

RAPPORT

Centre d'Études
Techniques
de l'Équipement
de l'Ouest

Laboratoire Régional
des Ponts
et Chaussées
de Saint-Brieuc

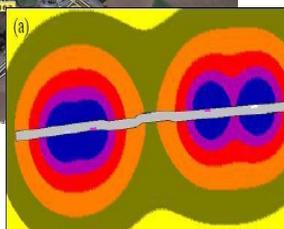
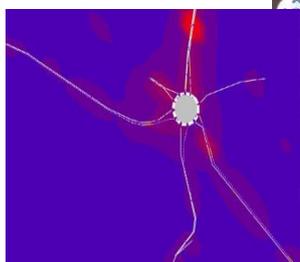
Mars 2012

Opérations de recherches 11M61
prévoir le bruit en milieu Urbain et

RPS2S11001 SERRES

Expérimentation et validation d'un modèle de
carrefour Giratoire sous ISAUR

Carrefour giratoire du Mourillon (56)



Ministère de l'Écologie, de l'Énergie,
du Développement durable et de la Mer
en charge des Technologies vertes et des Négociations sur le climat

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

Présent
pour
l'avenir

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
0.1	28/02/2012	
0.2	6/06/2013	

Affaire suivie par

Didier Meaux LRPCB/unité BAT
Tél. : 02 96 75 93 16/ Fax : 02 96 75 93 10
Courriel : didier.meaux@developpement-durable.gouv.fr

Rédacteur

Didier MEAUX-DLRB/BAT

Relecteur

Gérard CHERVET- DLRB

Référence(s) intranet

G:\35-BAT\Nouvelle_classification\Acoustique\Affaires\16890_08_BR_LCPC\rapport_final\2012_02_28_RAP_ISAUR-rapport-final.odt

SOMMAIRE

1 - PRÉSENTATION ET SYNTHÈSE.....	5
2 - PARTENAIRES ET CONTRIBUTEURS DE L'ÉTUDE.....	6
3 - EXPÉRIMENTATION CARREFOUR DU MOURILLON (LORIENT 56).....	7
3.1 - Caractéristiques du site.....	7
3.2 - Données générales de trafic.....	8
3.3 - Protocole d'expérimentation de recueil de données.....	9
3.4 - Nomenclature des fichiers de mesure acoustiques.....	10
3.5 - Principaux enseignements.....	10
4 - POST-TRAITEMENT DES DONNÉES SONOMÉTRIQUES.....	11
5 - MODÉLISATION DU CARREFOUR GIRATOIRE SOUS SYMUBRUIT.....	11
5.1 - Installation du logiciel.....	11
5.2 - Saisie des données géométriques.....	11
5.3 - Saisie des données de trafic.....	12
5.4 - Détermination des paramètres de simulation du trafic/ calage du modèle.....	12
5.5 - Fichiers symubruit.....	14
6 - ANALYSE COMPARÉE DES RÉSULTATS SIMULATION SYMUBRUIT/MESURES TERRAIN	14
6.1 - Plan d'expérience.....	14
6.1.1 -Influence du maillage	15
6.1.2 -Fidélité du modèle dans les zones d'accélération/décélération	16
6.1.3 -Réponse du modèle au phénomène de saturation.....	17
6.1.4 -Influence de la non prise en compte des poids lourds dans le modèle	19
6.1.5 -Synthèses de écarts observés entre le modèle et l'expérimentation sur les indices conventionnels.....	20
7 - CONCLUSION.....	21
ANNEXE 0.1 : COORDONNÉES GPS DES POINTS REMARQUABLES.....	23
ANNEXE 1.1 : DONNÉE DE COMPTAGE SEPTEMBRE 2008.....	23
ANNEXE 1.2 : DONNÉES DE COMPTAGE EXPÉRIMENTATION.....	23

ANNEXE 1.3 : EXPLOITATION DES VIDÉOS - MATRICES OD.....	23
ANNEXE 1.4 : DONNÉES RELATIVES AU COMPORTEMENT D'UN VÉHICULE LÉGER.....	23
ANNEXE 1.5 : RELEVÉS VISUEL DES REMONTÉES DE FILE	23
ANNEXE 1.6 : DOCUMENTS RELATIFS AUX APPAREILS DE MESURES.....	23
ANNEXE 2 : PLAN DE LOCALISATION DES INFILTRATIONS.....	25

1 - Présentation et Synthèse

Cadre des opérations de recherche 11M61 « prévoir le bruit en milieu urbaine et Recherche RPS2S11001 SERRES.

Le groupe bâtiment acoustique du département laboratoire de Saint-Brieuc a réalisé une étude et une modélisation du bruit routier généré par un carrefour giratoire (carrefour du Mourillon à Lorient 56).

Le présent rapport fait la synthèse des données et informations collectées dans le cadre de cette étude. Le rapport est accompagné d'un Cédérom contenant l'ensemble des données (trafic, sonomètres, outils et fichiers de simulations , premières exploitation).

Il permet ainsi aux équipes qui le souhaitent d'approfondir et de poursuivre les travaux réalisés.

Il présente la méthodologie de recueil des données ainsi que les jeux d'essais conduisant à caler le modèle d'écoulement du trafic à l'aide Symuvia. Ce travail a été réalisé avec l'appui du LIVIC.

Un plan d'expérience est présenté pour tester les limites du modèle et la pertinence des indicateurs dynamiques.

Les principales conclusions de cette étude sont les suivantes :

- Pour un trafic à saturation, le modèle utilisé donne, par rapport aux mesures, des écarts acceptables sur les indices globaux LAeqT(2dB).
- De même, on note une bonne fidélité du modèle au niveau des zones d'accélération/décélération, au niveau des indices globaux.
- le paramétrage unique des entrées/sorties sur le modèle de carrefour giratoire utilisé sur cette version de Symuvia ne permet pas de caler de manière simultanée l'ensemble des entrées/sorties. Ce point a fait l'objet depuis d'une évolution de Symuvia. L'exploitation fine de cette nouvelle version nécessiterait de recueillir une matrice Origines/destinations dynamique.
- l'absence de distinction des véhicules de type PL ou deux roues, introduit des écarts perceptibles au niveau des indices fractiles. La quantification de ces écarts nécessiterait un plan d'expérience plus poussé.

Le codage de ISAUR n'étant pas stabilisé pour ce modèle, il n'a pas été possible de l'utiliser lors des tests de validation.

Le chef de l'unité

Le Directeur du Laboratoire

Didier Meaux

Gilles Le Mestre

2 - Partenaires et contributeurs de l'étude

Cette étude a mobilisé de nombreux acteurs du réseaux scientifique et technique ainsi que la participation active des services techniques du Conseil Général du Morbihan.

Ainsi, le conseil Général du Morbihan a assuré la sécurité des agents durant les phases de mise en place appareil de mesure. Il a également effectué la mise en place des compteurs pneumatiques et électromagnétiques sur chaque branche du Carrefour.

Judicael Picaut de la division ESAR et Yann GOYAT de l'IFSTAR ont développés respectivement un modèle d'émission sonore dynamique et un outil d'analyse vidéo des trajectoires des véhicules . Le code de calcul, nommé ISAUr, est à l'origine de projet. L'outil d'analyse vidéo des trajectoires , en phase de développement au moment des essais terrains a permis de déterminer les matrices/origine destination.

L'INRETS/LICIT représenté par Ludovic Leclerc a développé un modèle de simulation de trafic prenant compte les interactions entre véhicules. Il a intégré le modèle d'émission sonore développé par le LCPC. Le modèle développé pour un carrefour giratoire est utilisé dans le cadre de cette étude. Son expérience des tests de grandeur nature a été très précieuse.

Deux équipes du CETE Normandie centre ont également contribué au projet. La division MATT (E. Violette) située à Rouen a mis en place des modules d'acquisition de donnée qui, couplés aux compteurs pneumatiques ont permis de suivre précisément les flux entrant sur le carrefour Giratoire. L'équipe a également proposé l'utilisation leur véhicule d'analyse du comportement des conducteurs (VACC) pour valider les temps de parcours moyens d'un véhicule dans les différentes situations (circulation fluide ou saturée), identifier les rapports de boîtes utilisés et les vitesses et accélération pratiquées par un véhicule léger.

L'équipe de l'unité acoustique et thermique dirigée par Gaëlle Benoit a participé à la mise en place des sonomètres et enregistreur numérique, aux enquêtes terrain et au post-traitement des mesures.

Enfin, le CETE de l'ouest département laboratoire de Saint-Brieuc a développé le logiciel ISAUR en intégrant le modèle de trafic d'un giratoire; a mis en place de protocole expérimental, a participé aux mesures sono-métriques et au recueil des données terrains.

La création des modèles numériques du carrefour giratoire sous symubruit a été réalisée par Matthias Jacquet (Stagiaire au DLRB) avec l'assistance de l'équipe du LICIT.

C'est grâce à la participation de chacun d'être eux et de leurs équipes que l'expérimentation a pu voir le jour être aussi riche. Merci à chacun d'eux pour leurs contributions.

3 - Expérimentation carrefour du Mourillon (Lorient 56)

3.1 - Caractéristiques du site

Le site retenu pour l'expérimentation est un carrefour giratoire situé en périphérie d'une zone urbaine. Le carrefour relie la ville de Ploemeur à l'ouest de Lorient avec une zone industrielle et commercial qui dessert notamment la base aérienne de Lanbihouë. Ce carrefour permet l'accès à la RN 165.

Ce carrefour arrive à saturation de manière bi-quotidienne avec des remontées de file pouvant atteindre 1km.

Il comporte 6 branches dont une unidirectionnelle (S5) et une comportant deux voies d'accès au carrefour giratoire.

Chacune des branches est numérotée de 1 à 6 (1 étant la voie d'accès au centre commercial).

Les entrées sur le carrefour sont notée E et les sorties S. Cette nomenclature est reprise pour le repérage de l'ensemble des mesures .

De plus, le positionnement du carrefour, des entrées sorties, panneaux de signalisation, des différents capteurs (sonomètres, compteurs de trafic...) a fait l'objet d'un relevé GPS centimétrique (annexe 0.1)

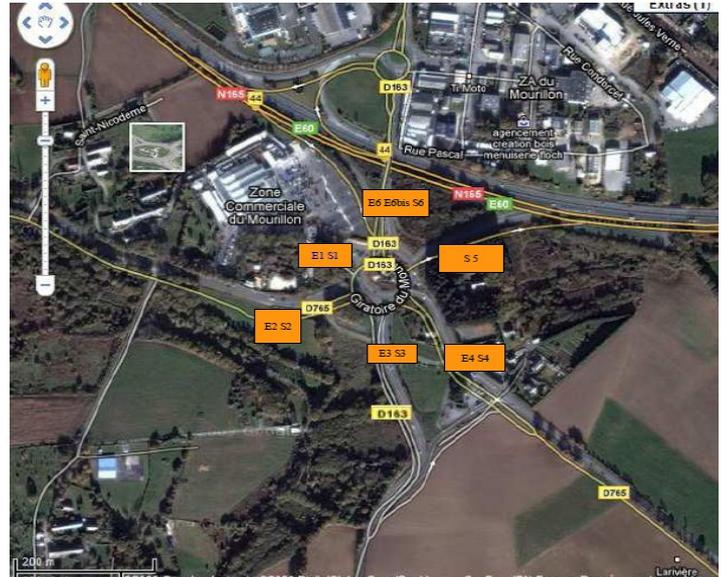


Illustration 1



Illustration 2

3.2 - Données générales de trafic

Pour cette étude nous disposons de 5 types de données :

- des données de comptage et d'un rapport d'étude datant de septembre 2008 et réalisé par la société EMC France (annexe 1.1).
- de données de comptages réalisés durant l'expérimentation acoustique du 26 au 27 mai 2009 (annexe 1.2)
- Une exploitation des vidéo réalisées par un objectif grand angle situé au centre du carrefour giratoire donnant en temps réel un aperçu des flux entrant et sortant du carrefour (annexe 1.3)
- des données relatives au comportement d'un véhicule léger (VACC) (annexe 1.4)
- un relevé visuel des remontées de file sur chaque branche du carrefour. Ce relevé indique le nombre véhicules stationnés dans la file lorsque celui-ci est peu important ou une distance approximative par rapport à l'anneau extérieur du giratoire (Annexe 1.5).

Toutes les données sont horodatées. Une synchronisation a été réalisée lors de la mise en œuvre des compteurs.

Le CETE Normandie centre a réalisé une étude sur le comportement des conducteurs sur le carrefour giratoire.

Cette étude réalisée à l'aide d'un véhicule instrumenté VACC (véhicule d'analyse du comportement du conducteur) retrace pour deux régimes différents (trafic fluide ou à saturation) le comportement d'un véhicule léger (vitesse ,temps de parcours...).

Ces données peuvent permettre notamment de recalibrer le modèle numérique de simulation du trafic.

Le répertoire Annexe 1.6 « document d'instrumentation » explicite le fonctionnement des compteurs et du véhicule ayant servi lors de l'expérimentation.

3.3 - Protocole d'expérimentation de recueil de données

4 séries de mesures ont été réalisées du 26 au 27 mai 2009 sur le carrefour giratoire du Mourillon. L'objectif de cette expérimentation sur site était de recueillir l'ensemble des données nécessaires au calage du modèle numérique du trafic en particulier lors des périodes de saturation du carrefour.

Ces données sont :

- les données géométriques du site (voir annexe 0.1 relevé GPS),
- les données de trafics (nombre et type de véhicule en entrée et en sortie),
- les destinations des véhicules (matrice origine destinations déterminée par l'analyse vidéo,
- la mesure du phénomène de saturation du carrefour permettant de caler de manière itérative les paramètres d'insertion des véhicules sur le carrefour.

Une fois le modèle de trafic calé, on peut alors affecter une loi d'émission sonore à chaque type de véhicule. Cette loi d'émission peut comporter une part variable fonction de la vitesse du véhicule et/ou de son régime moteur.

A noter que dans le cadre de cette étude un seul modèle a été utilisé (un seul type de véhicule répertorié dans la base celui d'un véhicule de type clio).

En positionnant des récepteurs (sonomètres virtuels) aux points exacts du modèle correspondant aux positions des sonomètres placés sur site, on peut alors comparer les données acoustiques mesurées avec les données acoustiques simulées.

3 séries de mesures acoustiques ont été réalisées lors des périodes de saturation du carrefour et une en période fluide.

A chacune de ces mesures les sonomètres ont été déplacés pour permettre de tester le comportement des principales branches du carrefour.

Les sonomètres ont été placés essentiellement dans les zones d'accélération, de décélération et de ralentissement proches du carrefour, un sonomètre est systématiquement placé à proximité de l'extérieur de l'anneau entre deux voies principales.

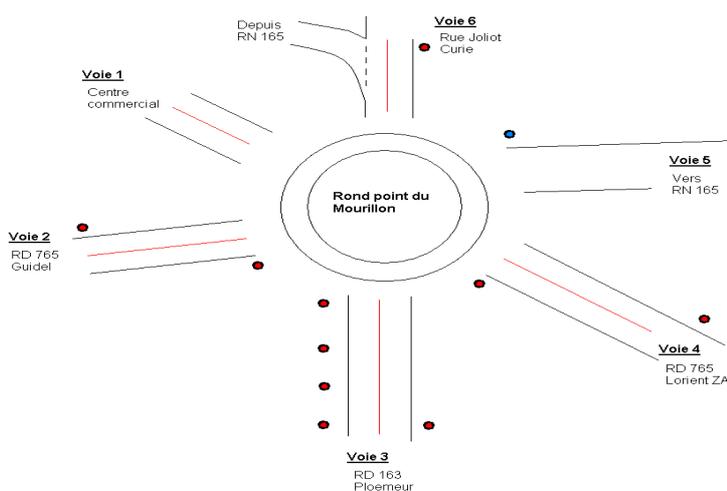


Illustration 3



Illustration 4

Enfin, un ou plusieurs sonomètres sont placés dans une zone de circulation fluide (en dehors des zones de ralentissement).

La distance des sonomètres par rapport à la voie et la hauteur de positionnement du microphone est

celle définie par la norme NF EN ISO 11819-1 dans la mesure où le site le permettait. Pour chaque série de mesure un schéma de principe permet de connaître la position et la référence du sonomètre.

Les tableaux ci-dessous indiquent la position des sonomètres lors des 4 expérimentations notées EP 1 à 4. Les coordonnées GPS de ces positions sont reportées en annexe 0.1.

EP1

manipe 1 de 16H30 à 18h30 mardi 26

	voie1 Centre commerci		voie 2 RD 765 Guidel		Voie 3 RD 163 Ploemeur		Voie 4 RD765 Lorient ZA		Voie 5 Entrée RN165	Voie6 rue Joliot curie	
	entrée	sortie	entrée	sortie	entrée	sortie	entrée	sortie	sortie	sortie	entrée
position 1 (proche giratoire)			solo 7	SIP 5		SIP 95 991271	Sip 10489		2250- Blois		Bk LCPC
position 2 (zone de ralentissement)			solo 8								
position 3 (vitesse stabilisée)			solo 9								
position 4 (sur l'anneau entre deux voies)			solo6		Solo 6	2260 LRB	2260 LRB		enregistreur num		enregistreur num

tableau 1

EP2 (10h00-11h30) et EP3 (11h30-12h30)

manipe 2 de 10H00 à 12h30 mercredi 27

	Voie1 Centre commercial		voie 2 RD 765 Guidel		Voie 3 RD 163 Ploemeur		Voie 4 RD765 Lorient ZA		Voie 5 Entrée RN165	Voie6 rue Joliot curie	
	entrée	sortie	entrée	sortie	entrée	sortie	entrée	sortie	sortie	sortie	entrée
position 1 (proche giratoire)				SIP 5	Bk 2260 LRB		Sip 10489		2250- Blois		Bk LCPC
position 2 (zone de ralentissement)					SOLO 8						
position 3 (vitesse stabilisée)					SOLO 9						
position 4 (sur l'anneau entre deux voies)			SIP 6		Solo7	SIP 95 991271			enregistreur num		enregistreur num

tableau 2

manipe 3 de 16H30 à 18h30 mercredi 27

	Voie1 Centre commercial		voie 2 RD 765 Guidel		Voie 3 RD 163 Ploemeur		Voie 4 RD765 Lorient ZA		Voie 5 Entrée RN165	Voie6 rue Joliot curie	
	entrée	sortie	entrée	sortie	entrée	sortie	entrée	sortie	sortie	sortie	entrée
position 1 (proche giratoire)				SIP 5		SIP 95 991271	SOLO 7	Sip 10489	2250- Blois		Bk LRB
position 2 (zone de ralentissement)							SOLO 8				
position 3 (vitesse stabilisée)							SOLO 9				
position 4 (sur l'anneau entre deux voies)			SIP 6		Bk 2260 LCPC				enregistreur num		enregistreur n

tableau 3

Pour toutes ces périodes (sauf la période fluide), on observe le phénomène de montée en charge progressive du carrefour puis de retour à la situation fluide.

3.4 - Nomenclature des fichiers de mesure acoustiques

Chacune des branches est numérotée de 1 à 6 (1 étant la voie d'accès au centre commercial). Les entrées sur le carrefour sont notées E et les sorties S. Cette nomenclature est reprise pour le repérage de l'ensemble des mesures .

Toutes les mesures sont rassemblées par n° d'expérimentation de 1 à 4, puis par voie.

Tous les fichiers originaux sont convertis au format CMG (01 db) pour faciliter les traitements. Les répertoires post-traitement sont des répertoires contenant des fichiers de mesure exportés au format CSV pour permettre de réaliser des analyses comparées. On peut ainsi retrouver dans ces répertoires des résultats de mesure relatifs aux différentes expériences.

3.5 - Principaux enseignements

La mise en place d'une expérimentation de ce type nécessite un temps de préparation à ne pas négliger. Un délai de 6 mois semble un minimum à partir du choix du site retenu.

Le matériel et le personnel nécessaire à ce type d'expérience nécessite le regroupement de plusieurs services disposant de compétences complémentaires.

Pour faciliter la collecte des informations et l'identification des données, il est préférable de définir la nomenclature des données par avance.

La synchronisation de l'ensemble des instruments de mesure doit impérativement être prévue, en particulier lorsque les intervenants sont multiples et qu'ils interviennent à des instants différents. Lorsque périmètre d'observation est étendu comme c'est le cas ici (1Km autour du carrefour), il est nécessaire de bien identifier la signalisation sur le parcours ainsi que toutes les voies susceptibles de créer une fuite du trafic.

Enfin, la sécurité sur le site est bien évidemment un paramètre important prendre en compte. Celle-ci a été assurée grâce à la participation du conseil général du Morbihan.

4 - Post-traitement des données sonométriques

Un enregistreur numérique a été placé à proximité du carrefour giratoire pour permettre un poste traitement des données en éliminant les périodes perturbées par des bruit parasites (klaxon, auto-radio, passage d'avion ou d'hélicoptère).

Toutefois, les sonomètres étant tous placés à proximité de la route, il n'a pas été possible de distinguer des périodes perturbées par cette méthode.

En conséquence, aucun enregistrement sonométrique n'a fait l'objet de post-traitement. L'enregistrement audio est disponible auprès du Département laboratoire de Blois.

5 - Modélisation du carrefour giratoire sous SYMUBRUIT

5.1 - Installation du logiciel

L'annexe 3.1 contient l'ensemble des fichiers nécessaire à l'installation du logiciel.

5.2 - Saisie des données géométriques

Les données géométriques du site ont été importé à partir de la base de donnée Bd carto. Elles ont ensuite été recalées à partir des mesures GPS réalisées sur site. Les panneaux de signalisation ont ensuite été ajoutés.

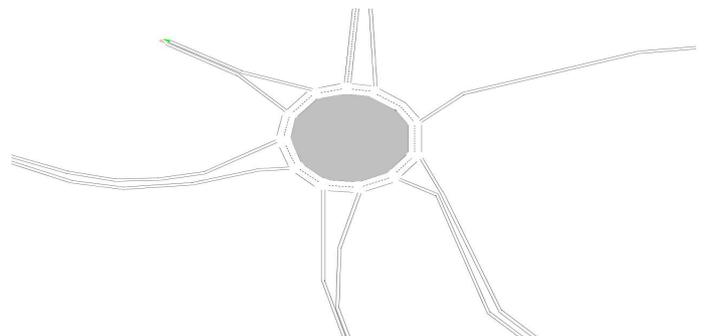


Illustration 5

5.3 - Saisie des données de trafic

Les données de trafic utilisée pour la modélisation sous Symubruit sont regroupées en annexe 3.2 comptages pour symubruit.

Les données de trafics (répartition VL/ PL, nombre de véhicule / chaque, matrice origines destination) sont renseignées par pas de temps de 3mn.

Les données sont regroupées dans des fichiers de demande de trafic qui seront utilisé par Symubruit

5.4 - Détermination des paramètres de simulation du trafic/ calage du modèle

Le schéma de principe ci-après explique ce principe

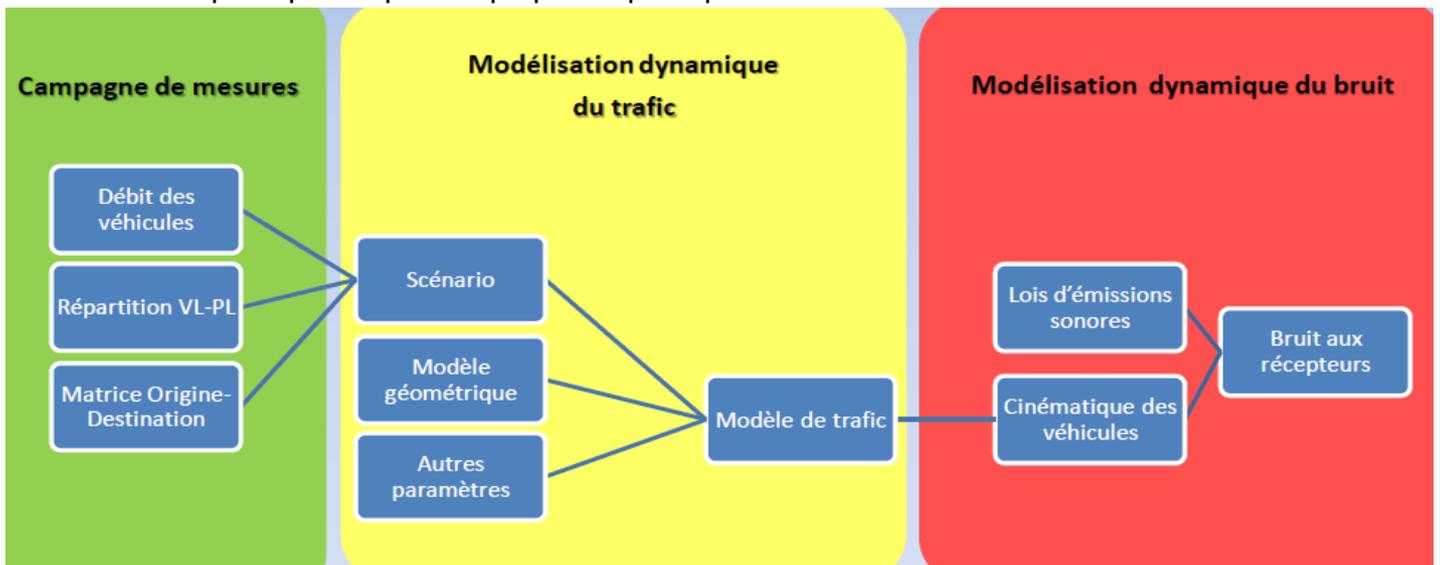


Illustration 6

Le calage du modèle est réalisé par itération successive. Après chaque calage d'un paramètre, la simulation est lancée. Le résultat de la simulation est comparé aux observations terrain. Le paramètre conduisant à la meilleure correspondance observation/ modélisation est retenu. Les différents test de calage sont regroupés en annexe 3.4 test-calage/écoulement.

Le tableau ci-après récapitule les principaux paramètres permettant de caler le modèles d'écoulement du trafic sous symubruit. Il reprend les paramètres testés et ceux finalement retenus en expliquant brièvement la démarche suivie et en rappelant les observations sur sites qui ont servies au calage du modèle.

Nœuds	Paramètres	Description paramètres	Calibration	Plage de variation courante selon Bibliographie	Valeurs testées	Valeurs retenues	Raisons de la valeur retenue
PARAMETRAGE_SIMULATION	proc_dec_taux	taux de décélération à considérer lors du lancement de la procédure de correction de la décélération	A partir des fichiers VAC en régime dense, on peut obtenir la décélération maximale d'un véhicule (moyennée sur tous les parcours)	Environ 3 m/s ² (selon Ludovic LECLERCQ)	/	2,5 m/s ² plage [1,6 ; 3,2] m/s ²	Le traitement des données GAMAL (accélérations longitudinales) des fichiers VAC en régime dense montre que la décélération maximale qu'atteint un véhicule léger, moyennée sur l'ensemble des 17 parcours effectués, est de 2,4 m/s ² . L'écart-type est relativement élevé, valant 0,9 m/s ² , mais il s'explique par la présence d'un minimum (0,78 m/s ²) et de deux maximums (3,95 m/s ² et 3,85 m/s ²) sur la série de données qui illustrent le caractère aléatoire du processus de freinage suivant les conditions de trafic rencontrées par le véhicule: traversée de piéton brutale, freinage rude des véhicules situés devant, régime plus ou moins dense sur l'anneau, ralentissement déjà effectué avant le lancement de mesure... En filtrant le minimum, l'écart-type diminue légèrement pour atteindre 0,8 m/s ²
PARAMETRAGE_TRAFFIC	coeffrelax	Coefficient de relaxation du changement de voie	Validé	0,55 par défaut	/	0,55	/
	Pi_rabattement	Valeur de Pi dans le cas d'un rabattement vers la voie la plus à droite des véhicules	Validé	0,2 par défaut	/	0,05 (selon Ludovic LECLERCQ)	/
TYPE_DE_VEHICULE	kx	Concentration max par voie (veh/m)	Validé	VL: 0,17 PL: 0,05	/	VL: 0,17 PL: 0,05	/
	vx	Vitesse libre du véhicule (m/s)	Validé	VL: 15 PL: 15	/	VL: 15 PL: 15	/
	w	Paramètre expert: calibre la vitesse de remontée des informations entre les véhicules en période congestionnée	Validé	VL: [-3,6 ; -5] PL: [-3,6 ; -5]	VL: -5,8 ; -4,2 ; -5 PL: -3,33 ; -3,6 ; -4,2 ; -5	w(VL)= -5 m/s ² w(PL)= -5 m/s ²	VL: Suite aux 2 valeurs testées (c'est à dire -4,2 et -5), on remarque que les remontées de files correspondent plus quand w=-5 m/s ² que lorsque w=-4,2 m/s ² PL: Pour w(VL)=-5 m/s ² fixé, on fait varier w(PL) (c'est à dire -3,6 ; -4,2 ; -5). On remarque que les voies 1 et 6 sont beaucoup moins congestionnées (comme observées sur le terrain) quand w(PL)=-5 m/s ² .
ACCELERATION_PLAGE	ax	accélération maximale (en m/s ²) sur cette plage	Validé	VL ax=1,5m/s ² pour v=[0;20] km/h ax=1m/s ² pour v=[20;36] km/h ax=0,5 m/s ² pour v > 36 km/h	/	VL ax=1,5m/s ² pour v=[0;20] km/h ax=1m/s ² pour v=[20;36] km/h ax=0,5 m/s ² pour v > 36 km/h	/
	vit_sup	Borne supérieure de la vitesse de la plage (en m/s)		PL ax=1m/s ² pour v=[0;29] km/h ax=0,4m/s ² pour v>29m/s ²	/	PL ax=1m/s ² pour v=[0;29] km/h ax=0,4m/s ² pour v>29m/s ²	/
TEMPS_CRITIQUES	tcc	Temps (en seconde) nécessaire à l'insertion sur le giratoire pour le type de véhicule donné	Mesure des temps de parcours moyens sur 10m des véhicules s'insérant dans le giratoire à l'aide de 2 capteurs positionnés successivement à partir d'une entrée, comparé aux fichiers VAC (en régime fluide).	VL: [2 ; 3] PL: [3;4]	[2 ; 2,5]	VL: 2s PL: 2,5s	Afin de valider ces 2 paramètres, il est nécessaire d'avoir les débits d'insertion afin d'obtenir le temps minimum entre 2 insertions successives. En effet, les courbes représentant les véhicules cumulés en fonction du temps (Symplot, onglet « Capteurs », graphique « NCurves ») semblent être les marqueurs les plus sensibles aux paramètres tcc et tct.
	tct	Temps (en seconde) de traversée de la voie externe (paramètre à définir uniquement dans le cas de giratoire multivoie)		tcc + [0,6 à 1,3]	[3 ; 3,5]	VL: 3s PL: 3,5s	
GIRATOIRE	Beta	Probabilité pour un véhicule voulant s'insérer de détecter un véhicule sortant du giratoire en régime fluide (le véhicule sortant détecté ne gêne pas l'insertion)	Comparaison entre les remontées de files observées expérimentalement et sur Symuplayer (en régime fluide).	[0,4 ; 0,7]	0,2 ; 0,4		
	Betalnt	Probabilité pour un véhicule voulant s'insérer d'être gêné par un véhicule arrivant sur la voie interne du giratoire en régime fluide		> Beta	0,3 ; 0,4 ; 0,5 ; 0,7		
	Gamma	Taux de partage de priorité en congestion	Comparaison entre les remontées de files observées expérimentalement et sur Symuplayer (en régime congestionné).	1	1	1	La variation de ces deux grandeurs amenant à des résultats peu concluant, on se propose de fixer ces deux paramètres à la référence bibliographique.
	Mu	Coefficient de priorité (limite entre priorité absolue sur l'anneau et priorité limitée)		[0,3 ; 1]	0,66	0,66	

5.5 - Fichiers symubruit

Les fichiers d'entrée et de sortie de symubruit (géométrie du carrefour, trafic,...) sont regroupés en annexe 3.5

Les fichiers de couplage définissant notamment la position des récepteurs acoustiques sont regroupés en annexe 3.6 Couplage_acoustique

6 - Analyse comparée des résultats simulation symubruit/mesures terrain

Compte tenu l'avancement du codage du programme ISAUR, l'analyse des résultats a été réalisée à partir de la modélisation sous symubruit.

Les analyses sont effectuées essentiellement à partir des séries de mesure du 27/05/09 de 10h30 à 12h30 et de 16h30 à 18h00.

En effet, ces périodes sont représentatives des différentes modes fonctionnement du carrefour (fluide ou à saturation).

De plus, les mesures acoustiques sur ces périodes semblaient moins perturbées et surtout le calage du modèle de trafic semblait plus en adéquation avec le comportement observé.

La position des récepteurs virtuels est bien entendu calée sur les positions choisies lors des différentes expérimentation terrain (voir annexe2).

Tous les résultats des simulations sont regroupés en Annexe4.1_Resultats_Acoustique_ simules.

6.1 - Plan d'expérience

Le plan d'expérience réalisé avait pour but de vérifier la concordance entre le modèle et la mesure terrain sur différents aspects. Il n'a pas la prétention d'être très rigoureux sur le plan scientifique, mais il a le mérite de donner des pistes d'approfondissement pour la validation du modèle numérique.

A noter que le calage du modèle de trafic étant nécessairement imparfait, il est important de repérer les branches et les points pour lesquels on obtient une bonne correspondance entre le trafic simulé et le trafic observé.

Au total 7 analyses comparatives ont été réalisées. Les résultats graphiques sont présentés en Annexe4.2_Plan _expérience acoustique _ Symubruit.xls .

6.1.1 - Influence du maillage

Ainsi l'expérience n° 1 avait pour objectif d'analyser l'influence du maillage dans la précision de la modélisation.

Deux maillages ont été testé l'un de 1m l'autre de 10m.

Deux récepteurs ont été choisis V4 EP1 (proche du carrefour) giratoire et (V3-A) éloigné du carrefour.

Pour chacune des simulations, on observe l'indice LAeq,T (2h) et ses indices fractiles.

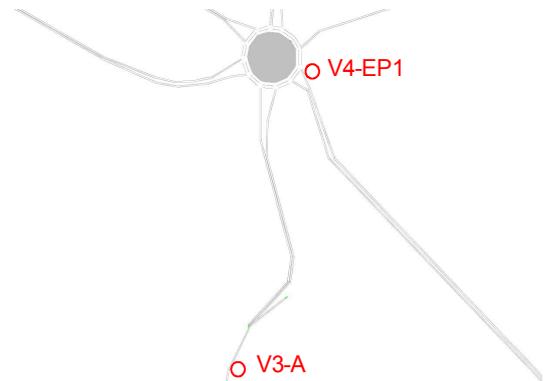
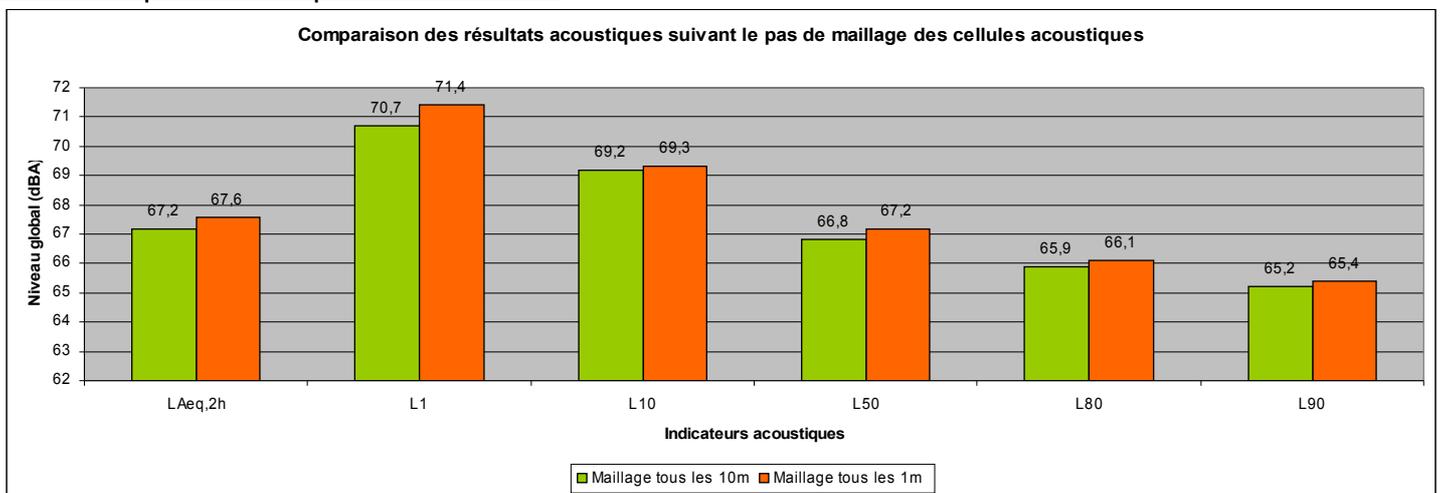
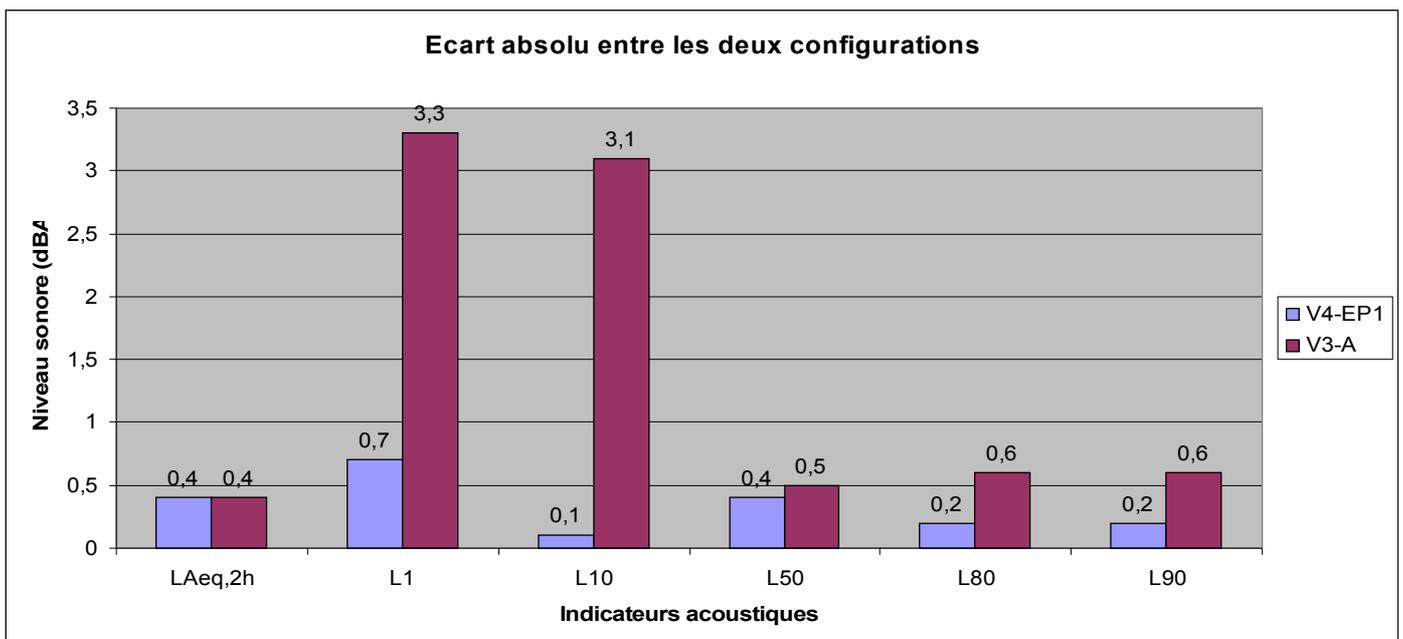


Illustration 7

Résultats pour le récepteur 1 : V4 EP1



graphique 1



graphique 2

On observe une faible influence du maillage pour ce point et un niveau sonore plus élevé avec un maillage fin. Pour l'autre point, plus éloigné du carrefour, on observe une faible influence du maillage

sur le niveau global, mais une influence plus marquée ($> 3.0 \text{ dB(A)}$) sur les indices fractiles L1 et L10. La discontinuité du trafic et donc des émissions sonore pour être une explication avancée à ce phénomène. Les pics de niveau sonore ont tendance à être lissés par un maillage grossier.

6.1.2 - Fidélité du modèle dans les zones d'accélération/décélération

L'objectif des tests réalisés est d'observer la réponse du modèle numérique dans les zones d'accélération/décélération en les comparant aux mesures réalisées sur site.

Deux récepteurs sont comparés, l'un proche du carrefour et l'autre plus éloigné. Le modèle numérique étant réputé testé et fiable sur les portions droites de réseau on dispose ainsi d'un point de comparaison.

Le graphe ci-après présente les écarts absolus observé (simulation/mesure) au niveau des deux points.

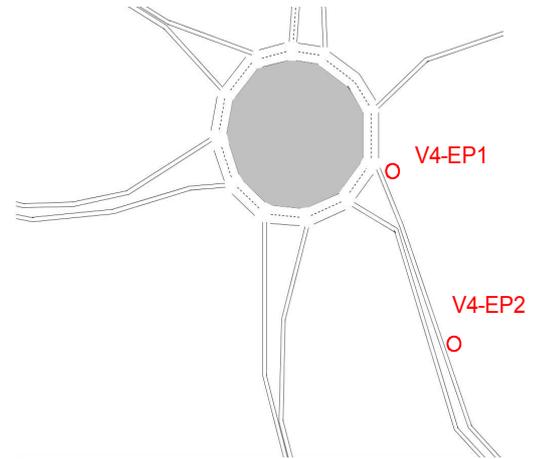
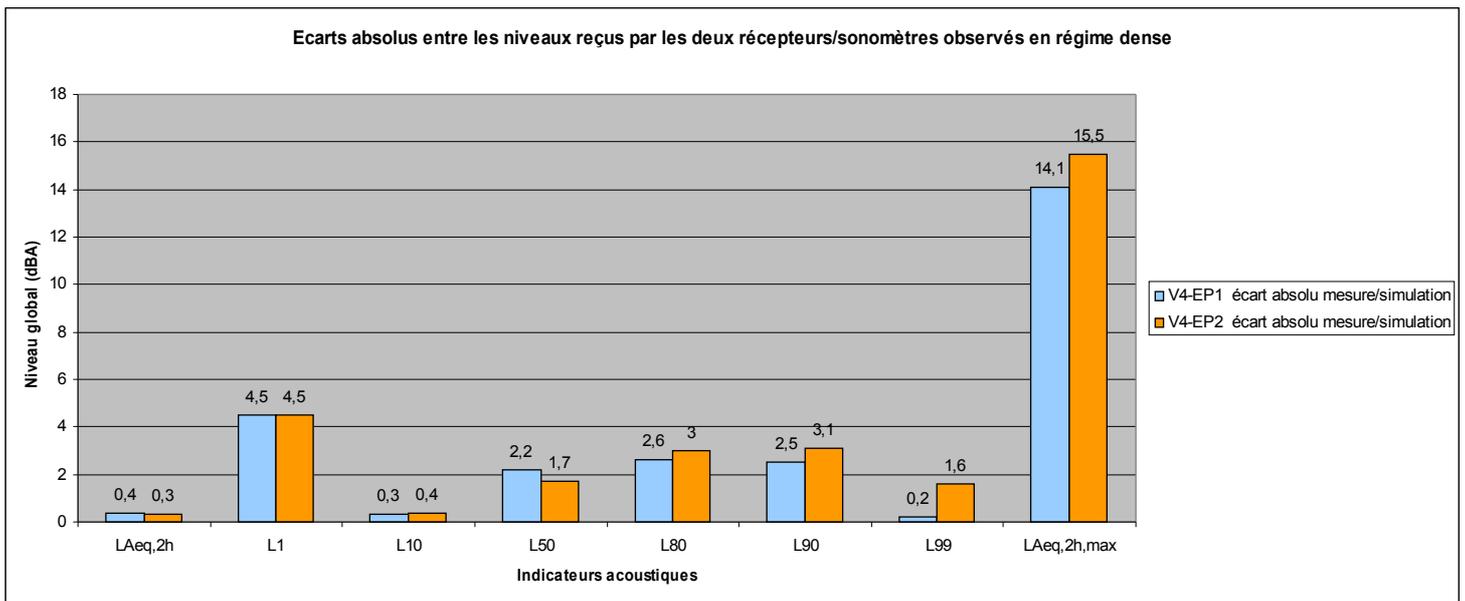


Illustration 8



graphique 3

Les écarts observés sont très faibles ce qui semble indiquer une bonne réponse du modèle sur les indices LAeq,T.

On observe aucune différence entre les deux points ce qui confirme que le modèle de simulation est aussi fiable dans le cas d'un carrefour giratoire que dans le cas d'une section droite.

Ceci semble également confirmer que le modèle est fiable dans les situations de saturation.

En revanche on observe des écarts importants 15 dB(A) sur les niveaux maxima mesurés.

Deux explications peuvent être avancées :

- la présence d'un bruit parasite lors des mesures sur site.
- l'absence de prise en compte des poids lourds dans le modèle numérique.

6.1.3 - Réponse du modèle au phénomène de saturation.

Les périodes d'analyses choisies sont le 27 mai de 10h30 à 12h30 (trafic fluide) et le 27 mai de 16h30 à 18h30 (trafic à saturation).

Pour réaliser cette comparaison nous avons identifiés 5 points répartis sur les différentes branches du carrefour à proximité et éloignés du carrefour. Les points ont été choisis en fonction de la disponibilité des données mesurées.

Le graphique 4 ci-après montre l'écart observé entre les deux périodes à trafic fluide et trafic à saturation pour des niveaux acoustiques restitués par le modèle. Le graphique 5 analyse les mesures sur site.

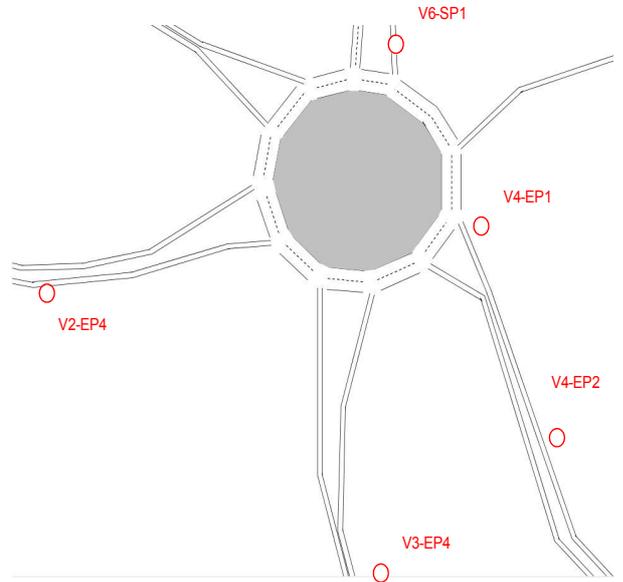
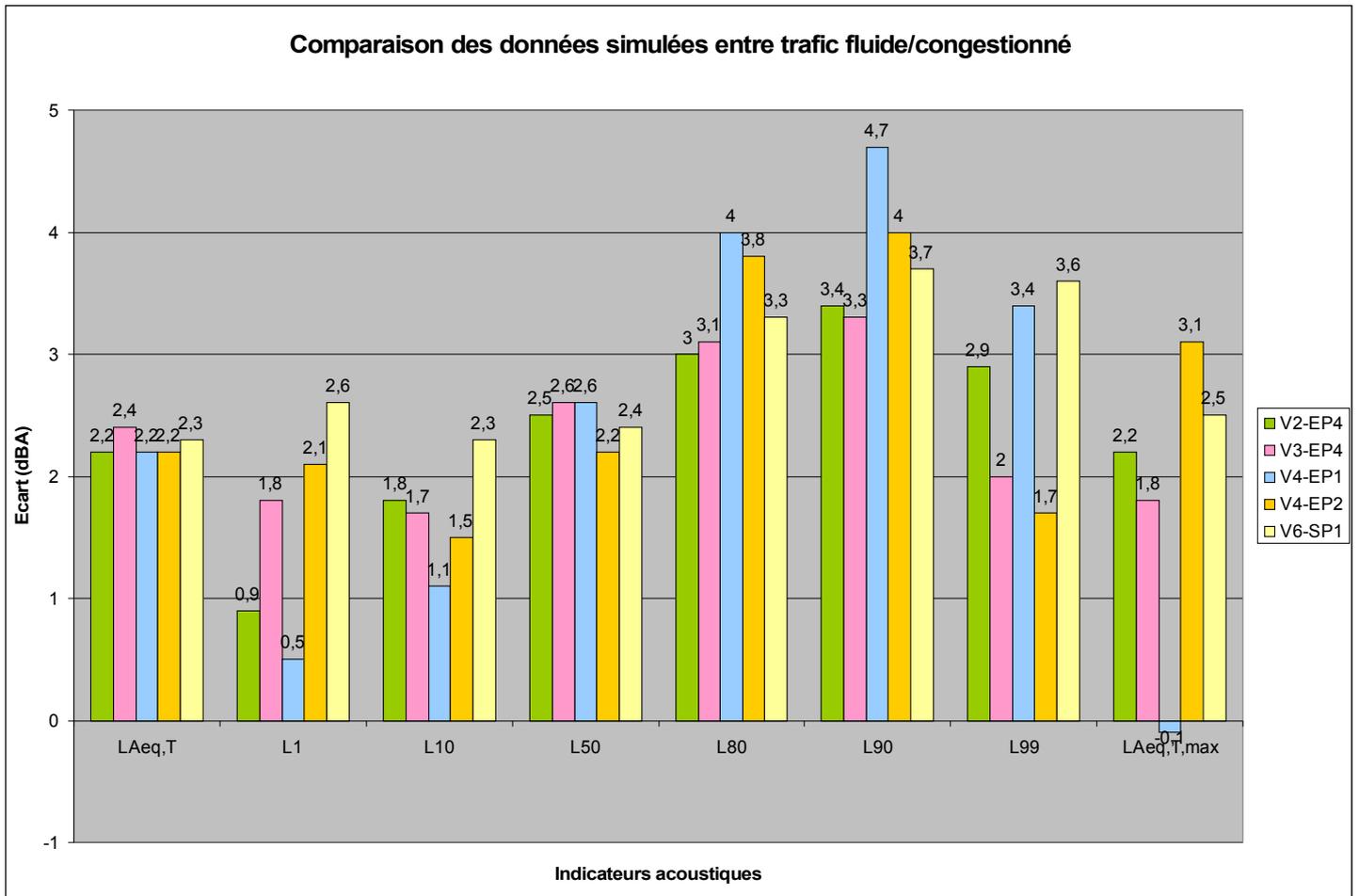
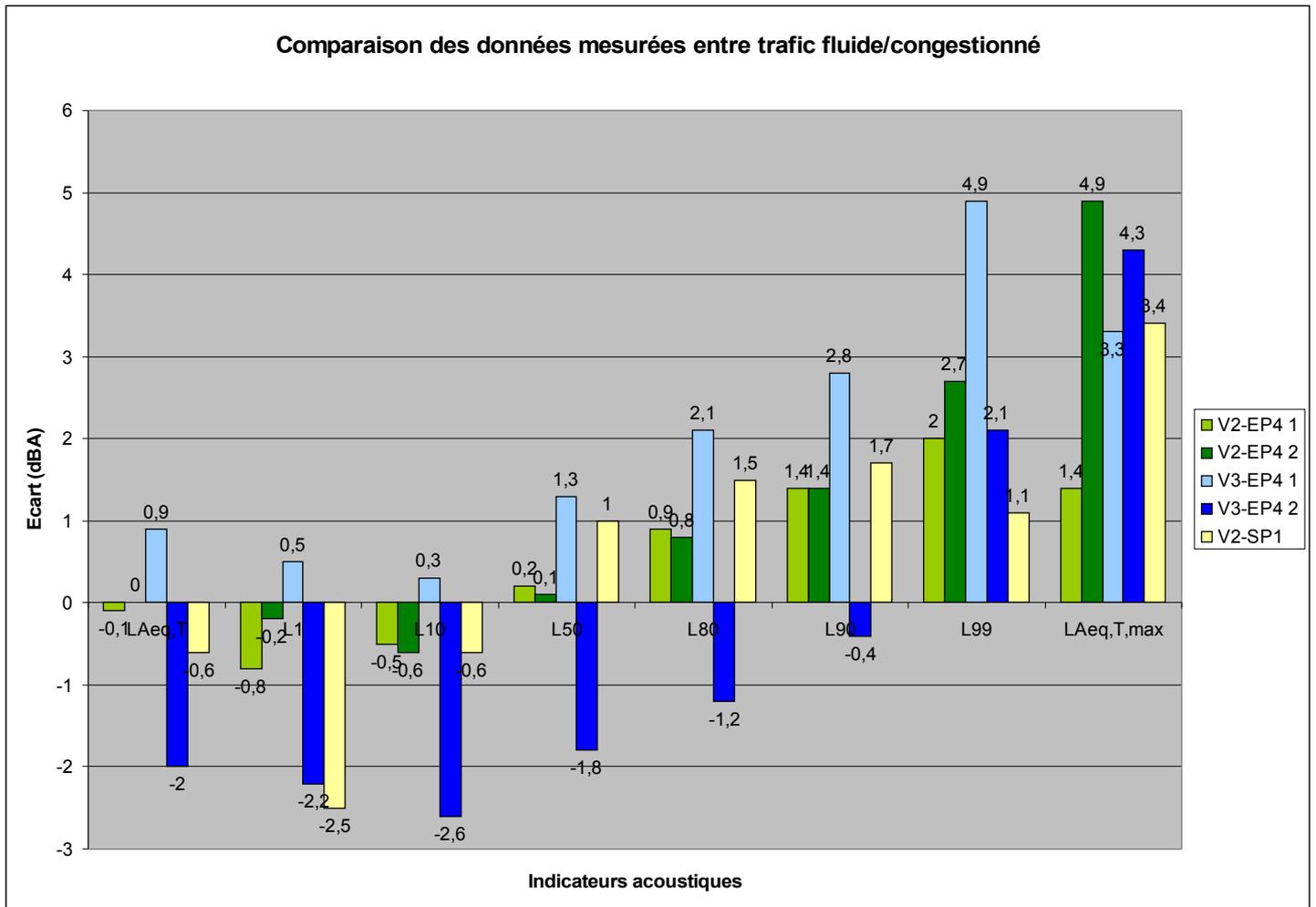


Illustration 9



graphique 4



graphique 5

La simulation restitue des écarts de LAeq,T cohérents et homogènes sur les 5 points d'observation. En revanche, sur les indices fractils, on observe une plus grande hétérogénéité des 5 points.

L'observation des écarts sur les mesures réalisées est au premier abord étonnante, les mesures réalisées en régime fluide étant parfois supérieures à celles réalisées en régime dense notamment pour l'indice LAeq,T. En revanche les indices LAeq,T, max et l'indice fractile caractéristique du bruit de fond sont tous deux nettement supérieurs en période de saturation.

Les raisons de cette observation sont diverses :

- la composition du trafic n'est pas rigoureusement la même pour les deux périodes d'observation.
- Les revêtements sont hétérogènes sur les différentes sections observées et le niveau sonore produit ne suit pas la même loi d'émission que celle modélisée.
- Le niveau de bruit de fond ambiant n'est pas le même pour les deux périodes (proximité de la RN 165 et de l'aéroport militaire) et les perturbations non plus.

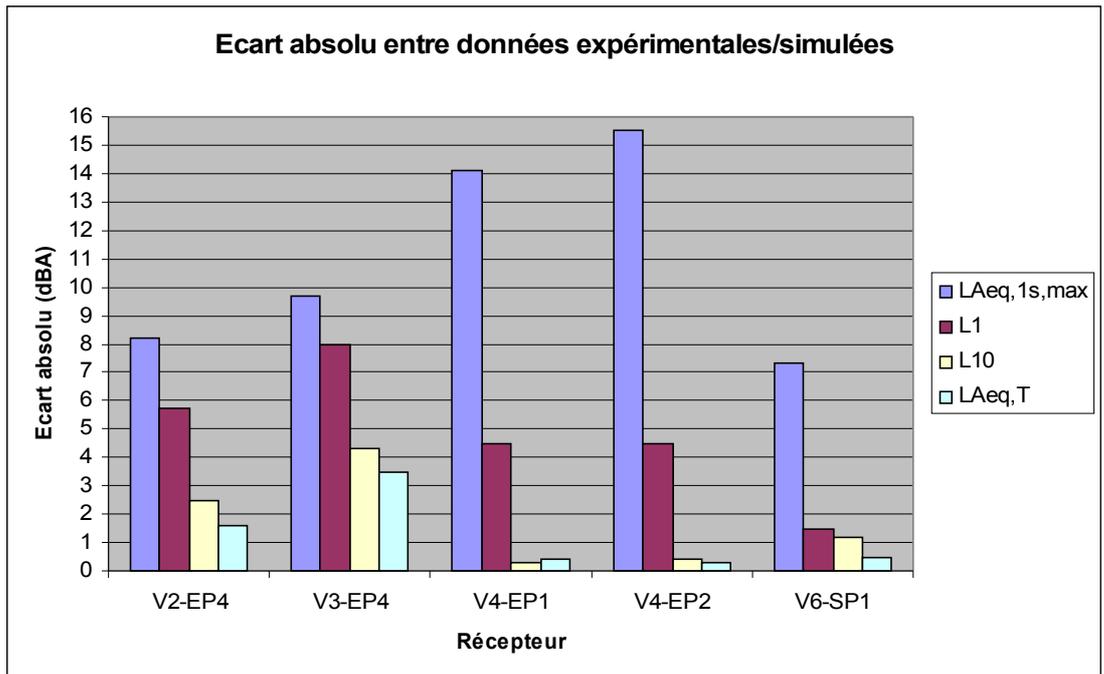
Des analyses complémentaires seraient nécessaires pour expliquer cette observation de manière plus pertinente. Cette analyse démontre encore une fois que l'indice LAeq,T, n'est pas le plus adapté pour traduire l'ambiance acoustique induite par une infrastructure à saturation.

6.1.4 - Influence de la non prise en compte des poids lourds dans le modèle

Pour cette analyse on utilise la même série de point que précédemment et la période à saturation du 27/05/2009 de 16h30 à 18h30.

On observe les indices acoustique simulés et mesurés qui sont caractéristiques des bruits émergents.

LAeq,1s, max, L1; L10 et on les compare au LAeq, T sur la période de 2h00.



graphique 6

Ce graphique montre que la non prise en compte des poids lourds dans le modèle a un impact faible, voir négligeable, sur l'indice LAeq, T.

En revanche, les niveaux maximums restitués par le modèle sont très largement sous estimés.

À noter que sur ces indices caractéristiques des niveaux de crêtes, les véhicules deux roues peuvent également avoir un impact non négligeable. Les données recueillies lors de l'expérimentation ne permettent pas d'étudier ce phénomène.

6.1.5 - Synthèses de écarts observés entre le modèle et l'expérimentation sur les indices conventionnels

Le tableau ci -après récapitule les écarts observés entre la modélisation et les mesures sur sites, pour les différents indicateurs conventionnels . Les écarts sont regroupés en 3 classes :

- inférieure à la classe de précision des sonomètres
- dans la tolérance de reproductibilité
- supérieure à la tolérance de reproductibilité.

Légende

		Point de mesure				
Indicateur	Données	V2-EP4	V3-EP4	V4-EP1	V4-EP2	V6-SP1
$ e \leq 1$ dB(A)		32,5%				
$1 < e \leq 3$ dB(A)		37,5%				
$ e > 3$ dB(A)		30,0%				
$L_{Aeq,T}$	mesurées	68,6	69,8	67,2	65,3	68,7
	simulées	67	66,3	67,6	65	68,2
	écart $ e $	1,6	3,5	0,4	0,3	0,5
$L_{Aeq,1s,max}$	mesurées	83,4	83,4	87	87,2	86,7
	simulées	75,2	73,7	72,9	71,7	79,4
	écart $ e $	8,2	9,7	14,1	15,5	7,3
L1	mesurées	76,5	78,2	75,9	74,2	76,8
	simulées	70,8	70,2	71,4	69,7	78,3
	écart $ e $	5,7	8	4,5	4,5	1,5
L10	mesurées	71	72,2	69	67,5	71,9
	simulées	68,5	67,9	69,3	67,1	70,7
	écart $ e $	2,5	4,3	0,3	0,4	1,2
L50	mesurées	67	68	65	62,6	66
	simulées	66,8	65,9	67,2	64,3	65,5
	écart $ e $	0,2	2,1	2,2	1,7	0,5
L80	mesurées	65,3	66,4	63,5	60,1	63,3
	simulées	65,6	64,6	66,1	63,1	63,9
	écart $ e $	0,3	1,8	2,6	3	0,6
L90	mesurées	64,4	65,5	62,9	59,2	62,2
	simulées	64,9	63,9	65,4	62,3	63,1
	écart $ e $	0,5	1,6	2,5	3,1	0,9
L99	mesurées	60,9	62,8	61,4	56,7	59,6
	simulées	61,1	60,1	61,2	58,3	61,3
	écart $ e $	0,2	2,7	0,2	1,6	1,7

graphique 7

Trois observations majeures ressortent de ce tableau.

La fiabilité du modèle du point de vue de la restitution de l'indice global $L_{Aeq,T}$. Cette fiabilité est particulièrement remarquable notamment dans les situations de saturation. Période durant lesquels les niveaux sonores ne sont pas perturbés par des bruits de type non routier.

Un niveau de bruit de fond également bien restitué en particulier lorsque celui-ci n'est pas perturbé par d'autres activités (autres voies RN165 entre autre).

Enfin un modèle qui montre ses limites pour caractériser les niveaux de crête et les niveaux maximums.

6.1.6 - Analyse des composantes spectrales

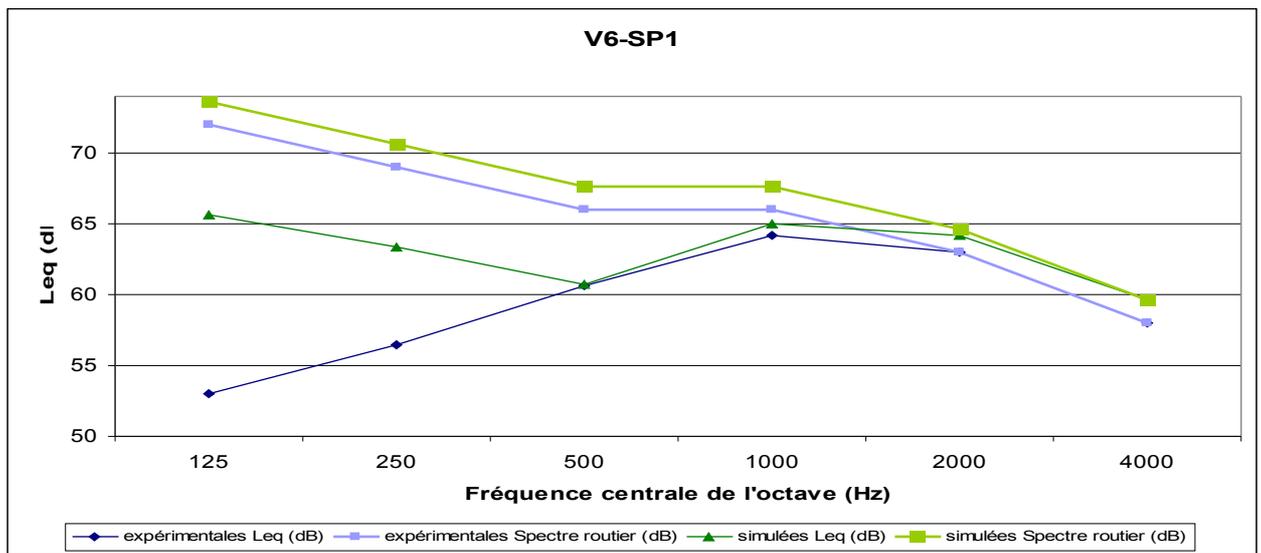
Pour cette analyse, les niveaux sonores sont découpés en tiers d'octave, les sonomètres étant paramétrés en 1/3 d'octave durant les essais sur site.

Le modèle restituant des niveaux en bande d'octave, ceux-ci ont été recomposés.

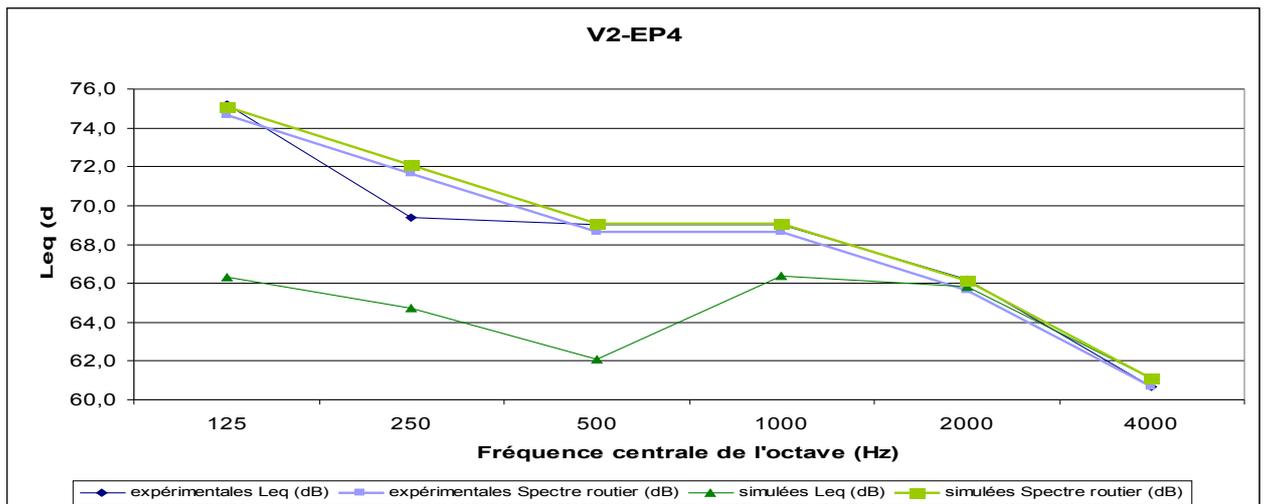
Les deux graphiques présentés ci-dessous correspondent à deux sites très différents, mais caractéristiques du carrefour et de ses abords.

Le point V6-SP1 est situé en sortie du carrefour à proximité de la RN 165 en contrebas. Le régime est plutôt de type pulsé et accéléré et la vitesse est inférieure à 50km/h (voir fichier VACC).

Le second point V2-EP4 est plus éloigné et correspond à un régime stabilisé et une vitesse autour de 80km/h.



graphique 7



graphique 8

Sur les fréquences hautes, on observe une bonne coïncidence des courbes simulées et mesurées et une bonne coïncidence avec les spectres de référence.

Sur les basses fréquences, les écarts sont importants.

On observe une inversion entre la courbe simulée et la courbe expérimentale dans les deux cas présentés.

Les explications de ces phénomènes sont à rechercher au niveau des spectres utilisés dans le modèle numérique.

L'absence de poids lourd et de moto dans le modèle numérique ainsi que l'évolution du parc de véhicules ces dernières années sont certainement des sources d'explication.

A noter que les écarts observés sur le graphique 8 peuvent également trouver leur origine dans la nature des revêtements et dans la prise en compte des phénomènes de variation d'impédance due au passage de la chaussée à l'accotement.

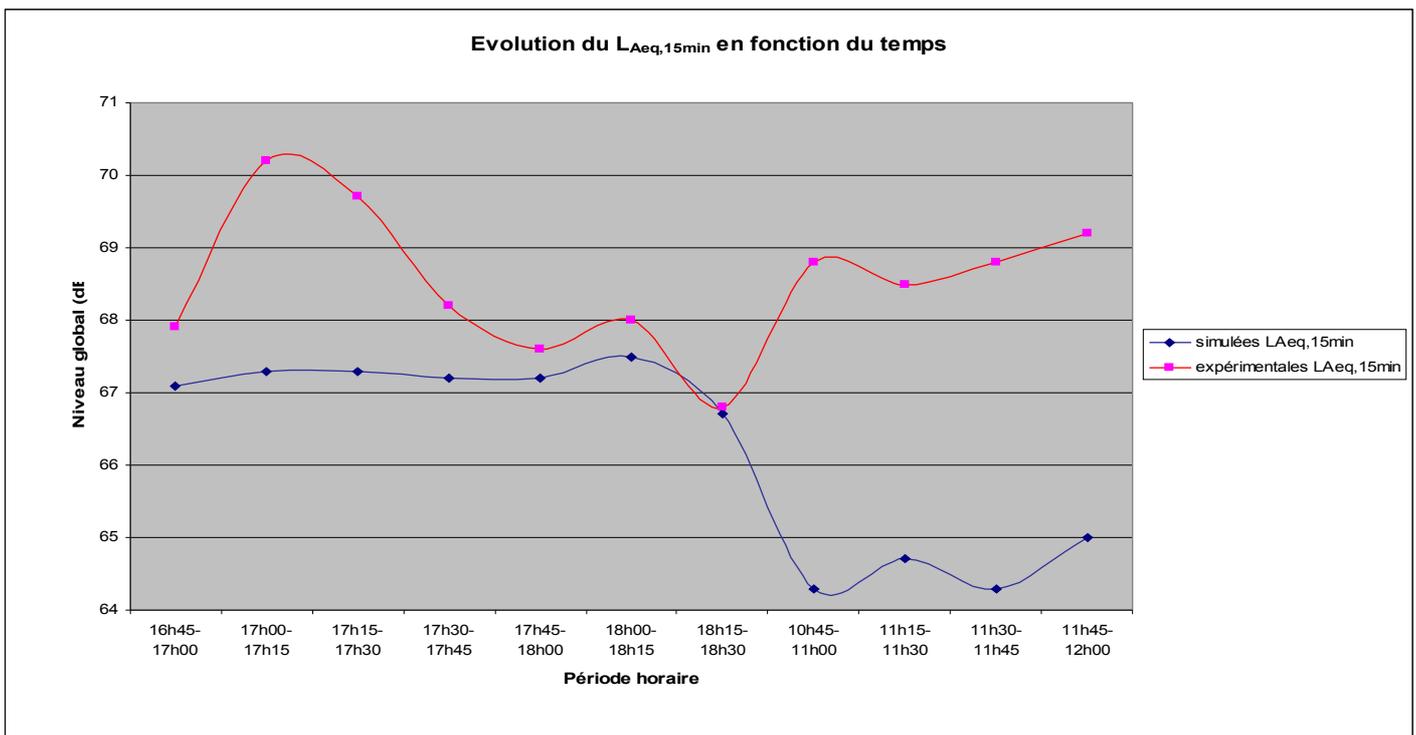
6.1.7 - Analyse des composantes dynamiques du bruit

Les deux dernières études réalisées avaient pour but d'observer le modèle numérique sous ses aspects dynamiques.

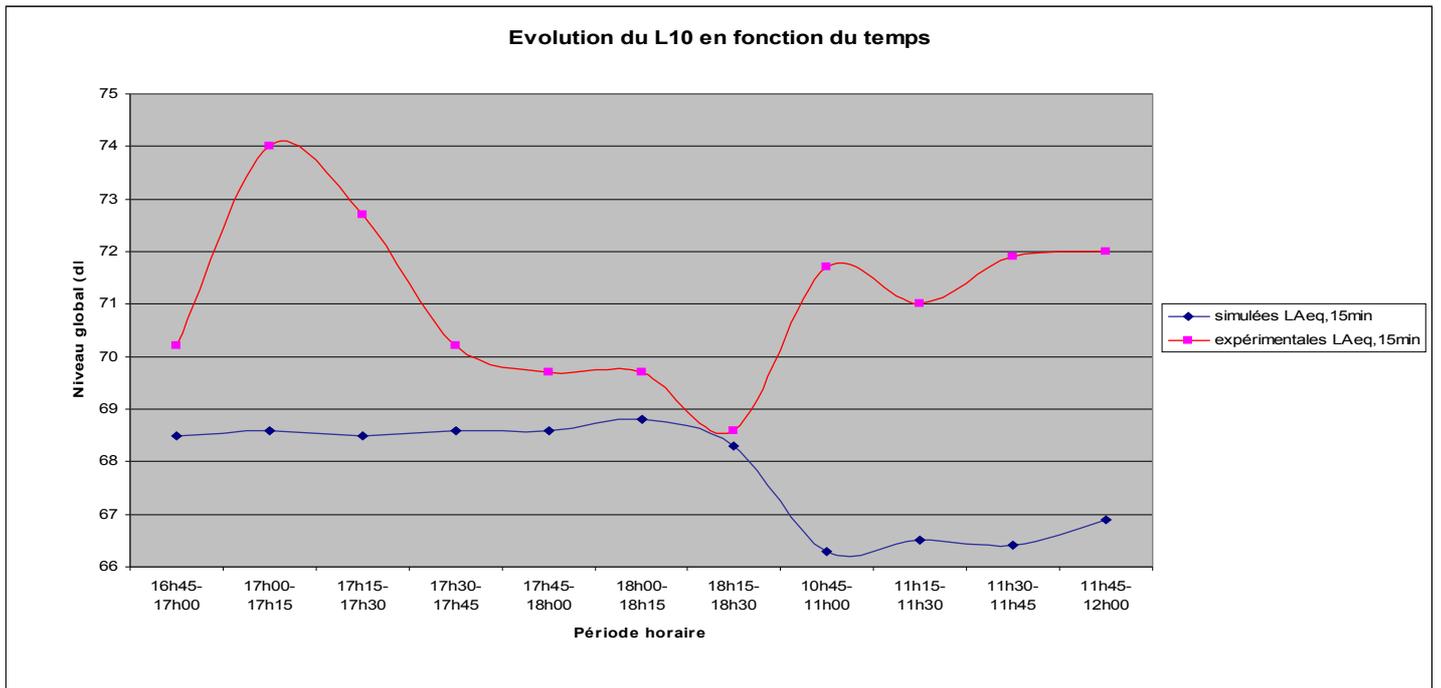
Pour cela deux études ont été réalisées (résultats 7 et 9 de l'annexe 4-2).

La première cherche à observer la réponse du modèle numérique à l'aide des indicateurs conventionnels en cherchant à réduire la période d'observation au ¼ d'heure (période statistiquement représentative). Le point E2 EP4 a été choisi de manière arbitraire pour réaliser cette étude.

La seconde utilise les indicateurs dynamiques tels que l'IDAS (indice de degré d'augmentation sonore).



graphique 9



graphique 10

Les deux graphiques ci-dessus montrent bien que la dynamique du bruit et notamment l'élévation du niveau sonore lié à la période de pointe n'est pas reproduite de manière fidèle.

L'étude des niveaux L10 montre encore une fois que l'absence de la prise en compte des autres véhicules PL et moto dans le modèle et des bruits émergents qu'ils sont susceptibles de générer conduit à une sous estimation de la gêne occasionnée par la saturation du trafic.

7 - Modélisation du carrefour sous ISAUR.

Le développement de l'outil ISAUR, n'a pu être réalisé comme prévu à la suite de l'expérimentation terrain. L'évolution du groupe bâtiment thermique et sa réorientation sur la thématique bâtiment et énergie ne permet plus désormais de poursuivre d'avantage les travaux engagés.

8 - Conclusion

Les principales conclusions de cette étude sont les suivantes :

- Pour un trafic à saturation, le modèle utilisé donne, par rapport aux mesures, des écarts acceptables sur les indices globaux LAeqT(2dB).
- De même, on note une bonne fidélité du modèle au niveau des zones d'accélération/décélération, au niveau des indices globaux.
- Le paramétrage unique des entrées/sorties sur le modèle de carrefour giratoire utilisé sur cette version de Symuvia ne permet pas de caler de manière simultanée l'ensemble des entrées/sorties. Ce point a fait l'objet depuis d'une évolution de Symuvia. L'exploitation fine de cette nouvelle version nécessiterait de recueillir une matrice Origines/destinations dynamique.
- L'absence de distinction des véhicules de type PL ou deux roues, introduit des écarts perceptibles au niveau des indices fractiles. La quantification de ces écarts nécessiterait un plan d'expérience plus poussé.

L'expérimentation réalisée a permis la collecte d'un ensemble de données de trafic et d'émission sonore susceptibles d'être exploitées d'avantage lors de tests de validation d'ISAUR ou de la dernière version de Symuvia.

Le développement de modèles d'émission PL et deux roues permettrait également d'affiner les résultats obtenus, notamment sur l'analyse dynamique du bruit.

Liste des annexes présentent sur le CD-room

ANNEXE 0.1 : Coordonnées GPS des points remarquables

ANNEXE 1.1 : Données de comptage septembre 2008

ANNEXE 1.2 : Données de comptage expérimentation

ANNEXE 1.3 : Exploitation des vidéos - matrices OD

ANNEXE 1.4 : Données relatives au comportement d'un véhicule léger

ANNEXE 1.5 : Relevés visuels des remontées de file

ANNEXE 1.6 : Documents relatifs aux appareils de mesures

ANNEXE 2 : Giratoire Lorient mesures CLASSEES

ANNEXE 2.1 : repérages sur fichier audio.doc

ANNEXE 3.2 : comptages pour symubruit.

ANNEXE 3.4 : test-calage_écoulement

ANNEXE 3.5 : fichiers entree xml pour symubruit

ANNEXE 3.6 : Couplage_acoustique

ANNEXE 4.1 : Resultats_Acoustique_simules

ANNEXE 4.2 : Plan _experience acoustique _ Symubruit.xls

ANNEXE 5 : presentation_diaporama

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

**Présent
pour
l'avenir**
