

# CFA/VISHNO 2016

## Localisation de sources impulsionnelles en milieu urbain

S. Cheinet, L. Ehrhardt et T. Broglin  
ISL, 5 Rue General Cassagnou, 68300 Saint-Louis, France  
[sylvain.cheinet@isl.eu](mailto:sylvain.cheinet@isl.eu)



LE MANS

La détection / localisation des sons est problématique dans les environnements urbains, en raison des phénomènes complexes de propagation liés aux obstacles. Les auteurs ont récemment proposé une approche pour localiser une source acoustique impulsionnelle avec des capteurs distribués dans un environnement urbain. Le principe est de localiser la source en recherchant la meilleure correspondance entre (i) les différences observées de temps d'arrivée des signaux, et (ii) les différences simulées à partir de simulations tridimensionnelles de la propagation. Cette étude présente les résultats de localisation obtenus à partir de mesures sur une maquette de laboratoire, afin d'étendre l'analyse de performance à des configurations avec des bâtiments hauts. Les résultats démontrent que l'approche est fiable et robuste vis-à-vis des positions de la source, des positions et du nombre de capteurs, et de la hauteur des bâtiments. Un indice est défini et évalué, qui quantifie la fiabilité de chaque estimation.

## 1 Introduction

La localisation de sources sonores impulsionnelles dans les environnements urbains revêt un intérêt dual, avec notamment des applications de détection de tir. La triangulation des signaux à partir de mesures par une antenne acoustique est inopérante pour cet usage, en raison des phénomènes de propagation complexes en environnement urbain : réflexions, diffractions, multi-trajets. Une alternative est le recours à des capteurs distribués dans l'environnement surveillé, qui sont synchronisés, de position connue et qui communiquent avec une unité centrale.

Au-delà du système lui-même, le traitement des données doit aussi être adapté aux effets du canal de propagation urbain. Plusieurs approches ont été proposées dans la dernière décennie [1, 2, 3]. L'étude récente [4] introduit une méthode (correspondance des temps) basée sur l'analyse des différences de temps de première arrivée (TA) du signal au capteur. Les TA observés sont comparés à une base de données de TA obtenus avec des positions de source connues. La base de données est formée par simulation numérique avec une description 3D de la propagation. L'approche a été testée de manière satisfaisante dans un environnement avec des bâtiments de hauteur basse [4]. Il reste à tester la performance de la méthode en présence de bâtiments plus hauts.

En outre, les méthodes de localisation en environnement urbain supposent l'usage d'un modèle de l'environnement et de la propagation. La propagation urbaine inclut des effets 3D, et en principe, le modèle doit décrire ces effets. Or la prise en compte de ces effets 3D implique un coût de calcul plus important que dans des approches 2D. D'autre part, les cartographies urbaines n'incluent pas nécessairement des informations fiables, en particulier sur la hauteur des bâtiments. Il est donc important d'examiner la sensibilité des méthodes de localisation à des simplifications sur la hauteur des bâtiments. L'étude [4] obtient une performance de localisation satisfaisante en utilisant une description très simple de l'environnement (hauteur de bâtiment nulle, propagation rectiligne). Là encore, l'extension à des hauteurs de bâtiment plus significatives reste à examiner.

La présente étude aborde l'extension de la méthode par correspondance des temps en présence de bâtiments hauts. La Section 2 présente les données expérimentales et le modèle de propagation utilisés pour tester la méthode. La Section 3 introduit la méthode et discute de la performance de localisation en fonction de la hauteur des bâtiments. La Section 4 discute de la sensibilité au modèle de bâtiments. La Section 5 résume et discute les résultats de l'étude.

## 2 Expérience et modèle

### 2.1 Données expérimentales

La configuration expérimentale est basée sur une maquette (Fig. 1). Deux tables forment un sol plat de 160x160 cm. Sept parallélépipèdes de bois forment les bâtiments, de hauteur variant de 10 à 40 cm. Des plaques de bitume sont incluses sur les façades (non montrées sur la Fig. 1). On a vérifié que la composante acoustique traversant les parois est en général faible devant les composantes aériennes. L'expérience a lieu en présence des bruits typiques -faibles- d'un laboratoire de recherche.

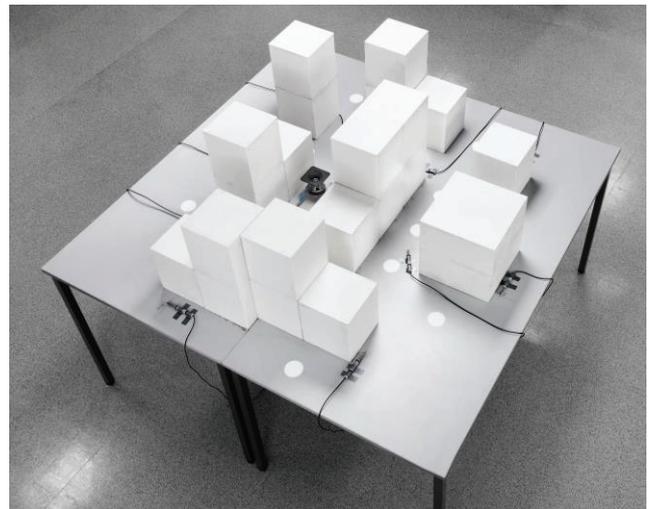


Figure 1: Photographie de la maquette, avec les bâtiments en position haute. Le haut-parleur est en noir, les microphones en gris, les disques blancs montrent les positions de source.

Deux configurations de hauteurs de bâtiment sont considérées, avec des hauteurs doublées dans la seconde par rapport à la première. Le Tableau 1 donne les valeurs caractéristiques des rapports hauteur de bâtiment – portée de propagation, et hauteur de bâtiment – longueur de bâtiment. Les deux configurations sont représentatives d'environnements urbains denses, avec des bâtiments de modérément hauts à hauts. Elles se distinguent nettement de la configuration étudiée dans [4].

Tableau 1: Caractéristiques urbaines considérées dans [4] et dans les configurations expérimentales sur maquette.

	Etude [4]	Modérée	Haute
Hauteur/Longueur	0.2-0.5	0.3 – 1	0.6 - 2
Hauteur/Portée	0.1-0.3	0.2-1	0.4-2

La source acoustique utilisée est un haut-parleur dirigé vers le haut (Fig. 1), et associé à un amplificateur. Dans le régime impulsionnel utilisé pour l'excitation, l'émission acoustique correspond principalement au mode principal de vibration du haut-parleur, et l'impulsion émise a une durée de 0.2 ms, i.e. une extension spatiale de 6 cm. L'émission peut être vue comme issue d'une hauteur de 8 cm. La directivité de l'émission est vue comme un problème de second-ordre dans la mesure où on s'intéresse aux TA.

Les mesures sont réalisées pour 18 positions de source (Fig. 1), réparties dans la zone considérée. Pour chacune, 9 modules acoustiques indépendants sont utilisés. Chaque module a un microphone (GRAS 40 PL), et un enregistreur à la fréquence d'échantillonnage 96 kHz. L'enregistreur est stéréo, et la seconde voie enregistre le signal Pulse-Per-Second (PPS) généré par un GPS. Le signal PPS est utilisé pour synchroniser les modules entre eux, à partir d'un signal de référence. Le signal GPS est stable dans notre laboratoire. La position des capteurs est telle qu'il n'y a jamais plus que 2 capteurs en ligne de vue de chaque position de source.

La maquette considérée présente un rapport d'échelle de 100 par rapport aux environnements extérieurs. La source acoustique est donc l'équivalent d'un signal en extérieur de longueur d'onde d'environ 10m. Les applications d'intérêt font face à des signaux de plus haute fréquence. Utiliser des impulsions de plus haute fréquence en intérieur peut générer d'autres problèmes (directivité des capteurs, effets non-linéaires en champ proche de la source etc).

L'incertitude sur les dimensions et les positions de la source, des bâtiments et des capteurs est de l'ordre de 1 cm (équivalent extérieur : 1 m). L'incertitude liée au signal PPS n'excède pas 1  $\mu$ s, et l'incertitude de synchronisation est donc contrôlée par l'enregistreur. La fréquence d'échantillonnage (96 kHz) correspond à une incertitude de positionnement de 4 mm, soit 40 cm en extérieur, ce qui est inférieur à l'incertitude de positionnement notée au-dessus. En d'autres termes, notre dispositif d'enregistrement est suffisamment précis pour des enregistrements synchrones appropriés pour notre étude.

## 2.2 Modèle numérique

Dans cette étude, le modèle de propagation utilisé est le modèle ITM (ISL Time-domain Model). Ce modèle résout l'équation d'Euler linéarisée et l'équation de conservation de la masse, en 3D + temps dans l'atmosphère. Les variables pronostiques sont la pression et la vitesse de la particule acoustique. Elles sont calculées sur des maillages 3D cartésiens. Les pas de temps et d'espace,  $\Delta t$  and  $\Delta x$ , sont calculés en fonction de la plus petite longueur d'onde  $\lambda_{min}$  à résoudre. En notant  $c$  la vitesse du son, on utilise :

$$\Delta x = 0.6c\Delta t = \frac{\lambda_{min}}{16}. \quad (1)$$

Pour chaque configuration de hauteur de bâtiments, 9 simulations sont réalisées, pour obtenir les TA entre toutes les positions de source possibles (tout l'environnement) et les 9 positions de microphones, à une hauteur de 8 cm (cf. plus haut).

La source impulsionnelle simulée a une fréquence caractéristique de 2000 Hz. Les simulations utilisent ainsi  $\Delta x = 1$  cm, et la résolution spatiale correspond donc à la précision attendue des positions / dimensions mesurées. Le pas de temps est  $\Delta t = 0.017$  ms. Cette valeur plus faible

que celle attendue dans Eq. (1) affine la précision du calcul du TA. Le calcul actif est avec 160x160x80 points de grille, des couches absorbantes sont utilisées sur les bords extérieurs et le modèle utilise donc un domaine de 220x220x110 points de grille, avec 500 pas de temps. L'atmosphère 3D est prise homogène, sans vent ; le sol et les obstacles sont pris parfaitement réfléchissants. Le modèle ITM est utilisé avec une parallélisation MPI sur une grappe de 128 processeurs.

Le modèle permet ainsi de calculer les TA entre tous les points du domaine et chaque position de microphone. A des fins de validation, on peut comparer les TA calculés entre chaque source et chaque microphone à ceux obtenus à partir des observations. Les TA observés sont les instants auxquels la pression acoustique (normalisée à la valeur proche de la source) dépasse un seuil, choisi comme le maximum entre (i) 0.0025 et (ii) 0.05 fois le maximum de la pression acoustique mesurée [4]. Le premier critère permet de dépasser le niveau de bruit, le second cherche à éliminer des propagations possibles à travers les parois des bâtiments. Il n'y a pas de bruit ambiant dans la simulation, et le TA simulé est l'instant auquel la pression acoustique excède 0.01 fois son maximum.

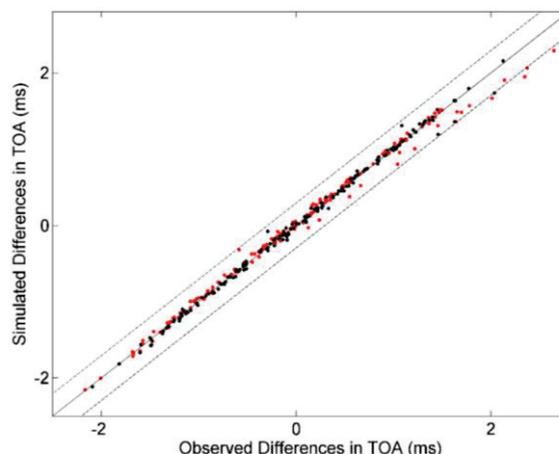


Figure 2: différences des temps d'arrivée observées versus simulées, pour tous les microphones et toutes les positions de source. Il y a 2x18x9=324 points. La ligne 1:1 (accord parfait) est indiquée en trait plein, les pointillés indiquent des écarts de  $\pm 0.3$  ms (soit 10 cm). Les symboles noirs (respectivement, rouges) sont pour la configuration des bâtiments modérément hauts (resp. hauts).

La Fig. 2 montre les différences observées et simulées entre le TA à chaque microphone et la moyenne des TA sur les microphones, pour toutes les positions de source et les deux configurations de bâtiments. ITM reproduit bien les TA observés. L'incertitude est en général inférieure à 0.1 ms (soit 3 cm), et est causée par les incertitudes cumulées sur les positions des bâtiments, source et capteurs. Des écarts supérieurs apparaissent, qui restent inférieurs à 10 cm. Ces écarts sont liés à des configurations de diffraction très profonde, lorsque le niveau acoustique devient faible et la détermination du TA observé incertaine. La configuration avec les bâtiments hauts est donc davantage affectée. Dans les environnements extérieurs, ces difficultés peuvent aussi être rencontrées (bruit ambiant, passage du son à travers les bâtiments etc). Ces cas restent marginaux, et n'affectent jamais plus de deux microphones par position de source.

### 3 Performance de localisation

L'approche de localisation utilisée est maintenant décrite - voir [4] pour des détails:

(1) Une base de données de référence est formée avec les TA simulés entre les microphones et toutes les positions de source possibles. En indiquant les microphones par  $j$ , et la grille de sources possibles par  $i$ , les simulations permettent de déterminer  $t_{i,j}$ , la matrice des TA.

(2) A réception d'un événement sonore, les TA  $\hat{t}_j$  et le rapport signal-sur-bruit  $\hat{s}_j$  sont déterminés pour chaque microphone (l'accent circonflexe se rapporte aux quantités issues de mesures). Ces quantités sont communiquées à l'unité centrale, qui utilise comme référence le microphone  $j_1$  ayant le plus grand  $\hat{s}_j$ . On définit :

$$\Delta t_{i,j} = t_{i,j} - t_{i,j_1}, \quad (2)$$

$$\Delta \hat{t}_j = \hat{t}_j - \hat{t}_{j_1}. \quad (3)$$

L'erreur en temps faite en supposant que la source est en position  $i$  s'écrit:

$$f_i = \sqrt{\frac{\sum_j \rho_j (\Delta t_{i,j} - \Delta \hat{t}_j)^2}{\sum_j \rho_j}}. \quad (4)$$

L'inverse de longueur ( $1/cf_i$ ) est utilisé comme critère de localisation. Le poids  $\rho_j$  attribué à un microphone dans Eq. (4) vaut 1 ou 0, selon que ce microphone est utilisé dans le traitement de localisation ou pas.

Les TA sont des quantités robustes dans les modèles et les observations. La localisation à partir des TA est donc classique, en supposant une relation bijective entre les (différences de) TA et la position de la source. Il est aussi commun de chercher la correspondance maximale avec des solutions de référence [5, 6]. L'exploitation d'un modèle 3D de propagation pour ces solutions de référence est une contribution originale de [4], qui permet de traiter les environnements les plus complexes. Comme discuté dans [4], la méthode pourrait intégrer la correspondance d'autres quantités que les TA (angles d'arrivée, réponse spectrale etc).

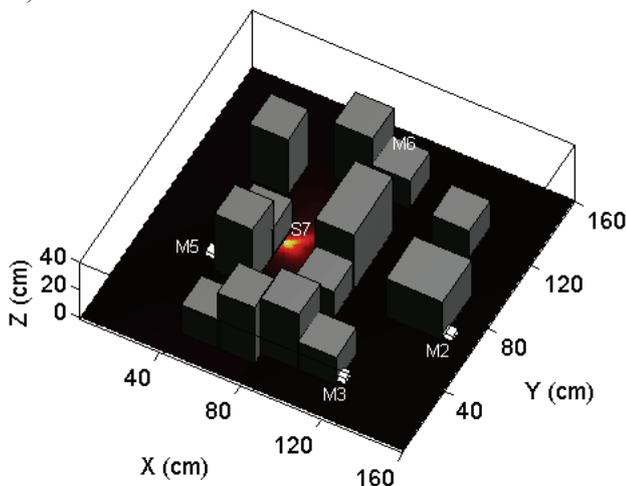


Figure 3: Vue 3D de la carte de localisation obtenue à partir du traitement des mesures des microphones M2, M3, M5, M6, avec les bâtiments en configuration haute. La tâche jaune (maximum du critère de localisation) indique bien la position de la source réelle, en S7.

La Fig. 3 illustre la carte du critère de localisation obtenue à partir des enregistrements des quatre microphones, dans la configuration de bâtiments hauts. Le critère de localisation présente un maximum bien délimité. Alors que les quatre microphones utilisés sont totalement masqués de la source, la position de la source est retrouvée à quelques centimètres près.

La performance de localisation est à présent analysée de manière plus systématique. On quantifie la distance entre la position estimée (celle du maximum du critère de localisation, Fig. 3), et la position réelle. L'analyse statistique porte sur les résultats de localisation pour toutes les positions de source sauf une (trop proche du bord de maquette, dont les erreurs de localisation pourraient être masquées). Toutes les combinaisons de 5 microphones ou plus sont prises en compte. La Fig. 4 montre la performance de localisation en fonction du nombre de microphones utilisés. La position de la source est retrouvée à moins de 10 cm près dans la très grande majorité des cas : 90% avec 5 microphones, 95% avec 7 microphones et plus. D'après [4], une précision localisation de 10 m en extérieur (soit 10 cm sur la maquette) est satisfaisante. Les résultats montrent donc la fiabilité de la méthode de localisation employée, et sa robustesse en fonction de la hauteur des bâtiments.

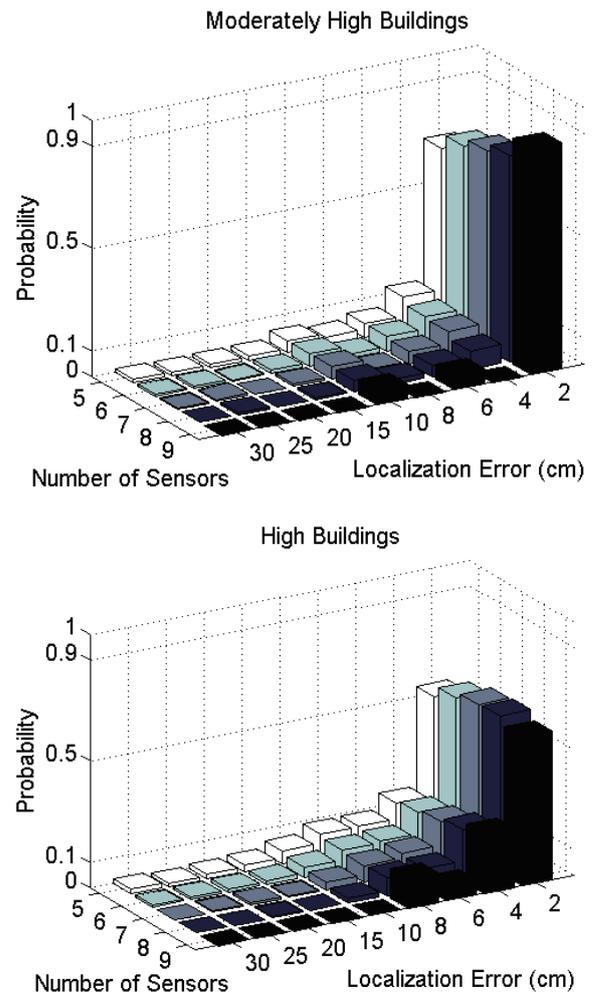


Figure 4: Statistique des erreurs de localisation, selon le nombre de microphones utilisés dans le traitement. (Haut) bâtiments modérément hauts, (Bas) bâtiments hauts. Les indications d'erreur donnent le centre de l'intervalle. Les statistiques de 5 à 9 microphones incluent 2142, 1428, 612, 153 et 17 localisations, respectivement.

## 4 Sensibilité à la modélisation

La Sec. 3 utilise un modèle numérique qui prend en compte la hauteur réelle des bâtiments. Comme discuté en Sec. 1, il est utile de tester l'impact de simplifications sur la modélisation de la hauteur des bâtiments. Trois approches sont comparées :

- Une modélisation avec des bâtiments de hauteur 'nulle'. Cette approximation revient à supposer la propagation rectiligne, et ne nécessite pas de carte de l'environnement urbain.
- Une modélisation avec des bâtiments de hauteur 'infinie'. Cette approximation requiert une carte 2D de l'environnement, sans la hauteur des bâtiments.
- L'approche de référence (Sec. 3), qui utilise la vraie hauteur des bâtiments.

Les deux approximations pourraient être traitées de manière analytique et en 2D, respectivement. Dans cette étude, le modèle ITM 3D est encore utilisé pour ces calculs, afin de garder le maximum de consistance dans les résultats. L'analyse illustrée en Fig. 2 a été menée avec les TA obtenus par les simulations supposant les approximations ci-dessus. Les écarts entre les TA simulés et observés sont plus fréquents et plus prononcés qu'avec l'approche de référence, avec des erreurs atteignant 0.5 ms, ou 17 cm. Ainsi, la sensibilité analysée dans cette section dépasse les incertitudes de TA avec le modèle de référence.

La Fig. 5 compare la performance de localisation avec les 3 modélisations considérées : référence, hauteur nulle et hauteur infinie. Dans la configuration de bâtiments modérément hauts, les deux approximations sur la hauteur dégradent les résultats de localisation, avec des erreurs de localisation plus marquées et plus fréquentes. Le recours à un modèle de propagation 3D et une cartographie incluant la hauteur des bâtiments est donc clairement favorable à la localisation. Dans la configuration des bâtiments en position haute, supposer que les bâtiments ont une hauteur infinie mène à des résultats comparables à ceux du modèle de référence. Inversement, supposer que les bâtiments ont une hauteur nulle dégrade fortement les résultats.

Ainsi, le choix d'une approximation sur la hauteur des bâtiments dépend de l'environnement urbain considéré. Comme on peut s'y attendre, des bâtiments hauts (respectivement, bas) peuvent être supposés infiniment hauts (resp. de hauteur nulle). La configuration avec les bâtiments de hauteur modérée peut être vue comme un cas intermédiaire, dans laquelle les deux approximations mènent à des résultats de localisation non optimaux.

Pour quantifier la performance, on utilise le pourcentage d'erreurs de localisation inférieures à 10 cm (ou 10 m en extérieur) avec 5 microphones pour la localisation. La performance de la méthode avec l'approximation 'bâtiments de hauteur nulle' est de 90% en environnement bas [4], 70% en environnement modérément haut, et 50% en environnement haut. Avec cette approximation, la méthode de correspondance des temps peut être vue comme une localisation de premier ordre, qui ne requiert pas de carte urbaine et est immédiate en temps de calcul. Ces performances sont donc des minima pour évaluer d'autres méthodes / approximations plus élaborées. L'approche de référence, qui utilise la correspondance des temps avec un modèle 3D, atteint une performance de 90% dans les trois environnements considérés (bas, modérément haut et haut).

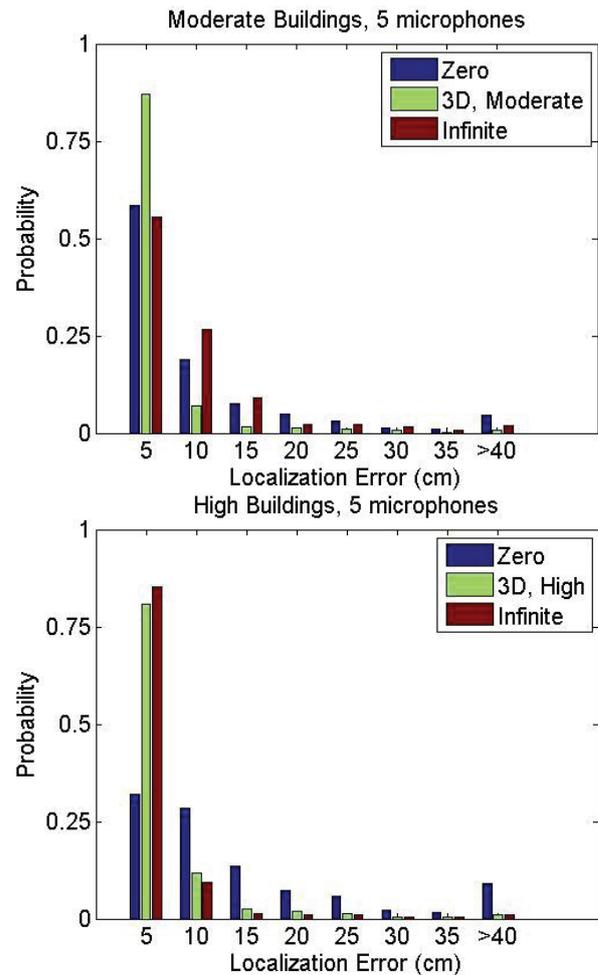


Figure 5: Statistique des erreurs de localisation avec 5 microphones, selon l'approximation sur la hauteur des bâtiments – cf. légende. (Haut) bâtiments modérément hauts, (Bas) bâtiments hauts. Les indications d'erreur donnent le centre de l'intervalle. Dans chacun des 6 cas examinés, il y a 2142 localisations.

## 5 Résumé et discussion

Récemment, une méthode de localisation a été proposée [4] afin de localiser une source acoustique impulsionnelle dans les environnements urbains, avec des capteurs distribués dans l'environnement. La localisation est obtenue en cherchant la meilleure correspondance entre les temps de première arrivée (TA) (i) observés, et (ii) issus d'une base de données de simulations de la propagation 3D avec des positions de source connues. La présente étude examine la performance de localisation dans un environnement urbain dense, avec des bâtiments modérément hauts à hauts.

Au niveau méthodologique, une maquette urbaine est utilisée pour générer des mesures avec 9 microphones, 18 positions de sources, et 2 hauteurs pour les bâtiments. Le rapport d'échelle est de 100 avec les conditions en extérieur. Le modèle numérique utilisé pour générer la base de données des TA est basé sur la résolution des équations de propagation acoustique linéaire dans le domaine temporel. Ce modèle est décrit et évalué. Les TA simulés et observés sont comparés, et sont en bon accord.

La performance de localisation est examinée dans les deux configurations de hauteur de bâtiments, pour toutes les positions de sources et toutes les combinaisons de microphones. La localisation estimée est à moins de 10 cm

(10 m en extérieur) dans 90% des cas avec 5 microphones, dans 95% des cas avec 7 microphones ou plus. L'étude [4] rapporte une performance comparable en environnement urbain bas. Ainsi, la localisation d'une source impulsionnelle par correspondance des temps est fiable et robuste dans l'ensemble des environnements urbains, y compris avec des positions de capteurs presque tous masqués (en dehors de la ligne de vue).

Par ailleurs, deux approximations sur la hauteur des bâtiments sont testées. La motivation pour ce test est de réduire les problèmes liés à l'obtention d'une carte urbaine 3D, et d'accélérer les calculs de propagation. Les approximations supposent que les bâtiments ont une hauteur nulle (approximation 1) ou infinie (approximation 2). Chacune de ces approximations mène à des résultats de localisation satisfaisants dans les environnements les plus appropriés pour elle – par exemple, supposer les bâtiments infiniment hauts est justifié dans les environnements hauts. En revanche, la performance de localisation se dégrade dans les environnements moins favorables. Des approximations plus subtiles restent à définir pour parvenir à des performances fiables dans tous les environnements sans recourir à une modélisation 3D de la propagation.

Le point-clé de la performance remarquable de la méthode de référence est d'exploiter les trajets de propagation complexes mais détectables qui atteignent les zones d'ombre acoustique, derrière les bâtiments (Fig. 3). En comparaison, une approche de propagation rectiligne ignore ces trajets, et est inopérante en environnement urbain. De manière plus générale, cette limitation est aussi rencontrée avec des technologies basées sur des ondes hautes fréquences (par exemple optiques), car la pénétration par diffraction dans les zones d'ombre s'affaiblit avec la fréquence. Ainsi, la présence d'effets complexes de propagation, qui est souvent vue comme un point faible de la surveillance acoustique, est un point fort de la méthode de localisation acoustique testée ici dans les environnements urbains.

La méthode de référence produit aussi des erreurs de localisation, bien que rares. Même si le traitement des observations pourrait conduire à améliorer encore les diagnostics présentés ici, les tests en extérieur présenteront aussi du bruit et des incertitudes. A des fins pratiques, il est donc important de quantifier la fiabilité de chaque estimation de localisation. Pour cela, il a été noté que les erreurs de localisation apparaissent lorsque le groupe des capteurs est disjoint de la source. En outre, les erreurs de localisation produisent en général des cartes de localisation relativement incertaines, avec une zone de maxima étendue et un maximum de valeur relativement faible (Fig. 3). Un indice de fiabilité  $R$  a été construit, qui prend en compte :

- la position des capteurs et de la source estimée,
- l'étalement de la tâche de localisation,
- la valeur du maximum du critère de localisation.

L'indice est un entier qui varie entre 3 lorsque chaque point d'entrée est favorable, et 0 lorsque chaque point d'entrée est défavorable.

Le tableau 2 donne les statistiques de l'erreur de localisation en fonction de cet indice, pour 5 microphones. Les faux positifs ( $R = 3$  avec erreur de localisation supérieure à 10 cm) sont très rares (3% des localisations) et ne mènent jamais à des erreurs supérieures à 20 cm. En d'autres termes, les localisations obtenues avec  $R = 3$  sont

très fiables. Les valeurs inférieures renseignent efficacement sur le fait que la localisation attendue est moins fiable, avec autant d'erreurs que de succès dans la localisation. L'indice  $R$  est ainsi un bon indicateur de la fiabilité de la localisation. La possibilité de construire un tel indice est un résultat intéressant lié à la méthode de localisation proposée. En outre, le fait que la très grande majorité des localisations obtenues sont avec  $R = 3$  (grande fiabilité) témoigne à nouveau de la performance de cette méthode.

Tableau 1: Statistique des erreurs de localisation en fonction de  $R$ , pour les combinaisons de 5 microphones avec bâtiments modérément hauts (2142 localisations).

	Error < 10cm (%)	Error > 10cm (%)
$R=3$	85	3
$R \leq 2$	6	6

## Remerciements

Cette étude a été partiellement financée par le Ministère de la Défense Allemand (BAAINBw). Les auteurs remercient Matthias Cosnefroy et leurs collègues du LMFA/ECL (France) pour les discussions intéressantes sur cette étude, et le service ISL/SGI/EM pour la photographie de la maquette.

## Références

- [1] Albert, D. G., L. Liu and M. L. Moran, 2005, Time reversal processing for source location in an urban environment, *J. Acoust. Soc. Am.*, 118, 616-619.
- [2] Parot, J.-M., 2008: Localizing impulse sources in an open space by time reversal with very few transducers, *Appl. Acoustics*, 69, 311-324.
- [3] Singh, V., K. E. Knisely, S. H. Yönak, K. Grosh and D. R. Dowling, 2012, Non-line-of-sight sound source localization using matched-field processing, *J. Acoust. Soc. Am.*, 131, 292-302.
- [4] Cheinet, S., L. Ehrhardt and Th. Broglin, 2015, Impulse source localization in an urban environment: Time reversal versus time matching, 2015, *J. Acoust. Soc. Am.*, 139, 128-140.
- [5] Tiemann, C. O., M. B. Porter and L. N. Frazer, 2004, Localization of marine mammals near Hawaii using an acoustic propagation model, *J. Acoust. Soc. Am.*, 115, 2834-2843.
- [6] Aloui, N., K. Raouf, A. Bouallegue, S. Letourneur and S. Zaibi, 2014, Performance evaluation of an acoustic indoor localization system based on a fingerprinting technique, *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2014:13, pp. 16.