

Rapport

CETE
Méditerranée

Février 2012

SERRES Action 4 : Note d'opportunité sur l'utilisation du logiciel de simulation de trafic AIMSUN

Ressources, territoires, habitats et logement
Énergies et climat
Prévention des risques
Développement durable
Infrastructures, transports et mer

**Présent
pour
l'avenir**



Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement Méditerranée

www.cete-mediterranee.fr

SERRES Action 4

Note d'opportunité sur l'utilisation du logiciel de simulation de trafic AIMSUN

date : Février 2012

auteur : CETE méditerranée

responsable de l'étude : Nicolas DITCHI, DCEDI

résumé de l'étude :

Cette note s'inscrit dans le cadre du programme de recherche SERRES et de l'action n°4. Elle a pour but d'éclairer les acteurs de ce thème sur les possibilités d'utilisation du logiciel de simulation dynamique de trafic AIMSUN pour évaluer en terme de gain de consommation l'impact de véhicules équipés de systèmes longitudinaux d'aide à la conduite.

Cette note présente:

- les principes généraux de l'outil (fonctionnement, lois fondamentales, données de sortie et modèle de consommation inclus)
- les possibilités d'y adjoindre ses propres modèles de consommation et de comportement de véhicules.
- des modèles réalisés par le CETE en insistant sur les calages réalisés et les données utilisées.

zone géographique : France

nombre de pages : 18

maître d'ouvrage : IFSTTAR
référence : devis n°09C000254

SOMMAIRE

1	CONTEXTE.....	5
2	PRINCIPES GÉNÉRAUX DE FONCTIONNEMENT DU MODÈLE MICRO D'AIMSUN.....	5
2.1	Fonctionnement.....	5
2.1.1	Loi de poursuite.....	6
2.1.2	Lois de changement de voies.....	7
2.1.3	Lois d'acceptation des créneaux.....	7
2.2	Données de sortie.....	8
3	LES POSSIBILITÉS DE PERSONNALISATION DE L'OUTIL.....	9
3.1	Le module API.....	9
3.2	Le module micro SDK.....	10
4	LE MODÈLE DE CONSOMMATION INCLUS DANS LE LOGICIEL.....	10
5	COMMENT COUPLER AIMSUN AVEC SON PROPRE MODÈLE DE CONSOMMATION.....	11
5.1	Limites.....	11
5.2	Utilisation de données agrégées.....	12
5.3	Utilisation de données individuelles.....	12
5.4	Utilisation du module API.....	12
6	PRISE EN COMPTE DE VÉHICULES ÉQUIPÉS DE SYSTÈMES D'AIDE À LA CONDUITE.....	13
7	EXEMPLES DE MODÈLES RÉALISÉS PAR LE CETE AVEC CET OUTIL.....	13
7.1	Description.....	13
7.1.1	Le modèle de Toulon.....	13
7.1.2	Le modèle des échangeurs de l'A9 à Montpellier.....	14
7.1.3	Le modèle du raccordement A75 A9.....	14
7.1.4	Le modèle de l'échangeur des 3 pigeons (A51 accès à la zone d'activité d'Aix en Provence).....	15
7.1.5	Le modèle de Tallard.....	15
7.1.6	Le modèle de Pézenas.....	16
7.2	types de problématiques rencontrées.....	16
7.3	calage et données nécessaires.....	16
8	CONCLUSIONS.....	17

SERRES ACTION 4 : NOTE D'OPPORTUNITÉ SUR L'UTILISATION DU LOGICIEL DE SIMULATION DE TRAFIC AIMSUN

1 Contexte

Cette note s'inscrit dans le cadre de l'opération SERRES et de l'action n°4.

Le CETE Méditerranée a acquis deux licences du logiciel AIMSUN fin d'année 2003 et plusieurs agents ont reçu leur première formation en 2004.

L'utilisation de l'outil dans des études opérationnelles a démarré en 2005 avec le modèle relatif au tunnel de Toulon (cf paragraphe 7.1.1)

En 2003, AIMSUN n'était qu'un outil de simulation microscopique (prise en compte individuel des véhicules) et d'affectation dynamique du trafic , il n'a cessé d'évoluer et se compose désormais :

- d'un modèle microscopique
- d'un modèle mésoscopique
- d'un modèle hybride (micro et meso géré par zones)
- d'un modèle d'affectation macroscopique
- de plusieurs modèles d'affectation dynamique du trafic
- d'un modèle piéton

2 Principes généraux de fonctionnement du modèle micro d'AIMSUN

2.1 Fonctionnement

Il s'agit d'un modèle microscopique, le comportement de chaque véhicule est modélisé de façon continue à chaque pas de simulation pendant toute la durée modélisée. Au cours de leur trajet, les véhicules suivent des lois dont les principales sont :

- la loi de poursuite (car following)
- les lois de changements de voies (lane changing)
- les lois d'acceptation des créneaux (gap acceptance)

Il s'agit d'un modèle qui combine l'aspect discret et continu.

Certains éléments du modèle changent de manière continue (véhicules, détecteurs) pendant la durée de la simulation qui est découpée en périodes très courtes de temps appelées pas de simulation.

Les autres éléments du modèle changent de manière discrète (état des feux, heures d'entrée dans la modèle) à des instants donnés.

Un nombre important de paramètres sont tirés de manière aléatoire dans des distributions statistiques :

- caractéristiques de véhicules
- horaire d'entrée dans le modèle

Chaque simulation avec sa génération aléatoire est appelée « réplique », pour un même scénario il faut lancer plusieurs répliques pour pouvoir caractériser correctement le fonctionnement du scénario.

Les lois de comportement principales sont décrites de manière simplifiée dans les paragraphes suivants.

2.1.1 Loi de poursuite

Ce paragraphe volontairement détaillé précise le comportement longitudinal des véhicules dans la simulation, les systèmes d'aide à la conduite évalués dans l'action 4 de l'opération SERRES étant longitudinaux.

La loi de poursuite utilisée dans AIMSUN est basée sur le modèle de Gipps (Gipps 1981 et 1986b), plusieurs déclinaisons apparaissent dans AIMSUN entre la version 4 et la version 7.

Elle se compose de deux composantes: l'accélération et la décélération. La première représente l'intention d'un véhicule d'arriver à rouler à la vitesse qu'il désire (fonction de son obéissance à la vitesse, de la section où il se trouve, de son environnement), la seconde reproduit la limitation liée au véhicule situé juste devant.

La vitesse maximale à laquelle le véhicule « n » peut accélérer est donnée par la formule suivante :

$$V_a(n, t+T) = V(n, t) + 2,5 a(n) T \left(1 - \frac{V(n, t)}{V^*(n)}\right) \sqrt{0,025 + \frac{V(n, t)}{V^*(n)}}$$

$V(n,t)$ est la vitesse du véhicule n à l'instant t

$V^*(n)$ est la vitesse désirée du véhicule n

$a(n)$ est l'accélération maximale du véhicule n

T est le temps de réaction du véhicule n

D'un autre côté, la vitesse du véhicule « n » peut être limitée par le véhicule juste devant lui (n-1) par la formule suivante :

$$V_b(n, t+T) = d(n) T + \sqrt{d(n)^2 T^2 - d(n) [2\{x(n-1, t) - s(n-1) - x(n, t)\} - V(n, t) T - \frac{V(n-1, t)^2}{d'(n-1)}]}$$

$d(n)$ (<0) est la décélération maximale désirée du véhicule n

$x(n,t)$ est la position du véhicule n à l'instant t

$x(n-1,t)$ est la position du véhicule n-1 à l'instant t

$s(n-1)$ est la longueur du véhicule n-1

$d'(n-1)$ est une estimation de la décélération maximale désirée du véhicule n-1

Dans tous les cas la vitesse définitive du véhicule n pendant l'intervalle (t, t+T) est le minimum de V_a et V_b . La nouvelle position du véhicule n est calculée à l'aide de cette vitesse et de sa position précédente.

Les différentes versions de la loi de poursuite implémentées dans AIMSUN sont relatives à l'estimation de la décélération maximale désirée du véhicule n-1.

Dans la version la plus ancienne de l'implémentation de la loi de poursuite (v4.1)

$$d'(n-1) = d(n-1)$$

Cette version de la loi de poursuite peut engendrer des cas de temps intervéhiculaire (TIV) très faible.

Dans la version 4.2

$$d'(n-1) = \frac{d(n-1) + d(n)}{2}$$

Cette version permet de limiter l'apparition de TIV très faible tout en gardant une moyenne similaire à la version 4.1

Dans la version 6.0, une contrainte de TIV minimal a été introduite et l'estimation de la décélération se fait par l'intermédiaire d'un facteur de sensibilité « a » tiré de manière aléatoire pour chaque véhicule.

$$d'(n-1) = d(n-1) * a$$

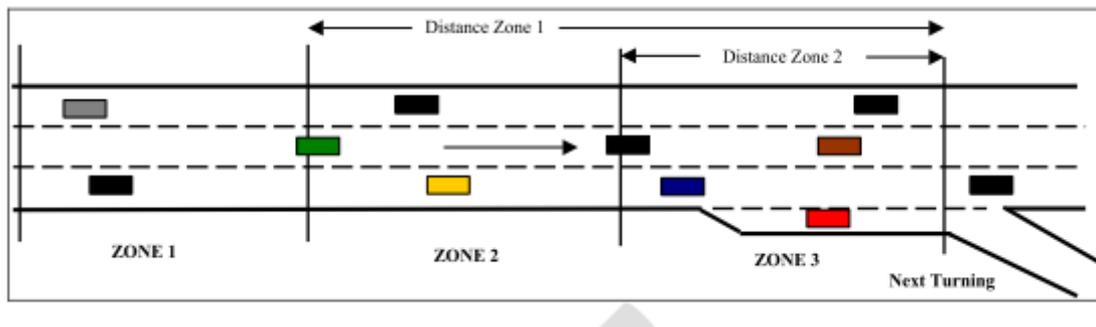
Si $a < 1$ le véhicule « n » a tendance à sous estimer la décélération maximale désirée du véhicule n-1, ceci se traduit par une conduite plus agressive avec des TIV réduits.

Si $a > 1$ le véhicule « n » a tendance à sur estimer la décélération maximale désirée du véhicule n-1, ceci se traduit par une conduite plus prudente avec des TIV plus importants.

2.1.2 Lois de changement de voies

Chaque section du réseau modélisé est découpée en trois zones (dont les positions et les tailles sont définies par le modélisateur).

Le schéma suivant illustre ce découpage.



Dans la « Zone 1 », le changement de voie d'un véhicule est dicté par sa volonté de circuler à sa vitesse désirée. S'il est ralenti par un véhicule devant lui, il décide de changer de voie si la loi d'acceptation des créneaux sur la voie latérale lui permet ce mouvement. Le véhicule ne se soucie pas de savoir si la voie sur laquelle il circule lui permettra de suivre son chemin.

Dans la « Zone 2 », le véhicule évalue si la voie dans laquelle il circule lui permet de poursuivre son chemin. Par exemple, imaginons sur le schéma précédent que le véhicule jaune souhaite quitter l'axe principal, celui-ci est sur la bonne voie par contre si le véhicule vert souhaite suivre le même chemin celui-ci devra se rabattre sur la voie de droite. Cette manœuvre sera effectuée en respectant une marge dans la loi d'acceptation des créneaux et sans changer le comportement des véhicules de la voie latérale.

Dans la « Zone 3 », le véhicule doit absolument changer de voie si sa voie actuelle ne lui permet pas de poursuivre son chemin. Il va adapter sa vitesse pour effectuer cette manœuvre, le comportement des véhicules sur la voie latérale peut être modifié pour proposer un créneau suffisant et favoriser la manœuvre.

2.1.3 Lois d'acceptation des créneaux

Ces lois régissent le comportement des véhicules qui sont soit en situation de franchir des zones de conflit dans un carrefour soit en train d'essayer d'effectuer une manœuvre de changement de voie.

Dans un carrefour, le véhicule non prioritaire évalue les créneaux disponibles pour franchir le carrefour sans gêner les véhicules prioritaires. Cette estimation dépend essentiellement de la position de chaque véhicule, des vitesses des véhicules et des capacités d'accélération des véhicules.

En situation de changement de voie, une évaluation des créneaux est effectuée sur les voies latérales de manière à respecter la loi de poursuite en cas de dépassement. Plusieurs notions sont introduites pour pouvoir quand même effectuer le changement de voie malgré des longueurs de créneaux insuffisantes :

- des paramètres véhicules peuvent être utilisés pour effectuer des changements de voie non sécuritaires
- une coopération est possible entre les véhicules pour créer des créneaux suffisants.

2.2 Données de sortie

L'outil permet de stocker dans des bases de données (Access, SQLite ou n'importe quelle base via ODBC) les données suivantes :

- données statistiques agrégées sur un pas de temps paramétrable par type d'objet:
 - modèle entier (densité, flux, temps de parcours, temps perdu, vitesse, vitesse harmonique, distance parcourue, temps de parcours total, nombre de véhicules en attente pour entrer dans le modèle, nombre de véhicules dans le modèle, nombre de véhicules sortis du modèle, véhicules perdus dans le modèle, véhicules n'ayant pu rejoindre leur destination, file d'attente moyenne, temps d'arrêt moyen, litres de carburant consommés, nombre d'arrêts moyen par véhicules)
 - sections (flux, comptage, temps de parcours moyen, temps perdu moyen, vitesse moyenne, vitesse harmonique moyenne, densité, longueur de file moyenne, longueur de file max, nombre de km parcourus, temps de parcours total, nombre de changement de voie, temps d'arrêt moyen, litres de carburant consommés, nombre d'arrêts)
 - voies (flux, densité, longueur de file moyenne, longueur de file max, vitesse, vitesse harmonique, temps de parcours)
 - mouvements tournants (flux, comptage, temps de parcours moyen, vitesse moyenne, vitesse harmonique moyenne, longueur de file moyenne, longueur de file max, nombre de km parcourus, temps de parcours total, temps d'arrêt moyen, litres de carburant consommés, nombre d'arrêts moyen par véhicules, nombre de changement de voie)
 - noeuds (niveau de service, nombre de véhicules perdus, nombre de mouvements tournants perdus)
 - centrides (nombre de véhicules ayant rejoint leur destination, vitesse moyenne, vitesse harmonique moyenne, temps de parcours moyen, temps perdu moyen, nombre de km parcourus, temps de parcours total, nombre de véhicules perdus, nombre max de véhicules en attente pour entrer dans le modèle, nombre moyen de véhicules en attente pour entrer dans le modèle, temps d'arrêt moyen, nombre d'arrêts moyen par véhicule, litres de carburant consommés)
 - paires Origine/Destination (O/D) (nombre de véhicules ayant rejoint leur destination, vitesse moyenne, vitesse harmonique moyenne, temps de parcours moyen, temps perdu moyen, temps d'arrêt moyen, nombre d'arrêts moyen par véhicule, litres de carburant consommés, temps de parcours total sur la paire O/D, nombre de km parcourus sur la paire O/D, nombre de véhicules perdus, nombre max de véhicules en attente pour entrer dans le modèle, nombre moyen de véhicules en attente pour entrer dans le modèle)
 - itinéraires (flux, vitesse moyenne, vitesse harmonique moyenne, temps de parcours moyen, temps perdu moyen, nombre de km parcourus sur l'itinéraire, temps de parcours total sur l'itinéraire, temps d'arrêt moyen, nombre d'arrêts moyen par véhicule, litres de carburant consommés)
 - lignes de transport public (nombre de véhicules arrivés à la fin de la ligne, vitesse moyenne, vitesse harmonique moyenne, vitesse moyenne, vitesse harmonique moyenne, temps de parcours moyen, temps perdu moyen, nombre de km parcourus, temps de parcours total, nombre de véhicules perdus, nombre max de véhicules en attente pour entrer dans le modèle, nombre moyen de véhicules en attente pour entrer dans le modèle, temps d'arrêt moyen, nombre d'arrêts moyen par véhicule, litres de carburant consommés)
 - détecteurs (comptage, flux, vitesse moyenne, taux d'occupation, densité, temps inter véhiculaire).

Dans l'outil, des véhicules peuvent être « équipés », si certains détecteurs sont configurés pour détecter ces véhicules, une table de la base de données est créée, elle contient alors les informations de détection de chaque véhicule qui est passé sur ce type de détecteur :

- identifiant du détecteur
- instant de passage
- identifiant du véhicule
- type de véhicule
- identifiant de la ligne de transport public (si c'est le cas)
- vitesse
- temps intervéhiculaire

Un fichier XML dit « d'animation » peut être créé lorsque une simulation interactive microscopique est lancée. Ce type de fichier a été conçu pour alimenter des modélisations 3D d'infrastructure dans lesquels les positions des véhicules simulés peuvent être intégrées via la lecture de ce fichier.

Il contient à chaque pas de temps de la simulation :

- les informations relatives aux véhicules créés dans le modèle :
 - l'identifiant du véhicule
 - son type
 - ses dimensions
 - position de l'avant et de l'arrière du véhicule
 - sa vitesse
 - son accélération
- les informations relatives aux déplacements des véhicules déjà créés antérieurement :
 - nouvelle position
 - nouvelle vitesse
 - nouvelle accélération
- les informations concernant les véhicules ayant quitté le modèle
- les informations relatives à l'état de la signalisation tricolore

3 Les possibilités de personnalisation de l'outil

3.1 Le module API

Il s'agit d'un module complémentaire payant du logiciel AIMSUN.

Le module API (Application Programming Interface) est un ensemble de fonctions en Python ou C++ permettant à l'utilisateur :

- d'inclure des systèmes de transport intelligent pour les évaluer dans la simulation :
 - systèmes de contrôle spécifique de feux de circulation
 - gestion dynamique du trafic
 - guidage de certains véhicules
 - systèmes de gestion des transports collectifs
- d'accéder à l'ensemble des données du simulateur pendant son déroulement pour y inclure :
 - son propre modèle de consommation ou d'émissions de polluants
 - ses propres indicateurs de trafic
 - ses propres interfaces avec des applications externes

Ce module permet d'étendre les fonctionnalités d'AIMSUN y compris par des applications définies par l'utilisateur qui peuvent échanger des informations et/ ou modifier dynamiquement l'état de la simulation.

3.2 Le module micro SDK

Le module micro SDK (Aimsun Microscopic Simulator Software Development Kit) permet de remplacer les modèles de comportement d'AIMSUN (loi de poursuite, loi de changement de voies, loi d'acceptation des créneaux, etc ...) par ses propres lois programmées en C++.

Le CETE ne dispose pas de licence de ce module.

Celui-ci pourrait être utilisé dans l'opération SERRES pour programmer les comportements des véhicules disposant de dispositifs spécifiques d'aide à la conduite.

4 Le modèle de consommation inclus dans le logiciel

AIMSUN possède un modèle de consommation implémenté directement dans l'outil. Ce modèle considère que les véhicules peuvent être dans les états suivants :

- au ralenti
- à vitesse stable
- en phase d'accélération
- en phase de décélération

Pour les deux états « ralenti ou décélération », la consommation est supposée constante :

- F_i au ralenti (idling en anglais) exprimé en millilitre par seconde
- F_d en phase de décélération exprimé en millilitre par seconde

Pour un véhicule en phase d'accélération, la consommation instantanée en millilitre par seconde est donnée par la formule suivante :

$$F_a = (c_1 + c_2 av)$$

c_1 et c_2 sont des constantes, a l'accélération et v la vitesse.

L'équation utilisée pour les véhicules roulant à vitesse stable v est :

$$\frac{dF}{dt} = k_1 \left(1 + \frac{v^3}{2v_m^3}\right) + k_2 v$$

k_1 , k_2 et v_m sont trois constantes qui doivent être déterminées de manière empirique. v_m est la vitesse à laquelle la consommation est minimum.

$$k_1 = \frac{(F_1 - F_2) v_1 v_2 v_m^3}{180(2v_2 v_m^3 - 2v_1 v_m^3 + v_2 v_1^3 - v_1 v_2^3)}$$

$$k_2 = \frac{2F_2 v_2 v_m^3 - 2F_1 v_1 v_m^3 + F_2 v_2 v_1^3 - F_1 v_1 v_2^3}{360(2v_2 v_m^3 - 2v_1 v_m^3 + v_2 v_1^3 - v_1 v_2^3)}$$

F_1 est la consommation du véhicule à la vitesse constante v_1 associée (90 km/h)

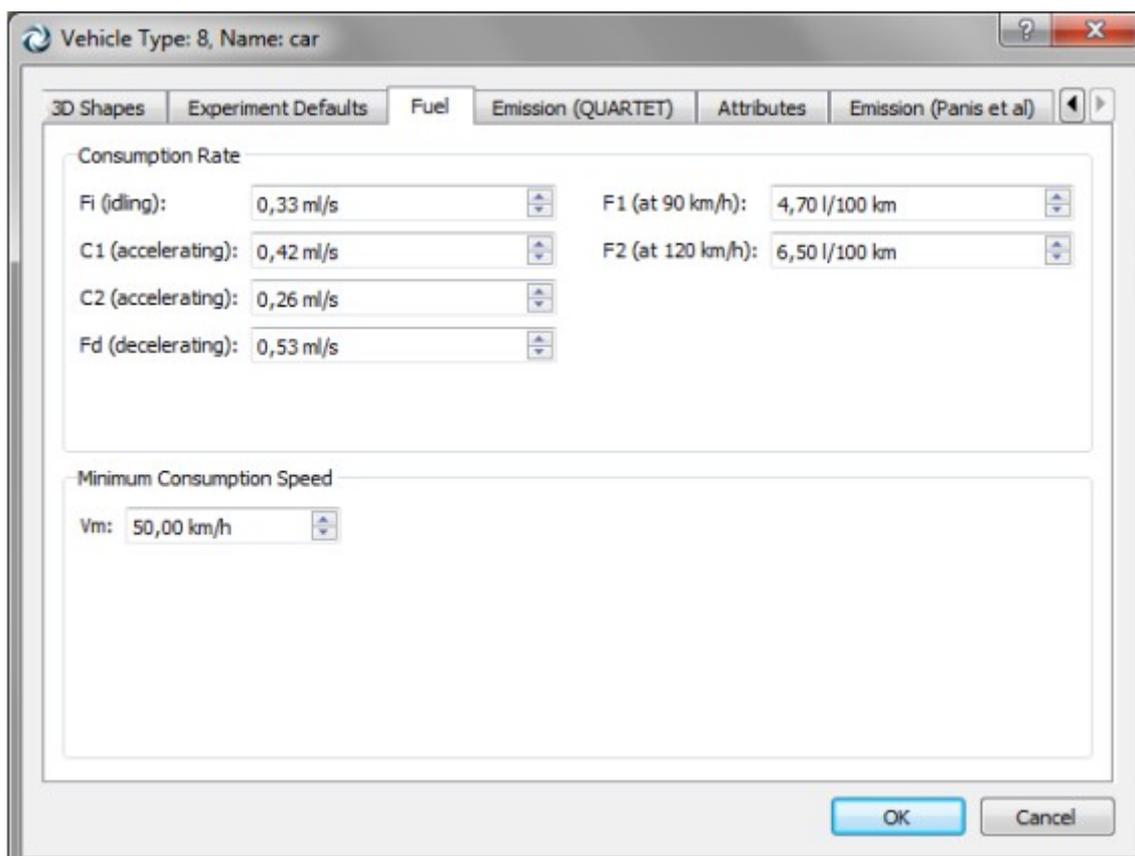
F_2 est la consommation du véhicule à la vitesse constante v_2 associée (120 km/h)

A chaque pas de simulation, l'état de chaque véhicule est déterminé et la consommation instantanée associée est calculée.

Les données de consommation sont ensuite agrégées temporellement, en fonction des objets du modèle et exprimées en litres :

- modèle entier
- sections
- mouvements tournants
- itinéraires

Les valeurs suivantes sont indiquées dans la documentation du logiciel AIMSUN.



Il s'agit d'un modèle assez ancien de consommation basé sur les travaux de Akcelic (1982), Ferreira (1992) et le département transport britannique de 1994.

5 Comment coupler AIMSUN avec son propre modèle de consommation

5.1 Limites

L'utilisateur d'AIMSUN peut avoir accès aux informations suivantes exploitable par un modèle de consommation :

- véhicules : position, vitesse, accélération, type
- sections : type de voie, pente

Le modèle de simulation microscopique AIMSUN n'a en revanche **aucune information plus fine sur le**

véhicule (rapport de boîte utilisé, vitesse de rotation du moteur, usure, état de chauffe du moteur , etc) que certains modèles de consommation pourraient exiger.

5.2 Utilisation de données agrégées

Suivant le type de modèle de consommation utilisé, il peut être envisagé d'utiliser simplement les données de trafic agrégées calculées par le simulateur (débits, vitesse, nombre d'arrêts, ... par type de véhicule).

Cette solution peut convenir à des modèles simples qui ne prennent pas en compte les vitesses et accélérations individuelles et instantanées des véhicules.

5.3 Utilisation de données individuelles

Comme expliqué au paragraphe 2.2 , AIMSUN peut générer des fichiers dit d'animation contenant la cinématique de tous les véhicules du modèle.

Ce fichier pourrait être directement utilisé par un modèle de consommation. Les résultats des calculs ne seront pas disponibles directement dans AIMSUN mais dans une application capable de lire ces fichiers XML.

5.4 Utilisation du module API

L'utilisation du module API semble la meilleure option pour utiliser son propre modèle de consommation. Grâce aux fonctions disponibles, le programme externe peut accéder à l'ensemble des données de la simulation :

- éléments du modèle (sections, noeud, ...)
- données relatives aux véhicules et à leur cinématique

L'avantage d'utiliser cette solution est la possibilité d'ajouter des attributs à tous les objets du modèle pour y affecter les résultats de calcul du modèle de consommation.

On peut par exemple:

- ajouter des attributs dynamiques à chaque véhicule qui donne à chaque pas de temps sa consommation instantanée, sa consommation totale depuis son entrée dans le modèle, sa consommation moyenne, etc ...
- ajouter un attribut de type données agrégées qui contient les consommations des véhicules qui sont passés sur des objets du modèle :
 - sections
 - noeuds
 - mouvements tournants
 - itinéraires
 - paires O/D
 - modèle entier

Ceci permettrait directement dans l'outil de simulation de comparer différents scénarios sur des critères de consommation.

6 Prise en compte de véhicules équipés de systèmes d'aide à la conduite

Il est possible de créer dans AIMSUN autant de types de véhicules que l'utilisateur souhaite modéliser. La première des étapes est donc de créer des types de véhicules en fonction des systèmes d'aide à la conduite que l'on souhaite modéliser.

Plusieurs approches peuvent être évoquées pour la prise en compte du comportement spécifique de ces

véhicules.

La plus simple des approches est d'adapter les paramètres des véhicules pour qu'ils reproduisent le comportement que leur procure le système d'aide à la conduite.

L'exemple le plus simple est un véhicule équipé d'un système de limiteur s'adaptant à la vitesse autorisée (LAVIA). Pour ce type de véhicule, il faut tronquer la distribution des taux d'acceptation des vitesses à une valeur maximum égale à 1.

Un autre exemple serait un véhicule équipé d'un système respectant les TIV de 2 secondes. Il faudrait dans ce cas utiliser la loi de poursuite version 6.0 décrite au paragraphe 2.1.1 en fixant la contrainte de TIV à 2 secondes.

L'expérience de l'utilisateur et sa connaissance des lois de comportement utilisées dans l'outil permet d'orienter la modification de paramètres pour que le comportement de conduite du véhicule se rapproche de celui souhaité.

Il faut prendre des précautions lorsque l'on modifie certains paramètres globaux qui ont une influence dans plusieurs lois de comportement.

Par exemple, imaginons que l'on souhaite modéliser des véhicules équipés d'un système d'aide à l'écoconduite sur autoroute. Si l'on baisse les accélérations de ces véhicules, ce paramètre global aura une influence sur les accélérations en pleine voie mais également sur la loi d'acceptation des créneaux ainsi on risque de baisser sensiblement la capacité des axes en « cédez le passage ».

Ces modifications de paramètres globaux peuvent n'être appliquées que sur certaines sections du réseau modélisé en utilisant les possibilités du module API d'AIMSUN

Compte tenu des limites des lois de comportement implémentées dans l'outil, il est tout à fait envisageable qu'elles ne puissent pas reproduire le comportement souhaité.

Une solution est d'utiliser le module microSDK qui permet d'implémenter ces propres lois de comportement.

Le CETE Méditerranée ne dispose pas de ce module payant et n'a pas d'expérience de cet outil. Il semble adapté aux besoins d'équipes de recherche qui souhaitent implémenter leurs propres modèles.

7 Exemples de modèles réalisés par le CETE avec cet outil

7.1 Description

7.1.1 Le modèle de Toulon

Il s'agit du premier modèle sur lequel le CETE a travaillé et a été réalisé avec la version 5.1 d'AIMSUN (ce modèle devrait être recalé pour fonctionner avec la dernière version v7 de l'outil). L'objectif était de modéliser **une large zone** pour dans un premier temps évaluer les conséquences de la mise en place d'une infrastructure majeure, le tunnel de traversée Ouest-Est reliant les autoroutes A50 et A57. La seconde phase de cette étude (toujours d'actualité) est d'assurer la fluidité dans le tunnel en évaluant des modifications d'infrastructure et des systèmes de gestion dynamique du trafic à l'aide du modèle.

Le réseau du modèle est constitué de :

- environ 300 km de sections
- 860 nœuds
- 120 carrefours à feux

La demande de trafic est issue d'un modèle statique de déplacements à l'heure de pointe du soir et a été adaptée pour les besoins du modèle dynamique :

- découpage dynamique de la demande
- découpage catégoriel (VL, VUL et PL)

Les matrices utilisées dans ce modèle sont de taille 150*150.

Le calage d'un tel modèle a été un travail conséquent et s'est appuyé sur de nombreuses sources de données :

- des enquêtes spécifiques sur les échangeurs autoroutiers
- des comptages ponctuels (permanents ou issus d'enquête terrain)
- d'observation dans les PC de gestion de trafic (urbain et autoroutier)

7.1.2 Le modèle des échangeurs de l'A9 à Montpellier

Ce modèle a également été réalisé avec la version 5.1 d'AIMSUN. Le but de cette étude était de trouver des solutions d'aménagement et de gestion de trafic pour réduire les files d'attente que l'on observe en heure de point du matin sur l'autoroute A9 au niveau des échangeurs Est et Sud.

Les bretelles de sortie de ces deux échangeurs sont très chargées en HPM, elles se connectent sur le réseau urbain sur des giratoires. La forte demande de trafic et l'offre insuffisante sur ces giratoires conduisent à la formation de files d'attente sur A9. Ce phénomène entraîne un risque de collision sur A9 qui connaît un très fort taux de PL.

Le réseau est constitué de :

- environ 38 km de sections
- 81 noeuds
- un carrefour à feux

La demande de trafic est issue d'un modèle statique de déplacements de l'aire Montpelliéraine et a été adaptée à la zone d'étude. Cette demande a été retravaillée à l'aide de mesures de trafic spécifiques (comptages, comptages directionnels sur les giratoires et données de trafic sur A9). Les matrices de la zone d'études sont de taille 20*20 et les VL et PL ont été pris en compte.

Le calage s'est concentré sur le fonctionnement des giratoires qui est la source des problèmes. Les paramètres liés à la loi d'acceptation des créneaux ont été ajustés.

7.1.3 Le modèle du raccordement A75 A9

Ce modèle a été réalisé avec la version 5.1 du logiciel. Le but de cet étude était de tester plusieurs configurations géométriques du raccordement A9/A75 ainsi que des principes de gestion de trafic (interdiction de dépassement des PL, régulation d'accès).

Le réseau est constitué d'environ 31 km de sections.

Le calage de ce modèle a consisté à reproduire le fonctionnement de l'A9 sans le raccordement de l'A75. Un calage très fin a été réalisé sur deux journées types de grand départ estival. Le calage a consisté à reproduire le plus fidèlement possible **les diagrammes vitesse/débit par voie** ainsi que la répartition d'utilisation des voies en fonction de la demande de trafic.

Ce travail a mis en évidence la difficulté de reproduire dans le simulateur les débits relativement faibles que l'on peut observer sur la voie lente sur ce genre d'infrastructure.

Ceci s'explique par les lois de changement de voie qui implique des retours sur la voie lente plus fréquent que dans la réalité.

Les nouvelles versions d'AIMSUN (6.1 ou 7) ont introduit de nouveaux paramètres pour améliorer ce fonctionnement.

Les données utilisées pour le calage étaient des données débits et vitesses par voies agrégées par pas de 6 minutes pendant l'été 2007.

7.1.4 Le modèle de l'échangeur des 3 pigeons (A51 accès à la zone d'activité d'Aix en Provence)

Ce modèle a également été réalisé avec la version 6.1 d'AIMSUN. Le but de cette étude était de trouver des solutions d'aménagement et de gestion de trafic pour réduire les files d'attente que l'on observe en heure de point du matin sur l'autoroute A51 au niveau de l'échangeur d'accès à la zone d'activité d'Aix Les Milles.

La bretelle de sortie se connecte via un carrefour en T en cédez le passage. Dans un premier temps les files d'attente se créent en raison de l'insertion difficile sur un axe chargé puis cette axe devient saturé en raison du fonctionnement d'un giratoire en aval, les débits sur la bretelle autoroutière sont alors insuffisants pour écouler la demande.

Le réseau est constitué de :

- environ 12 km de sections
- 22 noeuds

La demande de trafic est issue d'une enquête O/D par lecture de plaques spécifiquement réalisée pour cette étude. Le découpage dynamique de la demande a été particulièrement travaillé en utilisant des matrices 10*10 de durée 6 minutes entre 7h30 et 9h. Les VL et PL ont été pris en compte.

Le calage s'est concentré sur le fonctionnement des giratoires et du carrefour en T. Les paramètres globaux liés à la loi d'acceptation des créneaux ont été ajustés.

7.1.5 Le modèle de Tallard

Ce modèle a été réalisé avec la dernière version du logiciel AIMSUN (v7). La zone modélisée est la fin de l'autoroute A51 dans sa partie Nord. Elle vient se connecter à un réseau de route interurbaine permettant l'accès à Gap et aux stations de ski de l'Avance et de l'Ubaye.

Le but de cette étude a été de trouver des solutions pour améliorer le fonctionnement de la zone pendant les périodes touristiques. On observe sur ces journées particulières des files de plus de 6km sur A51.

Le réseau est constitué de :

- environ 38 km de sections
- 41 noeuds
- un carrefour à feux microrégulé

La demande de trafic est issue d'une enquête O/D par lecture de plaques spécifiquement réalisée pour cette étude sur une journée de grand départ. Les matrices utilisées sont de taille 13*13. Les VL et PL ont été pris en compte.

Compte tenu de la charge de trafic sur ce jour d'enquête, les matrices O/D ont été réajustées à l'aide de données de trafic disponible dans la zone d'étude (en particulier station de comptage ESCOTA en amont des zones saturées).

Le calage s'est concentré sur le fonctionnement global de la zone notamment sur les faibles débits observés à la connexion d'A51 sur le réseau interurbain et sur le carrefour à feux. Les paramètres globaux de temps de réaction, temps de réaction aux feux et cinématiques des véhicules ont été ajustés.

7.1.6 Le modèle de Pézenas

Ce modèle a été réalisé avec la version 6.1.3 du logiciel AIMSUN.

La zone modélisée comprend une partie de l'A75 sur 8 km : la déviation de Pézenas, les principales artères de la

ville de Pézenas ainsi que les routes départementales. La déviation doit subir des travaux de requalification environnementale dans les 2 sens qui va engendrer la réduction des voies, le basculement de chaussées et la fermeture de bretelles des échangeurs. L'objectif de l'étude est de tester le phasage des travaux, de mesurer les incidences sur la circulation et d'évaluer les reports de trafic sur la ville de Pézenas en tenant compte des capacités de trafic au droit du chantier.

Le réseau est constitué de :

- 193 sections
- 54 noeuds
- un carrefour à feux

La demande de trafic est issue d'enquêtes par interviews, de plusieurs enquêtes O/D par lecture de plaques aux carrefours réalisés à l'heure de pointe du soir. Les matrices utilisées sont de taille 21*21. Les VL et PL ont été pris en compte. Les matrices O/D ont été réajustées à l'aide de données de trafic recueillies par tube sur le réseau départemental et les bretelles des échangeurs de l'A75.

Quatre échangeurs desservent la ville de Pézenas. Le calage s'est donc concentré sur la répartition des usagers entre l'autoroute et la ville de Pézenas en fonction des échangeurs via l'ajustement des paramètres des lois d'affectation dynamique du trafic.

7.2 types de problématiques rencontrées

Les problématiques rencontrées dans les études faites par le CETE Méditerranée sont variées. Elles concernent le fonctionnement d'échangeurs où l'offre est insuffisante par rapport à la demande de trafic, le fonctionnement global d'un tissu urbain où une nouvelle infrastructure sera mis en place, le fonctionnement précis d'une autoroute de liaison etc. L'outil AIMSUN permet à la fois de tester des solutions géométriques mais également des systèmes de gestion de trafic, des systèmes de transports intelligents.

L'outil AIMSUN peut également être utilisé pour étudier le fonctionnement de TCSP et de leur interaction avec des carrefours. Des utilisations d'un tel outil sont également envisageables pour la gestion de trafic en temps réel.

7.3 calage et données nécessaires

La phase de calage est primordial pour élaborer un modèle dynamique de trafic, elle nécessite la collecte d'un maximum de données de trafic dans la zone d'études (débits, vitesses, temps de parcours, etc) sur des pas de temps représentatif de la dynamique du système étudié. Ces données sont parfois compliquées à obtenir et nécessitent des périodes de recueils spécifiques.

Les paramètres du modèle microscopique d'AIMSUN sont nombreux et l'utilisateur de l'outil doit être formé à son utilisation et connaître les lois utilisées dans le modèle. Cette connaissance permet d'appréhender l'influence de chacun des paramètres.

Ces paramètres sont de deux niveaux :

- niveau local : paramètres des sections (vitesse à vide, définition des zones de changement de voie, coopération pour le changement de voie, variation locale de paramètres globaux etc ...), paramètres des noeuds (mouvements tournants, vitesse, etc ...)
- niveau global : paramètres des véhicules (cinématiques, temps de réaction au stop, acception des vitesses, etc), temps de réaction, pas de simulation, loi de poursuite, paramètres de changement de voies.

La difficulté réside à ajuster l'ensemble de ces paramètres pour qu'il reproduise au mieux le fonctionnement du

réseau. Certains paramètres ont des influences sur plusieurs lois de comportements et donc sur des situations différentes (situation de cédez le passage, conduite sur autoroute, capacité).

Les paramètres cinématiques des véhicules ne doivent pas être perçus comme les caractéristiques des véhicules fournis par les constructeurs. Il s'agit de paramètres du couple « véhicule-conducteur », pour imager ce propos, on peut avoir un couple « véhicule sportif-conducteur prudent » qui aurait des accélérations liées au type de conduite du conducteur plus qu'à la caractéristique propre du véhicule. Ces paramètres sont liés aux lois de comportement implémentées et sont des paramètres à calibrer pour reproduire des données de trafic (débit aux carrefours, capacité sur autoroute, etc ...).

8 Conclusions

L'outil AIMSUN semble adapté pour évaluer l'influence de véhicules équipés de systèmes d'aide à la conduite. Son côté « ouvert » via les modules API et micro SDK permettent de s'affranchir des éventuelles limites de son implémentation de base (données de sortie, lois de comportement). On peut y inclure son propre modèle de consommation comme envisagé dans l'opération SERRES. Cependant, des modèles trop complexes de consommation nécessitant des données non disponibles dans le simulateur (rapport de boîte, régime moteur) ne peuvent pas être implémentés directement.

L'évaluation de l'influence d'une flotte spécifique de véhicules (par exemple équipé d'un système d'aide à la conduite longitudinal) doit se faire sur **un modèle calé**. Cette phase de calage est la plus complexe à mettre en œuvre, elle nécessite une bonne connaissance de l'outil mais également des données de trafic nombreuses, fines et dont la dynamique représente les phénomènes à reproduire dans le modèle.

Ressources, territoires, habitats et logement
Énergies et climat Développement durable
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

**Présent
pour
l'avenir**

CETE
Méditerranée

Département DCEDI
Service EIT

www-cete-mediterranee.fr