



Rendez-vous
de la **science**

Christian Giguère, Chantal Laroche
Hugues Nélisse et Véronique Vaillancourt

Perte auditive, protecteurs auditifs et alarmes de recul ne font pas bon ménage

23 mars 2023



uOttawa

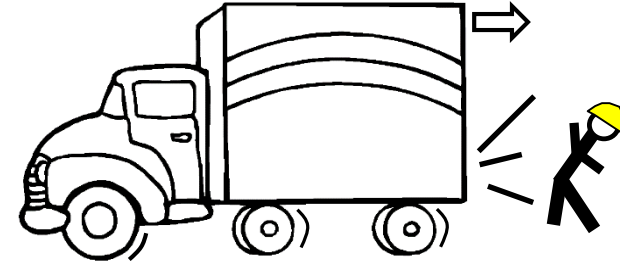


| Problématique

- L'utilisation des alarmes de recul est obligatoire sur les véhicules lourds afin d'aviser les piétons d'une manœuvre de recul, mais des accidents graves surviennent encore.
- Il existe des normes, mais des lignes directrices claires et détaillées sont nécessaires.
- Cette présentation résume les résultats d'une série de 4 projets de recherche menés conjointement à l'université d'Ottawa et à l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et sécurité du travail au cours des 12 dernières années

| Problématique

**Alarmes de recul sonores
utilisées fréquemment**

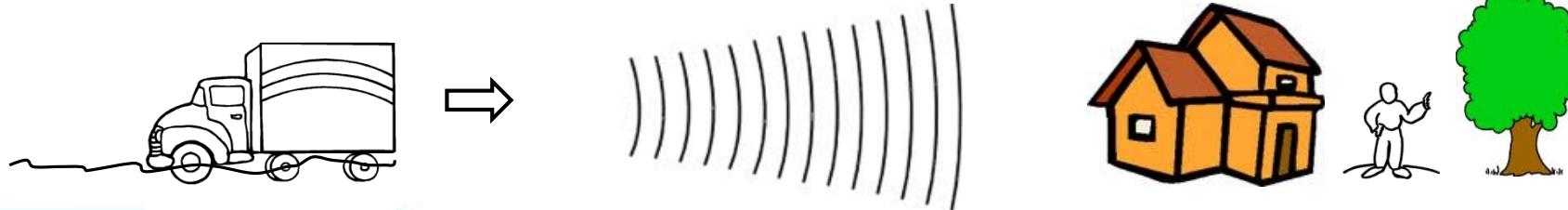


Problèmes de sécurité

Un nombre accru d'accidents !

- Propagation non uniforme du signal
- Pauvre localisation spatiale

Source de gêne pour les résidents



|Aperçu

Facteurs acoustiques

Puissance acoustique
Contenu fréquentiel
Caractéristiques temporelles
Installation sur le véhicule
Propagation sonore

Facteurs psychoacoustiques

Détection
Réaction/Urgence
Reconnaissance
Localisation du danger
Habituation à l'alarme

Normes applicables

SAE J994: Performances en laboratoire
ISO 9533: Ajustement du niveau sonore
ISO 7731: Signaux de danger auditifs

| Facteurs acoustiques – Alarmes testées

- Alarme tonale (conventionnelle)

GROTE 73030

- Son pur autour de 1250 Hz + harmoniques plus faibles
- Pulsée: ON (500 ms), OFF (490 ms)
- Puissance acoustique: 107 ou 112 dB SPL à 1 m (sélectionnable)



- Alarme à large bande (plus récente)

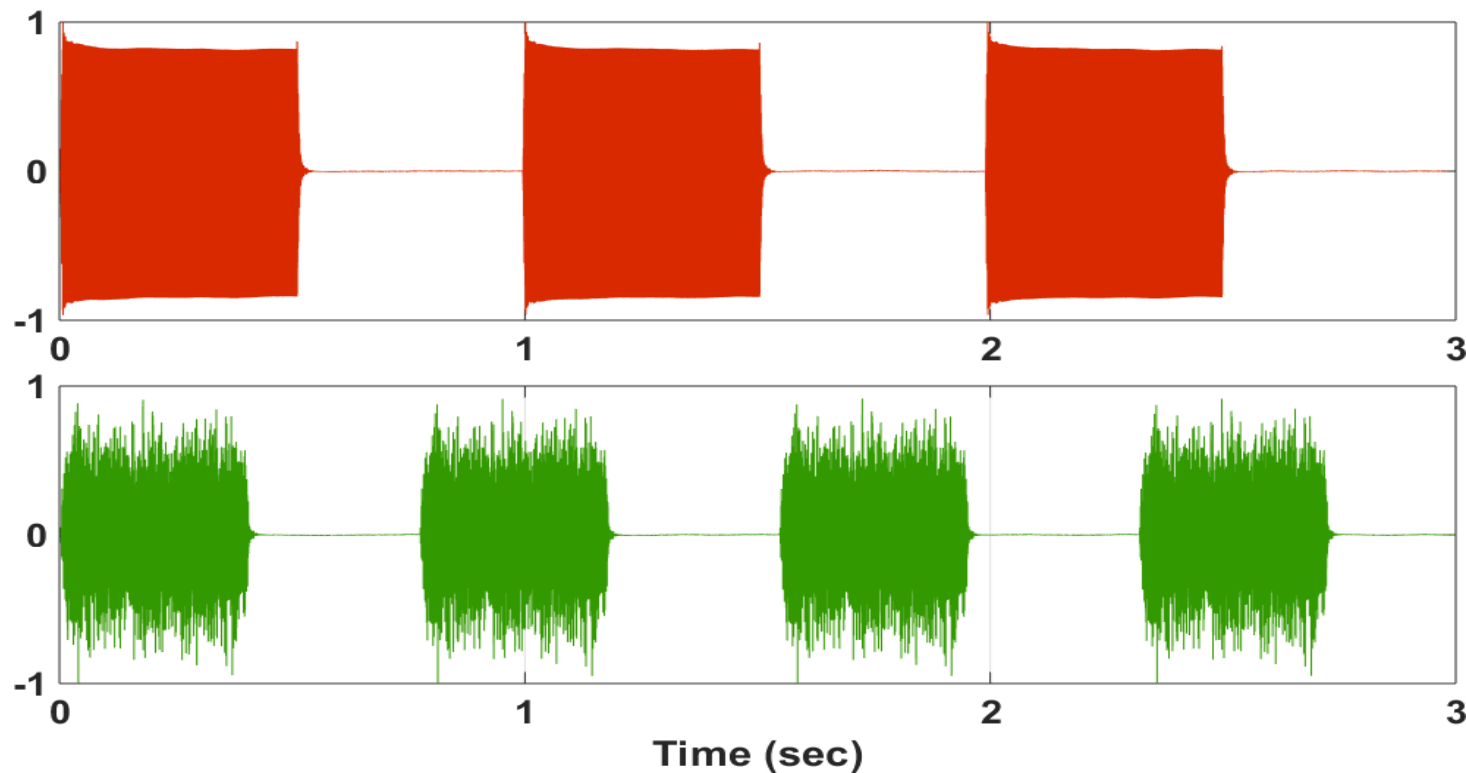
BRIGADE ELECTRONICS BBS-107

- Énergie dispersée sur une plus grande étendue de fréquences 700 à 4000 Hz)
- Pulsée: ON (400 ms), OFF (370 ms)
- Puissance acoustique: 102 ou 107 dB SPL à 1 m (sélectionnable)



Alarmes – Aspects temporels

- Alarme tonale: **durée d'un cycle (990 ms), 50% ON-OFF**
- Alarme à large bande: **durée d'un cycle (770 ms), $\approx$ 50% ON-OFF**



Tonale



"bip-bip"

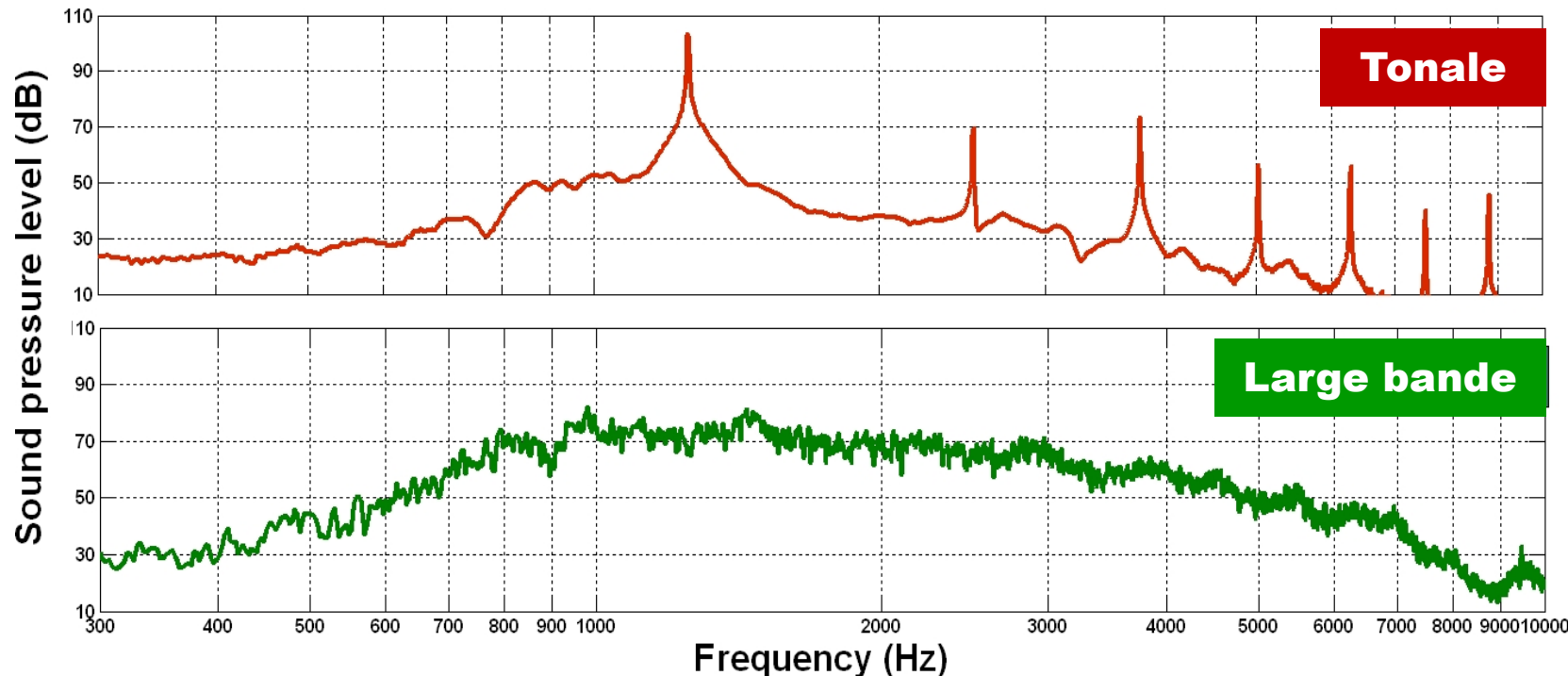
**Large
bande**



"pshit-pshit"

Alarmes – Aspects fréquentiels

- Alarme tonale: **son pur autour de 1250 Hz + harmoniques plus faibles**
- Alarme à large bande: **Énergie sur une plus grande étendue (700-4000Hz)**



“bip-bip”



“pshit-pshit”

Les deux alarmes sont conformes à SAE J994

| Facteurs acoustiques – Installation sur le véhicule

- Meilleures pratiques
 - Alarme positionnée le plus loin possible à l'arrière du véhicule
 - Pointant dans la zone de danger
 - Visible par tous les personnes dans la zone de danger afin d'assurer un champ direct

Exemple d'un bon positionnement



Date xx-xx-xxxx

| Facteurs acoustiques – Installation sur le véhicule

- Pratiques actuelles
 - Souvent peu de préoccupations à l'égard des performances acoustiques
 - Plus d'emphasis sur l'entretien (poussières, chocs) ou d'autres considérations pratiques

Sous le capot et pointant vers l'intérieur du véhicule



| Facteurs acoustiques – Installation sur le véhicule

- Pratiques actuelles

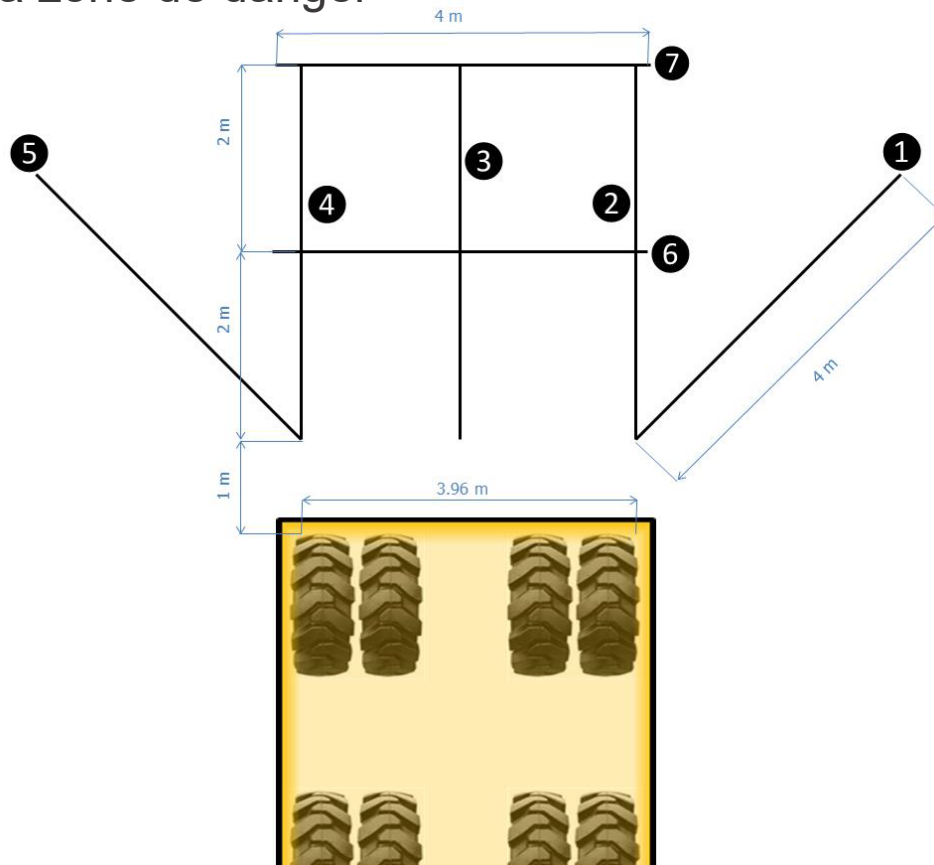


**Derrière la plaque
d'immatriculation et
pointant vers l'avant du
véhicule**



| Facteurs acoustiques – Propagation sonore

- Mesures acoustiques derrière un véhicule
 - Effet du type d'alarme et de la position de l'alarme sur le niveau sonore le long de 7 axes dans la zone de danger

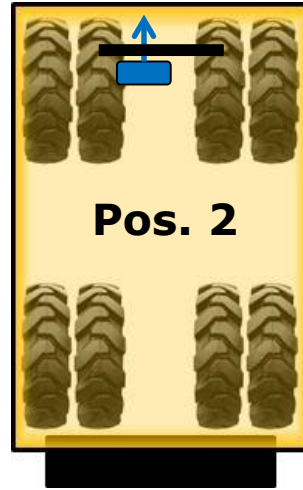


Facteurs acoustiques – Propagation sonore

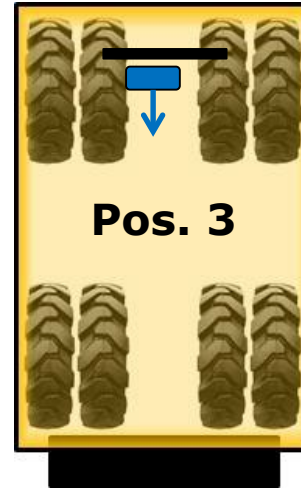
Idéale



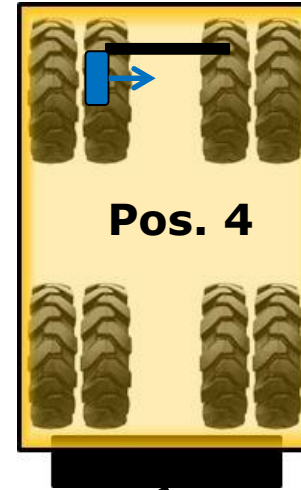
Pos. 1



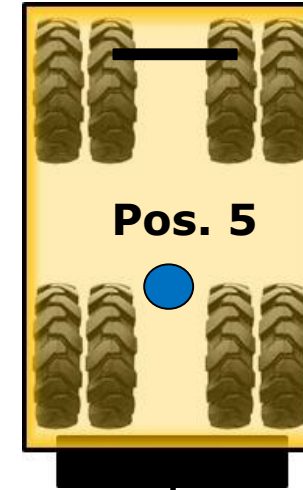
Pos. 2



Pos. 3

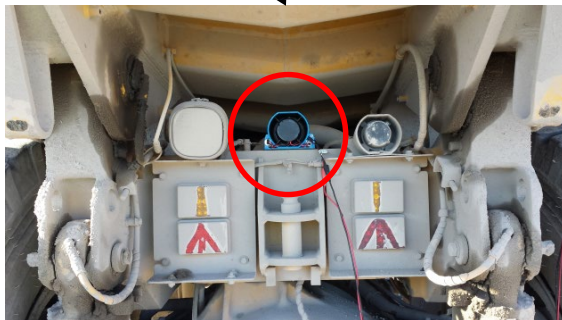


Pos. 4



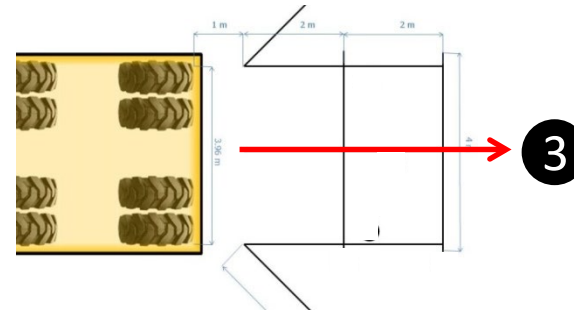
Pos. 5

Pire



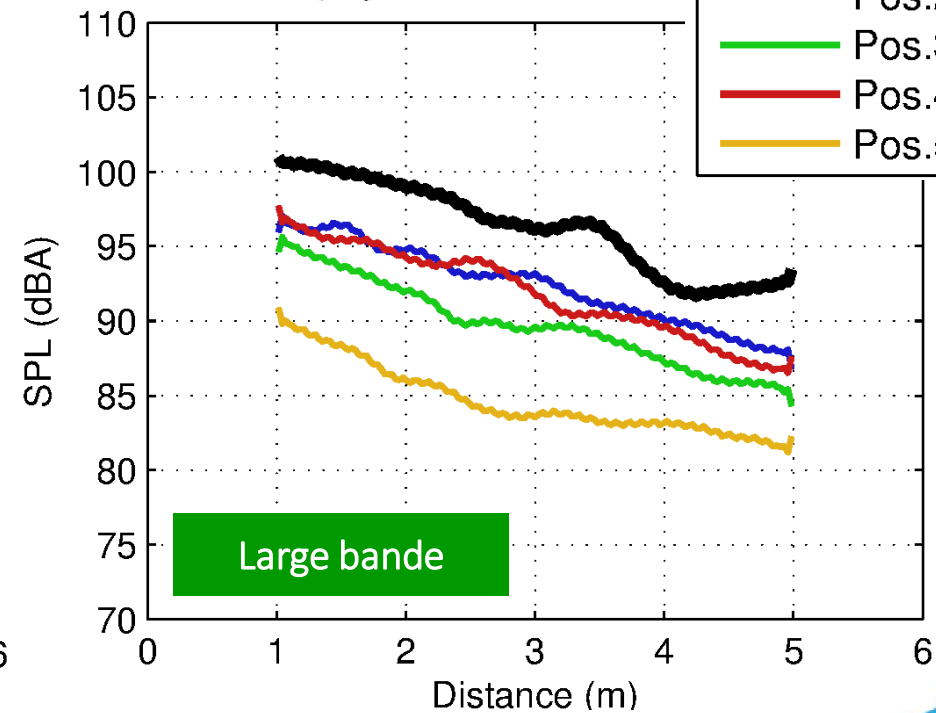
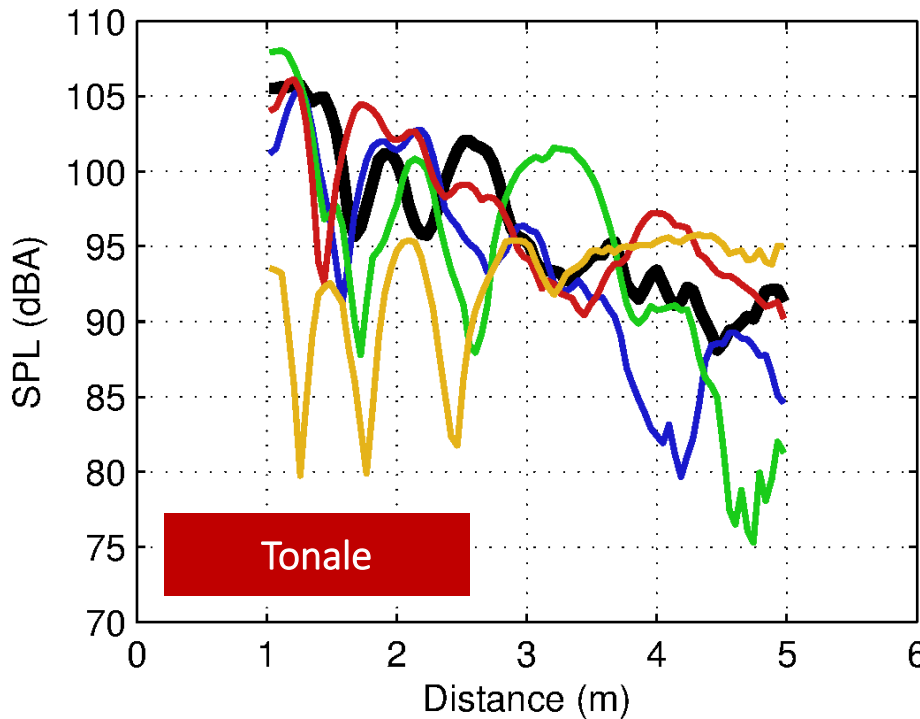
Facteurs acoustiques – Propagation sonore

- Le long de l'axe principal



Montage

- Pos.1
- Pos.2
- Pos.3
- Pos.4
- Pos.5

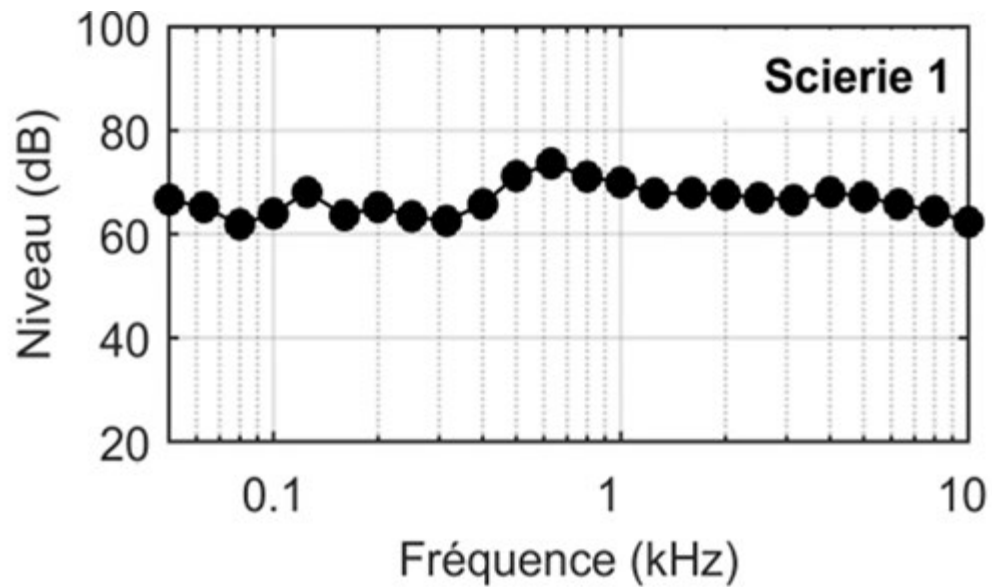


| Facteurs psychoacoustiques – Détection/Réaction

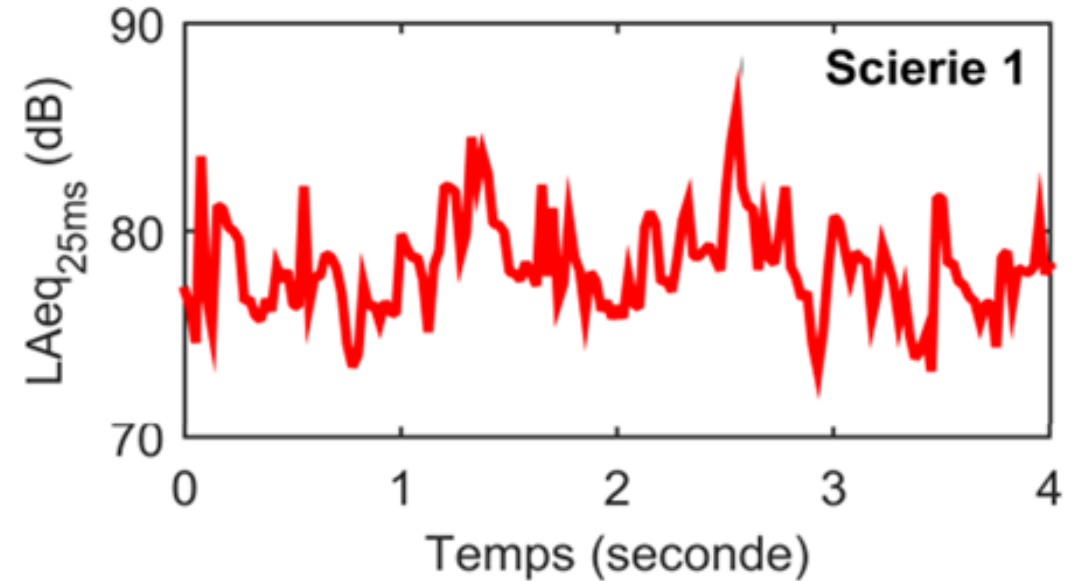
- Expérimentations en laboratoire:
 - 24 participants avec audition normale et 24 participants avec perte auditive
 - Avec et sans protection auditive à rétablissement de son (bouchons 3M Peltor Tactical et coquilles Howard Leight IMPACT H)
- Deux mesures psychoacoustiques:
 - Seuil de détection: niveau de l'alarme tout juste perceptible
 - Seuil de réaction: niveau de l'alarme qui élicite suffisamment d'urgence pour engendrer une réaction prompte (recherche visuelle ou retrait de la zone de danger)
- Stimuli
 - 2 types d'alarme: Tonale et à large bande
 - 1 bruit (scierie – copeaux de bois) à 80 dBA

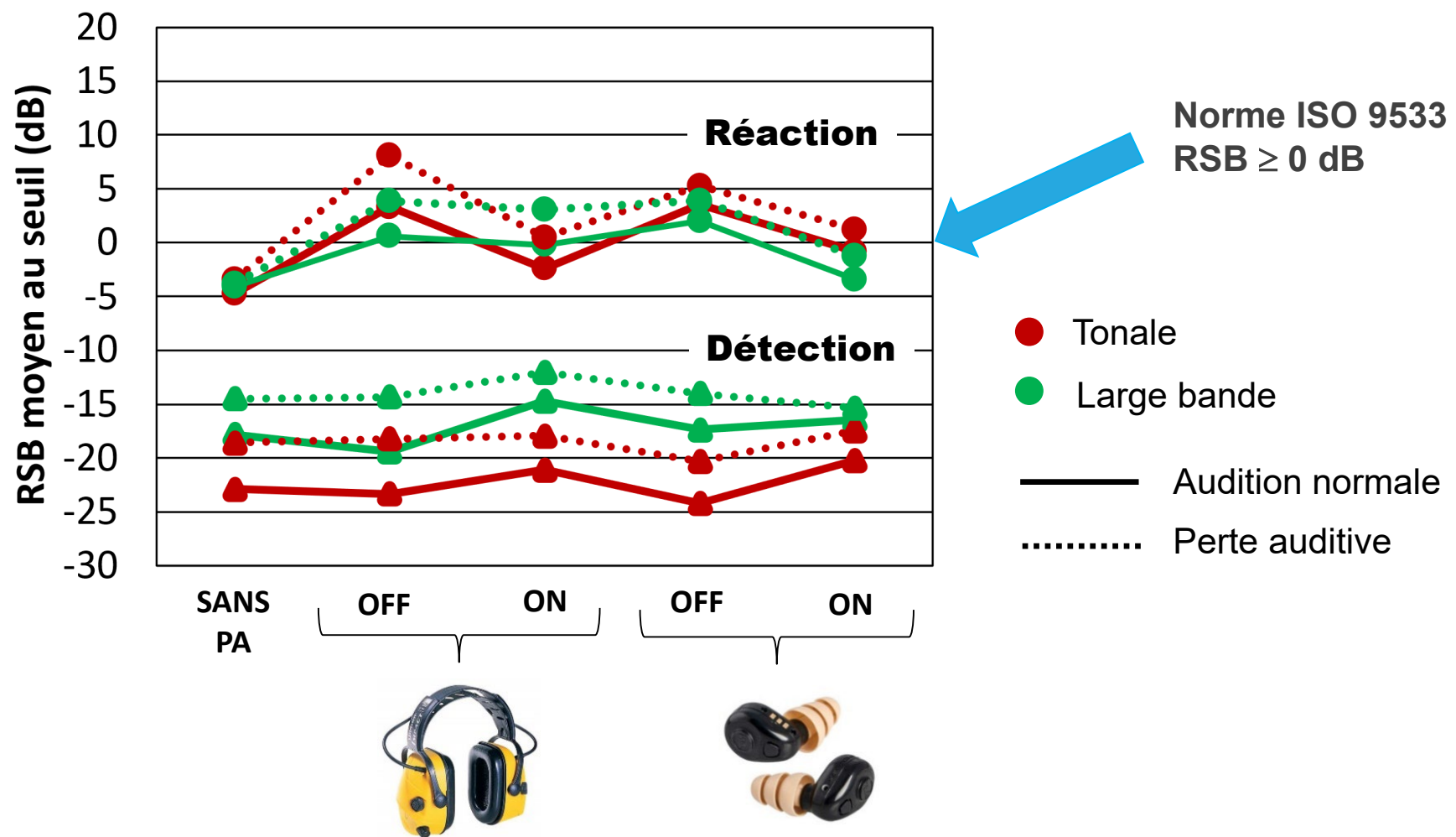
| Facteurs psychoacoustiques – Détection/Réaction

Spectre



Trace temporelle



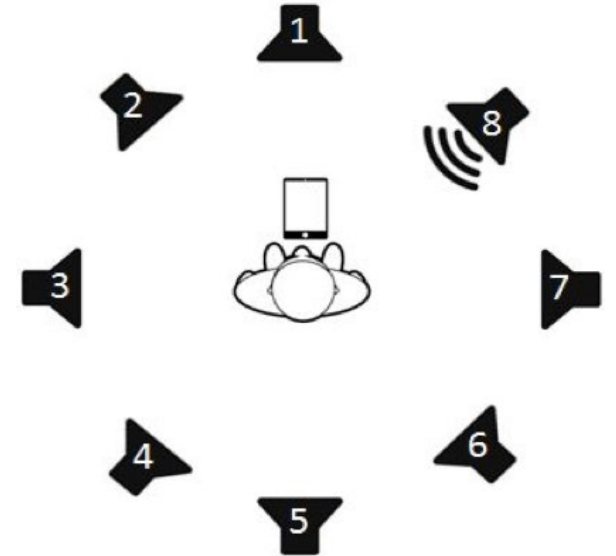


EFFETS	Détection		Réaction	
CONDITION D'ÉCOUTE	Moy. petit	Plus d'effet chez AN	Moy. grand	Sans PA (seuils ↓) OFF (seuils ↑)
TYPE D'ALARME	Grand	Large bande (seuils ↑)	Très petit	Large bande (seuils ↓)
GROUPE	Moy. Grand	Perte auditive (seuils ↑)	-	

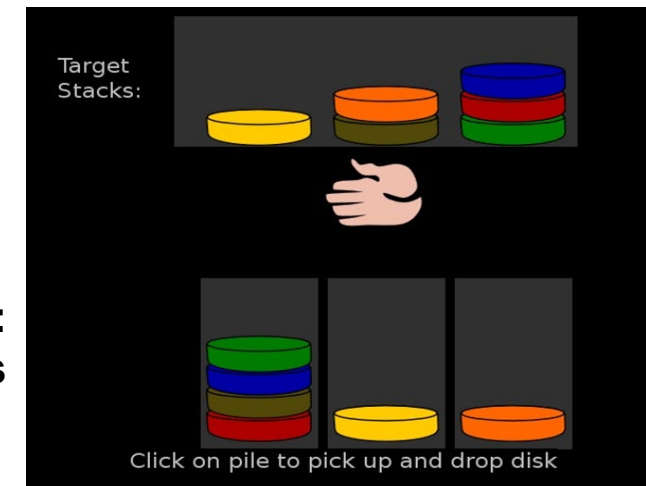
Les interactions ont un effet négligeable ou petit/très petit

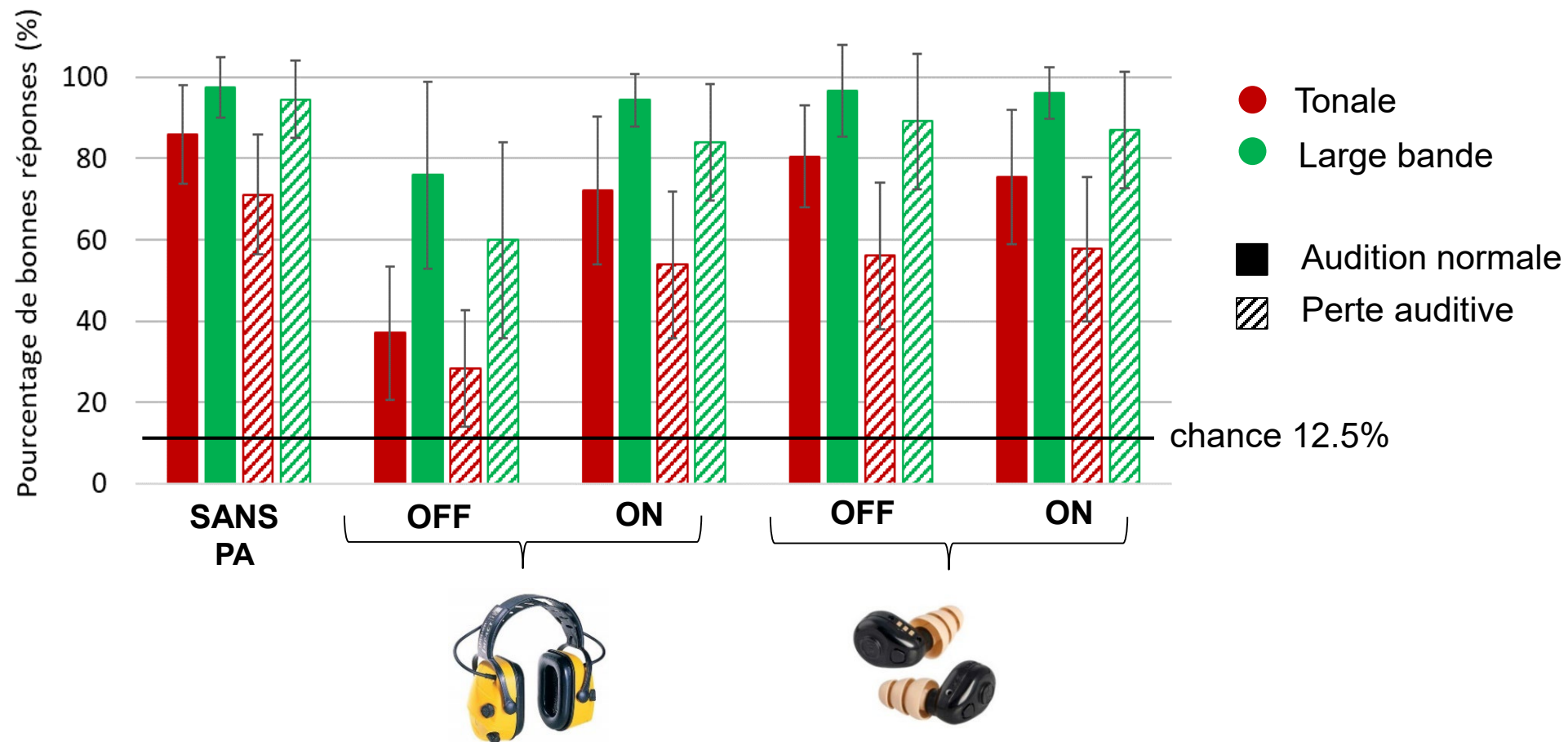
| Facteurs psychoacoustiques – Localisation sonore

- Expérimentations en laboratoire:
 - 24 participants avec audition normale et 24 participants avec perte auditive
 - Avec et sans protection auditive à rétablissement de son (bouchons 3M Peltor Tactical et coquilles Howard Leight IMPACT H)
- Tâches de localisation sonore et stimuli:
 - Identification de HP (N=8) (niveau de chance= 12.5%)
 - Alarmes tonale et à large bande (un seul cycle)
 - Bruit de copeaux de bois à 80 dBA



**Tâche d'attention partagée:
Tour de Londres**





EFFETS	Localisation	
CONDITION D'ÉCOUTE	Important	Sans PA: meilleure localisation par 4-38% Coquille OFF: pire localisation par 28-38%
TYPE D'ALARME	Important	Large bande meilleure localisation par 27%
GROUPE	Important	Perte auditive moins bonne localisation par 13%

Les interactions ont un effet négligeable ou peu important

| Sommaire – Facteurs acoustiques

- Caractéristiques spectrales:
 - Les deux alarmes sont conformes à la norme SAEJ994 puisque l'énergie du signal dominant se situe dans la gamme 700-2800 Hz
- Montage/positionnement:
 - Le positionnement idéal est peu fréquent en pratique
 - Les pratiques courantes peuvent engendrer des diminutions du niveau sonore de 10 à 15 dB dans la zone de danger
- Patrons de propagation sonore:
 - Alarme tonale: des variations indésirables jusqu'à 20 dB sur de courtes distances peuvent affecter la détection et la perception du mouvement ou de la distance du véhicule
 - Alarme à large bande: champ sonore plus uniforme généralement consistant avec la propagation géométrique à partir de la source

| Sommaire – Facteurs psychoacoustiques

- Effet du type d'alarme
 - *L'alarme à large bande présente certains avantages p/r à l'alarme tonale:*
 - ✓ Seuils de détection plus élevés (moins perceptible au loin)
 - ✓ Seuils de réaction moins élevés (attire plus l'attention proche du véhicule)
 - ✓ Plus facile à localiser (moins de confusions avant-arrière)
- Effet de la perte auditive
 - *La perte auditive nuit à la perception des alarmes*
 - ✓ Seuils de détection plus élevés avec perte auditive
 - ✓ Pas de différence significative entre les deux groupes pour les seuils de réaction mais large variabilité chez les personnes avec perte auditive
 - ✓ Localisation moins bonne avec perte auditive

| Sommaire – Facteurs psychoacoustiques

- Effet de la condition d'écoute
 - *En général, l'écoute sans protection présente de meilleurs résultats pour la détection, la réaction et la localisation d'alarmes de recul*
 - ✓ Les protecteurs passifs (ou en mode OFF) peuvent parfois améliorer la détection des alarmes mais en général ils nuisent à la réaction et à la localisation (coquilles).
 - ✓ Le mode de rétablissement sonore (mode ON) semble préférable à la protection passive en ce qui concerne le seuil de réaction des alarmes mais il n'atteint pas la performance sans protection.
 - ✓ En général, les bouchons d'oreille sont préférables aux coquilles en ce qui concerne la localisation.
 - ✓ Les performances en localisation auditive varient beaucoup d'un individu à l'autre.

|Recommandations

- 1. L'alarme à large bande devrait être privilégiée car elle présente un avantage important en réaction et en localisation, surtout avec protecteurs auditifs.**
- 2. Les protecteurs à rétablissement du son devraient être considérés puisqu'ils améliorent la détection en milieu calme et la réaction aux alarmes dans le bruit p/r aux protecteurs passifs**
- 3. Lorsque la localisation sonore est critique pour assurer la sécurité:**
 - Les bouchons sont préférables aux coquilles
 - Offrir une sélection de produits aux travailleurs en raison de la grande variabilité inter-individuelle et entre produits.
 - Offrir une période d'adaptation ou d'essai aux travailleurs, surtout ceux avec perte auditive

|Recommandations

4. On recommande la méthodologie de la norme ISO 9533 pour l'ajustement du niveau sonore des alarmes de recul en prenant en considération d'avoir un rapport signal/bruit (RSB) dans la zone de danger:

- ≥ 0 dB sans protection auditive
- ≥ 5 dB avec protecteurs à rétablissement du son (ON)
- ≥ 7 dB avec protecteurs passifs/OFF (alarme large bande)
- ≥ 10 dB avec protecteurs passifs/OFF (alarme tonale)

Inclure toutes les sources de bruit de l'environnement de travail et pas seulement le bruit du moteur du véhicule sur lequel l'alarme est installée.

| Limites

- Les recommandations quant aux protecteurs auditifs sont basées sur les résultats d'un nombre limité de protecteurs auditifs fonctionnels et bien ajustés.
 - **Il faut donc exercer une certaine prudence quant à la généralisation à d'autres produits disponibles sur le marché et des contraintes du milieu de travail pouvant compromettre la performance des protecteurs**
- Il est primordial de ne pas de limiter les efforts de prévention des accidents lors de manœuvres de recul à l'utilisation unique des alarmes de recul.
D'autres moyens à envisager:
 - **Meilleurs plans de circulation minimisant ou éliminant les manœuvres de recul**
 - **Technologies de détection automatique des travailleurs**

| Remerciements

- Projets subventionnés par l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et sécurité du travail, Montréal, Québec.
- Personnes qui ont contribué aux différents aspects méthodologiques et de la collecte des données:
 - Nicolas Ellaham, Flora Nassrallah, Jérôme Boutin
 - Louis-Philippe Pageot, Karine Roy, Christelle Gagnon, Patricia Laflamme, Manuelle Bibeau, Emily Gula, Véronique Carroll, Claudia Marleau, Marie-France Cadieux, Karine Laprise-Girard, Charleen Alcena, Adriana Colavecchio, Céline Khouri, Mohamad Ghaith, Philippe Auclair, Rachel Saraya, Geneviève Sandre, Adonis Naddour, Melissa Ganguli, Kelly Brideau, Amanda D'Sylva