



**HAL**  
open science

## Évaluation de la qualité sonore : comparaison d'expériences in situ et en ligne

Etienne Parizet, Dorian Grappe, Chaouki Benzekri, Clément Coppel

### ► To cite this version:

Etienne Parizet, Dorian Grappe, Chaouki Benzekri, Clément Coppel. Évaluation de la qualité sonore : comparaison d'expériences in situ et en ligne. 16ème Congrès Français d'Acoustique, CFA2022, Société Française d'Acoustique; Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique, Apr 2022, Marseille, France. hal-03848428

**HAL Id: hal-03848428**

**<https://hal.science/hal-03848428>**

Submitted on 10 Nov 2022

**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.



16<sup>ème</sup> Congrès Français d'Acoustique  
11-15 Avril 2022, Marseille

## Évaluation de la qualité sonore : comparaison d'expériences in situ et en ligne

E. Parizet<sup>a</sup>, D. Grappe<sup>a</sup>, C. Benzekri<sup>a</sup>, C. Copel<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Univ. Lyon, INSA-Lyon, Laboratoire Vibrations Acoustique, Villeurbanne, France

<sup>b</sup> Volvo Group Trucks Technology, Saint-Priest, France



Afin d'évaluer la qualité sonore des camions à propulsion électrique, une expérience perceptive a été prévue en 2020. 27 sons enregistrés dans différents véhicules ont été égalisés en intensité sonore (selon le modèle de Zwicker) afin de mettre en évidence la contribution des paramètres de timbre. En raison de la situation sanitaire et du confinement en France, cette expérience a été réalisée en ligne ; 55 personnes y ont participé. L'année suivante, elle a été répétée en laboratoire et chez le constructeur de camions (46 participants). Dans l'expérience en ligne, il n'y avait aucun contrôle sur les conditions expérimentales (bruit de fond dans la pièce, écouteurs, etc.). En revanche, l'expérience in-situ a été réalisée dans des cabines insonorisées avec des écouteurs de haute qualité. L'objectif de cette présentation sera de montrer la comparaison des résultats obtenus dans les deux conditions. Malgré le manque de contrôle dans les conditions in-situ, les résultats des deux expériences sont très proches - ce qui montre que les expériences en ligne peuvent être utilisées pour des applications de qualité sonore.

## 1 Introduction

La plupart du temps, des expériences perceptives sont menées en laboratoire, dans un environnement très contrôlé : cabine isolée du bruit extérieur, casque de haute-fidélité, participants focalisés sur leur tâche. Très peu d'expériences sont menées par internet (un exemple est cité dans [1]). En effet, les conditions de l'expérience sont alors peu contrôlables : un auditeur utilise-t-il un casque ou un haut-parleur pour écouter les stimuli ? (voir [2] pour la proposition d'un protocole permettant de vérifier ce point). Quelle est la qualité du système de réécoute ? L'environnement sonore est-il suffisamment calme pour ne pas déranger l'auditeur ? Ces limitations font sans doute que l'utilisation d'expériences on-line est encore très limitée.

La pandémie de Covid ayant entraîné en 2020 une période de confinement, suivie d'une période pendant laquelle des personnes étrangères au laboratoire ne pouvaient pas accéder à celui-ci, une expérience on-line d'évaluation de désagrément du bruit intérieur de véhicules a dû être mise en place. Cela remet-il en cause les résultats de l'expérience ? Pour le savoir, cette expérience a été répétée en 2021 dans des conditions habituelles contrôlées.

## 2 Méthode

### 2.1 Stimuli

Ces expériences ont été menées dans le cadre d'une étude portant sur le confort acoustique dans les cabines de véhicules industriels à moteur électrique. L'objectif de l'étude était d'identifier les paramètres du timbre des sons contribuant à la qualité acoustique des véhicules.

Les bruits de plusieurs véhicules ont été enregistrés ( $f_s=51200$  Hz) aux oreilles du conducteur, pour différentes vitesses (de 30 à 90 km/h). Dans certains stimuli, des émergences fréquentielles (entre 600 et 3000 Hz) ont été amplifiées (de 6 à 15 dB). On disposait ainsi de 27 stimuli d'une durée de 10 s. Un *fading in et out* a été appliqué (durée de 250 ms).

Les fortes différences des vitesses des véhicules entraînaient de fortes différences de niveau (environ 20 dBA entre les signaux). L'intensité perçue étant un facteur très important de la qualité acoustique, il a été décidé d'égaliser cette intensité perçue. L'indicateur retenu était la sonie calculée selon la norme ISO 532-1 (2017). La valeur moyenne de la sonie (aux deux voies des signaux) a été

égalisée à un niveau moyen d'environ 19 soneGF (avec un écart total entre tous les signaux inférieur à 0.5 soneGF).

### 2.2 Expérience en ligne (2020)

La situation sanitaire interdisant l'accueil de participants au laboratoire, il a été décidé de procéder à une expérience *on-line* en utilisant Psytoolkit [1,2]. Après l'écoute de chaque son, le participant devait évaluer quatre paramètres : l'intensité perçue, l'aspect grave ou aigu, la régularité et enfin le désagrément. Pour chaque descripteur, la réponse devait être donnée en déplaçant un curseur sur une échelle continue portant les deux labels extrêmes (par exemple : extrêmement désagréable et extrêmement agréable). La position du curseur est enregistrée comme un nombre entier entre 0 et 100.

Au préalable, cinq signaux sont présentés pour permettre à l'auditeur d'apprécier la variation des paramètres. Par ailleurs, le participant doit indiquer son âge (en quatre catégories : de 18 à 25 ans, de 25 à 40 ans, de 40 à 60 ans et au-delà), son genre et son expérience de la conduite de véhicule industriel (jamais / rarement / parfois / régulièrement). Enfin, comme il n'était pas possible de calibrer le niveau d'écoute, on proposait au participant d'écouter un signal de parole en lui demandant d'ajuster le niveau de la sortie son de l'ordinateur pour que cette parole soit tout juste intelligible.

Une limitation de Psytoolkit est qu'il n'est pas possible de concilier deux éléments :

- Une présentation aléatoire des signaux;
- La présentation d'un indicateur d'avancement (qui est utile au participant).

Nous avons donc découpé l'expérience en quatre blocs (présentés aléatoirement et à l'intérieur desquels l'ordre des sons était également aléatoire), un indicateur d'avancement étant présenté au participant à l'issue de chaque bloc.

La diffusion du lien de l'expérience a permis de recueillir les réponses complètes de 55 personnes (d'autres participants ont abandonné en cours de route).

### 2.3 Expérience en laboratoire (2021)

L'expérience a été répétée en 2021, mais cette fois les participants pouvaient venir au laboratoire. Chaque participant était placé dans une cabine audiométrique et les sons étaient présentés au moyen d'un casque Sennheiser

HD650, à un niveau calibré correspondant à une sonie moyenne de 19 soneGF. 46 personnes ont participé à l'expérience : 30 étudiants de l'INSA-Lyon (âgés de 18 à 25 et n'ayant pas d'expérience de conduite de véhicules industriels) et 16 membres du personnel du constructeur, d'âges variés et ayant tous une expérience de conduite.

Le reste de la procédure était identique à l'expérience menée en 2020 : le même lien proposé par Psytoolkit a été utilisé, afin que seules les conditions d'écoute et d'environnement diffèrent entre les deux expériences.

### 3 Résultats

Pour chaque descripteur, une analyse de variance (mesures répétées) a été menée. Elle comprenait un facteur intra-sujet (stimulus) et un facteur inter-sujet (type d'expérience : on-line ou in-situ). Ces analyses ont été menées par JASP (<https://jasp-stats.org>). La correction de sphéricité de Greenhouse-Geisser a été utilisée et le seuil de significativité retenu est de 5%.

Pour les paramètres Aigu et Régulier, les résultats sont similaires entre les deux expériences ( $p > 0.05$ ). Une différence est notée pour les paramètres Fort ( $F(26, 2574) = 2.48, p = 0.003$ ), et Plaisant ( $F(26, 2574) = 1.59, p = 0.021$ ), comme le montrent les figures 1 et 2.

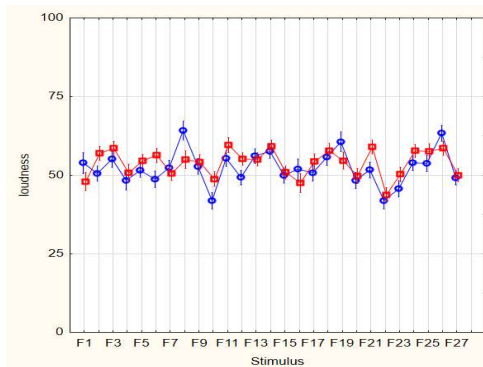


Figure 1 – Sonie moyenne estimée pour les 27 sons, dans les deux expériences. Cercles bleus : exp. en ligne (2020). Carrés rouges : exp. en laboratoire (2021).

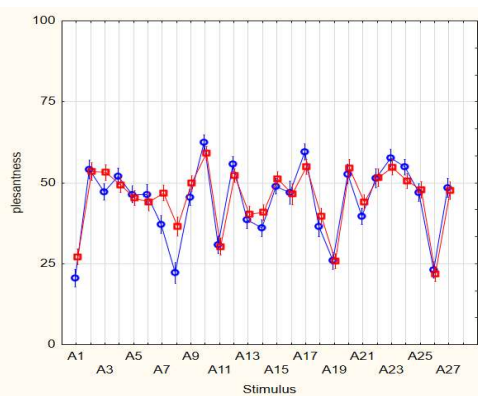


Figure 2 – Désagrément moyen estimé pour les 27 sons, dans les deux expériences. Cercles bleus : exp. en ligne (2020). Carrés rouges : exp. en laboratoire (2021).

En pratique, des différences significatives entre les deux expériences apparaissent pour 5 stimuli en ce qui concerne l'intensité perçue (numéros 2, 6, 8, 10 et 21) et 2 stimuli pour le désagrément (numéros 7 et 8).

Mais il est possible que ces différences soient dues à une différente répartition en âge des auditeurs dans les deux expériences. En effet, d'autres analyses comprenant le facteur inter-sujet âge ont montré l'importance de ce facteur. De fait, la répartition en âge n'était pas similaire pour les deux expériences (tableau 1) : l'expérience en laboratoire a mobilisé essentiellement des étudiants, ce qui entraîne une moyenne d'âge plus faible.

TABLEAU 1 – Répartition de l'âge des participants

	18 – 25	26 – 40	41 – 60	>60
En ligne	19	13	21	2
En labo.	31	10	5	0

Si l'on répète les analyses de variance en se limitant aux participants âgés de 25 au plus (catégorie la plus nombreuse dans les deux cas), l'effet du type d'expérience n'est significatif pour aucun des quatre paramètres sonores.

### 4 Conclusion

Les résultats obtenus dans les deux expériences sont donc très proches. Il semble donc possible de mener plus souvent des expériences on-line pour évaluer des paramètres du timbre de sons industriels, ainsi que la qualité perçue. Un avantage de ce type d'expérience est que, potentiellement, un grand nombre de personnes peut participer. Une limitation est qu'il est difficile de cibler un profil particulier d'auditeur (par exemple, dans notre cas, des conducteurs réguliers de véhicules industriels). Il paraît donc raisonnable de limiter l'utilisation d'expériences on-line au cas où l'on ne recherche pas de tels profils particuliers.

### Références

[1] Luo, L., Zheng, X., Hao, Z.Y., Dai W.Q., Yang W.Y. (2017). Sound quality evaluation of high-speed train interior noise by adaptive Moore loudness algorithm. *Journal of Zhejiang University-Science A* 18(9), 690-703.

[2] Woods, K., Siegel, M., Traer J., McDermott J. (2017). Headphone screening to facilitate web-based auditory experiment. *Attention, Perception & Psychophysics* 79(7), 2064-2072.

[3] Stoet, G. (2010). PsyToolkit - A software package for programming psychological experiments using Linux. *Behavior Research Methods*, 42(4), 1096-1104.

[4] Stoet, G. (2017). PsyToolkit: A novel web-based method for running online questionnaires and reaction-time experiments. *Teaching of Psychology*, 44(1), 24-31.