

A PARIS SANS MA VOITURE REGARD SUR UNE OPERATION

1 - CADRE GENERAL

Le traitement du bruit dans les zones urbaines est devenu un champ d'action inévitable, compte tenu de l'accroissement continu du nombre des plaintes. La conduite des projets ne s'appuie pas encore sur un répertoire établi de techniques éprouvées, et donne lieu à des expérimentations telles que la réduction du trafic automobile.

Dans le domaine du bruit de circulation, dont l'importance justifie un traitement particulier même s'il doit être intégré dans un plan plus global de gestion de l'environnement sonore, les "zones 30", les "zones tranquilles", les voies piétonnes, les axes réservés aux cycles non motorisés, constituent autant d'outils dont les effets sont plus supputés et attendus qu'ils ne sont connus, notamment en ce qui concerne la taille des zones ainsi mises en place.

2 - OBJECTIF

La perspective qui s'offre aux aménageurs consiste donc à établir ce qu'on peut réellement attendre, en termes de réduction du niveau de bruit ambiant, d'une mesure de réduction de la circulation (journée spéciale, zone piétonne, zone 30), compte tenu de la taille limitée des zones ainsi aménagées, et de la propagation du bruit depuis les zones normalement circulées.

3 - CONTEXTE DE L'EXPERIMENTATION

Par deux fois, en 1998 et 1999, a eu lieu une opération appelée d'une façon générale "journée sans voitures" et, à Paris "à Paris sans ma voiture". Ces deux actions ont été l'occasion de procéder à une expérimentation en vraie grandeur de ce que pourrait être la conséquence d'une réduction systématique du trafic dans certaines conditions d'occurrence.

L'opération menée en 1998 n'avait pu être exploitée en ce sens à cause du morcellement important des zones affectées à cette opération. En 1999, trois intervenants ont uni leurs efforts afin de mettre en place une opération concertée donnant lieu à un ensemble de mesures organisé et cohérent :

- la section SPAAS de la Direction de la Protection de l'Environnement de la Ville de Paris ;
- le laboratoire de la RATP ;
- le Laboratoire Central de la Préfecture de Police (LCPP).

Ils ont en outre bénéficié du regroupement plus important des secteurs soumis à la limitation de circulation, ce qui a évité la multiplication des effets de frontières. En revanche, la limitation a été l'objet de nombreuses dérogations qui atténuent la portée de l'expérimentation.

Toutefois, l'occasion a été saisie d'utiliser ces résultats pour tenter une extrapolation, en comparant les résultats des mesures de bruit avec la modélisation de la propagation du bruit en site urbain dense par un modèle de diffusion (réf. 3). Le projet de cette comparaison est élaboré en raison des insuffisances rencontrées dans l'adéquation des situations observées dans le centre de Paris avec les modèles théoriques usuels. L'application des modèles du guide du bruit aux situations de centre urbain dense rencontrées à Paris conduit à des écarts de plusieurs dBA avec la mesure, supérieurs au domaine d'incertitude admissible avec cette

méthode soit environ 2 dBA. Cette situation conduit à des ajustements non maîtrisés, notamment par l'intermédiaire d'hypothèses de répartition de vitesse ou de débit. Or les réductions envisagées devraient être de l'ordre de plusieurs dBA mais pas de la dizaine de dBA.

De ce fait, l'imprécision des modèles est prépondérante par rapport au phénomène à observer, et il ne semble pas encore possible d'extrapoler la situation résultant de la réduction généralisée de la vitesse à partir des modèles usuels.

Les résultats des mesures ont déjà fait l'objet d'une publication par la Ville de Paris. Ces mêmes résultats sont repris ici, ainsi que certains résultats antérieurs obtenus par le LCPP dans le cadre de la mise en place d'une carte du bruit, et comparés à des valeurs obtenues par simulation.

L'apport des publications récentes est constitué par l'approfondissement des connaissances sur la propagation diffusives dans les tissus urbains denses. Sans vouloir se livrer à une vérification exhaustive des modèles exposés dans les dernières publications, il a été estimé intéressant de comparer ces modèles à la situation observée par des mesures lors de la journée "à Paris sans ma voiture".

4 - STRATEGIE

Les mesures ont été effectuées dans le périmètre défini, à l'intérieur de la zone à circulation réduite, par :

- au nord : le Boulevard St Martin,
- au sud : la rue Réaumur,
- à l'ouest : le Boulevard de Sébastopol,
- à l'est : la rue Volta.

Les points de mesures ont été répartis le long des deux axes suivants :

- axe nord - sud : rue St Martin,
- axe est - ouest : rue N.D. de Nazareth.

La stratégie spécifique adoptée à Paris en 1999 consistait à ne limiter la circulation que pour certaines catégories de véhicules. De ce fait les résultats sont moins marqués qu'il n'était attendu lors de la mise en place de l'opération.

Les résultats complets de l'opération, dont les comptages, font l'objet du rapport séparé cité en référence (1). Ces résultats sont comparés au niveau qui devrait être mesuré compte tenu de la réduction de débits, puis comparés aux modèles issus de diverses études antérieures. Le présent article ne présente et ne traite que des résultats partiels de cette étude.

5 - CONDITIONS OPERATOIRES

5.1. Choix de la période

Il ne s'agissait pas d'une période sans circulation mais d'une période à circulation réduite, ce qu'illustre l'examen des débits (comptages au 259 rue St Martin). En effet, les débits (en véhicules/heure, soit v/h) étaient réduits seulement de moitié :

- le 15/09 : entre 782 v/h et 1216 v/h (15 236 véhicules entre 7h et 21h),
- le 22/09 : entre 409 à 663 v/h (7 478 véhicules entre 7h et 21h).

la diminution de débit étant compensée par une augmentation de vitesse, vraisemblablement généralisée et génératrice d'une augmentation des niveaux de bruit.

Compte tenu de la stratégie de dérogations à l'égard de nombreux usagers, on s'est attaché à n'examiner que les périodes horaires de cette journée expérimentale marquées par une faible circulation sur les voies à circulation réduite, soit entre 10h et 15h.

La période la moins circulée a été celle comprise entre 13h et 15h.

Sur la rue N.D. de Nazareth, les débits horaires sur la totalité de la période étaient :

- le 15/09 : 2032 v/h,
- le 22/09 : 767 v/h.

5.2. Choix du descripteur

On choisit de s'attacher au niveau LAeq de moyen terme, à cause des multiples validations antérieures attachées au LAeq, bien que les mesures effectuées lors de cette journée montrent également une baisse très nette du niveau du bruit de fond (ref 1). Toutefois le niveau de fond est insuffisamment relié au débit en véhicules dans les travaux connus pour que la comparaison sur cette base soit exploitable ici.

5.3. Choix des durées de mesures

Il a été nécessaire de mener la comparaison sur des périodes à la fois suffisamment réduites pour que la baisse de débit puisse y être sensible, et suffisamment étendues pour que le lien entre le débit et le niveau de bruit puisse avoir la validité statistique selon par exemple le modèle du Guide du bruit du Cetur.

Une durée de 1 heure semble constituer un minimum acceptable bien que la perte d'échantillons (en nombre) qui résulte de la réduction de circulation rende le phénomène statistiquement plus long à converger que lors d'une étude réalisée précédemment à Paris (rapport annuel 1994).

Sur les mesures du LCPP lors de cette opération, contre toute attente la convergence est acquise :

- à + 2 dB en 1,5 heures en heure de pointe,
- à + 0,5 dB en 0,5 heure en heure creuse.

En effet, on aurait pu attendre une convergence plus difficile (acquise en un délai plus long) avec une circulation pulsée qu'aux heures de pointe avec une circulation établie. En réalité on ne sait pas si le régime d'heure de pointe dans cette circonstance et à cet endroit était établi et fluide. Toutefois on ne recherche pas systématiquement la convergence (on ne recherche pas la représentativité par rapport au régime de circulation habituel : peu importe qu'un LAeq soit représentatif de la situation sur 8 heures, il suffit qu'il permette la mise en relation de mesures au même instant à des emplacements différents).

Chaque heure est représentative d'une expérience (on aurait même pu pousser jusqu'à la durée de diffusion soit moins d'une minute). Chaque heure peut être considérée comme une mesure indépendante.

La baisse du niveau de bruit est surtout sensible entre 9h et 11h : on utilisera donc dans une première approche les tranches horaires 9h -10h et 10h - 11h.

Des comparaisons complémentaires sont effectuées sur des regroupements de ces périodes horaires, avec une validité a priori au moins équivalente.

Par ailleurs, en ce qui concerne l'examen du champ propagé par réflexions, l'aspect suffisant de la durée est apprécié par rapport à la durée d'établissement du champ sonore et par rapport à la durée de diffusion. Cette

durée est évaluée à moins d'une minute. Inversement, une mesure instantanée (chaque LAeq, 1s par exemple) ne serait pas significative

6 - EXAMEN DES RESULTATS OBTENUS LORS DE LA JOURNEE EXPERIMENTALE DU 22/09/00

Un extrait des résultats de cette journée figure au paragraphe 6.1

6.1. Examen des graphiques

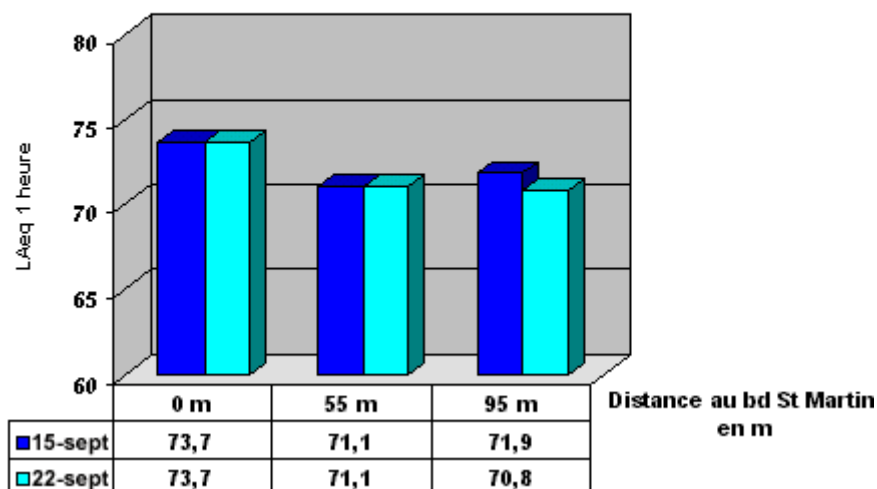
Les profils des niveaux de bruit mesurés pour les périodes horaires successives comprises entre 10h et 15h se répètent à l'identique et montrent que le phénomène de transmission du bruit est le même. Il est donc possible d'observer l'état du bruit sur une seule période de 5 heures regroupant ces 5 périodes.

On a donc tracé sur les graphiques ci-après les niveaux obtenus en 3 emplacements le long de chacune des rues étudiées, pour la période comprise entre 10h et 15h.

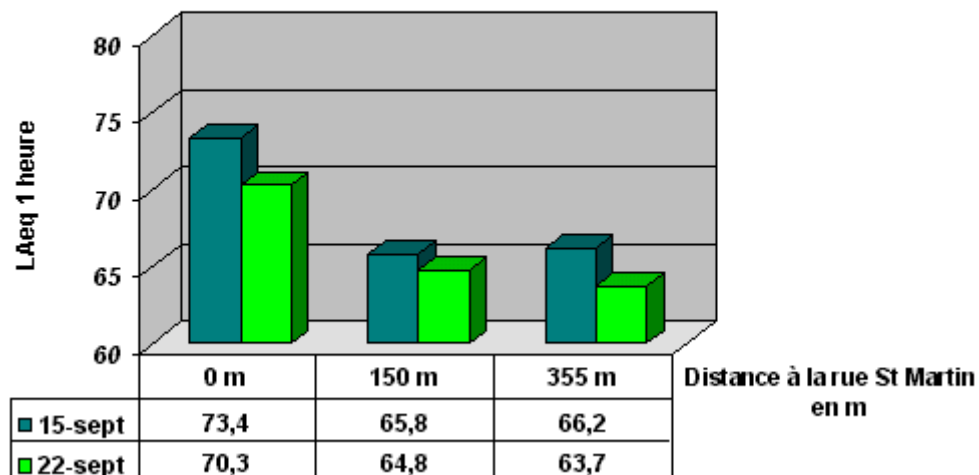
On constate que :

- le niveau de bruit à la porte St Martin (circulation autorisée) est significativement et durablement plus élevé que le niveau mesuré le long de la voie, de 2 dBA environ.
- les niveaux de bruit le long de la voie, à 55 m et à 95 m du raccordement, ne sont pas significativement différents entre eux : le niveau ne décroît plus de façon significative, ce qui peut laisser penser à l'existence de sources à l'intérieur du périmètre de l'étude.

Comparaison des niveaux de bruit mesurés rue Saint Martin
entre 10h et 15h les 15/09/99 et 22/09/99



**Comparaison des niveaux de bruit dans la rue Notre Dame de Nazareth
entre 10h et 15h les 15/09/99 et 22/09/99**



Le niveau de départ est le niveau sur l'axe normalement circulé, avec le postulat selon lequel le niveau est homogène sur la toute la zone d'émission (le boulevard), le niveau ainsi mesuré étant identique au niveau régnant dans le plan de l'extrémité de la voie à circulation réduite.

Dans ces conditions, les niveaux mesurés décroissent un peu au début puis restent stables : il n'y a plus d'atténuation marquée avec la distance. Il faut certainement voir là l'influence du réseau de voirie proche, car la zone à circulation réduite était de taille limitée.

Ce profil se retrouve quasiment à l'identique lors de la journée à circulation réduite (22/09/99) et lors de la journée de comparaison de la semaine précédente (15/09/99).

Cette typologie est-elle vraiment différente de ce qui se passe en période de circulation normale ?

On aurait pu attendre une baisse importante du niveau sonore au milieu des axes étudiés constitué seulement du niveau transmis depuis la rue : en fait, on ne constate aucune typologie spécifique.

6.2. Examen de la représentativité

On se propose de vérifier si les mesures effectuées sont représentatives du phénomène de propagation du bruit, notamment par réflexions, depuis les extrémités des rues, et si le niveau de bruit émis le long des rues par le trafic résiduel toléré est négligeable.

A cet effet, la comparaison est effectuée successivement avec :

- le niveau de bruit susceptible d'être produit dans chaque rue par le débit relevé le 22/09/99, évalué à partir de la carte du bruit de circulation de la ville de Paris (réf. 2) ;
- les valeurs des niveaux de bruit relevées lors de la journée de comparaison du 15/09/99.

Dans les deux cas, le niveau de bruit L susceptible d'être relevé le 22/09/99 est extrapolé au moyen d'une prise en compte proportionnelle des débits, à partir de la formule :

$$L = 10 \log Q + K$$

où le terme K rassemble l'ensemble des termes constants vis à vis du débit (la vitesse n'étant pas examinée) et Q le débit (en v/h).

6.2.1. Première comparaison

(à partir des données issues de la carte du bruit de circulation de la ville en 1997) :

	Débit total en véhicules TMJA	Débit horaire correspondant TMJA/15 (jours ouvrés)	LAeq jour en dB	LAeq nuit en dB
Rue St Martin (segment 1352)	18 850	1257	73	64
Rue St Martin/Bd St Denis (segment n°s436 et 437)	37 670	2511	76	67

(Valeurs arrondies à l'unité)

On en déduit les valeurs suivantes pour le 22 septembre 1999 entre 10h et 15h :

	Débit particulier total sur 5h, en véhicules	Débit particulier horaire en véhicules	Eléments de calcul	LAeq en dB
Rue St Martin	2338	468	$Q'/Q=468/1257=0,37$ $\text{Log}(Q'/Q)= - 4 \text{ dB}$ $L=73-4=69$	69
Bd St Martin/ Bd St Denis	8909	1782	$Q'/Q =0,71$ $\text{Log}(Q'/Q)= - 1 \text{ dB}$ $L=76-1=75$	75

Les niveaux relevés sont issus de la composition :

- des niveaux dus à la circulation sur la voie ;
- et de ceux qui pourraient être attendus de la seule propagation depuis les extrémités de la rue.

On constate que les niveaux relevés sur la rue Saint Martin sont supérieurs aux niveaux qui devraient résulter de la baisse du débit (les autres éléments notamment la vitesse étant normalement constants, ce qui n'est pas le cas ici où la vitesse était de l'avis général plus élevée).

Les niveaux sont très peu différents sur les deux rues étudiées, Saint Martin et N.D de Nazareth, alors que les débits ont connu une baisse suffisante pour donner lieu à une baisse de niveau.

Les écarts sont trop peu importants pour qu'il soit légitime d'en déduire la part du bruit exactement propagée par réflexion le long des voies. Toutefois les niveaux semblent du même ordre de grandeur, c'est à dire 69 dBA sur la rue Saint Martin.

On peut supposer que le niveau propagé le long des rues, notamment par réflexions successives, reste important et de toutes façons supérieur au niveau qui, en chaque point de la rue, résulterait de la seule circulation.

6.2.2. Seconde comparaison

Les tableaux ci-après indiquent les différentes mesures en dBA sur les journées de comparaison, les débits horaires moyens sur la période étant indiqués entre parenthèses :

Rue St Martin	LAeq en dB à l'origine	LAeq en dB à 55 m	LAeq en dB à 95 m	débit entre 10h et 15h (au niveau du n° 258)
15/09	73.7	71.1	71.9	5531
22/09	73.7	71.1	70.8	2338
écart de niveau mesuré L15 / 09 - L22 / 09	0	0	0.8	
écart de niveau théorique dû à l'écart de débit				3.8

Rue N.D. de Nazareth	LAeq en dB à l'origine	LAeq en dB à 150 m (comptages au niveau du n° 55)	LAeq en dB à 355 m (comptages au niveau du n° 75)
15/09	73.4	65.8(805)	66.2 (1147)
22/09	70.3	64.8 (297)	63.7 (471)
écart de niveau mesuré L 15 / 09 - L 22 / 09		+ 1	+ 2.5
écart de niveau théorique dû à l'écart de débit		+ 4.3	+ 3.9

Dans le cas de la rue Saint Martin, on admet en outre l'hypothèse de travail selon laquelle le débit varie peu le long de l'axe, de sorte que la comparaison sur les débits effectuée à hauteur du n° 258 soit transposable aux situations examinées à hauteur des points de mesure.

On constate que dans tous les cas la réduction de niveau attendue de la réduction de débit (entre le 15/09/99 et le 22/09/99) n'est pas atteinte et reste nulle ou bien très inférieure à la diminution attendue soit 4 dBA.

La baisse de niveau observée entre les deux périodes ne correspond pas à ce qui pouvait être attendu du fait de la baisse de débit. La typologie de la réduction le long des deux axes étudiés se caractérise dans les deux cas (journées circulées et réduites) de la même façon.

6.3. Recherche des causes

Ceci peut être dû à plusieurs causes :

- l'addition du bruit transmis avec un niveau élevé dû soit à des sources proches (véhicules), soit à la transmission par l'autre sens de l'axe, soit à une diffraction par-dessus les immeubles (de l'ordre de 6 à 8 étages en moyenne) ;
- une réverbération (ou une diffusion) bien plus élevée que prévu : toutefois dans ce dernier cas, la réverbération ferait sentir ses effets également à une distance plus proche de l'embouchure de la rue.

Il est donc probable que l'allure particulière et inattendue du profil du bruit le long de la rue soit du à la présence constante d'un bruit qui s'ajoute au bruit transmis.

7 - COMPARAISON AVEC DIVERS MODELES THEORIQUES

Les résultats des mesures de LAeq sont comparés aux modèles théoriques :

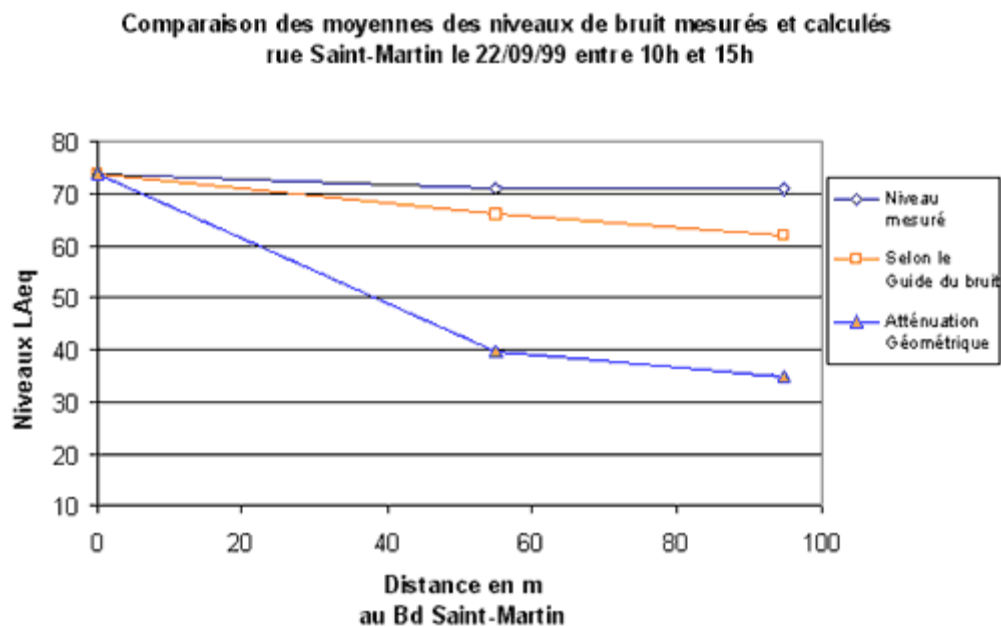
- de propagation en ligne droite avec atténuation géométrique,
- de propagation diffuse,
- de diffraction.

Pour chacun des deux sites, on a représenté sur un même graphique :

- les niveaux moyens mesurés ;
- les niveaux moyens calculés aux mêmes emplacements à partir du niveau à l'origine du boulevard Saint Martin selon deux modèles :

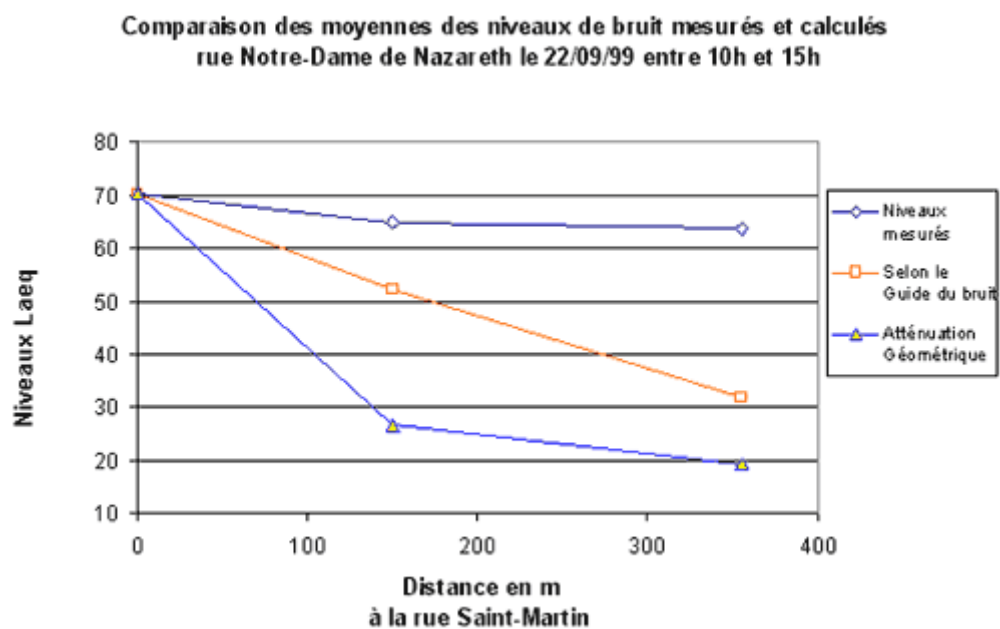
- une loi de décroissance géométrique.
- le modèle du guide du bruit du Cetur.

Les tableaux figurant après ces graphiques reprennent toutes les valeurs de LAeq horaire pour l'ensemble de la période.



Comparaison des niveaux de bruit mesurés et calculés rue Saint Martin le 22/09/99

	Distance	10h/11h LAeq horaire	11h/12h LAeq horaire	12h/13h LAeq Horaire	13h/14h LAeq horaire	14h/15h LAeq horaire	Moyenne LAeq horaire
Niveaux mesurés	0 m	75,6	72,3	73,3	75,0	76,1	73,7
Niveaux mesurés	55 m	72,1	69,3	70,6	70	73,3	71,1
Niveaux calculés (Guide du bruit)	55 m	67,1	63,8	64,8	66,5	67,5	66,0
Niveaux calculés (Att. Géométrique)	55 m	41	38	39	40	41	39,7
Niveaux mesurés	95 m	71,6	69,9	69,7	69,9	73,1	70,8
Niveaux calculés (Guide du bruit)	95 m	63,1	59,8	60,8	62,5	63,6	62,0
Niveaux calculés (Att. Géométrique)	95 m	36,0	32,7	33,7	35,4	36,5	34,9



**Comparaison des niveaux de bruit mesurés et calculés
rue Notre Dame de Nazareth le 22/09/99**

	Distance	10h/11h LAeq horaire	11h/12h LAeq horaire	12h/13h LAeq Horaire	13h/14h LAeq horaire	14h/15h LAeq horaire	Moyenne LAeq horaire
Niveaux mesurés	0 m	70,2	70,4	70,5	70,1	70,1	70,3
Niveaux mesurés	150 m	64,0	64,1	63,5	66,4	66,1	64,8
Niveaux calculés (Guide du bruit)	150 m	52,0	52,0	53,0	52,0	52,2	52,2
Niveaux calculés (Att. Géométrique)	150 m	26,7	26,9	27,0	26,6	26,6	26,8
Niveaux mesurés	355 m	62,6	64,0	63,3	64,2	64,6	63,7
Niveaux calculés (Guide du bruit)	355 m	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0
Niveaux calculés (Att. Géométrique)	355 m	19,0	19,0	20,0	19,0	19,0	19,2

Dans les deux cas, la différence est flagrante avec le modèle d'atténuation géométrique, ce qui confirme l'importance de la réverbération.

* L'écart avec la loi de décroissance géométrique (même en présence de réflexions) est flagrant, et la situation est visiblement celle d'un champ réverbéré, du fait de l'existence d'un niveau de bruit quasi constant le long de la voie.

* L'écart avec le modèle du guide du bruit du Cetur (en $\Delta L = 3 + x / 10$) est significatif : il est de l'ordre de 9 dB à 55 m et s'accroît logiquement avec la distance :

- 18 dBA à 150m
- 39 dBA à 355 m

Le modèle du Cetur correspond à un décroissance continue (puisque'il doit être ajouté au niveau ambiant, il n'est pas supposé représenter le niveau réel total).

Les niveaux calculés à partir de ce modèle sont négligeables, aux points de mesure situés au-delà de 60 m le long de la voie. En ces points il ne subsiste que le niveau dû à la circulation résiduelle.

7.1. Comparaison avec une modélisation des champs diffus par une équation de diffusion (réf. 3)

Aucune dépendance n'est perceptible avec la fréquence, donc l'utilisation des résultats en dBA est possible directement.

On note la similitude des résultats issus des deux modèles (modèle diffusif et modèle du guide du bruit) à partir d'une distance de 10 mètres de la source.

On note également un écart constant de 10 dBA environ entre la décroissance du niveau de bruit le long d'une rue avec le modèle diffusif et la décroissance avec le modèle d'atténuation géométrique.

Le modèle théorique du couloir réverbérant ne semble pas très bien adapté, du fait de l'ouverture vers le haut de la rue en "U" et de la plus faible quantité de surfaces diffusantes. On peut retenir une variation de niveau de bruit du type $-20 \log R$ (où R est la distance) le long de l'axe de la rue, avec un décalage de l'ordre de 10 dB.

Ce type de variation est totalement différent du modèle de correction de carrefour du guide du bruit pour une rue en "U" (en $\Delta L = 3 + x / 10$) pour les distances en jeu (70 m et 110 m), bien que la différence n'apparaisse pas si grande sur le graphique présenté.

Dans tous les cas, les atténuations citées sont bien plus importantes que ce qui est constaté au cours de cette campagne de mesures.

7.2. Comparaison avec le modèle de Davies et Lyon (réf. 4)

Cet article propose une évaluation de la répartition d'un champ sonore urbain à partir d'un découpage en cellules rectangulaires élémentaires.

Compte tenu des divers paramètres retenus, en particulier une efficacité d'écran moyenne de 10 dB pour les immeubles d'habitation, les auteurs parviennent aux valeurs ci-dessous :

Cas des cellules avec sources sonores :

$$L_w - L_p = 38 \text{ dB}$$

Cas d'une cellule sans sources sonores :

$$L_w - L_p = 54 \text{ dB}$$

différence : 16 dB

Cette différence constitue l'atténuation sonore apportée par le bâti environnant sur le bruit de circulation de l'ensemble de l'agglomération. Dans le cas de cellules avec circulation réduite, l'atténuation devrait être intermédiaire.

Ce modèle est valable quelle que soit la fréquence puisqu'aucune hypothèse n'est faite à ce sujet (sauf quant au coefficient d'absorption), donc c'est aussi valable en dBA.

Une telle différence apparaît très importante par rapport aux écarts constatés à Paris : la typologie différente du bâti y est certainement pour une part mais ne peut être approchée avec cette modélisation.

7.3. Comparaison avec le modèle de Shaw-Olson(réf.5- équation 17 page 1787)

Cette étude examine la propagation du bruit urbain à partir d'une distribution des sources en cellules élémentaires hexagonales. Elle comporte des comparaisons expérimentales. Par ailleurs cette étude introduit une distance critique de 250 m (parag I-E) et intègre l'effet d'écran des immeubles (parag II-D) mais elle ne le sépare pas de l'effet de propagation.

La réduction du niveau de bruit au centre d'une zone est calculée : elle est annoncée comme voisine de 10 dB, compte tenu des paramètres choisis, qui sont ceux d'un voisinage semi-urbain.

Il y a donc une différence d'effet importante avec les observations pratiquées à Paris intra-muros, où les réductions de niveau sont comprises entre 0 dBA et 4 dBA.

7.4. Comparaison avec le modèle de Francis Wiener, Charles Malme, Creighton Gogos (réf. 6)

Cet article expose des résultats expérimentaux concernant la propagation du bruit issu d'une source amplifiée au sein d'une zone urbaine aux USA, avec diverses conditions météorologiques.

Une atténuation variable avec la fréquence, s'ajoutant à l'atténuation géométrique est observée à partir d'une distance de 200 pieds (61 mètres). La réverbération est qualifiée à partir d'une formule, et ses effets sont perceptibles. Toutefois, cette atténuation est obtenue à partir de la mesure de l'atténuation réellement observée, par soustraction de l'atténuation géométrique calculée.

Dans tous les cas recensés ici et ayant donné lieu à l'établissement d'un modèle, dans un type d'environnement urbain nord américain ou européen, une atténuation importante du niveau de bruit (citée deux fois comme étant d'un ordre de grandeur de 10 dB ou plus) est attendue.

On peut en déduire, sous une forme alternative :

- soit un total désaccord avec les observations pratiquées lors de la journée expérimentale "à Paris sans ma voiture" ;
- soit le fait que les niveaux peuvent être établis par le calcul mais qu'ils font apparaître une atténuation tellement forte que les niveaux du bruit transmis sont toujours très inférieurs au niveau du bruit issu de la circulation résiduelle.

8 - CONCLUSIONS

Les conditions expérimentales de la journée du 15/09/99 n'ont évidemment pas permis de mener à bien l'observation initialement mise en place. Lors de la 1^{ère} expérimentation de ce genre l'année précédente, l'étendue de la zone à restriction de circulation était insuffisante.

En 1999, les conditions de circulation et de restriction étaient mal maîtrisées : aucun effet notable en matière de bruit ne peut donc être obtenu si le débit n'est pas réduit de façon importante, et si les conditions de circulation ne sont pas strictement contrôlées.

Il semble qu'actuellement on ne soit pas en mesure de calculer précisément le niveau de bruit au centre d'une zone abritée de la circulation. D'autre part, les phénomènes divers qui dominent le processus réel de propagation du bruit dans un environnement urbain dense semblent être à l'origine d'une importante atténuation.

La question de la réduction du niveau de bruit à attendre d'une réduction de circulation, compte tenu des cheminements marginaux du bruit (réflexions, réfraction sur les parties hautes des immeubles, etc.) reste ouverte. Il reste donc nécessaire d'envisager des expérimentations du même type en bordure des zones qui sont en permanence interdites à la circulation.

9 - BIBLIOGRAPHIE

1. Rapport sur l'opération "Journée sans ma voiture", Paris - 1999 (Ville de Paris - RATP- LCPP).
2. Carte du bruit de circulation de la Ville de Paris (Europe Etude - Gecti - Open-Rome).
3. M. Judicaël Picaut (Bulletin des laboratoires des ponts et chaussées, - 222 - Juillet/Août 99 Réf 4250 Pp 57-70).
4. M. Judicaël Picaut Thèse de l'université du Maine 30/03/98.
5. Davies et Lyon (JASA vol 54 n° 6 de 1973 - pp 1565-1570).
6. Shaw-Olson (JASA vol 51 n° 6 part 1 1972 - pp 1781 - 1793).
7. Francis Wiener, Charles Malme, Creighton Gogos (Sound propagation in urban areas - JASA vol 37 n° 4, Avril 1965 pp 738-747).