



## **Gestion du bruit des stands de tir**

A.-C. Witsel et F. Moïny  
UMONS, 9 rue de Houdain, 7000 Mons, Belgique  
[anne-catherine.witsel@umons.ac.be](mailto:anne-catherine.witsel@umons.ac.be)

Le tir sportif est une activité récréative très répandue mais faisant l'objet de nombreuses plaintes de riverains pour nuisances sonores lorsqu'il est pratiqué dans des stands extérieurs.

Afin de ne pas dépasser les limites fixées par la législation en vigueur, les exploitants peuvent limiter le nombre de coups tirés pendant la période d'évaluation de la gêne. Il leur est cependant très difficile de savoir quand ces limites sont dépassées étant donné que le nombre de tirs autorisés varie en fonction des conditions météorologiques.

Au travers de l'analyse des résultats de deux campagnes de mesure, une corrélation forte entre les niveaux d'évaluation de la gêne calculés en deux points distants a été établie. A l'aide d'une régression linéaire, dépendant des conditions météorologiques, il est donc possible d'évaluer la gêne en un point à partir de mesures réalisées en un autre point et ainsi de définir le nombre de tirs autorisés.

## 1 Introduction

Le tir, qu'il soit sportif ou récréatif, est une activité regroupant de nombreux adeptes. Cependant, les disciplines pratiquées avec des armes à feu en extérieur sont particulièrement bruyantes et les clubs de tir font l'objet de beaucoup de contestation de la part des riverains.

Les bruits de tir étant très impulsifs et de grande amplitude, ils sont plus gênants que d'autres types de bruit et audibles à plusieurs kilomètres. Pour un site particulier, l'impact sonore des stands de tir extérieurs sur leur environnement dépend essentiellement de trois facteurs :

- les combinaisons armes/munitions utilisées ;
- le nombre de coups tirés ;
- les conditions météorologiques.

Les exploitants peuvent agir sur les deux premiers facteurs, mais il leur est cependant très difficile de connaître quand les niveaux sonores relevés dans le voisinage dépassent les limites fixées par la législation en vigueur. En effet, en fonction des conditions météorologiques et des armes utilisées, le nombre de coups autorisés par heure varie.

La norme ISO 17201-5 [2] fournit une méthode de gestion journalière du bruit autour d'installations de tir. Celle-ci repose sur la connaissance du nombre de tirs prévus à chaque emplacement de tir avec chaque combinaison arme/munition ainsi que l'impact sonore de toutes les configurations possibles aux points de réception considérés. Cependant, le taux de fréquentation des différents emplacements de tir n'est en général pas connu à l'avance. Cette méthode semble donc plutôt adaptée à la planification de nouvelles installations ou d'exercices de tir militaires.

Un outil permettant d'avoir, en cours d'utilisation des installations et sans connaissance préalable des caractéristiques des bruits émis, une estimation du niveau de gêne occasionné chez les riverains serait donc d'une grande utilité pour les exploitants de stands de tir.

Cet article présente les résultats d'une étude expérimentale dont l'objectif est d'analyser la corrélation entre les niveaux de gêne mesurés en deux endroits différents, l'un situé sur le champ de tir et l'autre à proximité d'habitations de riverains, et ce, en fonction des conditions météorologiques.

Dans une première partie, les caractéristiques des bruits de tir ainsi que les méthodes d'évaluation de la gêne sont décrites. Les campagnes de mesure ainsi que l'analyse des résultats expérimentaux sont ensuite présentés et discutés.

## 2 Bruits de tirs

### 2.1 Origines et caractéristiques

Lorsqu'une arme à feu est utilisée, le bruit généré est très impulsif et de grande intensité. Les deux sources principales de ce bruit sont la détonation à bouche et le bruit du projectile.

Une arme à feu permet d'envoyer un projectile à grande distance au moyen d'une charge explosive. La combustion rapide et confinée de cette charge produit des gaz à très haute pression qui se dilatent rapidement lorsque le projectile sort de la bouche du canon en produisant une onde acoustique.

Cette onde est caractérisée par une durée très courte et une amplitude très importante. A proximité de la source, la durée de l'impulsion est de l'ordre de la milliseconde et le niveau de crête de la pression acoustique ( $L_{peak}$ ) est généralement compris entre de 150 à 165 dB [7].

Les armes à feu présentent, en outre, une grande directivité dépendant du type d'arme utilisé. La directivité est en général maximale dans le sens du tir (Figure 1).

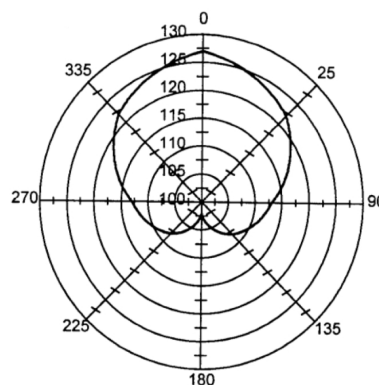


FIGURE 1 – Directivité d'un fusil de chasse mesurée à 10 m [9]

Lorsque le projectile se déplace à une vitesse supersonique, il crée également une onde de choc acoustique qui s'étend de façon conique derrière lui. Le front d'onde s'éloigne de la trajectoire à la vitesse du son [6]. Tous les projectiles ne se déplaçant pas à vitesse supersonique, l'onde de choc n'est pas présente dans toutes les situations.

### 2.2 Limitation du bruit

Il existe différentes solutions pouvant être mises en pratique afin de limiter le bruit des armes à feu.

La première réside dans le choix des munitions utilisées [5]. En effet, la réduction de la vitesse du projectile, tout en la maintenant suffisante pour atteindre sa cible, entraîne une réduction du bruit émis.

Par ailleurs, l'utilisation d'un silencieux placé sur le canon de l'arme permet de réduire de façon assez importante le bruit émis essentiellement dans la direction du tir. Cette technique est cependant illégale dans de nombreux pays malgré son efficacité [8].

Il est également possible de recouvrir les parois des abris de tir de matériaux acoustiquement absorbants. Cela a une influence notable sur le bruit émis à l'arrière et sur les côtés des abris. Par contre, le bruit émis dans la direction du tir est peu diminué et peut même être renforcé si les matériaux utilisés ne sont pas assez absorbants. L'utilisation d'abris suffisamment profonds offre la possibilité de diminuer celui-ci. Cela n'est néanmoins pas toujours réalisable, comme par exemple dans le cas du ball-trap où il faut assurer aux tireurs un angle de visée suivant la verticale important.

Des parois et des talus peuvent également être placés judicieusement afin d'agir sur la propagation du son.

Même si ces solutions ne permettent pas de diminuer drastiquement le bruit, leur effet n'est pas à négliger puisqu'une diminution du bruit de 3 dB permet théoriquement un doublement du nombre de tirs.

### 2.3 Evaluation de la gêne

Il ressort de la littérature que l'indicateur présentant la meilleure corrélation avec la gêne provoquée par un tir isolé est le niveau d'exposition avec une pondération fréquentielle A. Par ailleurs, la gêne occasionnée par une exposition à de multiples tirs se mesure en calculant le niveau continu équivalent [7].

Par comparaison à d'autres sources sonores, les bruits de tir sont plus gênants. Cela est pris en compte en ajoutant, à son niveau d'évaluation, une pénalité déterminée par comparaison au bruit routier bien connu de la population et bien réglementé. Les valeurs trouvées dans la littérature sont assez variables mais la valeur de 12 dB semble être un bon compromis [10].

L'utilisation du niveau maximal de la pression acoustique d'un tir pourrait sembler judicieux mais son utilisation n'est cependant pas recommandée quelle que soit la pondération temporelle [7].

En matière de bruit dans l'environnement, la norme internationale ISO 1996 [3, 4] décrit les procédures à respecter pour le mesurage et l'évaluation de celui-ci. Elle se base sur la littérature scientifique.

Selon cette norme, il est recommandé d'utiliser le niveau d'exposition  $L_E$  comme descripteur d'un bruit isolé et le niveau équivalent  $L_{Req,T_n}$  sur la période d'analyse  $T_n$  comme niveau d'évaluation.  $T_n$  vaut en général 1 h.

Des facteurs correctifs peuvent également être ajoutés à  $L_E$  en fonction du type de source (routier, industriel, ...), des caractéristiques du bruit (tonalité ou impulsivité) et du moment de la journée. En ce qui concerne les bruits impulsifs, trois catégories sont définies : bruits normalement impulsifs, bruits très impulsifs et bruits impulsifs de haute énergie. Les armes de petit calibre entrent dans la catégorie des sources de bruits très impulsifs et le facteur correctif vaut, dans ce cas, 12 dB. La pondération fréquentielle A est à utiliser pour tous les types de bruits excepté pour les bruits impulsifs de haute énergie.

Sous forme mathématique, on a donc, en ne considérant

que les bruits de tir, l'équation (1) :

$$L_{Ar,T_n} = 10 \log_{10} \left[ \frac{1}{T_n} \sum_j^{n_t} 10^{0.1 L_{AE_j}} \right] + K \quad (1)$$

$L_{AE_j}$  est le niveau d'exposition du  $j^{\text{ème}}$  tir,  $K$  la pénalité de 12 dB et  $n_t$  le nombre de tirs enregistrés sur la période de mesure.

$L_{AE_j}$  peut être calculé à partir des niveaux continus équivalents courts  $L_{Aeq,T}$ . Les tirs ayant une durée très courte, on choisira une période d'intégration inférieure à la seconde. Une période de 50 ms est idéale pour repérer facilement les détonations.

En considérant une période d'analyse  $T_n$  d'une heure, l'équation (1) devient

$$L_{Ar,1h} = 10 \log_{10} \left[ \frac{T}{3600} \sum_{j=1}^{n_t} \sum_{i=1}^{n_i} 10^{0.1 L_{Aeq,T,j,i}} \right] + K \text{ dB} \quad (2)$$

$L_{Aeq,T,j,i}$  est le  $i^{\text{ème}}$   $L_{Aeq,T}$  lié au  $j^{\text{ème}}$  tir mesuré avec une période d'intégration  $T$ .

### 2.4 Règlementations nationales

A partir des recommandations de la norme ISO, chaque pays a établi sa propre réglementation. Bien qu'il soit recommandé d'utiliser le niveau d'exposition sonore  $L_E$ , de nombreux pays utilisent, pour des raisons historiques et par facilité, les niveaux  $L_{AI,max}$  ou  $L_{AF,max}$  comme indicateur d'un tir isolé.

Le niveau d'évaluation est en général défini par le niveau continu équivalent sur une période spécifiée, conformément à la norme ISO. La conversion du niveau d'exposition  $L_{AE}$  en  $L_{AI,max}$  ou  $L_{AF,max}$  est réalisée à partir de relations empiriques [1].

Les valeurs limites sont fixées par chaque législateur en fonction des moments de la journée et des types de zones d'activité dans lesquelles les mesures sont effectuées. Ces limites doivent être identiques à celles des autres types de bruit si une pénalité liée au bruit de tir est prise en compte dans le calcul du niveau d'évaluation de la gêne.

## 3 Campagnes de mesures

### 3.1 Description du site de mesure

Des mesures ont été réalisées autour d'un club de tir situé à proximité de Mons (Belgique) dans une région de plaine essentiellement agricole. Les bruits de tir étant audibles à grande distance, ils ont un impact sur un nombre important de riverains malgré la faible densité de population.

Bien que différentes disciplines de tir puissent y être pratiquées, ce sont les activités de ball-trap, pratiquées à l'extérieur, qui posent problème, les autres se déroulant dans des tunnels intérieurs.

Le ball-trap est une discipline de tir consistant à tirer sur des plateaux d'argile à l'aide d'un fusil de chasse (arme à canon lisse) munie d'une charge à grenailles. Les projectiles étant subsoniques, le bruit émis provient uniquement de la détonation à la bouche.

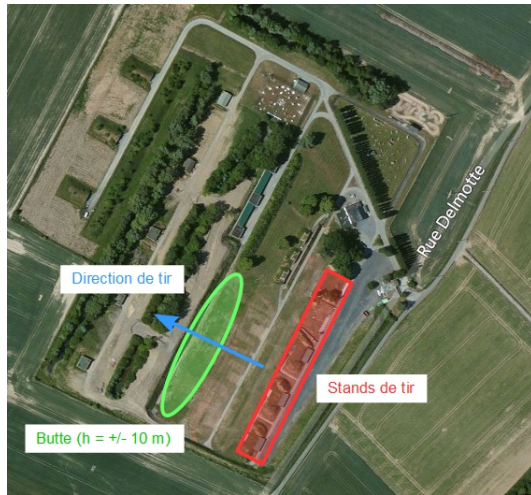


FIGURE 2 – Vue aérienne des installations de ball-trap

La Figure 2 montre la disposition générale des installations.

Les tirs ont lieu dans des abris (Figure 3) dont les parois sont couvertes d'un matériau acoustiquement absorbant. Ils sont par ailleurs entourés de talus de terre afin de limiter le bruit à la source et une butte d'une hauteur d'environ 10 m se situe également face aux tireurs.



FIGURE 3 – Abri de tir extérieur utilisé pour le ball-trap

### 3.2 Méthodologie

Deux campagnes de mesure, correspondant à des conditions météorologiques différentes, ont été réalisées (Données A et B). Au cours de chaque campagne, les niveaux continus équivalents ( $L_{Aeq,T}$ ) en deux endroits différents ainsi que les conditions météorologiques ont été relevés (Figure 4).

L'un des sonomètres était placé sur la butte face aux abris de tir (Position 1), l'autre (Position 2) près des maisons de riverains. Cette position a été choisie car c'est dans cette direction que la gêne est la plus notable étant donné qu'elle correspond à celle des tirs (i.e. niveau d'émission maximal).

La distance entre les sonomètres est d'environ 700 m. La période d'intégration  $T$  est de 50 ms.

Les durées de mesurage ainsi que le nombre de tirs relevés pour chaque campagne de mesure sont donnés dans le Tableau 1.

La direction et la vitesse du vent (Figure 5) ont été mesurées grâce à une station météorologique placée à 2 m du sol dans un endroit dégagé avec une période d'échantillonnage de 1 seconde pour l'ensemble de données

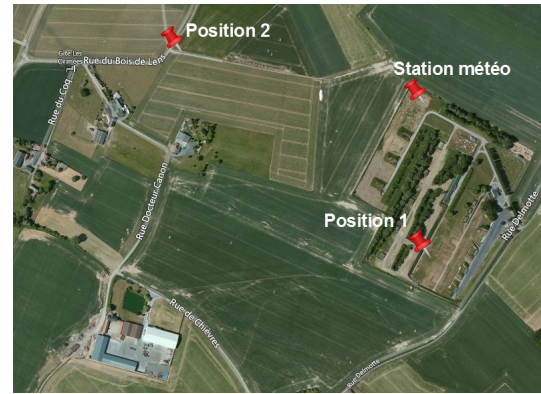


FIGURE 4 – Positions des sonomètres

TABLEAU 1

	Données A	Données B
Temps de mesure	1h25	1h35
Nombre de tirs	1451	1747
Direction moyenne du vent	ENE	OSO
Vitesse moyenne du vent (m/s)	1,5	2,7

A et de 2 secondes pour l'ensemble de données B. Les directions d'origine et vitesse moyennes du vent sont données dans le Tableau 1.

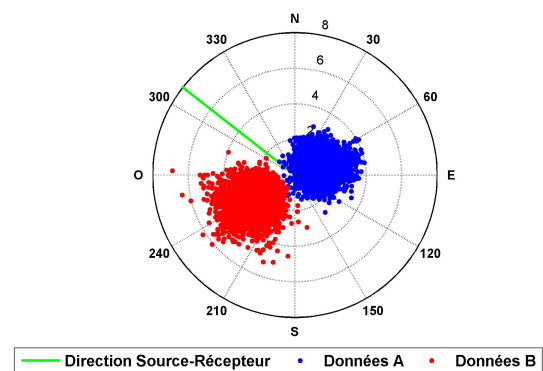


FIGURE 5 – Direction d'origine et vitesse du vent

### 3.3 Résultats

Pour chaque ensemble de données et chaque point de réception, le niveau d'évaluation de la gêne a été calculé (Equation 2) à chaque nouveau tir en prenant en compte tous les tirs de l'heure écoulée (Figure 6).

On remarque que, bien que les niveaux relevés à la position 1 soient équivalents, ceux relevés à la position 2 présentent un écart moyen de 12 dB.

La composante moyenne du vent  $U$  dans la direction de la position 2 (Figure 7) vaut 0,49 pour les données A et  $-0,87$  pour les données B, le signe négatif indiquant que cette composante est orientée dans la direction opposée à celle du point de réception considéré.

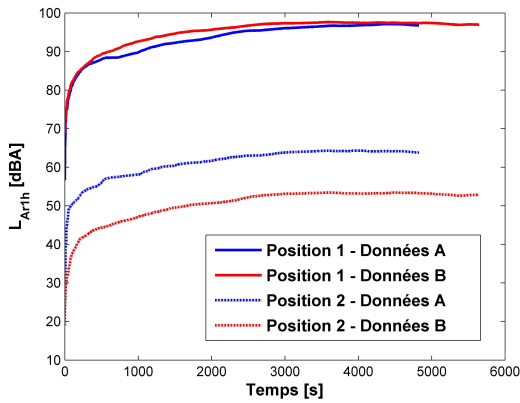


FIGURE 6 – Evolution temporelle de  $L_{Ar1h}$

Les conditions de propagation du son étaient donc plus favorables lors de la première campagne de mesure (Données A) ce qui explique que les niveaux de gêne correspondants soient plus élevés.

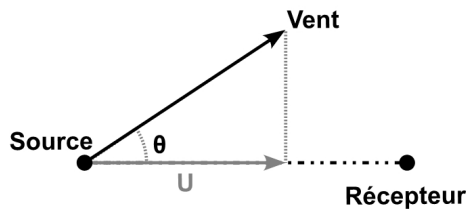


FIGURE 7 – Composante du vent dans la direction

Par ailleurs, une analyse de la corrélation entre les niveaux relevés aux deux points de mesure montre que la corrélation entre les niveaux d'exposition  $L_{AE}$  de chaque tir est très faible (Figure 8).

En effet, les conditions instantanées de vent mais aussi le stand utilisé par le tireur influencent l'écart entre les mesures réalisées en ces deux points.

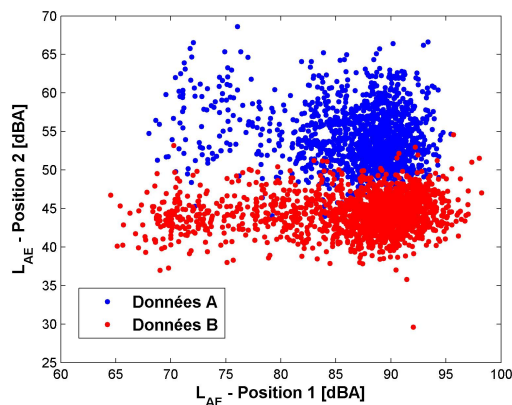


FIGURE 8 – Corrélation entre les niveaux d'exposition de chaque tir

Il existe par contre une corrélation forte (coefficients de corrélation  $r$  de 0,994 et 0,995) entre les niveaux d'évaluation de la gêne (Figure 9). On peut modéliser ce lien, en très bonne approximation, par une simple constante dont la valeur dépend des conditions météorologiques globales (coefficients de détermination  $r^2$  de 0,98 et 0,988).

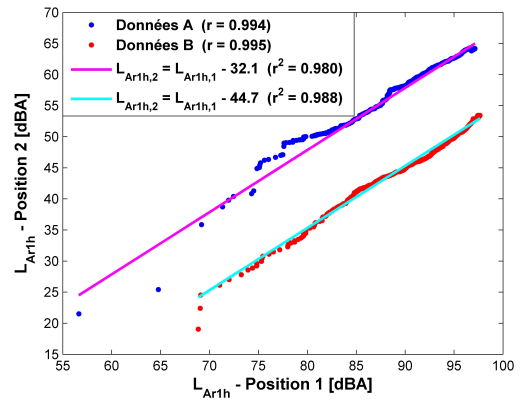


FIGURE 9 – Corrélation entre les niveaux d'évaluation de la gêne

La Figure 10 montre la comparaison entre les niveaux d'évaluation mesurés à la position 2 et la prédiction réalisée à partir de ceux mesurés à la position 1. L'erreur moyenne entre mesures et prédictions est de 0,4 dB ce qui représente un résultat très satisfaisant.

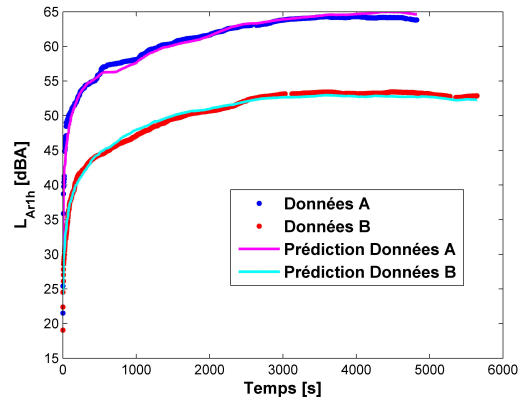


FIGURE 10 – Comparaison entre les niveaux d'évaluation de la gêne mesurés et prédits

Chaque estimation de  $L_{Ar1h}$  à la position 2 permet également d'estimer le niveau d'exposition moyen  $L_{AE,moy}$  des tirs enregistrés sur l'heure écoulée à cet endroit. Sur la base de cette information et de la valeur limite du niveau de gêne  $L_{Ar1h,lim}$ , on peut donc déterminer le nombre de coups par heure ( $N_c$ ) pouvant être tirés si les niveaux d'émission restent comparables (Equation (3)) :

$$10 \log_{10} N_c = L_{Ar1h,lim} - L_{AE,moy} - 10 \log_{10} \frac{T}{3600} - K \quad (3)$$

## 4 Conclusion

L'analyse des mesures réalisées a montré qu'il est possible d'estimer le niveau de gêne au niveau des maisons des riverains à partir de mesures réalisées à proximité des stands de tir et ce en tenant compte des conditions météorologiques.

Bien que ces résultats correspondent à une configuration spatiale et des conditions météorologiques particulières,

ils ouvrent des perspectives de prédiction du niveau d'évaluation de la gêne très intéressantes.

D'autres investigations, tant expérimentales que par simulation, seront cependant nécessaires afin de déterminer la valeur de la constante d'ajustement pour diverses conditions météorologiques. L'analyse des statistiques de vent permettra de cibler les conditions les plus intéressantes à étudier.

## Références

- [1] ISO 17201-3, *Acoustics - Noise from shooting ranges - Part 3 : Guidelines for sound propagation calculations* (2010).
- [2] ISO 17201-5, *Acoustics - Noise from shooting ranges - Part 5 : Noise management* (2010).
- [3] ISO1996-1, *Acoustics - description, measurement and assessment of environmental noise - part 1 : Basic quantities and assessment procedures* (2003).
- [4] ISO1996-2, *Acoustics - description, measurement and assessment of environmental noise - part 2 : Determination of environmental noise levels* (2007).
- [5] Association of European Sporting Ammunition Manufacturers, *Reduction of shooting noise on Clay Target Shooting* (2012)
- [6] R. Maher, *Summary of gun shot acoustics*, Tech. rep., Montana State University (2006).
- [7] T. Markula, *Propagation, measurement and assessment of shooting noise*. Master's thesis, Teknillinen Korkeakoulu (2006).
- [8] R. Paakkonen et A. Parri, *The effect of a supressor to environmental noise - A case study*, Applied Acoustics 72 (2011)
- [9] J. C. Swallow, J. Hemingway et P. Yung, *Acoustique des champs de tir*. Tech. rep., Gendarmerie Royale du Canada (1999).
- [10] J. Vos, *A review of research on the annoyance caused by impulse sounds produced by small firearms*, Inter-Noise (1995).