HAL open science

Perception du bruit du tramway dans des situations contrastées de bruit de trafic routier urbain

Patricia Champelovier, Chrystèle Philipps-Bertin, Régis Blanchet, Agnès Chaumond

To cite this version:

Patricia Champelovier, Chrystèle Philipps-Bertin, Régis Blanchet, Agnès Chaumond. Perception du bruit du tramway dans des situations contrastées de bruit de trafic routier urbain. CFA 2014 - 12eme congrès français d'acoustique, Apr 2014, POITIERS, France. 7 p. hal-01346757

HAL Id: hal-01346757

https://hal.science/hal-01346757v1

Submitted on 19 Jul 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Perception du bruit du tramway dans des situations contrastées de bruit de trafic routier urbain

P. Champelovier, C. Philipps-Bertin, R. Blanchet et A. Chaumond
IFSTTAR-LTE, 25 Avenue François Mitterrand, Case 24, 69675 Bron, France
patricia.champelovier@ifsttar.fr

L'objectif de cette recherche est de mieux comprendre les mécanismes de perception du bruit dans des situations de multi-exposition, et de progresser sur la détermination d'indicateurs acoustiques adéquats rendant compte de la perception de ces situations par l'individu. Elle repose sur la réalisation d'une expérimentation qui consiste à immerger des participants dans un environnement sonore recréant l'exposition aux bruits routier et du tramway, d'habitants d'une rue en zone urbaine. Le protocole expérimental comprend la diffusion de 4 séquences de 16 mn représentant 4 situations mixant une fréquence faible (4) ou forte (9) de passages de tramways avec une densité de trafic routier faible ou forte. Le recueil des données s'est effectué à l'aide de questionnaires complétés sur tablette, à l'issue de chacune des séquences. Les expérimentations ont été menées auprès d'un échantillon de 90 personnes. Les résultats ont montré la complexité de la perception de ce type de situation : la perception du bruit des tramways varie bien en fonction du niveau de circulation notamment en termes de bruyance, et des interactions entre les deux sources apparaissent dans la description de leur combinaison.

1 Introduction

L'urbanisation et le développement des systèmes de transport qui l'accompagne, ont créé des situations de multi-exposition au bruit de plus en plus fréquentes en milieu urbain ou péri-urbain. Ainsi la circulation routière côtoie souvent d'autres types de trafic, trains, tramways par exemple. Cette évolution pose en particulier des questions concernant la réaction humaine face à ces situations complexes, la perception de ces environnements : l'exposition à un environnement sonore composé de plusieurs sources de bruit peut-elle être représentée par une superposition de ces sources ou bien forme-t-elle un environnement sonore particulier qui nécessite une approche spécifique ? Cette recherche avait pour objectif d'essayer de comprendre et d'expliquer les réactions des individus confrontés à ce type de situation, en ville et en présence du tramway et une des questions posée était : comment est perçu le bruit du tramway en fonction d'une autre source de bruit ?

2 Méthodologie

La méthode utilisée est celle de l'expérimentation en laboratoire. Cette démarche a visé à soumettre des participants à un environnement sonore complexe, composé de plusieurs sources de bruit (ici bruit de tramway et bruit routier urbain). Ceci, afin de recueillir leurs réactions en termes de perception, d'une part, et de tester l'hypothèse que pour un même niveau de bruit de tramway (élevé ou faible), les réponses sur la perception du tramway vont varier en fonction des variations du bruit routier urbain (bruit du trafic routier urbain élevé et bruit du trafic routier faible), d'autre part.

Quatre scénarios combinant 2 configurations de bruit de circulation élevée et faible, à 2 configurations de bruit de tramways ont donc été construits, chacun ayant une durée de 16 minutes.

2.1 Constitution des séquences sonores

Les séquences ont été constituées à partir d'enregistrements réalisés sur un site situé Avenue Thiers à Lyon, sur la ligne « T1 » du tramway. La circulation des véhicules routiers s'y effectue sur trois voies : deux dans le sens sud-nord (côté tramway) et la troisième, dans le sens nord-sud (la plus éloignée du tramway et donc du dispositif de prise de son situé côté tramway). Il s'agit d'un tissu ouvert avec un type de pose de voie classique, sur un revêtement enrobé bitumeux.

Figure 1 : Prises de son

La prise de son et la restitution sonore ont été effectuées en synthèse de front d'onde, avec un dispositif linéaire de 1,8 m composés de 16 transducteurs espacés de 12 mm. L'observation des fluctuations réelles de la circulation (historique de données recueillies dans cette portion de rue par des services GPS communautaires) et de la fréquence de passages des tramways (grilles horaires des TC lyonnais) sur le site de prise de son a permis de définir la composition des séquences. L'environnement sonore diffusé dans chacune des séquences existe effectivement sur le site, à un moment de la journée.

Les 4 séquences diffusées reproduisent seulement un passage de tramway en ligne droite. Tous les passages ont donc la même signature acoustique, ce qui les distingue c'est leur nombre et donc leur fréquence. Pour la circulation nous avons veillé à ce qu'il n'y ait pas de véhicules particuliers (type deux roues ou camions), mais nous avons fait varier la densité du trafic.

Tableau 1 : Définition des séquences et LAeq mesuré au centre du salon expérimental

	Nombre de tramways	
	9 tramways	**4 tramways**
Trafic routier urbain DENSE (R+)	**R+9T** 54,1 dBA	**R+4T** 51,8 dBA
Trafic routier urbain FAIBLE (R-)	**R-9T** 51,9 dBA	**R-4T** 49,8 dBA

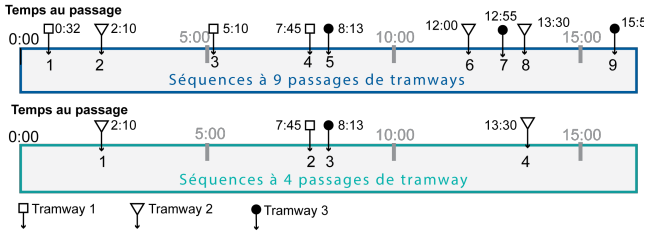


Figure 2 : Répartition des passages de tramway (4 ou 9)

2.2 La situation expérimentale

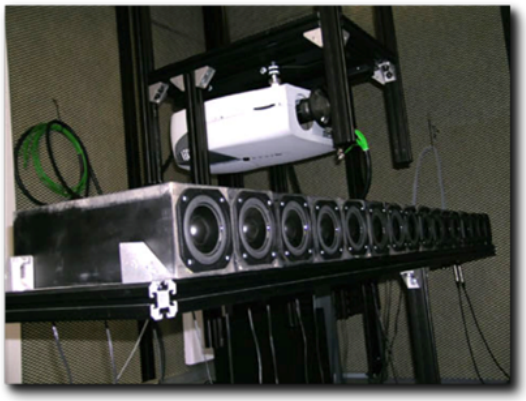
Ces expérimentations se sont déroulées au Laboratoire de Simulation et d'Évaluation de l'Environnement (LSEE) de l'IFSTTAR.
Il est constitué d'un salon reconstitué dans lequel l'environnement sonore est reproduit à l'aide de techniques de restitution audiovisuelles.

Photographie 1 : Salon expérimental du LSEE

Le son, ainsi que les images, proviennent de la fenêtre, depuis un caisson audiovisuel, isolé de la lumière et du son extérieur.

L'image est obtenue par projection sur un écran disposé dans l'encadrement de la fenêtre, et le son est diffusé par un système de restitution de front d'onde, placé derrière cet écran. Le choix d'une image fixe montrant une haie (type haie de jardin résidentiel) suffisamment haute pour suggérer qu'elle cache les véhicules circulant derrière, a été fait.

Les participants ont été placés dans une situation de riverains habitant au rez-de-chaussée d'un immeuble situé sur une avenue longée par le tramway.



Photographie 2 : Système de restitution sonore et visuelle

2.3 Le protocole expérimental

Un plan expérimental à quatre facteurs (les 4 séquences) de quatre modalités chacun (R+9T, R-9T, R+4T, R-4T) a été construit. Toutes les combinaisons possibles n'étant pas pertinentes pour répondre aux hypothèses de la recherche, seules 16 combinaisons, parmi les 24 possibles, ont été retenues. Chaque sujet a entendu les 4 séquences.
Le plan d'expériences assure la randomisation de l'ordre des combinaisons et permet une passation des participants par 2.

Les expérimentations se sont déroulées en octobre et novembre 2013. Le protocole a reçu un avis positif du Comité d'Ethique pour la Recherche Biomédicale de l'IFSTTAR, garantissant aux participants anonymat et protection de leurs données personnelles. Une indemnisation forfaitaire de 80 euros était proposée.

Afin d'assurer la diversité de l'échantillon, les participants ont été sélectionnés en respectant des quotas d'âge (en 3 classes) et de sexe (femme/homme).

Ils ont été accueillis par 2, pour une durée totale de 2h30 environ. Après avoir pris connaissance des informations relatives à leur participation, ils étaient invités à s'installer confortablement dans le salon expérimental du LSEE où ils étaient informés des consignes de l'expérimentation. Pendant la diffusion des séquences, les participants pouvaient lire des revues mises à leur disposition.

Tableau 2 : Déroulement du protocole expérimental

	Activité	Durée en mn	Exposition sonore
Accueil	*Informations Consentement*	*10*	*Pièce d'accueil*
Salon expé	*Installation + consignes*	*5*	*Séq. d'ambiance*
Phase 1 Séq. 1	Lecture de revues	16	Séq.1
	Question ouverte	10	Séquence d'ambiance

	Quest. 1 sur tablette	10	Séq. d'ambiance
Phase 1 Séq. 2	Lecture de revues	16	Séq.2
	Quest. 2 sur tablette	10	Séq. d'ambiance
Pause		*15*	
Phase 2 Séq.3	Lecture de revues	16	Séq 3
	Quest. 3 sur tablette	10	Séq. d'ambiance
Phase 2 séq. 4	Lecture de revues	16	Séq. 4
	Quest. 4 sur tablette	10	Séq. d'ambiance
Débriefing	Impressions qualitatives des participants	15	
Total		*160*	

2.4 Le recueil des données

En préambule, une question ouverte était posée oralement, immédiatement après la diffusion de la 1ère séquence. Son objectif était d'avoir une description spontanée d'une situation de multi-exposition sans qu'aucune information préalable n'ait été donnée.
La question posée était la suivante : « *Si vous deviez décrire le bruit de la rue que vous venez d'entendre que diriez-vous ? Dites tout ce qui vous vient à l'esprit spontanément quand vous pensez à cette séquence. Essayez d'imaginer que vous décrivez cette séquence à quelqu'un qui viendrait habiter ici.* »

Après la diffusion de chaque séquence, les participants ont répondu à un questionnaire sur tablette. Les questions portaient sur :

- une description du bruit global de la séquence, du bruit du tramway, et du bruit routier urbain,
- une description de la perception de la combinaison des sources, ainsi qu'une comparaison 2 à 2 des séquences, en termes de bruyance, niveau, présence, perception du temps écoulé entre 2 passages de tramway et de perception des périodes de calme.
- la gêne due au bruit pour chacune des sources et pour le bruit dans son ensemble. C'est la question de gêne normalisée ISO/TS 15666 :2003(F) qui a été utilisée ici [1].

3 Les résultats

3.1 L'échantillon

Il comprend 90 personnes, 46 femmes et 44 hommes. L'âge moyen est de 42,4 ans (minimum 18 ans, maximum 65 ans) et est tout à fait représentatif de la population cible (Pyramide interactive des âges - INSEE 2013 pour la population française âgée de plus de 18 ans).

Il est composé à 65 % de personnes se déclarant sensibles au bruit (note de sensibilité supérieure à 5) et à 91 % de personnes non riveraines d'une ligne de tramway.

Enfin, 80 % des participants se déclarent familiers avec le bruit entendu pendant les séquences.

Tableau 3 : Structure de l'échantillon selon l'âge et le sexe

Classes d'âge	Femmes	Homme	Ens.
[18-30]	11 (24 %)	9 (20 %)	20 (22 %)
[31-45]	13 (28 %)	13 (30 %)	26 (29 %)
46 et plus	22 (48 %)	22 (50 %)	44 (49 %)
Total	46	44	90

3.2 Description spontanée du bruit

Les propos recueillis à l'issue de cette question ouverte ont montré que les participants avaient effectivement reconnu la présence de deux sources principales.

Après l'écoute d'une séquence reproduisant le bruit d'une rue où circulent le tramway et un trafic routier, on note que ce qui vient à l'esprit spontanément, le premier mot cité par le plus grand nombre de participants (37 %), c'est le bruit de la circulation.

Si, ensuite, on s'intéresse à l'ensemble des réponses obtenues spontanément et toutes séquences confondues, on observe que ce sont les mots trains (44 %) et tramways (35 %) qui ont été le plus souvent évoqués.

La répartition des réponses recueillies en fonction des séquences, a révélé que, globalement, les descriptions des séquences sont sinon conformes, du moins proches de la composition effective de celles-ci. En d'autres termes, pour les séquences où la circulation est dense (R+) les citations relatives à la circulation sont plus fréquentes que pour les séquences où la circulation est faible (R-). De la même façon, lorsque le nombre de tramways est important (9T) les citations spontanées de cette source sont plus fréquentes que pour les séquences où ce nombre était faible (4T).

La description du bruit à un tiers a permis de montrer que les participants se positionnent le plus souvent en lui attribuant des qualificatifs tels que bruyant, fort (39 %) mais aussi présent, continu (21 %). Viennent ensuite des impressions qui font référence à la gêne, au désagrément (25 %). En outre, nous avons pu souligner que la fenêtre, en termes d'ouverture ou de fermeture et donc de l'action que l'on peut avoir sur le bruit, est un élément manifeste (25 % des personnes interrogées l'ont citée) dans la description de ce qui est entendu.

Dans une moindre mesure, les activités habituellement perturbées par le bruit (lire, dormir, se reposer …), le fait que le bruit soit un élément normal de la ville, ainsi que la notion d'habituation servent également de support à cette description. Quant au lieu où ils se sont imaginés être, quand il est mentionné, il correspond bien à la situation reproduite.

Les séquences diffusées ont bien immergé les participants dans un environnement sonore urbain puisqu'elles leur ont permis de s'imaginer être effectivement dans un salon donnant sur une rue en ville. Ceci laisse à penser que les réponses obtenues sont ici fortement contextualisées et donc en lien avec la situation simulée.

3.3 Perception du bruit du tramway

La description du bruit du tramway a été effectuée à l'aide d'un échelle de différenciateurs sémantiques. Ils étaient composés de 10 paires d'adjectifs antonymes situés

de part et d'autre d'une échelle en 7 points, permettant au répondant de moduler son choix. La sélection des adjectifs s'est appuyée sur les résultats de deux précédentes recherches sur la perception du bruit du tramway [1,2]. L'utilisation des tablettes a permis de randomiser cette liste d'adjectifs. Pour chaque paire d'adjectifs, un modèle linéaire généralisé pour données ordinales appariées a été construit à l'aide de la procédure Catmod de SAS© (version 9.3 utilisée pour l'ensemble des analyses).

Concernant la perception du bruit du tramways, les résultats montrent que les participants répondent de la même façon, quelle que soit la séquence, pour les 4 paires d'adjectifs suivantes : Clair/brouillé, aigu/grave, et progressif/soudain, sourd/strident.

Le bruit des tramways est décrit comme étant plutôt clair, grave, progressif et sourd.

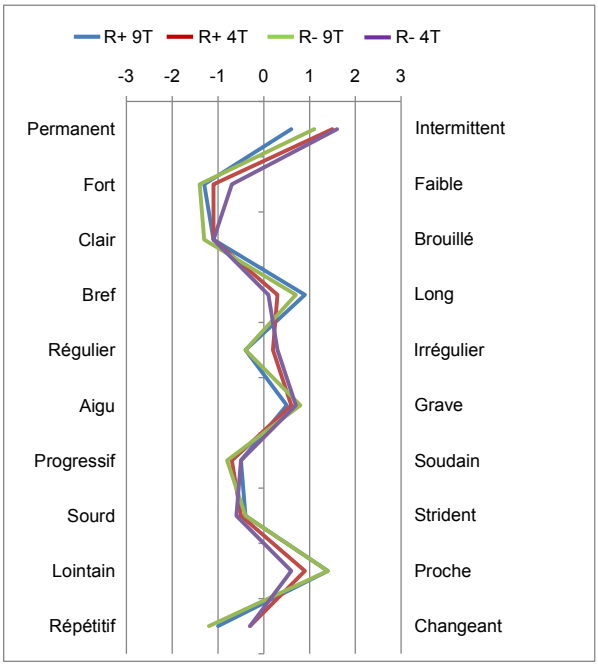


Figure 3 : Profil des différenciateurs sémantiques pour le bruit des tramways

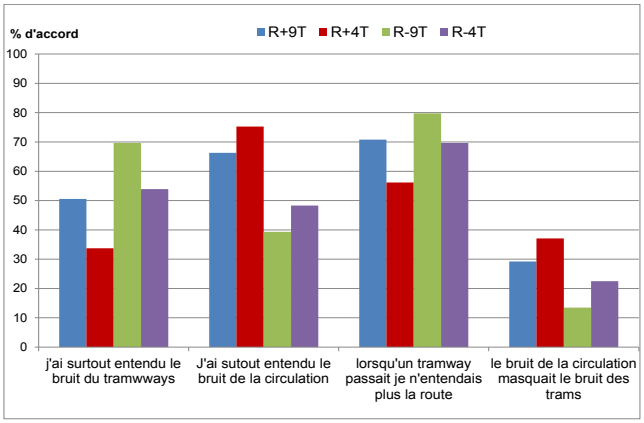
On observe que **le changement de condition de circulation a un effet sur la perception du bruit des tramways en termes de bruyance.** Pour les séquences avec 4 passages de tramways, le bruit des tramways est jugé comme étant plus fort, lorsque la circulation est élevée que lorsque qu'elle est faible, alors que ce sont strictement les mêmes tramways. Cette différence de perception n'apparaît pas pour les séquences avec 9 tramways. Dans ce cas, ils sont jugés aussi bruyants en condition de circulation faible ou élevée. Pour tous les autres adjectifs, il n'y a pas de différence d'évaluation en fonction de la condition de circulation.

3.4 Perception de la combinaison des sources

On s'est intéressé à la manière dont était perçue la combinaison des sources et les participants ont été invités à donner leur degré d'accord à des propositions portant sur la comparaison des sources. Il s'agissait principalement d'aborder les aspects de masquage et de dominance en présence de plusieurs sources de bruit, et susceptibles d'influencer la perception de la situation sonore. Les réponses ont été exploitées à partir de tests du chi deux de comparaison de proportions, après recodage des réponses en deux modalités (D'accord / Pas d'accord) pour faciliter les interprétations.

Concernant la perception de la combinaison des sources, et plus particulièrement à propos du **mélange des sources**, à la proposition : « Le bruit des tramways et le bruit de la circulation se mélangeaient, je n'ai pas pu les distinguer. », les participants ont répondu de la même façon pour toutes les séquences : plus de 70 % d'entre eux étaient plutôt en désaccord avec celle-ci. Il apparaît que **pour toutes les séquences, les participants ont entendu les deux sources.**

On a ensuite observé des différences de proportion dans la répartition des réponses à propos de la dominance d'une source et le masquage d'une source par l'autre.



Histogramme 1 : Réponses sur la dominance et le masquage

Concernant la **dominance :**

- **du bruit des tramways** : 70 % des participants ont « surtout entendu le bruit du tramway" dans la séquence en condition de circulation faible et le nombre de tramways élevé (R-9T). A l'inverse, près de 70 % des personnes interrogées ne sont pas d'accord avec cette affirmation lorsque le bruit de la circulation est élevé et le nombre de tramways faible (R+4T). Mais pour les deux autres séquences, dans lesquelles les deux sources sont dans la même condition faible (R-4T) ou élevée (R+9T), il n'y a pas de consensus sur la dominance du bruit des tramways. Les réponses se répartissent en 50/50 entre accord et désaccord. Le **nombre de tramways seul ne détermine pas sa dominance, il y a interaction avec la condition de circulation.**
- **du bruit de la circulation** : on observe qu'elle **est dépendante du niveau de celle-ci**. En effet, une majorité de participants répond avoir surtout entendu le bruit de la circulation, en condition de circulation élevée, et à l'inverse en condition de circulation faible, ils répondent ne pas être d'accord avec la dominance du bruit de la circulation.

Concernant le **masquage**

- **par le bruit du tramway** du bruit de la circulation : quelle que soit la séquence, les participants sont toujours majoritairement d'accord

avec la proposition « Lorsqu'un tramway passait, je n'entendais plus le bruit de la circulation. ». Le pourcentage d'accord est le plus important (soit 80 %) pour la séquence avec 9 passages et la condition de circulation faible. Par contre, ils ne sont plus que 55 % à être d'accord pour la séquence avec la condition de circulation dense et 4 passages de tramways. Comme pour la dominance du bruit du tramway, on retrouve une répartition des réponses proches pour les deux séquences dans lesquelles les deux sources sont dans la même condition faible (R-4T) ou élevée (R+9T).

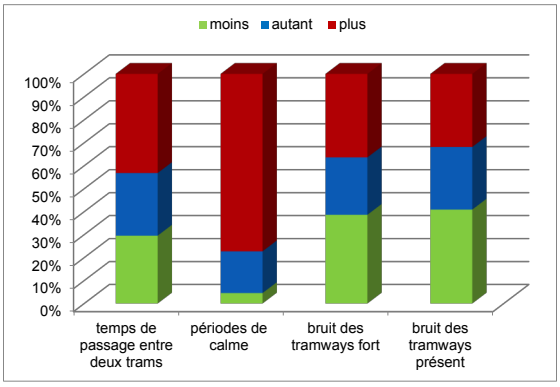
- **par le bruit de la circulation** du bruit des tramways : les personnes sont plutôt en désaccord avec la proposition « Le bruit de la circulation masque le bruit des tramways. », et le sont d'autant plus que le bruit de la circulation est faible (de 63 à 87 % des réponses). Il semble donc que **même en condition de circulation élevée, les participants ont bien entendu le bruit des tramways.**

3.5 La comparaison du bruit des séquences par les participants

Dans la dernière partie du questionnaire, on demandait aux participants de comparer, eux-mêmes, les séquences entre elles. Les comparaisons ont porté sur des séquences avec le même nombre de tramways mais des conditions de circulation différentes.

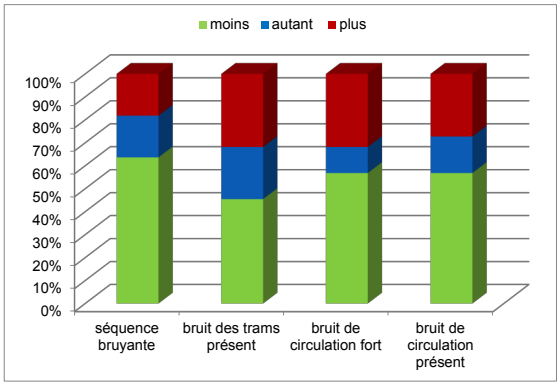
Des questions relatives à la bruyance de la séquence, des tramways, et de la circulation, la présence du bruit des tramways et du bruit de la circulation, enfin sur le temps de passage entre deux tramways et la présence de période de calme, étaient posées.

Faire comparer aux participants les séquences avec le même nombre de tramways mais des conditions de circulation différentes c'est révélée une question difficile. Par ailleurs et our plusieurs items, l'ordre des séquences a eu un effet sur les réponses, et ils ont été retirés des analyses.



Histogramme 2 : Comparaisons des séquences pour 9 passages de tramway et différentes conditions de circulation

Lorsque sont comparées les deux séquences avec **9 tramways** (Histogramme 2), ce qui fait surtout **consensus** (près de 80% des répondants) c'est que **les périodes de calme sont considérées comme plus nombreuses quand le bruit de la circulation est plus faible**. Par contre, l'analyse des réponses concernant les différences de niveau et de présence du bruit des tramways, du bruit de la circulation et de la bruyance de la séquence n'a pas montré de positionnement clair.



Histogramme 3 : Comparaisons des séquences pour 4 passages de tramway et différentes conditions de circulation.

A l'inverse les résultats semblent indiquer que dans les séquences avec **4 tramways** (Histogramme 3), il était plus facile de percevoir des différences, la majorité des participants estime que la séquence avec **la condition de circulation élevée (R+4T) est la plus bruyante, que le bruit des tramways y est plus présent, et enfin, que le bruit de la circulation y est plus fort et plus présent.**

On retiendra que quand la fréquence des tramways est importante et que le niveau de circulation variait les différences perçues se sont situées principalement au niveau des fluctuations du bruit globalement et non pas de la contribution des sources. Il semble que les tramways même s'ils sont entendus, soient assimilés à un véhicule circulant parmi les autres, d'autant plus facilement qu'il est fréquent. De plus, quand la fréquence des passages est faible, on retrouve bien l'amplification due au bruit élevé de la circulation sur la perception du bruit des tramways.

4 Conclusion

Notre hypothèse portait sur les variations de la perception du bruit du tramway en fonction des variations du bruit du trafic routier. Pour y répondre nous avons combiné 2 conditions de bruit de tramways (9 et 4 passages) et 2 conditions de bruit de la circulation (élevé et faible).

Nous avons vérifié grâce à la description spontanée de la 1ère séquence entendue, que les deux sources de bruit étaient bien perçues dans les séquences, et quelle que soit la configuration. Ce résultat a été confirmé par la question du mélange des sources qui a été réfutée par les participants à plus de 80 %.

Nous avons bien montré qu'il y avait un effet de la condition de circulation sur la perception du bruit du tramway lorsque le nombre de passages était le plus faible. Il s'agit bien exactement des mêmes tramways mais qui sont perçus comme étant plus fort dans la condition de circulation élevée. Ce résultat tendrait à relativiser les phénomènes d'émergence dans la perception des situations de multi-exposition : il indiquerait plutôt une amplification du bruit des tramways par un niveau élevé de bruit de la circulation. Avec cependant une réserve, lorsque le nombre de passages de tramways était élevé, ils ont été perçus de la même façon dans les deux conditions de circulation.

L'analyse de la perception de la combinaison des sources, si elle renforce l'idée que la perception du bruit des tramways n'est pas indépendante de celle du bruit de la circulation, apporte aussi des éléments qui orienteraient plutôt vers une interaction entre les deux sources. Le bruit de la circulation est en effet perçu comme d'autant plus dominant qu'il est élevé, mais aussi, que le nombre de passages de tramways est faible. De même, la dominance du bruit des tramways ne peut être clairement déterminée quand les deux sources sont soit faibles, soit élevées et donc non contrastées.

Enfin, on a pu remarqué que lorsque les participants ont comparé, eux-mêmes, les séquences avec un même nombre de tramways, mais des conditions de circulation différentes, ils ont eu plus de difficultés à discriminer les séquences constituées de 9 passages que celles en comportant 4.

Ces premiers résultats ont clairement établi que la perception du bruit des tramways varie en fonction du niveau de la circulation routière. Ils ont également révélé un éventuel effet du nombre de passages de tramway sur la perception du bruit de la circulation. Si celui-ci demande à être validé avec, en particulier, l'analyse des données concernant la circulation, il nous interroge aussi sur la manière de considérer le bruit du tramway dans l'environnement sonore urbain. En effet, dans cette recherche, nous avons estimé que le tramway était un élément distinct, mais les résultats obtenus montrent que sa perception apparaît étroitement imbriquée dans celle du bruit de la circulation routière en ville, comme si, dans ces cas-là, le tramway était considéré comme un véhicule parmi les autres.

Remerciements

Cette recherche est incluse dans un des volets du projet VIA URBA : *« Emission VIbratoire et Acoustique des véhicules URBAins »* et a bénéficié de l'aide financière de la DGITM/SAGS du MEDDE.

Références

[1] ISO/TS 15666:2003(F) : *Acoustique – Evaluation de la gêne causée par le bruit au moyen d'enquêtes sociales et d'enquêtes socio-acoustiques,* Iso 2003.

[2] Pallas MA, Philipps-Bertin C, Maldonado M (2009). *Bruit et vibrations dus aux tramways : Emission et perception,* Rapport n° 279, Les collections de l'Inrets, Décembre 2009, 270 p.

[3] Trollé A, Marquis-Favre C, Klein A, (2013). *Acoustical indicator of noise annoyance due to tramway in in-curve operating configurations*, ICA 2013, Montreal.

[4] Philipps-Bertin C, Champelovier P, Chaumond A, Blanchet R, (2014). *Etude qualitative de la gêne en situation de multi-exposition au bruit du tramway et au bruit routier urbain.* Rapport de convention pour la DGITM/SAGS du MEDDE, 2014, 42 p.