,3)$$

$$\wedge bph(3,2)\wedge bph(2,0)\wedge bpr(2,10)\wedge bph(0,1)$$

$$\wedge bpr(0,10)\wedge bpr(0,9)\wedge bph(1,8)\wedge bpr(1,10)$$

$$\wedge bpr(1,9)\wedge bph(10,9)\wedge bph(9,8)\wedge bpr(13,8)$$

Du point de vue de l'agent 13 : calcul des effets



Effet de l'action *Go* pour le vh
13 : $bpr(13,8) \rightarrow bph(8,13)$

$$dom(13)=[1..4] \cup [20...+\infty] \quad dom(12)=[19...+\infty]$$

$$dom(11)=[18...+\infty] \quad dom(7)=[13...+\infty]$$

$$dom(6)=[12...+\infty] \quad dom(5)=[11...+\infty]$$

$$dom(4)=[1,2] \cup [9...+\infty] \quad dom(3)=[8...+\infty]$$

$$dom(2)=[7...+\infty] \quad dom(0)=[6...+\infty]$$

$$dom(1)=[5...+\infty] \quad dom(10)=1 \cup [3...+\infty]$$

$$dom(9)=[2...+\infty] \quad dom(8)=[1...+\infty]$$

$$bpha(13,12) \wedge bpr(7,13) \wedge bph(12,11) \wedge bpr(12,7)$$

$$\wedge bph(11,6) \wedge bpr(11,7) \wedge bph(7,6) \wedge bpr(7,4)$$

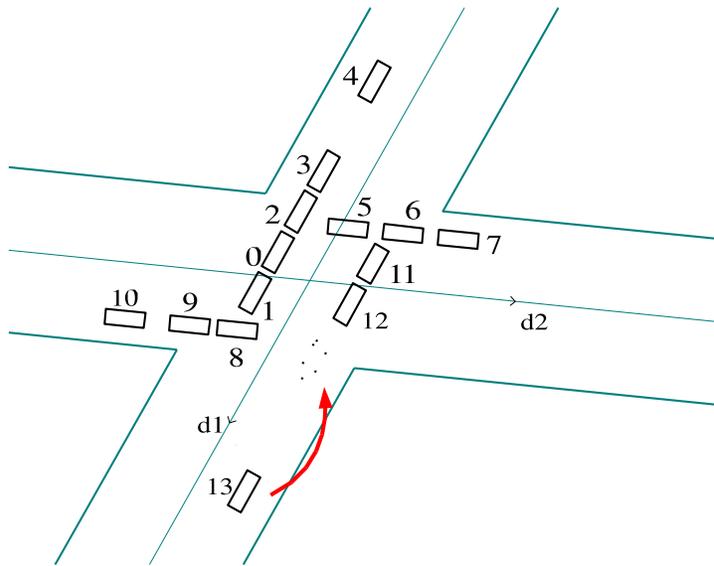
$$\wedge bph(6,5) \wedge bpr(6,4) \wedge bph(5,2) \wedge bpha(4,3)$$

$$\wedge bph(3,2) \wedge bph(2,0) \wedge bpr(2,10) \wedge bph(0,1)$$

$$\wedge bpr(0,10) \wedge bpr(0,9) \wedge bph(1,8) \wedge bpr(1,10)$$

$$\wedge bpr(1,9) \wedge bph(10,9) \wedge bph(9,8) \wedge bpr(13,8)$$

Du point de vue de l'agent 13 : mise à jour du réseau



Effet de l'action *Go* pour le vh
13 : $bpr(13,8) \rightarrow bph(8,13)$

$$dom(13)=[1..4] \cup [20...+\infty] \quad dom(12)=[19...+\infty]$$

$$dom(11)=[18...+\infty] \quad dom(7)=[13...+\infty]$$

$$dom(6)=[12...+\infty] \quad dom(5)=[11...+\infty]$$

$$dom(4)=[1,2] \cup [9...+\infty] \quad dom(3)=[8...+\infty]$$

$$dom(2)=[7...+\infty] \quad dom(0)=[6...+\infty]$$

$$dom(1)=[5...+\infty] \quad dom(10)=1 \cup [3...+\infty]$$

$$dom(9)=[2...+\infty] \quad dom(8)=[1...+\infty]$$

$$bpha(13,12) \wedge bpr(7,13) \wedge bph(12,11) \wedge bpr(12,7)$$

$$\wedge bph(11,6) \wedge bpr(11,7) \wedge bph(7,6) \wedge bpr(7,4)$$

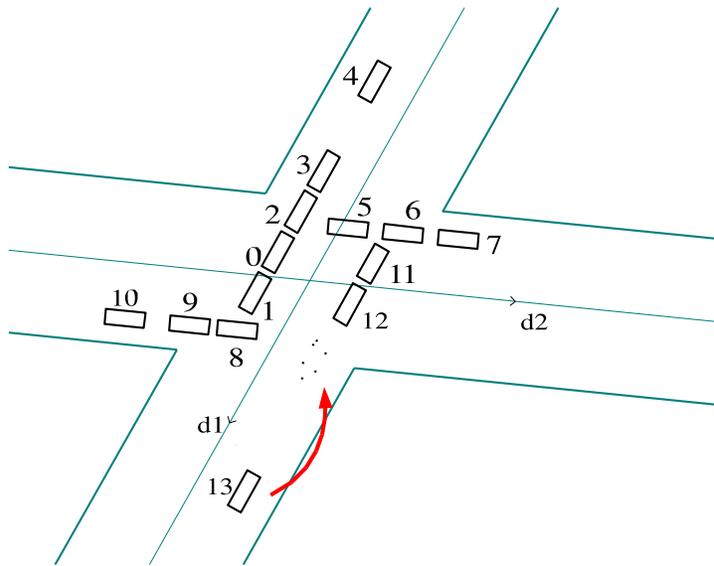
$$\wedge bph(6,5) \wedge bpr(6,4) \wedge bph(5,2) \wedge bpha(4,3)$$

$$\wedge bph(3,2) \wedge bph(2,0) \wedge bpr(2,10) \wedge bph(0,1)$$

$$\wedge bpr(0,10) \wedge bpr(0,9) \wedge bph(1,8) \wedge bpr(1,10)$$

$$\wedge bpr(1,9) \wedge bph(10,9) \wedge bph(9,8) \wedge \mathbf{bpr(13,8)}$$

Du point de vue de l'agent 13 : mise à jour du réseau



Effet de l'action *Go* pour le vh
13 : $bpr(13,8) \rightarrow bph(8,13)$

$$dom(13)=[1..4] \cup [20...+\infty] \quad dom(12)=[19...+\infty]$$

$$dom(11)=[18...+\infty] \quad dom(7)=[13...+\infty]$$

$$dom(6)=[12...+\infty] \quad dom(5)=[11...+\infty]$$

$$dom(4)=[1,2] \cup [9...+\infty] \quad dom(3)=[8...+\infty]$$

$$dom(2)=[7...+\infty] \quad dom(0)=[6...+\infty]$$

$$dom(1)=[5...+\infty] \quad dom(10)=1 \cup [3...+\infty]$$

$$dom(9)=[2...+\infty] \quad dom(8)=[1...+\infty]$$

$$bpha(13,12) \wedge bpr(7,13) \wedge bph(12,11) \wedge bpr(12,7)$$

$$\wedge bph(11,6) \wedge bpr(11,7) \wedge bph(7,6) \wedge bpr(7,4)$$

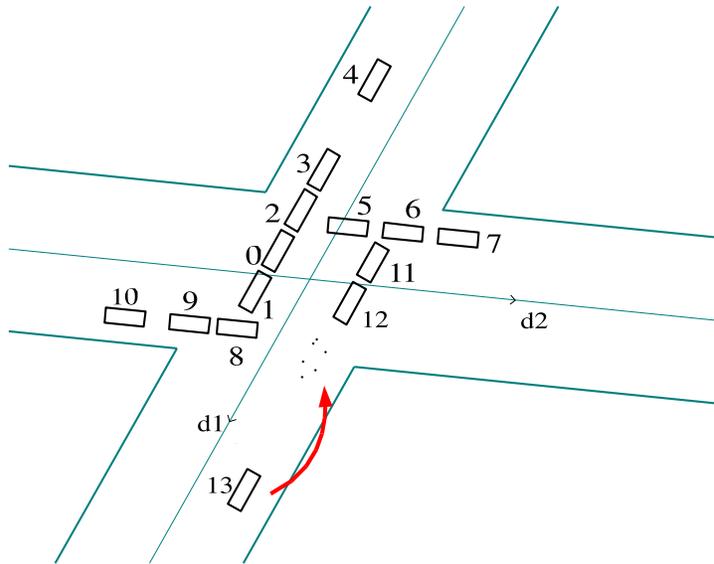
$$\wedge bph(6,5) \wedge bpr(6,4) \wedge bph(5,2) \wedge bpha(4,3)$$

$$\wedge bph(3,2) \wedge bph(2,0) \wedge bpr(2,10) \wedge bph(0,1)$$

$$\wedge bpr(0,10) \wedge bpr(0,9) \wedge bph(1,8) \wedge bpr(1,10)$$

$$\wedge bpr(1,9) \wedge bph(10,9) \wedge bph(9,8) \wedge \mathbf{bph(8,13)}$$

Du point de vue de l'agent 13 : propagation



Effet de l'action *Go* pour le vh
13 : $bpr(13,8) \rightarrow bph(8,13)$

$$dom(13)=\emptyset \quad dom(12)=\emptyset$$

$$dom(11)=\emptyset \quad dom(7)=\emptyset$$

$$dom(6)=\emptyset \quad dom(5)=\emptyset$$

$$dom(4)=\emptyset \quad dom(3)=\emptyset$$

$$dom(2)=\emptyset \quad dom(0)=\emptyset$$

$$dom(1)=\emptyset \quad dom(10)=\emptyset$$

$$dom(9)=\emptyset \quad dom(8)=\emptyset$$

$$bpha(13,12) \wedge bpr(7,13) \wedge bph(12,11) \wedge bpr(12,7)$$

$$\wedge bph(11,6) \wedge bpr(11,7) \wedge bph(7,6) \wedge bpr(7,4)$$

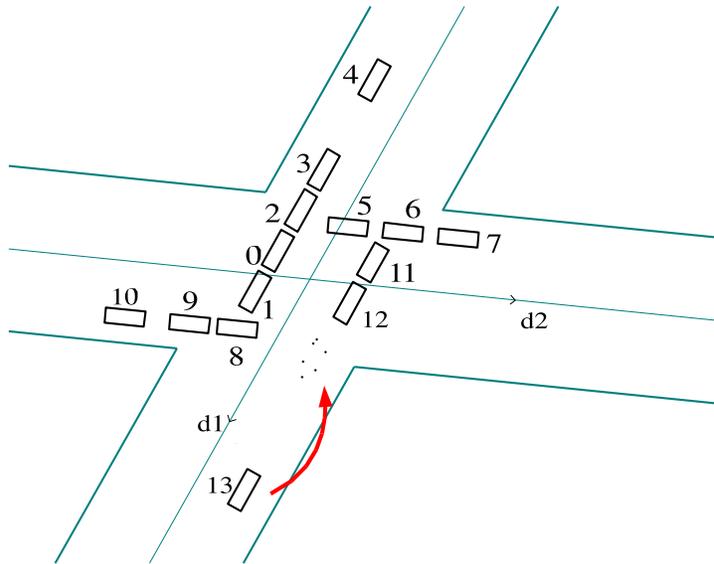
$$\wedge bph(6,5) \wedge bpr(6,4) \wedge bph(5,2) \wedge bpha(4,3)$$

$$\wedge bph(3,2) \wedge bph(2,0) \wedge bpr(2,10) \wedge bph(0,1)$$

$$\wedge bpr(0,10) \wedge bpr(0,9) \wedge bph(1,8) \wedge bpr(1,10)$$

$$\wedge bpr(1,9) \wedge bph(10,9) \wedge bph(9,8) \wedge \mathbf{bph(8,13)}$$

Du point de vue de l'agent 13 : recherche d'inconsistance



Effet de l'action *Go* pour le vh
13 : $bpr(13,8) \rightarrow bph(8,13)$

$$\mathbf{dom}(13) = \emptyset \quad dom(12) = \emptyset$$

$$dom(11) = \emptyset \quad dom(7) = \emptyset$$

$$dom(6) = \emptyset \quad dom(5) = \emptyset$$

$$dom(4) = \emptyset \quad dom(3) = \emptyset$$

$$dom(2) = \emptyset \quad dom(0) = \emptyset$$

$$dom(1) = \emptyset \quad dom(10) = \emptyset$$

$$dom(9) = \emptyset \quad dom(8) = \emptyset$$

$$bpha(13,12) \wedge bpr(7,13) \wedge bph(12,11) \wedge bpr(12,7)$$

$$\wedge bph(11,6) \wedge bpr(11,7) \wedge bph(7,6) \wedge bpr(7,4)$$

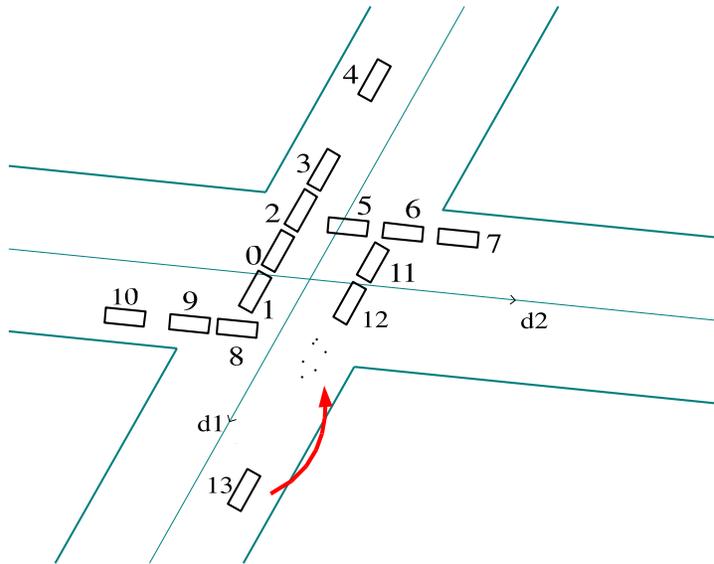
$$\wedge bph(6,5) \wedge bpr(6,4) \wedge bph(5,2) \wedge bpha(4,3)$$

$$\wedge bph(3,2) \wedge bph(2,0) \wedge bpr(2,10) \wedge bph(0,1)$$

$$\wedge bpr(0,10) \wedge bpr(0,9) \wedge bph(1,8) \wedge bpr(1,10)$$

$$\wedge bpr(1,9) \wedge bph(10,9) \wedge bph(9,8) \wedge \mathbf{bph(8,13)}$$

Du point de vue de l'agent 13 :



Effet de l'action *Go* pour le vh
13 : $bpr(13,8) \rightarrow bph(8,13)$

$$\mathbf{dom(13)} = \emptyset \quad dom(12) = \emptyset$$

$$dom(11) = \emptyset \quad dom(7) = \emptyset$$

$$dom(6) = \emptyset \quad dom(5) = \emptyset$$

$$dom(4) = \emptyset \quad dom(3) = \emptyset$$

$$dom(2) = \emptyset \quad dom(0) = \emptyset$$

$$dom(1) = \emptyset \quad dom(10) = \emptyset$$

$$dom(9) = \emptyset \quad dom(8) = \emptyset$$

$$bpha(13,12) \wedge bpr(7,13) \wedge bph(12,11) \wedge bpr(12,7)$$

$$\wedge bph(11,6) \wedge bpr(11,7) \wedge bph(7,6) \wedge bpr(7,4)$$

$$\wedge bph(6,5) \wedge bpr(6,4) \wedge bph(5,2) \wedge bpha(4,3)$$

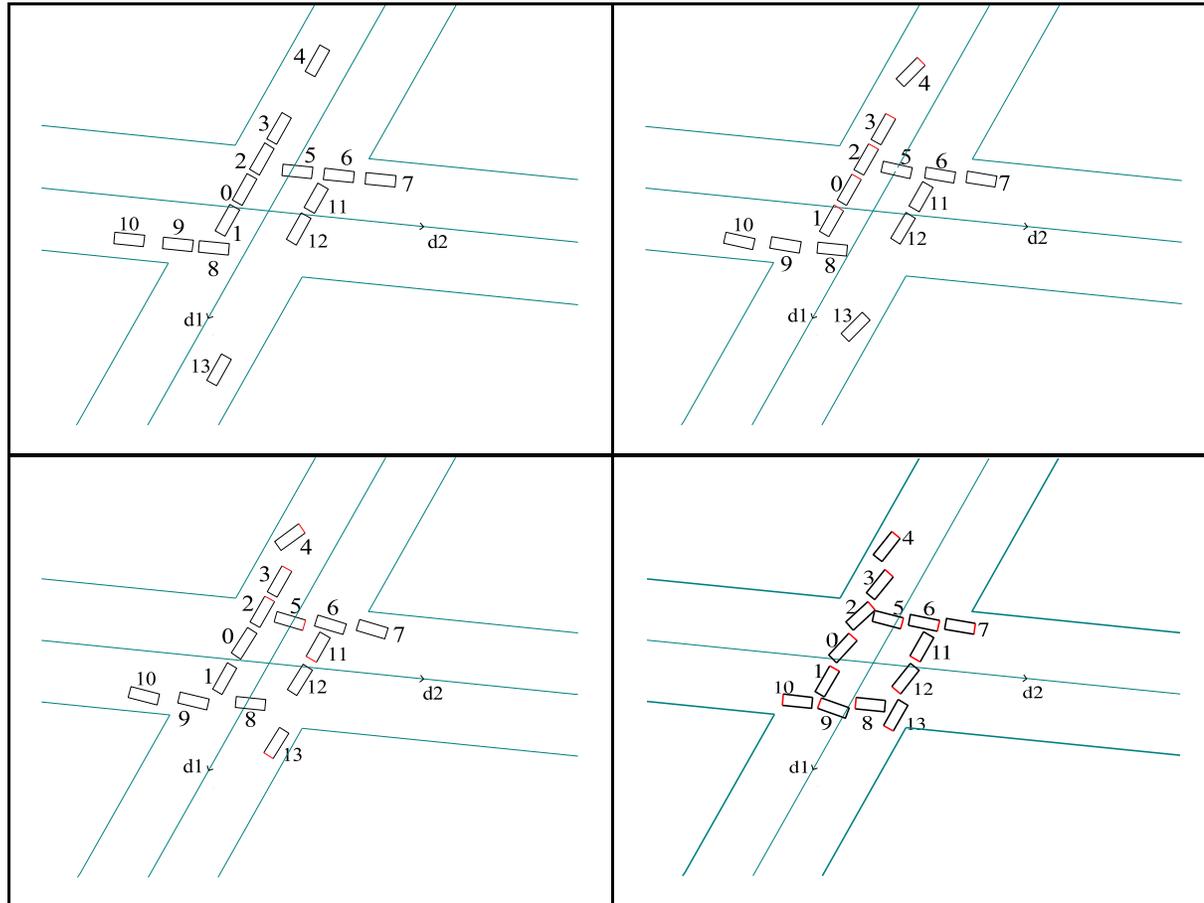
$$\wedge bph(3,2) \wedge bph(2,0) \wedge bpr(2,10) \wedge bph(0,1)$$

$$\wedge bpr(0,10) \wedge bpr(0,9) \wedge bph(1,8) \wedge bpr(1,10)$$

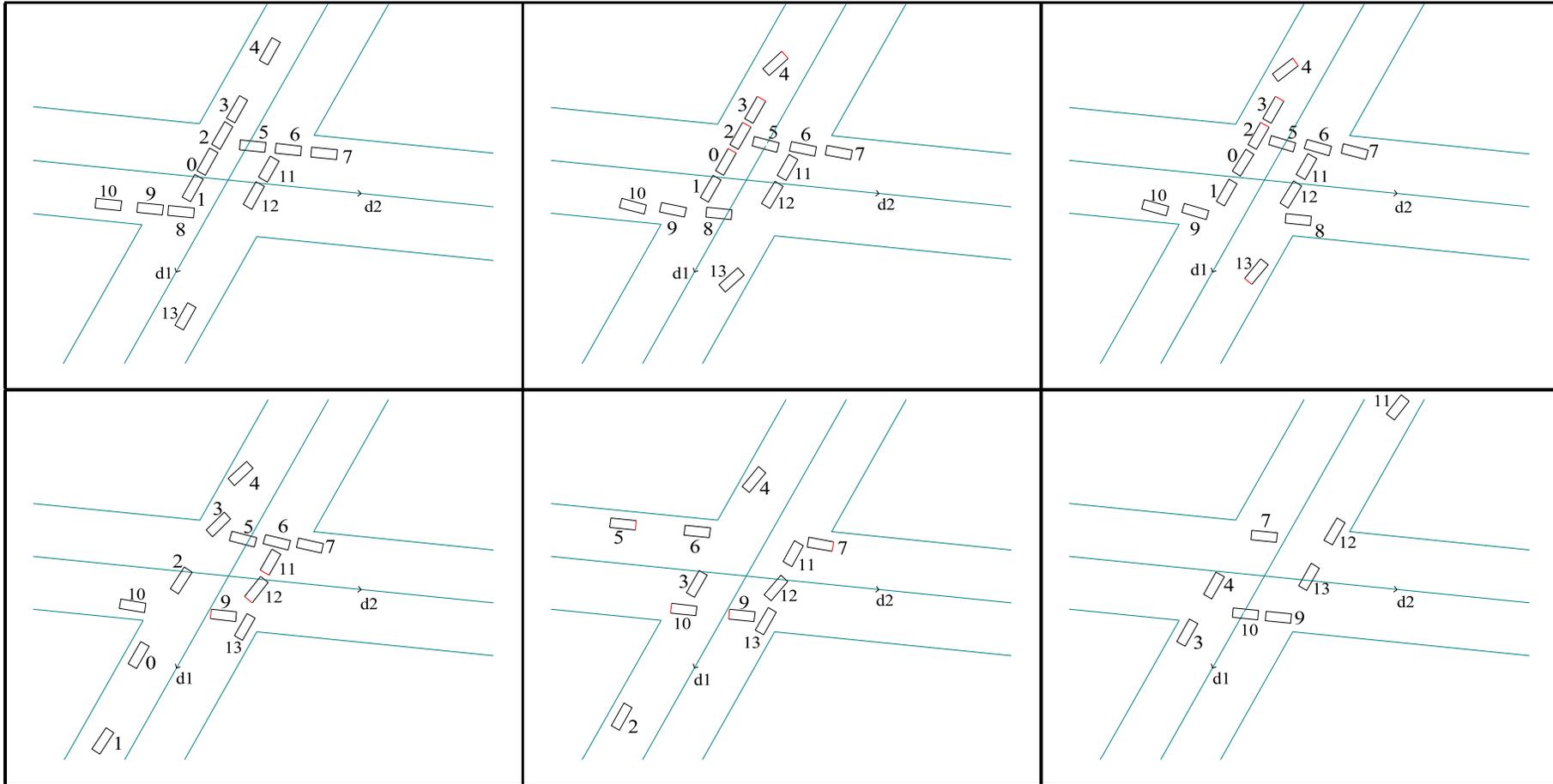
$$\wedge bpr(1,9) \wedge bph(10,9) \wedge bph(9,8) \wedge \mathbf{bph(8,13)}$$

Il faut donc privilégier l'action *Stop* !

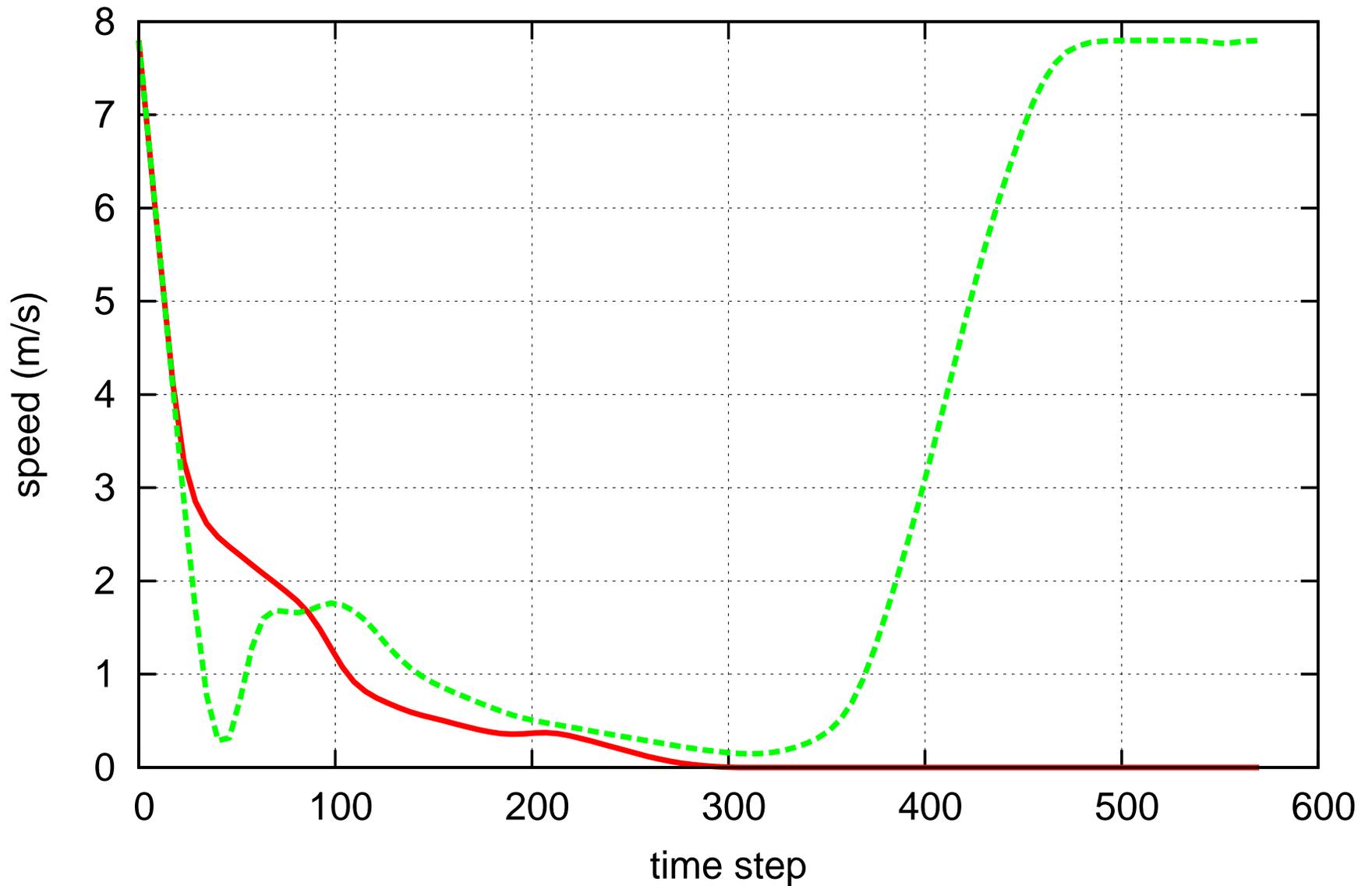
Sans anticipation :



Avec anticipation :



Mise en Oeuvre



without anticipation ———

with anticipation - - - - -

Plan de la présentation

- Contexte
- La simulation comportementale de trafic et le modèle ARCHISIM
- Simulation de trafic en carrefour et coordination multi-agent
- Vers une meilleure prise en compte des interactions dans le cas des situations complexes
- Perspectives et conclusion

- Présentation de la simulation de trafic comportementale et d'ARCHISIM
- Simulation de situations complexes de trafic en carrefour
- Proposition d'un modèle permettant l'anticipation préventive
- Application de ce modèle pour éviter les interblocages

- Introduction de paramètres permettant de faire varier le niveau d'anticipation des agents de la simulation
- Gestion de l'espace au centre du carrefour : en ne considérant plus l'action *Go*, mais les actions *Go_Devant*, *Go_Droite* et *Go_Gauche*...
- Validation à partir de données réelles