

**Conseil économique et social**

Distr. générale
19 juin 2012
Français
Original: anglais

Commission économique pour l'Europe

Comité des transports intérieurs

**Forum mondial de l'harmonisation
des Règlements concernant les véhicules****Groupe de travail du bruit****Cinquante-sixième session**

Genève, 3-5 septembre 2012

Point 10 de l'ordre du jour provisoire

Véhicules routiers silencieux**Projet de recommandations relatives à un règlement
technique mondial sur les systèmes avertisseurs sonores
de présence du véhicule pour les véhicules routiers silencieux****Communication du groupe de travail informel des véhicules
routiers silencieux¹**

Le texte reproduit ci-après a été établi par le Président du groupe de travail informel des véhicules routiers silencieux (QRTV) conformément à la phase VII du mandat du groupe (voir le document QRTV-01-02). Il est fondé sur le document informel GRB-55-14, distribué lors de la cinquante-cinquième session du Groupe de travail du bruit (ECE/TRANS/WP.29/GRB/53, par. 22 à 24).

¹ Conformément au programme de travail du Comité des transports intérieurs pour la période 2010-2014 (ECE/TRANS/208, par. 106, et ECE/TRANS/2010/8, activité 02.4), le Forum mondial a pour mission d'élaborer, d'harmoniser et de mettre à jour les Règlements en vue d'améliorer les caractéristiques fonctionnelles des véhicules. Le présent document est soumis en vertu de ce mandat.

**Projet de recommandations relatives à un règlement
technique mondial sur les systèmes avertisseurs sonores
de présence du véhicule pour les véhicules routiers silencieux**

Table des matières

	<i>Page</i>
I. Objet.....	3
II. Introduction.....	3
III. Applicabilité.....	3
IV. Définitions	4
V. Spécifications générales	5
VI. Spécifications acoustiques	9
VII. Modes de fonctionnement du système d'avertissement	15
VIII. Considérations économiques.....	17
IX. Conclusion	17

I. Objet

1. Le Forum mondial de l'harmonisation des Règlements concernant les véhicules (WP.29) a demandé au Groupe de travail du bruit (GRB) de créer un groupe de travail informel des véhicules routiers silencieux (groupe de travail informel QRTV) chargé d'évaluer les systèmes avertisseurs sonores de présence du véhicule pour les véhicules de ce type, de recenser les paramètres acoustiques essentiels et de déterminer s'il était nécessaire d'harmoniser ces paramètres à l'échelle mondiale.

II. Introduction

2. Les véhicules hybrides et les véhicules électriques purs offrent certains avantages sur le plan écologique, notamment une pollution atmosphérique faible voire quasiment nulle, une moindre consommation de combustibles fossiles et très peu de bruit aux petites vitesses. Si les véhicules de cette catégorie peuvent offrir des avantages non négligeables en termes de santé publique et de bien-être à des millions de personnes, ils présentent néanmoins l'inconvénient d'éliminer une source importante d'informations sonores utilisées par un grand nombre de piétons (notamment les aveugles, les malvoyants et les personnes âgées) et d'usagers de la route (tels que les cyclistes) pour déterminer que des véhicules de ce type s'approchent, sont présents ou s'éloignent.

3. On trouvera ci-après les observations et les recommandations du groupe de travail informel QRTV au sujet de l'élaboration future d'un règlement technique mondial de l'ONU qui définirait l'applicabilité et les caractéristiques d'un système avertisseur sonore de présence du véhicule (système AVAS). Ce système donnerait aux piétons et aux autres usagers de la route des informations sur les véhicules silencieux circulant à des vitesses inférieures à l'intervalle de 20 à 30 km/h essentielles pour leur permettre de se déplacer en toute sécurité, tout en protégeant le public d'un accroissement inutile du bruit ambiant et le conducteur du véhicule d'une nuisance sonore. Une attention particulière devrait être accordée aux pays qui mettent déjà en œuvre des programmes visant à réduire les nuisances sonores ambiantes.

4. Le groupe de travail informel QRTV n'était pas chargé d'évaluer dans le détail le potentiel de croissance du parc des véhicules silencieux. Toutefois, il existe de sérieuses raisons de défendre la conclusion selon laquelle un éventuel règlement de l'ONU sur les systèmes AVAS doit se présenter sous la forme d'un règlement technique mondial (RTM) en vue de réduire la confusion parmi les piétons et d'alléger les diverses contraintes réglementaires qui pèsent sur les constructeurs des véhicules concernés.

III. Applicabilité

5. Le groupe de travail informel QRTV juge inutile d'équiper systématiquement tous les véhicules électriques purs et véhicules hybrides d'un système spécial d'avertissement sonore. Si l'on considère la vaste gamme des véhicules de ces deux catégories qui est disponible sur le marché actuellement, on se rend clairement compte que les véhicules sur lesquels la propulsion s'effectue au moyen d'un moteur électrique combiné à un moteur à combustion interne et ceux sur lesquels le moteur à combustion interne sert uniquement à maintenir la charge électrique des batteries peuvent être suffisamment bruyants pour qu'il ne soit pas nécessaire d'utiliser un système avertisseur sonore distinct. De même, pour ce qui est des motos et scooters électriques récemment apparus sur le marché, tous les modèles ne nécessitent pas un système AVAS. D'autre part, le groupe de travail informel

QRTV pense que certains véhicules à moteur à combustion interne en circulation aujourd'hui sont moins bruyants que certains véhicules hybrides.

6. Les résultats des mesures effectuées sur des véhicules en appliquant la procédure d'essai SAE J 2889-1 (2011), mise à la disposition du groupe de travail informel QRTV, indiquent que les véhicules électriques purs et les véhicules hybrides fonctionnant en mode électrique produisent un niveau de pression acoustique variant entre 46 et 53 dB(A) à 10 km/h et entre 20 et 38 dB(A) à l'arrêt. Dans les mêmes conditions d'essai, les véhicules à moteur à combustion interne produisent un niveau de pression acoustique compris entre 53 et 80 dB(A) à 10 km/h et entre 45 et 72 dB(A) à l'arrêt².

Recommandation du groupe QRTV

7. Le groupe de travail informel QRTV recommande que le RTM de l'ONU soit élaboré de façon à s'appliquer en principe à tous les véhicules peu bruyants indépendamment de l'énergie utilisée aux fins de leur propulsion. Néanmoins, sachant que les données relatives au bruit émis sont peu nombreuses pour les véhicules autres que les véhicules électriques et hybrides, le groupe recommande que les dispositions réglementaires soient initialement limitées aux véhicules électriques et aux véhicules hybrides fonctionnant en mode électrique.

IV. Définitions

8. Dans le cadre de son étude, le groupe de travail informel QRTV a noté une certaine confusion concernant les paramètres acoustiques et les modes de fonctionnement des véhicules.

Recommandation du groupe QRTV

9. Le groupe de travail informel QRTV recommande que tous les termes et paramètres relatifs à l'acoustique soient clairement définis dans le RTM de l'ONU. Toutefois, lorsqu'un terme ou un paramètre est défini dans un document annexe tel qu'une norme ISO pouvant être adoptée dans le RTM en tant que référence, le groupe recommande qu'il ne soit pas redéfini dans le RTM. Il est également recommandé que les paramètres de fonctionnement du véhicule, tels que la vitesse à laquelle le système AVAS doit être activé ou désactivé, soient clairement définis dans des termes universellement acceptés. Ces recommandations sont particulièrement importantes compte tenu de la nécessité de traduire le RTM de l'ONU de l'anglais dans d'autres langues.

10. Le groupe de travail informel QRTV recommande que parmi les définitions figurent au moins celles des véhicules auxquels le RTM de l'ONU est applicable, ainsi que celles des termes techniques ou descriptifs propres à ce RTM. À cette fin, il propose les définitions ci-après pour examen:

a) Véhicule électrique I (VE-I): Véhicule routier dont le groupe motopropulseur comprend un ou plusieurs moteurs électriques alimentés par une ou plusieurs batteries chargées au moyen d'un appareil extérieur;

b) Véhicule électrique II (VE-II): Véhicule routier dont le groupe motopropulseur comprend un ou plusieurs moteurs électriques alimentés par une ou

² Réunion du groupe QRTV tenue le 3 juin 2011; procédure d'essai SAE J2889-1; données concernant les véhicules routiers silencieux.

plusieurs batteries chargées au moyen d'un moteur à combustion interne embarqué qui n'est pas couplé au groupe motopropulseur;

c) Véhicule hybride I (VH-I): Véhicule routier dont le groupe motopropulseur comprend une combinaison de moteurs électriques et d'un moteur à combustion interne qui alimente un générateur électrique permettant de charger les batteries et qui sert également à propulser directement le véhicule, à la demande;

d) Véhicule hybride II (VH-II): Véhicule routier dont le groupe motopropulseur comprend un moteur à combustion interne assurant l'entraînement en permanence, et des moteurs électriques fonctionnant en appoint;

e) Véhicule à moteur à combustion interne (VMCI): Véhicule routier dont le groupe motopropulseur fonctionne entièrement au moyen d'un moteur à combustion interne;

f) Système avertisseur sonore de présence du véhicule (système AVAS (Audible Vehicle Alert System)): Système, installé sur un véhicule, émettant un ou plusieurs sons audibles afin de prévenir les autres usagers de la route;

g) Atténuation: Réduction du niveau sonore émis par un système AVAS;

h) Signal d'attention: Son particulier émis par un système AVAS pour signaler aux piétons et aux usagers de la route que le véhicule se met en mouvement;

i) Prêt à rouler: Son émis par un système AVAS pour signaler que toutes les commandes du véhicule nécessaires pour son déplacement immédiat sont prêtes à être actionnées par le conducteur;

j) Changement de ton du son: Variation de la composition en fréquence des sons émis par le système AVAS en fonction de la vitesse du véhicule;

k) Directivité: Propriété qu'a une source sonore installée sur un véhicule d'être directionnelle;

l) Modulation: Variation répétitive dans le temps de l'amplitude du signal émis par un système AVAS.

V. Spécifications générales

11. Un RTM de l'ONU permettrait d'établir de façon uniforme des modes de fonctionnement, des spécifications acoustiques et un ou plusieurs protocoles d'essai aux fins de l'homologation dans le but de renseigner les piétons et les autres usagers de la route sur les conditions de circulation d'un véhicule.

12. Les associations d'aveugles, les équipementiers, les constructeurs d'automobiles et les Parties contractantes représentées au sein du WP.29 sont favorables à un RTM de l'ONU. Cependant, les personnes et les organisations concernées ont soulevé des questions et fait part de préoccupations relevant de la conception des systèmes et concernant les informations à transmettre au public visé, les paramètres acoustiques à utiliser pour transmettre ces informations, les critères de fonctionnement et les procédures d'essai aux fins de l'homologation.

13. Le groupe de travail informel QRTV a fait des efforts considérables pour aligner ses recommandations sur les dispositions du texte réglementaire attendu des États-Unis d'Amérique. Il estime que ces recommandations tiennent compte des critères essentiels pour la sécurité des piétons dans le contexte de la circulation routière, de la nécessité de

gêner le moins possible le grand public et le conducteur du véhicule, ainsi que des questions de faisabilité technique et de coût.

A. Conditions de circulation des véhicules routiers silencieux présentant un risque

14. Après s'être entretenus avec des aveugles et des malvoyants et quelques personnes âgées, et s'être prêtés à une expérience consistant à se déplacer les yeux bandés et munis d'une canne blanche, les membres du groupe de travail informel QRTV ont déterminé les situations les plus dangereuses au cours des déplacements à pied courants des personnes concernées. Les situations ci-après sont les plus fréquentes:

- a) Un véhicule s'approche à angle droit par rapport à la direction dans laquelle un piéton est en train de se déplacer;
- b) Un véhicule se met en mouvement depuis une allée ou sur un parc de stationnement;
- c) Un véhicule circulant à basse vitesse dans une zone calme³.

B. Cas dans lesquels les piétons peuvent ne pas percevoir correctement la situation

- a) Un véhicule s'approche parallèlement à la direction dans laquelle un piéton est en train de se déplacer;
- b) Un véhicule est en marche, mais il est temporairement à l'arrêt à un feu de circulation ou à un signal stop;
- c) Un véhicule dont le moteur est situé à l'arrière par rapport au sens de son déplacement.

Recommandation du groupe QRTV

15. Le groupe de travail informel QRTV recommande que les prescriptions du RTM de l'ONU relatives à l'audibilité des systèmes avertisseurs sonores pour les piétons permettent au minimum d'éliminer les risques décrits ci-dessus dans la section A.

C. Considérations relatives aux signaux sonores d'avertissement émis par les véhicules

16. Le groupe de travail informel QRTV a recueilli et étudié une grande quantité d'informations provenant d'un grand nombre de sources diverses. On trouvera ci-après une sélection des informations et données les plus pertinentes, qui, de l'avis du groupe, devraient être prises en compte lors de la formulation des prescriptions fonctionnelles applicables aux véhicules. Les recommandations techniques données plus loin dans le présent document sont fondées en partie sur l'analyse qui a été faite de ces informations et données.

³ Ministère de l'aménagement du territoire, des infrastructures, des transports et du tourisme (MLIT); *Surveys for Standardization of AVAS in Japan* (enquête menée auprès de passants, de conducteurs de véhicules hybrides ou électriques et de malvoyants).

1. Considérations générales

17. La contribution de la perception acoustique à la sécurité des déplacements à pied des usagers varie d'une personne à l'autre parmi les piétons du monde entier. Dans tous les cas cependant, elle est essentielle. Il est donc important de bien tenir compte des considérations suivantes:

a) Il n'est pas possible de fixer un seuil d'audibilité en raison du très grand nombre de variables acoustiques dans les situations de la vie courante. En termes simples, un son trop faible ne s'entend pas, tandis qu'un son trop fort est un facteur de pollution sonore et de gêne. En ce qui concerne l'audibilité, toutes ces variables sont pertinentes;

b) Par conséquent les prescriptions réglementaires devraient répondre à certains scénarios à haut risque (tout en prenant en compte l'environnement);

c) Les systèmes AVAS devraient:

i) Donner des informations spatiales et directionnelles permettant de localiser un danger;

ii) Informer les piétons et les usagers de la route de la proximité d'un danger;

iii) Inciter les personnes exposées à réagir vite et correctement pour éviter le danger;

iv) Ne pas émettre de fausses alertes;

d) Pour être audible entre autres, il faut que le signal d'avertissement se compose de fréquences différentes des fréquences ambiantes les plus courantes de façon à éviter l'effet de masquage. En règle générale, les fréquences moyennes (de 0,5 kHz à 2 kHz) et hautes (de 2 kHz à 5 kHz) d'un signal d'avertissement contribuent à la bonne audibilité et à la perception de la direction. Les fréquences basses (en deçà de 500 Hz), quant à elles, favorisent une perception plus précoce, mais peuvent être masquées dans un contexte urbain.

2. Considérations relatives aux effets sur le public

18. Certains sons peuvent produire des réponses indésirables. Les sons ci-après devraient ainsi être proscrits⁴:

a) Les sons excessivement forts;

b) Les sons de sirènes, de klaxons, de carillons, de cloches et d'avertisseurs de véhicules d'urgence;

c) Les sons des alarmes utilisées contre le feu, le vol et la fumée;

d) Les sons intermittents;

e) Les sons mélodieux et les sons produits par les animaux et les insectes;

f) Les sons ne permettant pas d'identifier clairement le véhicule ou le fait qu'il est en marche;

g) Les sons produits par un système d'avertissement sonore s'adressant aux piétons devraient permettre à ceux-ci d'évaluer aisément les conditions de déplacement du véhicule, par exemple par une variation automatique du niveau sonore ou de caractéristiques associées à la vitesse du véhicule.

⁴ ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.2, annexe 2.

3. Distance critique d'audibilité

19. La distance critique d'audibilité correspond à la valeur maximale obtenue à partir de deux facteurs déterminants:

- a) Un facteur propre au véhicule, c'est-à-dire la distance de freinage;
- b) Un facteur propre au piéton, c'est-à-dire sa rapidité de décision.

20. *Facteur propre au véhicule (distance de freinage):* La distance requise pour freiner jusqu'à l'arrêt un véhicule circulant à une vitesse à laquelle le système AVAS est activé peut être calculée en appliquant la formule suivante:

Distance d'arrêt du véhicule [m] = distance parcourue durant le temps de réaction du conducteur (R) + distance de freinage du véhicule (F)

où:

$$R \text{ [m]} = (\text{vitesse du véhicule [km/h]} / 10) \times 3$$

$$F \text{ [m]} = (\text{vitesse du véhicule [km/h]} / 10)^2$$

(soit une distance parcourue du véhicule de 10 m environ à 20 km/h).

21. *Facteur propre au piéton:*

- a) Délai de prise de décision: 2 s environ (estimation);
- b) Temps nécessaire au piéton pour traverser une rue ordinaire comportant deux voies de circulation (largeur d'environ 8 m): 7 s environ (estimation) (soit une distance parcourue du véhicule de 50 m environ à 20 km/h).

22. *Distance minimale de détection AVAS:* La distance minimale de détection AVAS doit être supérieure aux distances calculées pour le freinage du véhicule et la prise de décision du piéton.

23. *Distance maximale de détection AVAS:* La distance maximale de détection AVAS, permettant d'offrir au piéton la plus grande marge de sécurité, correspondrait à la distance minimale de détection AVAS plus le temps nécessaire au piéton pour traverser.

Recommandation du groupe QRTV

24. Le groupe de travail informel QRTV recommande que les considérations minimales ci-dessus soient soigneusement prises en compte dans la détermination des limites acoustiques et fonctionnelles d'un système AVAS dans le cadre du RTM de l'ONU.

4. Zones de circulation à basse vitesse présentant un risque pour les piétons

25. Il semble évident de considérer qu'une route très passante est plus dangereuse pour un piéton qu'un parc de stationnement, car une collision entre un véhicule et un piéton sur la route est généralement mortelle, bien qu'elle soit peu fréquente. Par contre, la probabilité d'une collision à faible vitesse entre un véhicule et un piéton sur un parc de stationnement très fréquenté (par exemple) est grande, en particulier pour les enfants et les personnes âgées. Les raisons en sont les suivantes, entre autres: les véhicules en stationnement empêchent souvent les conducteurs d'avoir une bonne visibilité; les piétons sont inattentifs, ils ne sont pas conscients du danger et suffisamment vigilants, par suite d'une fausse impression de sécurité; et, enfin, les jeunes enfants peuvent échapper à la vigilance des personnes qui les accompagnent. Lorsqu'un véhicule se déplace silencieusement dans un tel environnement, ces facteurs peuvent engendrer des accidents graves.

26. Lors du choix des caractéristiques acoustiques d'un système avertisseur sonore ou à d'autres moyens d'avertissement semblables, il faut éviter les effets négatifs suivants:

- a) Son trop fort:
 - i) Pourcentage élevé de fausses alertes;
 - ii) Masquage de signaux sonores importants;
 - iii) Gêne excessive;
- b) Son trop faible:
 - i) Risques élevés dans un environnement très bruyant;
- c) Son inapproprié:
 - i) Risque de donner des indications incorrectes sur la localisation du danger;
 - ii) Risque que le son soit masqué par des fréquences ambiantes similaires, et donc qu'il ne soit pas perçu.

VI. Spécifications acoustiques

A. Composition en fréquence

27. Il est préférable que les fréquences émises soient composées d'au moins deux bandes de tiers d'octave d'un niveau supérieur aux bandes correspondantes dans le bruit ambiant⁵. On a fait valoir en outre que l'utilisation d'un minimum de quatre bandes de tiers d'octave pouvait contribuer à améliorer les caractéristiques acoustiques d'un système AVAS⁶.

28. Le Centre d'internationalisation des normes japonaises dans le domaine automobile (JASIC) a rendu compte d'expériences pratiques menées récemment sur diverses caractéristiques de véhicules disponibles sur le marché japonais⁷. Ces expériences ont porté sur quatre véhicules et ont consisté à comparer trois véhicules électriques purs ou hybrides équipés d'un système AVAS à un véhicule à moteur à combustion interne. Les constatations suivantes ont été faites en ce qui concerne les fréquences:

Composantes de fréquences (selon la norme SAE J2889-1 de 2011):

- a) Pour les véhicules électriques purs et les véhicules hybrides, on a observé deux pointes distinctes marquées dans les basses fréquences (250, 500 et 630 Hz) et les hautes fréquences (2 kHz, 2,5 kHz et 2,5 kHz) respectivement;
- b) S'agissant du véhicule à moteur à combustion interne, aucune pointe de fréquence n'a été détectée;
- c) Les essais menés sur des véhicules électriques purs et des véhicules hybrides lors d'un passage à 10 km/h et tantôt équipés d'un système AVAS, tantôt non équipés, ont révélé des écarts appréciables seulement aux pointes observées ou à proximité de celles-ci;

⁵ Centre d'internationalisation des normes japonaises dans le domaine automobile (JASIC); «AVAS Sound Specification»; information communiquée à la neuvième réunion du groupe de travail informel QRTV, tenue le 5 décembre 2011 à Bonn (Allemagne).

⁶ National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA); «Quieter Cars and the Safety of Blind Pedestrians», Phase 2: Development of Potential Specifications for Vehicle Countermeasure Sounds (Phase 2 Volpe report), p. XVii.

⁷ Voir la note de bas de page 5.

d) Des incertitudes ont été constatées en ce qui concerne le niveau sonore en fonction de la fréquence. Dans le cas où les niveaux sonores des composantes de fréquence sont prescrits, les facteurs d'incertitude suivants devraient être pris en compte:

- i) Dispersion de chaque mesure;
- ii) Erreurs d'analyse dans chaque bande de tiers d'octave. Si la fréquence faisant l'objet de l'essai n'est pas située au centre de la bande de tiers d'octave correspondante, l'analyse révèle une valeur indiquée pouvant être inférieure de 3 dB(A) par rapport au niveau de pression acoustique mesuré à la fréquence centrale;
- iii) Variation des caractéristiques de fréquences des haut-parleurs.

Recommandation du groupe QRTV

29. Compte tenu des informations et des données qu'il a obtenues de multiples sources, oralement et par écrit (publications), ainsi que des longs débats qui ont été menés en son sein, le groupe de travail informel QRTV recommande que les spécifications ci-après soient envisagées pour les fréquences à utiliser:

- a) Une gamme de fréquences des signaux audibles comprise entre 50 Hz et 5 kHz^{8, 9};
- b) S'agissant de la composition en fréquences:
 - i) Les fréquences devraient être composées d'au moins deux bandes de tiers d'octave dans la gamme ci-dessus¹⁰;
 - ii) Dans le cas où le système AVAS émet uniquement deux fréquences, il devrait exister un écart de 15 % au minimum entre celles-ci;
 - iii) Il convient de noter que les fréquences moyennes (de 0,5 kHz à 2 kHz) et hautes (de 2 kHz à 5 kHz) d'un signal d'avertissement favorisent l'audibilité et la perception de la direction du signal. Les fréquences basses (en deçà de 500 Hz), quant à elles, favorisent une perception plus précoce, mais peuvent être masquées dans un environnement urbain.

B. Audibilité du signal d'avertissement

1. Détermination de l'audibilité des avertisseurs sonores des véhicules électriques purs dans le bruit de la circulation

30. L'utilité d'un avertisseur sonore ajouté à un véhicule électrique pur dépend en grande partie de son audibilité dans un contexte où des véhicules électriques purs et des véhicules à moteur à combustion interne circulent ensemble et où le nombre des premiers est nettement inférieur à celui des seconds. Il est donc nécessaire d'étudier les sons produits par les premiers en présence des autres. Le bruit de la circulation se caractérise notamment

⁸ Organisation internationale des constructeurs d'automobiles (OICA); «Outlook on Candidate Performance Specifications for QRTV»; exposé fait lors de la neuvième réunion du groupe de travail informel QRTV, tenue le 5 décembre 2011 à Bonn (Allemagne).

⁹ Nissan; «Nissan's Audible Vehicle Alerting System (AVAS)»; exposé fait lors de la huitième réunion du groupe de travail informel QRTV, tenue le 18 octobre 2011 à Baltimore (Maryland, États-Unis d'Amérique).

¹⁰ NHTSA; *Quieter Cars and the Safety of Blind Pedestrians, Phase 2: Development of Potential Specifications for Vehicle Countermeasure Sounds (Phase 2 Volpe report)*, p. XVii.

par le fait que son niveau varie lorsqu'un véhicule passe devant un point de référence. Ainsi, c'est normalement le véhicule le plus proche qui domine sur le fond sonore. Une fois que le véhicule est passé, le piéton doit s'assurer que le véhicule suivant est suffisamment distant pour lui permettre de traverser en toute sécurité.

2. Conditions d'audibilité

31. L'audibilité requise est obtenue au plus bas niveau de pression acoustique lorsque les conditions ci-après sont remplies:

- a) Le signal d'avertissement est distinctif de façon à ne pas être masqué;
- b) Il se caractérise par une large gamme de fréquences couvrant au minimum deux bandes de tiers d'octave;
- c) Deux critères en ce qui concerne l'audibilité doivent être pris en considération:
 - i) *Le niveau audible*, autrement dit le point où le sujet cesse d'entendre un son connu lorsque le volume est réduit;
 - ii) *Le niveau détectable*, c'est-à-dire le plus bas niveau sonore auquel le sujet soit susceptible de détecter un système AVAS;
- d) Dans le cas d'un véhicule circulant à 20 km/h, un aveugle détectant un signal d'avertissement à 35 m peut traverser une voie de circulation en sécurité^{11, 12};
- e) Des sons différents nécessitent des niveaux de pression acoustique différents pouvant varier jusqu'à 10 dB(A) pour un même niveau d'audibilité et de détectabilité¹³;
- f) Un son d'une seule fréquence de faible intensité doit être émis depuis l'arrière du véhicule pour indiquer à une personne aveugle que le véhicule est passé;
- g) La différence entre le niveau «audible» et le niveau «détectable» pour un système AVAS est supérieure à 10 dB^{14, 15}.

Recommandation du groupe QRTV

32. Le groupe de travail informel QRTV ne croit pas possible de recommander un niveau de pression acoustique donné pour un signal d'avertissement sans connaître précisément la fréquence et la composition des sons en question. Les considérations ci-dessus se limitent aux éléments qui doivent être pris en compte lorsqu'il s'agit de prescrire la composition en fréquence d'un signal d'avertissement.

¹¹ Western Michigan University, Blindness and Low Vision Studies; WMU/GM collaboration: *Quiet cards in Yuma Arizona* (diapositive 10); 6.9 sec «Crossing margin measure» = Vehicle passing time – 6.9 seconds.

¹² Western Michigan University, Blindness and Low Vision Studies; WMU/GM collaboration: *Quiet cards in Yuma Arizona* (diapositive 10); 6.9 sec «Crossing margin measure» = Vehicle passing time – 6.9 seconds.

¹³ Katsuja Yamauchi; *An Examination on Required Sound Levels for Acoustic Warning Devices for «Quiet Vehicles»* (QRTV 04-05, diapositives 12 à 15).

¹⁴ Katsuja Yamauchi; *Psychoacoustic Examination in Germany on Adequate Sound Levels of Possible Warning sounds for Quiet Vehicles* (QRTV 04-03, diapositive 16).

¹⁵ Katsuja Yamauchi; *Psychoacoustic Examination in Germany on Adequate Sound Levels of Possible Warning sounds for Quiet Vehicles* (QRTV 05-03, fig. 2).

C. Indication de la vitesse du véhicule^{16, 17, 18}

a) Variation du ton: Une variation monotonique de la composante principale en fréquence d'une machine est très typique. Un tel signal exclut la possibilité d'un son émis par un animal. La variation du ton proportionnellement à la vitesse du véhicule permet de détecter facilement les phases transitoires de fonctionnement du véhicule (accélération ou décélération). Les fréquences actuellement utilisées en liaison avec la variation du ton varient de 0,6 kHz à 2,5 kHz;

b) Modulation de fréquence: Permet de simuler le bruit du cycle d'allumage d'un moteur à combustion interne. La fréquence utilisée est généralement inférieure à 0,6 kHz.

c) Variation du volume: Le son émis par le véhicule augmente ou diminue en volume selon que ce dernier accélère ou ralentit. Il s'agit là d'un phénomène physique observé à divers degrés pour la plupart des véhicules routiers. Afin de préserver cette caractéristique typique et d'éviter que le signal présentant un intérêt ne soit masqué par le bruit de roulement des pneumatiques, il peut être nécessaire d'augmenter le volume.

Recommandation du groupe QRTV

33. Le groupe de travail informel QRTV recommande que la fréquence du son émis par le système d'avertissement augmente ou diminue de façon monotonique selon la vitesse du véhicule. Il est en outre recommandé que lors des phases d'accélération ou de décélération entre 10 et 20 km/h il soit démontré que l'augmentation ou la diminution de fréquence, respectivement, soit d'au moins 8 %. Cette variation de ton du signal devrait être vérifiée conformément à la procédure SAE J 2889-1 (2011).

34. Le groupe de travail informel QRTV recommande aussi que s'il est prescrit une variation de volume du signal émis par le système d'avertissement, ce soit par accroissement du niveau sonore lorsque la vitesse augmente. Sachant que la variation de ton du signal permet déjà d'identifier la phase de fonctionnement dans laquelle se trouve le véhicule, la variation du volume peut faciliter la détection à une plus grande distance.

D. Signal d'avertissement «véhicule à l'arrêt prêt à rouler»¹⁹

35. Le signal d'avertissement «véhicule à l'arrêt prêt à rouler» est le son qu'émet le véhicule lorsqu'il se trouve temporairement à l'arrêt (sa vitesse étant alors de 0 km/h) et qu'il est prêt à rouler. Il n'existe certes pas d'accord complet sur la nécessité qu'un véhicule émette un son alors qu'il se trouve temporairement à l'arrêt (mode correspondant à l'arrêt au ralenti). Cependant, les piétons aveugles et malvoyants insistent sur le fait qu'ils ont besoin de savoir que le véhicule se trouve dans cet état afin de prendre la décision de traverser ou de ne pas traverser.

¹⁶ Nissan; «Nissan's Audible Vehicle Alerting System (AVAS)»; exposé fait lors de la huitième réunion du groupe de travail informel QRTV, tenue le 18 octobre 2011 à Baltimore (Maryland, États-Unis d'Amérique).

¹⁷ OICA; voir la note de bas de page 9.

¹⁸ Organisation internationale de normalisation (ISO); projet de norme sur le changement de hauteur du son; document consultable à l'adresse <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/QRTV-08-07.pdf>.

¹⁹ OICA; voir la note de bas de page 9.

36. Sachant que dans le texte réglementaire des États-Unis d'Amérique, il pourrait être prescrit que le véhicule émette un signal d'avertissement alors qu'il est temporairement à l'arrêt, il est nécessaire d'examiner à ce stade les caractéristiques de ce signal, le niveau de pression acoustique de celui-ci et la durée pendant laquelle il doit être émis.

Recommandation du groupe QRTV

37. Compte tenu des préoccupations exprimées par les aveugles et les malvoyants²⁰, et de la réglementation des États-Unis d'Amérique, qui interdit toute sorte d'interrupteur de marche-arrêt ou de neutralisation, le groupe de travail informel QRTV recommande que le RTM de l'ONU prescrive le fonctionnement obligatoire du système d'avertissement du véhicule lorsque ce dernier est temporairement à l'arrêt. Il est toutefois recommandé que le niveau sonore du signal soit automatiquement atténué lors de ces phases à un niveau tel qu'un piéton se trouvant sur le trottoir, à proximité immédiate du véhicule, et se préparant à traverser, puisse entendre ledit signal. Le niveau de pression acoustique correspondant doit être fixé en fonction des caractéristiques requises pour le signal. Cette prescription n'est pas censée dégager le conducteur du véhicule de sa responsabilité en ce qui concerne la sécurité du piéton; elle a plutôt pour objet de prendre acte du fait que certains pays peuvent ne pas imposer l'émission d'un signal sonore lorsque le véhicule est temporairement à l'arrêt.

E. Directivité de la source sonore

38. Le diagramme de directivité d'une source sonore, autrement dit le diagramme de rayonnement qui la caractérise, indique la façon dont les ondes sonores qu'elle émet se propagent dans les trois dimensions et permet de déterminer les effets négatifs relatifs d'un signal d'avertissement sur les tiers non concernés. Toutes les sources d'ondes sonores ont un diagramme de directivité. Le tracé détaillé du diagramme d'une source sonore nécessite plusieurs centaines de mesures sur les plans horizontal, vertical et diagonal. Cependant, il n'est pas jugé nécessaire d'effectuer des mesures aussi détaillées pour évaluer la directivité d'un système d'avertissement installé sur un véhicule. Étant donné que le but principal est de transmettre un signal acoustique relativement simple, qui ne comporte pas d'instruction verbale ni de mélodie complexe, il n'est pas indispensable de connaître dans le détail les caractéristiques de rayonnement. Ce qui compte, c'est la possibilité de détecter facilement un signal multifréquence et la capacité de déterminer si ce dernier est stationnaire, s'il se rapproche ou s'éloigne d'un piéton, ou s'il s'approche de ce dernier par l'arrière ou par un côté. Par conséquent il est jugé suffisant de procéder à un essai dans deux dimensions, avec trois microphones placés en trois points différents et un véhicule en phase d'arrêt temporaire, comme indiqué ci-après.

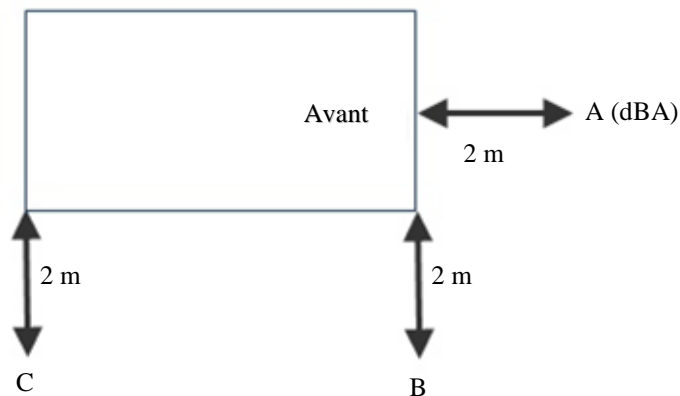
39. Selon la figure ci-après, s'il est admis que le point de référence de directivité est le point A situé à 2 m directement en avant du véhicule à l'arrêt sur l'axe longitudinal médian de celui-ci:

a) Le niveau de pression acoustique est mesuré au point A; il représente le niveau sonore de référence;

b) Le niveau de pression acoustique est mesuré au point B, c'est-à-dire à 90 degrés et à 2 m par rapport à l'un des angles avant du véhicule. L'atténuation constatée en ce point ne doit pas dépasser 10 dB(A) par rapport au niveau du point A;

²⁰ Groupe de travail QRTV; minutes de la quatrième réunion, tenue le 27 septembre 2010 à Berlin (Allemagne).

c) Le niveau de pression acoustique est mesuré au point C, c'est-à-dire à 90 degrés et à 2 m par rapport à l'un des angles arrière du véhicule. L'atténuation constatée en ce point ne doit pas dépasser 5 dB(A) environ par rapport au niveau du point B.



Recommandation du groupe QRTV

40. Le groupe de travail informel QRTV recommande qu'une méthode simplifiée soit adoptée pour déterminer les caractéristiques minimales de directivité d'un système d'avertissement installé sur un véhicule donné. À cette fin, le groupe de travail estime que la méthode ci-dessus devrait convenir à la vérification pratique des caractéristiques de rayonnement (directivité) d'une source sonore.

F. Niveau sonore du signal (effets sur l'environnement)

41. Lorsqu'il s'agit de rendre audible un véhicule routier silencieux, un point important à considérer est celui des effets négatifs potentiels environnementaux résultant d'une éventuelle augmentation du bruit ambiant. La mesure du niveau de pression acoustique n'est pas un critère approprié pour évaluer les effets néfastes sur le public, parce que la gêne causée résulte d'une combinaison du niveau sonore et de la fréquence des sons. La gêne a généralement pour effets une perturbation du sommeil, des difficultés à se comprendre lorsqu'on se parle, des pertes d'attention lorsqu'on étudie, une dégradation de la tranquillité personnelle et de la qualité de la vie en général, voire une détérioration de la santé²¹. Le critère qui donne une bonne mesure de la gêne, ou du risque de réactions négatives du public, est le «bruit perçu». C'est en termes généraux un critère subjectif, qui dépend en grande partie des goûts personnels, comme en témoigne l'aphorisme «Bruit pour les uns, musique pour les autres».

Les points suivants sont à prendre en considération:

- a) Un son composé d'une fréquence dominante est susceptible de déranger le public;
- b) Un signal AVAS couvrant une large gamme de fréquences et de composantes a moins d'effets gênants sur le public;
- c) Les bandes de tiers d'octave dont le niveau est supérieur de 5 dBA par rapport aux bandes adjacentes sont susceptibles de causer une gêne du public;

²¹ Rapport OMS/CCR; voir le document http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/136466/e94888.pdf; «Burden of disease from environmental noise».

d) Les sons à fréquence dominante peuvent dépasser de 10 dBA les sons émis en large bande de même niveau de bruit perçu;

e) Il faut définir soigneusement le niveau d'émission des sons d'un système avertisseur sonore en dBA en fonction du contenu en fréquences pour garantir qu'il n'est ni trop fort, ni trop inaudible.

Recommandation du groupe QRTV

42. Le groupe de travail informel QRTV recommande que les spécifications acoustiques prescrites dans le RTM de l'ONU pour les systèmes AVAS tiennent effectivement compte des éventuels effets négatifs sur le public, tout particulièrement en ce qui concerne le bruit perçu et le contenu en fréquences.

VII. Modes de fonctionnement du système d'avertissement

43. Une question essentielle se pose souvent qui est de savoir à quelle vitesse du véhicule le système d'avertissement doit s'activer. Cette question soulève un certain nombre d'autres questions secondaires: combien de temps le système doit-il fonctionner, à partir de quelle vitesse doit-il être désactivé, doit-il fonctionner en continu aux vitesses d'activation et doit-il émettre le même niveau sonore à toute heure de la journée? Ces questions, qui sont à l'évidence importantes, devront faire l'objet d'examen techniques à l'issue desquels des réponses devront être apportées. Le groupe de travail informel QRTV a reçu diverses propositions pour chacun des modes de fonctionnement et en fait l'examen critique ci-après.

A. Vitesse au-dessous de laquelle la fonction du système d'avertissement doit s'activer (système de transition)²²

44. Les premières mesures du niveau sonore des véhicules routiers silencieux effectuées conformément à la procédure SAE J 2889-1 (septembre 2011) ont montré que pour la majorité des véhicules soumis à un essai, la signature acoustique changeait sensiblement à la même vitesse. On en a déduit que cette variation était due en partie au seuil d'apparition du bruit pneumatiques/route et du bruit aérodynamique du déplacement du véhicule. Les essais réalisés par des constructeurs et les autorités des États-Unis d'Amérique²³ sur de petits véhicules légers ont indiqué que la vitesse de transition était de 20 km/h environ; d'autres essais donnaient des valeurs de 25 km/h²⁴ ou d'autres encore de 33 à 41 km/h²⁵. Il convient en outre de tenir compte de la tendance actuelle à fabriquer des pneumatiques moins bruyants et des revêtements de chaussée absorbant le bruit, ce qui pourrait causer dans le futur une élévation de la vitesse de transition.

²² États-Unis d'Amérique; dans la loi de 2010 sur le renforcement de la sécurité des piétons (Public Law 111-373 (4 janvier 2011)), la «crossover speed» est définie comme la vitesse à laquelle le bruit des pneumatiques, la résistance du vent ou d'autres facteurs dispensent d'avoir recours à un signal d'avertissement distinct.

²³ Voir la note de bas de page 12; Volpe, 20 km/h.

²⁴ Delta 25 KPH.

²⁵ Docteur Rosenblum.

B. Vitesse de désactivation du système d'avertissement

45. D'après les vitesses de transition indiquées ci-dessus, la vitesse au-dessus de laquelle le système deviendrait inutile serait comprise entre 20 et 41 km/h.

C. Durée de fonctionnement du système d'avertissement en situation de vitesse constante ou de circulation de nuit

46. Une question importante qui se pose est celle de la durée de fonctionnement du système lorsque la circulation est intermittente, ou constante à petite vitesse, en particulier durant les heures de pointe du matin et du soir, qui correspondent aux allées et venues des personnes qui travaillent. En outre, il se pose la question de savoir si le système d'avertissement doit fonctionner lorsque le véhicule roule à petite vitesse pendant une durée prolongée sur une voie rapide ou un boulevard interdit aux piétons. Enfin, il se pose la question du niveau sonore à prescrire durant les heures de sommeil. À ce sujet, l'Organisation mondiale de la santé (OMS)²⁶ et les normes des États-Unis Amérique²⁷ recommandent que le niveau de bruit dans les zones résidentielles ne dépasse pas en moyenne 45 dB(A) entre 22 heures et 7 heures (cette plage horaire peut varier selon la législation nationale en vigueur dans un pays).

47. Le groupe de travail informel QRTV n'a pas pu consacrer beaucoup de temps aux questions ci-dessus. Néanmoins, plusieurs suggestions ont été formulées durant les débats, concernant notamment la désactivation manuelle, ou l'atténuation automatique du niveau sonore, avec un niveau d'atténuation prédéfini, lorsque la durée de fonctionnement dépasse une durée prédéterminée. Une fonction semblable d'atténuation automatique du niveau sonore pourrait également être envisageable lorsque le véhicule est utilisé durant les heures de sommeil.

Recommandations du groupe QRTV

48. Le groupe de travail informel QRTV fait les recommandations ci-après en ce qui concerne les modes de fonctionnement du système d'avertissement:

a) Mise en marche automatique du système d'avertissement lorsque le véhicule ralentit jusqu'à la vitesse de transition ou au-dessous de celle-ci;

b) Désactivation automatique du système d'avertissement lorsque le véhicule dépasse la vitesse de transition;

c) Le groupe de travail a examiné avec attention la question de l'atténuation automatique du niveau sonore durant les longues périodes de fonctionnement du système et durant les heures de sommeil. La technique permettant d'atténuer automatiquement le niveau sonore est connue et disponible. Ainsi, il pourrait être prévu dans le RTM de l'ONU que le signal audible du système d'avertissement doit automatiquement être atténué de [X] dB(A) lorsque le véhicule roule à une vitesse constante inférieure ou égale à la vitesse de transition depuis plus de [X] minutes et que l'atténuation doit être automatiquement désactivée lorsque le véhicule reprend de la vitesse et dépasse la vitesse de transition;

²⁶ OMS; «Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe», ISBN 978 92 890 0229 5.

²⁷ Agence de protection de l'environnement des États-Unis d'Amérique (EPA); «Information on Levels of Environmental Noise Requisite to Protect Public Health and Welfare With An Adequate Margin of Safety», rapport n° 550/9-74-004, mars 1974.

d) Il est vivement recommandé d'indiquer expressément dans le RTM de l'ONU que toute modification ou mise hors fonction d'un système d'avertissement installé sur un véhicule est interdite, sauf aux fins de réparation ou de maintenance par un service désigné;

e) Il est recommandé que la désactivation manuelle du système d'avertissement soit une option pouvant être adoptée par les Parties contractantes au futur RTM de l'ONU²⁸. Toutefois, compte tenu de la forte opposition des organisations représentant les aveugles et les malvoyants, et de l'interdiction, dans la réglementation des États-Unis d'Amérique²⁹, des interrupteurs manuels utilisés à cette fin, il serait bon de prescrire dans le RTM l'atténuation automatique du niveau sonore en tant qu'alternative à l'utilisation d'un interrupteur manuel d'activation et de désactivation.

VIII. Considérations économiques

49. Le groupe de travail informel QRTV n'a pas eu loisir d'étudier les coûts potentiels d'un système AVAS. Néanmoins, au cours des discussions sur les spécifications requises pour un tel système, on s'est clairement rendu compte que l'ajout de fonctions complémentaires au système aurait pour effet d'accroître son coût, tout du moins dans un premier temps. Une fois que le système aura été finalisé, on s'attend à ce que son coût diminue du fait des économies d'échelle.

Recommandation du groupe QRTV

50. Le groupe de travail informel QRTV recommande vivement que le groupe chargé d'élaborer le RTM de l'ONU s'intéresse au rapport coût/efficacité des fonctions prescrites du système.

IX. Conclusion

51. Le groupe de travail informel QRTV remercie les nombreuses personnes et instances qui lui ont donné des informations et des conseils précieux au cours de la mise en œuvre de son programme de travail, qui s'est déroulée durant près de deux ans. On notera qu'au moment de la création du groupe, 11 personnes environ avaient fait part de leur intérêt de participer à ses travaux. Au moment de l'achèvement du programme de travail, la liste des parties intéressées comptait plus de 104 personnes et organisations. L'augmentation du nombre des participants et la diversité de leurs profils témoignent clairement de l'importance des travaux qui ont été menés afin d'avertir les piétons de la présence de véhicules routiers silencieux. Il ne fait aucun doute que le présent document est une première étape dans l'élaboration de systèmes d'avertissement plus évolués qui sauveront des vies dans le monde entier. Le groupe de travail informel QRTV se félicite d'avoir pu faire connaître ce programme de travail majeur, visant à préparer un règlement technique mondial qui prendra de l'importance compte tenu de la croissance prévue du parc des véhicules électriques purs et des véhicules hybrides et de la réduction constante du bruit émis par les véhicules à moteur à combustion interne.

²⁸ ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.2.

²⁹ Voir la note de bas de page 24.