

# Mieux percevoir autrui en anticipant ses intentions. Cas de la locomotion.

J.-M. Auberlet<sup>a</sup>      R. Brémond<sup>b</sup>  
auberlet@inrets.fr      bremond@lcpc.fr

<sup>a</sup>INRETS-MSIS, 58 Bd Lefebvre, 75015 Paris, France

<sup>b</sup>LCPC-DESE, 58 Bd Lefebvre, 75015 Paris, France

## Résumé

*Les comportements collectifs qui émergent à partir d'une modélisation fondée sur les normes sont limités, notamment lorsque les modèles visent à reproduire des comportements humains qui, de fait, s'affranchissent parfois de ces normes. Mandiau et al. [1] ont montré comment la possibilité pour un agent de ne pas respecter le code de la route, norme sociale, conduisait à un comportement individuel collectif plus réaliste. Nous proposons d'étendre cette approche à la construction de la représentation de l'environnement d'un agent ; représentation prenant en compte l'anticipation du comportement d'autrui. Dans le cadre d'une simulation de trafic routier, nous montrons l'importance d'intégrer l'anticipation du comportement d'autrui par rapport à la norme sociale, qui est complémentaire du fait de régler son propre comportement sur cette norme sociale. Pour une même fonction de décision, nous avons comparé les comportements collectifs (le trafic émergent) pour deux fonctions de perceptions différentes, l'une basée sur des attentes du respect de la norme sociale et l'autre pas.*

**Mots-clés :** perception, environnement, comportement, locomotion, trafic routier.

## Abstract

*The collective behaviours that emerge from models based on formal rules are limited, especially when the models are designed to replicate human behaviour which, sometimes, contradict these formal rules. Mandiau et al. [1] showed how the possibility for an agent not to respect the highway code, formal rule, led to a more realistic collective behaviour. We propose to extend this approach to the construction of the environment representation of an agent ; this representation takes into account the anticipation of non-normative behaviour of other agents. We give an example of such anticipation in a traffic situation.*

**Keywords:** perception, environment, behaviour, locomotion, road traffic.

## 1 Introduction

### 1.1 SMA et comportement humain

Les Systèmes Multi-Agent (SMA) permettent de modéliser et de simuler des interactions au sein de populations, aussi bien d'humains que de robots. Les agents sont dotés de capacités de perception de leur environnement (notamment concernant les autres agents), de moyens d'action (comportement individuel) et de règles de décision, permettant de choisir certains aspects de leur comportement présent en fonction des variables internes et externes qui leur sont accessibles.

Cette définition rejoint en partie la définition proposée par Ferber [2], qui définit un agent comme une entité :

- qui est capable de percevoir (de manière limitée) son environnement,
- qui ne dispose que d'une représentation partielle de son environnement,
- qui est capable d'agir dans son environnement,
- qui peut communiquer directement avec d'autres agents,
- qui possède des ressources propres,
- qui possède des compétences et peut offrir des services,
- qui est mue par un ensemble de tendances (sous forme d'objectifs individuels),
- dont le comportement tend à satisfaire ses objectifs, en tenant compte des ressources et des compétences dont elle dispose, et en fonction de sa perception et de ses représentations.

Concernant la modélisation des comportements humains, les lois d'action modélisées sont des simplifications fortes de lois décrivant les comportements humains qui sont observés par les psychologues ou les sociologues. Elles ont aussi la particularité d'être entièrement opérationnelles, c'est-à-dire quantifiées et sans ambiguïté. La contrepartie positive de ces simplifications est une capacité à prédire, par émer-

gence, le comportement collectif d'un ensemble d'entités en interaction. Cette capacité de prédiction permet notamment de confronter des simulations à des données comportementales observées, et ainsi à valider (ou invalider) les hypothèses simplificatrices qui ont été faites dans la phase de modélisation du comportement.

## 1.2 Comportements normatifs : soi et autrui

Dans cet article, nous mettons en évidence un aspect des modèles de comportement classiquement utilisés pour reproduire les comportements humains. Les interactions sociales sont soumises à des normes qui peuvent être explicites, comme la loi (le plus souvent sous forme d'interdiction), ou implicite, comme les normes sociales (prescriptions). Ces contraintes, qui conditionnent les comportements individuels et surtout les interactions sociales, peuvent être abordés à travers la notion de comportement normatif.

Dans les SMA, les normes sociales peuvent être implémentées comme des contraintes sur les actions possibles des agents, ce qui donne lieu à des comportements émergents dits "normatifs". Toutefois, Mandiau *et al.* [1] ont mis en évidence, en prenant l'exemple d'une situation de trafic routier à un carrefour giratoire, que le respect automatique de la norme sociale (représentée ici par le code de la route) n'est qu'une approximation des comportements observés, et que le comportement émergent d'une population peut atteindre un meilleur degré de réalisme en permettant aux agents, sous certaines conditions, la violation de la norme.

Dans le même esprit, nous montrons que l'application stricte des normes par les agents, non pas pour eux-mêmes comme dans [1] mais concernant le comportement anticipé des autres agents, peut conduire à des prédictions (au niveau du comportement émergent) qui s'écarte des observations comportementales. Ceci renforce les résultats antérieurs et démontre le besoin de modéliser des comportements humains non normatifs autant dans la prise de décision que dans la manière de se représenter l'environnement. Nous étendons donc les résultats antérieurs à un aspect des comportements normatifs qui n'est en général pas abordé : un comportement normatif complet se caractérise non seulement par le fait qu'il applique strictement les normes, mais aussi qu'il anticipe que les autres agents appliquent ces normes.

L'anticipation est souvent considérée, à travers les règles de décision (par exemple pour la locomotion de foules [3]), comme un moyen permettant à l'agent de modifier son comportement actuel de manière à minimiser un coût anticipé (par exemple, éviter les conflits lors d'un déplacement). Nous nous situons ici dans une autre perspective : l'agent anticipe, non pas par extrapolation des caractéristiques actuelles des autres agents, mais en amont, sur les règles d'action utilisées par les autres agents, ce qui conduit à des prédictions différentes.

## 1.3 Application à la locomotion

Nous illustrons cette idée avec une situation de trafic routier, qui est pour le psychologue Gibson un cas particulier de problème de locomotion [4]. Comme dans l'article cité [1], nous nous intéressons à une situation d'intersection en carrefour giratoire. Un agent se déplaçant dans le rond-point (un automobiliste) qui a la priorité va anticiper, s'il a un raisonnement normatif, sur le fait que les usagers non prioritaires sur les voies secondaires respecteront le code de la route (la norme sociale d'interaction), ce qui les exclut a priori de l'ensemble des agents qu'il prendra en compte pour envisager des interactions conflictuelles (Cf. Fig. 1).

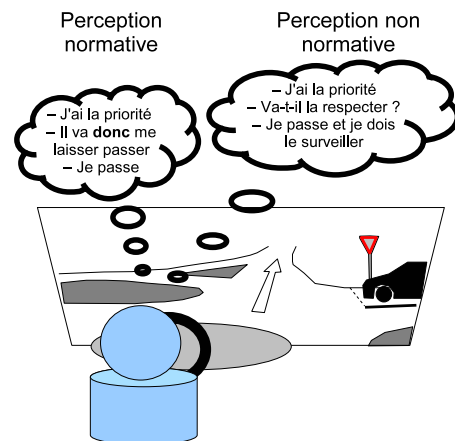


FIG. 1 – Perception de l'environnement par un conducteur selon sa croyance ou non dans le respect du Code de la Route par autrui.

Cette notion est implémentée par un filtre que l'on peut qualifier de perceptif : les agents présents dans l'environnement qui, selon une lecture stricte des règles sociales d'interaction ne devraient pas entrer en interactions avec l'agent courant, ne sont pas pris en compte par ce dernier dans son évaluation de la situation (i.e. pour

l'identification des conflits à résoudre). Tout se passe donc comme s'ils n'étaient pas perçus.

## 2 Démarche proposée

En reprenant l'exemple du carrefour giratoire [1], nous étudions plusieurs indicateurs, soit au niveau global, macroscopique, (débit de trafic, vitesses, temps de parcours, sur les différentes voies), soit au niveau local, microscopique, (comportements individuels). La situation retenue a le grand avantage pratique que des données d'observation sont disponibles [5], ce qui permet de comparer les comportements macroscopiques émergents à des comportements réels observés.

Notre modèle est fondé sur le tryptique perception-décision-action. Deux fonctions de perception sont comparées pour la même situation de carrefour, avec les mêmes données d'entrée, tout en conservant les mêmes fonctions de décision et d'action. Ces fonctions de perception peuvent être vues comme des règles :

1. Règle avec violation possible des normes par autrui : chaque agent perçoit l'ensemble des autres agents, anticipe leurs trajectoires pour calculer les points de conflit, et prend des décisions sur son propre comportement en fonction de règles de résolution de conflits.
2. Règle avec croyance au respect des normes par autrui : chaque agent ne perçoit (filtre perceptif) que les agents qui du point de vue de la norme, sont susceptibles d'entrer en interaction avec lui. Les règles de résolution de conflit sont identiques à la précédente.

La comparaison des règles permet de mettre en évidence que l'appropriation de la norme sociale d'interaction par les agents peut être implémentée de manière simple par un filtre perceptif, sans remettre en cause les règles de décision internes à l'agent, et cela avec un effet manifeste tant sur le comportement individuel que sur le comportement émergent au niveau du comportement collectif.

Nous observons, conformément à notre hypothèse, que contrairement à ce que le code de la route indique, pour la situation de trafic étudiée, les comportements observables ne sont pas tous normatifs. En effet, il n'est pas rare d'observer qu'un véhicule prioritaire laisse un véhicule non prioritaire s'insérer dans le rond-point. De fait,

les comportements observés sont plus proches de ceux simulés avec l'hypothèse non normative (prise en compte de tous les agents dans le calcul du comportement) qu'avec l'hypothèse normative (prise en compte des seuls agents pour lesquels la norme sociale prévoit des interactions).

## 3 Perception de l'environnement

C'est en amont du modèle de résolution de conflit (prise de décision) que nous avons implémenté une règle "normative" dans le modèle de perception par un agent de son environnement. Le principe de l'implémentation est que l'agent est limité dans ses choix d'action par les caractéristiques qu'il perçoit sur les autres agents (Cf. Fig. 2). On illustre cela avec deux cas de figure : si un agent A, qui se dirige vers une porte (but), perçoit un autre agent B (Cf. Fig. 2) avec sa position et son cap, il calculera un point de conflit sur la base d'un calcul géométrique d'intersection de trajectoires (cas a). Par contre, s'il connaît également la vitesse de l'autre agent, il peut calculer la date d'arrivée au point de conflit et anticiper le fait que lorsque lui-même arrivera à ce point de conflit, l'autre agent sera déjà passé (cas b). Selon la fonction de perception, l'agent A choisira donc de suivre la trajectoire (a) ou la trajectoire (b).

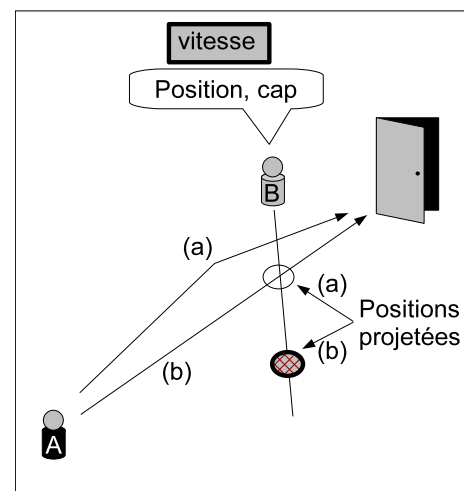


FIG. 2 – Trajectoire selon l'environnement perçu. (a) l'agent ne connaît que les positions et caps des autres agents dans son environnement, (b) l'agent connaît aussi leur vitesse.

Cet exemple de la Fig. 2 illustre sur un exemple simple comment la perception de l'environnement a un effet direct sur les comportements individuels et émergents [6]. Nous utilisons dans

la suite cette idée pour définir un filtre perceptif permettant de modéliser l'anticipation des comportements normatifs d'autrui. Pour cela, nous nous plaçons dans une situation simple de trafic routier ; toutefois le modèle lui-même est plus général : l'idée est que les autres agents ne sont pas perçus lorsque, sur la base d'un comportement normatif de leur part, ils ne doivent pas rentrer en conflit avec l'agent courant.



FIG. 3 – Filtre perceptif fixé sur un cheval pour modifier son comportement dans une tâche de locomotion (source : [www.chevaux-de-trait.eu](http://www.chevaux-de-trait.eu)).

Ainsi, dans le cas de la locomotion, un agent piéton anticipant un comportement normatif des autres agents se verra appliquer un filtre perceptif faisant "disparaître" les véhicules devant s'arrêter à un feu rouge, sans tenir compte de la possibilité qu'ils ne respectent pas le code de la route. De même, en situation de carrefour, un véhicule prioritaire se verra appliquer un filtre perceptif du même type et les véhicules non prioritaires ne sont pas vus. La Fig. 3 montre, à titre d'illustration, un exemple d'implémentation physique d'un filtre perceptif.

## 4 Application à une situation de trafic routier

### 4.1 Scénario de référence

Pour évaluer l'effet du type de perception tant sur les comportements individuels que sur l'émergence du trafic, nous avons simulé une situation typique de rond-point, puis simulé une séquence de 12 minutes à partir de données de trafic déjà utilisées [7].

Le filtre perceptif qui est implémenté (aveuglement partiel, Cf. Fig. 3) permet à l'agent

conducteur de diminuer le nombre de conflits à résoudre lorsqu'il se trouve à l'intérieur du rond-point. En effet, du point de vue du code de la route, le véhicule présent dans le rond-point est prioritaire sur les véhicules présents sur les voies secondaires, il n'a donc *a priori* aucun conflit à résoudre avec ces derniers, il doit se contenter de préserver l'intégrité de son véhicule de tout incident avec les véhicules qui le précèdent dans le rond-point. Ce filtre correspond à une règle de perception normative (par rapport aux comportements des autres agents du trafic). Notre hypothèse est que cette règle dégrade les performances de simulation, tant du point de vue des comportements individuels que du point de vue du trafic émergent.

Un point important est que le filtre perceptif que nous proposons n'est pas une fin en soi, mais un moyen. Il propose un exemple d'implémentation de l'anticipation des comportements normatifs des autres agents au niveau de la perception par l'agent courant. Le résultat principal de notre travail est justement de montrer qu'une telle perception des autres n'est pas réaliste par rapport à des données réelles observées [5], et surtout que la construction d'une représentation de l'environnement par et pour un agent a une incidence significative sur les prises de décision par l'agent.

Il apparaît que la fonction de perception est un moyen simple et efficace pour modifier les comportements individuels comme les comportements émergents. Ce constat est d'autant plus important pour les situations d'interaction complexes en termes de perception, comme par exemple le trafic urbain.

### 4.2 Simulation de trafic : Archisim

Pour vérifier nos hypothèses de recherches, nous utilisons la simulation de trafic routier Archisim [8, 9] dans une situation routière singulière : les conflits en rond-points signalisés.

Dans Archisim, le modèle de résolution de conflits en carrefour utilisé est basé sur la théorie des jeux. Ce modèle de résolution de conflits est décrits dans [1, 10, 11]. Le principe de la règle de résolution de conflits, illustré Fig. 4, met en évidence le rôle de l'entrée dans le modèle de prise de décision (perception de l'environnement par un agent et représentation qu'il a de cet environnement). Nous avons implémenté notre règle de perception normative dans le module d'identification des conflits à résoudre. Dans un cas dit de perception norma-

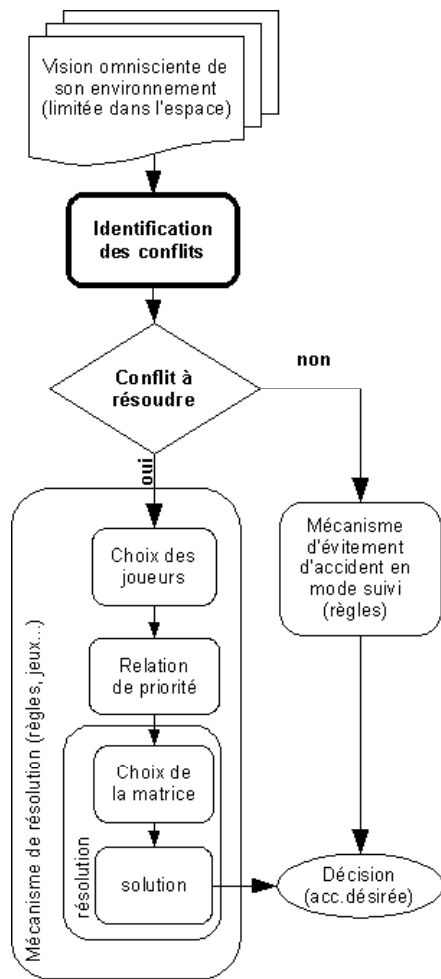


FIG. 4 – Modèle de perception/décision implémenté dans ARCHISIM pour la résolution des conflits en carrefours.

tive les agents circulant dans le rond-point ne percevront pas les agents arrivant sur la voie secondaire, i.e. ils ne perçoivent pas de conflit potentiel. Dans l'autre cas dit de perception non normative, les agents circulant dans le rond-point verront les agents sur la voie secondaire et envisageront l'existence de conflits avec ces derniers. Dans toutes les autres situations, les agents sont dotés d'une vision non normative, en particulier les agents sur la voie secondaire. Le réseau routier simulé est un rond-point à une voie de circulation (Cf. Fig. 5).

## 5 Résultats

Nous analysons l'impact de la règle de perception que nous avons introduite à deux niveaux, micro- et macroscopique. Le niveau microscopique

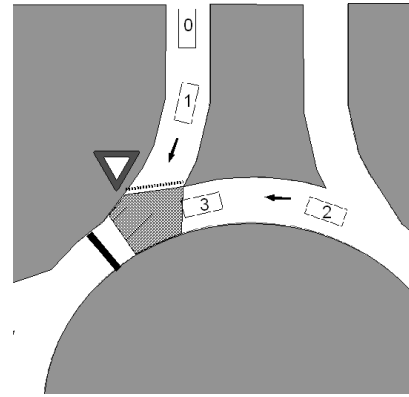


FIG. 5 – Situation modélisée en rond-point.

permet de mettre en évidence une situation dans laquelle la règle de perception modifie le comportement, dans un sens qui semble non réaliste, donnant ainsi un exemple de situation dans laquelle les comportements réels semblent basés sur une anticipation de comportements non normatifs d'autrui.

Le niveau macroscopique est fondé sur la comparaison avec des données de trafic observé [5], et on constate de la même manière que les comportements les plus réalistes émergent à partir d'agents ayant une perception des autres anticipant leur comportement non normatif.

### 5.1 Niveau microscopique

Pour analyser les résultats au niveau microscopique, nous avons simulé un scénario particulier d'interaction. Les conditions initiales sont les suivantes : Quatre véhicules ont une vitesse initiale de  $10 \text{ m.s}^{-1}$  (36 km/h). Les véhicules 0 et 1 (Fig. 5) sont sur la voie secondaire, et les véhicules 2 et 3 sont sur la voie prioritaire (la voie de circulation du rond-point).

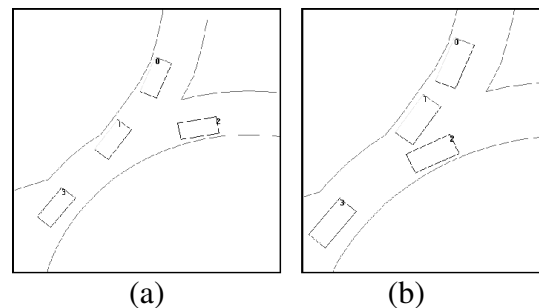


FIG. 6 – Situation de trafic en entrée de rond-point : (a) situation d'interaction libre, (b) situation "normative".

Dans le cas de référence (agents non norma-

tifs, Cf. Fig. 6.a), chaque agent anticipe un comportement non normatif de la part des autres agents [1]. En termes d'implémentation, cela signifie que leur perception de l'environnement est complète : ils voient l'ensemble des agents présent dans l'environnement et résolvent les conflits potentiels sur la base de l'anticipation des conflits possibles. Tous les agents voient bien entendu le panneau de signalisation "cédez le passage", ils sont "conscients" du type de route sur lequel ils circulent. La règle de priorité est prise en compte dans la méthode de résolution de conflit, mais comme un paramètre parmi d'autres dans la décision.

Dans le cas où les agents 2 et 3 sont dotés d'une perception "normative", le respect de la norme par autrui (Cf. Fig. 6.b), les véhicules engagés dans le rond-point sont aveuglés (filtre perceptif) vis-à-vis des agents qui du point de vue de la norme, ne devraient pas entrer en conflit, c'est-à-dire les véhicules 1 et 0. Cela conduit les véhicules prioritaires engagés dans le carrefour à ne pas avoir de conflit à résoudre avec les véhicules situés sur la voie non prioritaire.

Ce que l'on observe, c'est que lorsque les agents 2 et 3 sont dotés d'une perception non normative, les véhicules franchissent l'intersection l'un après l'autre, et notamment le véhicule 2, bien que prioritaire, "accepte" de laisser passer le véhicule 1. Au contraire, dans la situation où les agents 2 et 3 ont une perception normative, et ils franchissent l'intersection avant les véhicules 0 et 1.

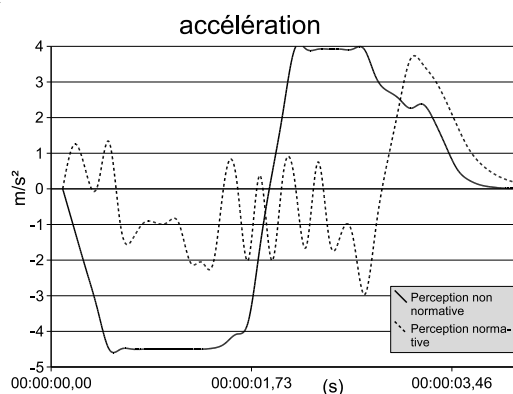


FIG. 7 – Accélération du véhicule 2 (Cf. Fig. 5) selon la perception qu'il a de son environnement. L'origine du temps ( $t=0$ ) correspond à la situation représentée sur la Fig. 5.

La figure 7 illustre un autre aspect des différences de comportement. L'accélération du véhicule 2 est enregistrée dans les deux situations

en fonction du type de perception : selon qu'il se considère comme prioritaire (perception normative) ou qu'il accepte d'avoir une interaction avec le véhicule 1 (anticipation d'un comportement non normatif d'autrui). On observe une plus grande stabilité de comportement (choix de l'accélération), ainsi qu'une plus grande réactivité de l'agent non normatif par rapport à l'agent normatif. En effet, ce dernier ne réagit à la présence du véhicule entrant que lorsqu'il est effectivement inséré dans le carrefour.

A un niveau plus global, nous observons également que le temps mis pour que les quatre véhicules franchissent l'intersection est supérieure de 0,70 sec quand les agents ont une perception normative, pour un temps global de franchissement de l'ordre de 6 secondes (résultat que nous retrouverons dans l'évaluation macroscopique).

## 5.2 Niveau macroscopique

Concernant les comportements collectifs, nous avons utilisé une séquence de 12 minutes issues de données de trafic nous ayant permis d'obtenir de premiers résultats de validation d'Archisim, en terme de débit, pour des situations de ronds-points [7], validation obtenue par comparaison avec des données observés et des données issues de simulations [5]. Le réseau est muni de 6 capteurs afin de collecter les données (Cf. Fig. 8).

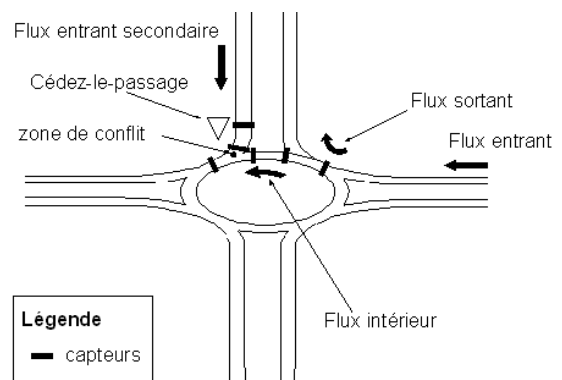


FIG. 8 – Capteurs simulés dans un carrefour giratoire, de manière à comparer les données simulées aux données observées [7].

Comme conditions initiales de trafic, nous avons simulé un débit entrant de 1200 véhicules/h sur la voie secondaire dite "venant de l'Est" (Cf Fig 8, flux entrant), un pourcentage directionnel per-

mettant à 25% de ce flux de sortir du rond-point à la première sortie rencontrée (flux sortant), assurant ainsi un débit de 750 véhicules/h à l'intérieur du rond-point (flux intérieur). Sur la voie secondaire étudiée, nous avons simulé un débit de 800 véhicules/h (flux entrant secondaire).

Nous avons observé en comparant les deux situations comment l'introduction d'une perception normative modifiée (en l'occurrence, dégradée) l'écoulement du trafic (par comparaison des indicateurs macroscopiques). La figure 9 illustre les performances en termes de vitesse et de temps de franchissement de la zone précédant la zone de conflit, pour la voie prioritaire et la voie non prioritaire.

	normatif	non normatif	diff.
vit. moy. P	12,5	32,9	-20,4
vit. moy. NP	8,1	28,7	-20,6
franchis. P	7	1	6
franchis. NP	65	3	62

FIG. 9 – Vitesse (km/h) et temps de franchissement moyens (sec.) pour la voie prioritaire (P) et la voie non prioritaire (NP), dans les deux conditions : agents normatifs et non normatifs.

A la sortie de la zone de conflit, nous observons pour les simulations "normatives" une forte diminution du débit moyen, tant sur la voie non prioritaire (ce qui était prévisible) que sur la voie prioritaire (ce qui l'était moins). Le débit chute fortement sur la voie secondaire (-550 véhicules/h) et chute également sur la voie prioritaire (-250 véhicules/h).

Ces chutes de débit s'expliquent aussi par la diminution des vitesses de passage sur la zone de conflit (-20km/h sur les deux voies, Cf. Tab. Fig. 9). Une explication de ces phénomènes émergents réside dans les situations de "passage en force" de la part des véhicules circulant sur la voie secondaire, provoquant des conflits nécessitant des adaptations en terme d'accélération (et donc de vitesse) plus marquées que lors de conflits "anticipés". En effet les véhicules sur la voie secondaire, du au contexte, sont dotés d'une perception non normative, qui implique qu'ils peuvent envisager que des véhicules prioritaires les laissent s'insérer dans le rond-point ; cette vision n'étant pas partagée par les véhicules prioritaires, dotées, eux, d'une perception normative liée au contexte ("je circule dans un rond-point, je suis donc prioritaire"). Les véhicules non prioritaires ont donc tendance à essayer de forcer le passage, provoquant ainsi des

conflits nécessitant des réactions tardives de la part des véhicules appartenant aux deux flots (prioritaire et non prioritaire), qui se traduisent pas des décélérations.

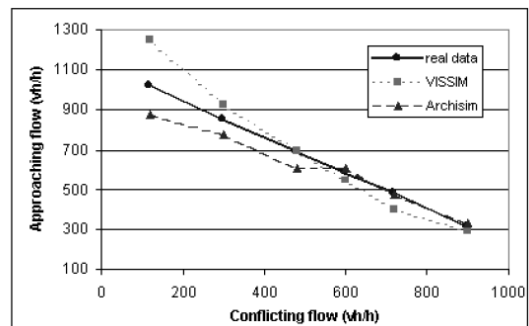


FIG. 10 – Comparaison des débits sur la voie non prioritaire, graphique extrait de [7] : simulations de trafic Archisim, VISSIM [5] et données mesurées [5].

Pour mémoire, la figure 10 illustre les performances d'Archisim, quand les agents sont dotés d'une perception non normative de leur environnement, c'est-à-dire affranchis des "croyances" dans la norme qu'est le Code de la Route [7].

## 6 Conclusion et perspectives

Les résultats obtenus, tant au niveau microscopique qu'au niveau macroscopique, montrent que la manière dont les agents perçoivent et interprètent leur environnement influence significativement les comportements observables (individuels et collectifs). Les choix effectués dans la modélisation des agents concernant la capacité à percevoir l'environnement ont une influence aussi importante que ceux concernant la fonction de prise de décision, particulièrement dans le cas de modèles visant à reproduire des comportements humains.

Nous l'avons montré dans un cas d'interaction : la perception d'agents qui anticipent un comportement non normatif de la part des autres agents est plus réaliste qu'une perception qui ne tient pas compte de possibles écarts à la norme. De ce fait, pour des applications à la locomotion, il nous paraît nécessaire d'améliorer les modèles de perception d'entités mobiles (dans le cas du trafic routier, les conducteurs et les piétons) en s'inspirant de modèles issus de sciences cognitives. Si cette amélioration ne s'impose pas forcément dans un cas simple comme peut l'être

un carrefour giratoire péri-urbain, elle nous paraît nécessaire dans des situations complexes du point de vue de la prise d'information par les agents, comme peuvent l'être les situations de trafic urbain.

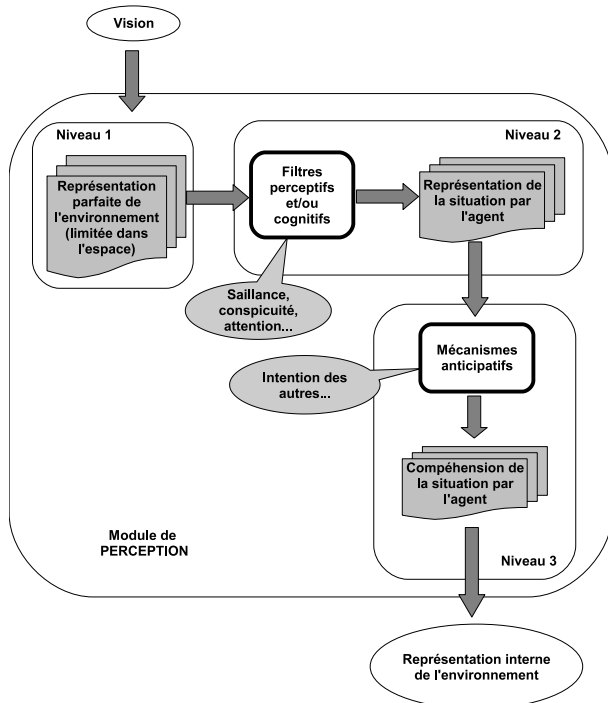


FIG. 11 – Modèle de perception pour un agent autonome inspiré du modèle d'Endsley [12].

En particulier, nous pensons que les travaux de Endsley sur la conscience de situation [12] sont pertinents pour définir une architecture des modèles de perceptions (Cf. Fig. 11), comme cela a été proposé dans un modèle informatique de conducteur automobile [13].

Enfin, nous pensons que les concepts d'autonomie et de norme tels qu'ils sont abordés dans [14, 15] pourraient être utiles dans la modélisation des niveaux proposés (Cf. Fig. 11).

## Références

- [1] R. Mandiau, A. Doniec, S. Piechowiak, J.-M. Auberlet, and S. Espié. Anticiper pour maîtriser la violation de normes : application à la simulation de trafic routier. In *Proceedings of JFSMA*, 2007.
- [2] J. Ferber. *Les systèmes multi-agents*. Inter-Editions, 1995.
- [3] S. Paris, J. Pettré, and S. Donikian. Pedestrian reactive navigation for crowd simulation : a predictive approach. In *Proceedings of Eurographics*, 2007.
- [4] J. J. Gibson and L.E. Crooks. A theoretical field analysis of automobile driving. *American Journal of Psychology*, 51 :453–471, 1938.
- [5] J. Bared and P. Edara. Simulated capacity of roundabouts and impact of roundabout within a progressed signalized road. In *CD-ROM Proceedings of the National Roundabout Conference*. Transportation Research Board of the National Academies, 2005.
- [6] J.-M. Auberlet. Towards a psychological perception in agent modelling. In *Proceedings of the 21st annual European Simulation and Modelling Conference, St. Julian's, Malta*, 2007.
- [7] J.-M. Auberlet, A. Doniec, and R. Mandiau. Conflict in one-lane roundabout : keep the priority or keep calm ? In *Proceedings of the 3d international Symposium on Transport Simulations (ISTS), Queensland, Australia*, 2008.
- [8] A. Champion, S. Espié, and J.-M. Auberlet. Behavioral road traffic simulation with archisim. In *Proceedings of Summer Computer Simulation Conference, Orlando, USA*, 2001.
- [9] A. Champion, M. Y. Zhang, J.-M. Auberlet, and S. Espié. Behavioral simulation towards high density network traffic studies. In *Proceedings of the 3d international conference on traffic and transportation studies, Guilin, China*, 2002.
- [10] J.-M. Auberlet, A. Champion, R. Mandiau, S. Espié, and C. Kolski. From perception to conflict resolution : a priority managing mechanism for road intersection. first results. In *proceedings of the 87th TRB annual meeting Washington D.C., USA*, 2007.
- [11] R. Mandiau, A. Champion, J.-M. Auberlet, S. Espié, and C. Kolski. Behaviour based on decision matrices for a coordination between agents in urban traffic simulations. *Artificial Intelligence*, 28(2) :121–138, 2008.
- [12] M. R. Endsley. Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37 :32–64, 1995.
- [13] T. Bellet T. and H. Tattégren-Veste. A framework for representing driving knowledge. *International journal of cognitive ergonomics*, 3(1) :37–49, 1999.



- [14] C. Carabelea and O. Boissier. Coordinating agents in organizations using social commitments. *Electr. Notes Theor. Comput. Sci.*, 150(3) :73–91, 2006.
- [15] J. Baez-Barranco, T. Stratulat, and J. Ferber. A unified model for physical and social environments. *Environments for Multi-Agent Systems III, LNCS*, 4389 :41–50, 2007.