

Acoustique environnementale

Quand la météo se mêle du bruit

Conçu et développé par les chercheurs du CSTB, ATMOS est un logiciel qui permet de déterminer l'impact acoustique de tous types d'infrastructures sur son environnement aussi bien proche que lointain, en tenant compte de la géométrie du site ainsi que des facteurs météorologiques inhérents à chaque climat local. Un outil unique en son genre.



Grâce au logiciel ATMOS, il a été démontré que la forêt peut être utilisée comme "écran climatique". Cet outil, couplé avec d'autres logiciels comme MICADO, ICARE ou FLUENT™, permet au CSTB de réaliser des études à la carte, en couplant des analyses topographiques et météorologiques, et contribuer ainsi à l'amélioration de l'aménagement du territoire.

La protection de l'environnement sonore est traitée de manière prioritaire dans les projets d'aménagement du territoire. Il est devenu impératif de connaître de manière toujours plus pointue les processus de propagation du bruit issu des infrastructures de transport ou d'origine industrielle. L'urbanisation rapproche les riverains des sources de bruit ; parallèlement, les niveaux sonores maximum admissibles ont tendance à diminuer. Conséquence : l'impact sonore environnemental doit être étudié à des distances de plus en plus grandes des sources, et la prise en compte des effets météorologiques devient alors indispensable.

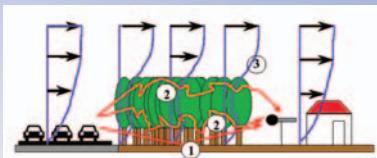
Connaître l'incidence d'une nouvelle infrastructure routière ou ferroviaire à plusieurs centaines de mètres en zone habitée, étudier des moyens de protection antibruit de forme complexe et leur interaction avec les effets météorologiques locaux ou savoir si l'implantation d'une bande de forêt atténue sensiblement le bruit ? C'est possible, depuis que le CSTB a développé le logiciel ATMOS (Advanced Theoretical Model for Outdoor Sound propagation).

Explication : la propagation du bruit au voisinage du sol est très influencée, entre autres, par la présence du vent et de gradient de températures engendrés par l'ensoleillement plus ou moins important du sol

(ou nul la nuit). Conséquence : les ondes sonores ne suivent plus des trajets rectilignes mais évoluent de manière plus complexe, passant par exemple au-dessus des bâtiments ou des protections antibruit placées en bordure d'autoroute ou, au contraire, rasant le sol et subissant une très forte atténuation. ATMOS permet de prévoir la propagation du bruit pour telle ou telle période de la journée ou de l'année et notamment pour le trio jour/soirée/nuit.

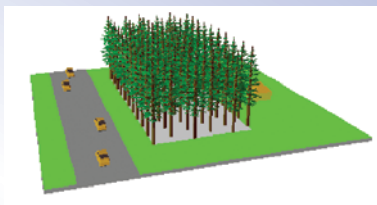
Les caractéristiques physiques du relief sont modélisées (collines, zones boisées, remblais et déblais, milieux hétérogènes, écrans antibruit). Le code de calcul prend en

LA FORÊT, ÉCRAN CLIMATIQUE ANTIBRUIT



Représentation des différents phénomènes d'une forêt sur la propagation acoustique :

1. l'atténuation du bruit par le sol de forêt,
2. la diffusion par les troncs, les branches et le feuillage,
3. l'effet de la modification des profils météorologiques.



ATMOS, méthode avancée de calcul de la propagation du bruit de trafic en milieu extérieur complexe, a montré que des bandes d'arbres suffisamment épaisses jouent un rôle sensible pour atténuer le bruit dans les cas où les conditions météorologiques sont "favorables" à la propagation.

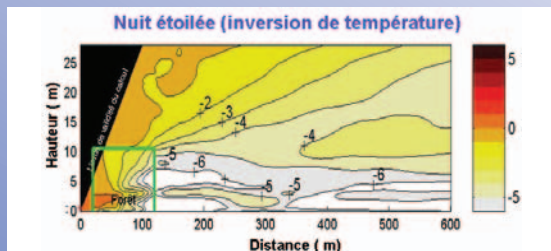
Plusieurs études *in situ* ont été menées sur l'incidence de la forêt sur la propagation des ondes sonores. Elles ont contribué à valider le modèle numérique utilisé dans ATMOS.

La méthode développée permet le calcul des différents effets qui agissent sur la propagation du bruit à la traversée de la forêt : l'effet des différents types de sol (bitume, humus, prairie) ainsi que l'effet de la stabilisation des conditions météorologiques sous la canopée. Quant à l'effet de la diffusion par les troncs, il est modélisé par couplage avec un code numérique de Modèle Modal de Diffusion (MMD) développé lui aussi au CSTB.

Les arbres, s'ils sont suffisamment nombreux, agissent bien comme un écran antibruit climatique. Dans le cas où ils sont absents, cas classique d'une plaine agricole, les ondes sonores sont perturbées dans leur course par les variations météorologiques qu'induisent principalement le vent et l'ensoleillement : le niveau sonore au récepteur peut alors être fortement augmenté par rapport au cas climatiquement neutre. Dans le cas d'ajout d'une bande de forêt, les conditions météorologiques sont homogénéisées et l'on n'observe alors plus de tels effets négatifs.

Globalement, en moyennant sur l'ensemble des scénarios météorologiques annuels propres au site, la présence d'une bande de forêt de 100 m de large permet de diminuer, au récepteur, le niveau sonore long terme de plusieurs décibels A.

Cette méthode a déjà été appliquée avec succès sur le terrain, dans les Landes, pour connaître l'impact d'une étendue boisée le long d'une route nationale.



Efficacité acoustique, en dB(A), d'une bande de forêt de 100 m de large et 11 m de haut (rectangle vert). Les valeurs négatives représentent une diminution du bruit par rapport au cas d'une plaine sans arbre. La source routière est positionnée en (0,0). Calcul ATMOS

compte la nature et la forme des sols, la géométrie des obstacles et les propriétés acoustiques des matériaux. Les résultats de simulations permettent de quantifier les effets combinés de la topographie et de la météo sur la propagation du son. Ils sont, en outre, un puissant outil pour séparer les différents phénomènes mis en jeu et obtenir un meilleur contrôle de tous les paramètres pertinents.

Coupler ce nouveau logiciel à des codes de calculs avancés existants comme MICADO permet la prise en compte de

géométries complexes (sols irréguliers, façades à fort relief, protections acoustiques sophistiquées et couronnements d'écrans) en plus des effets météorologiques. Pour inclure l'évolution des profils de vent autour des obstacles et au passage d'éléments topographiques diffractant, ATMOS peut être associé au code d'aérodynamique FLUENT™². Il est ainsi possible d'appréhender le paysage dans son intégralité avec son relief naturel, ses étendues d'eau, ses constructions humaines et de comprendre l'impact sonore de l'insertion d'une route ou toute autre infrastructure sur l'environnement.

1. MICADO (Méthode Intégrale de Calcul de la Diffraction par des Obstacles), logiciel développé par le CSTB.

2. FLUENT™, logiciel américain de calcul de dynamique des fluides

L'ÉQUATION PARABOLIQUE POUR CALCULER LA PROPAGATION DES ONDES SONORES

Initialement utilisée en optique, électromagnétisme et acoustique sous-marine, la méthode de l'équation parabolique a récemment été appliquée aux problèmes d'acoustique extérieure. Dans ATMOS, c'est une version numérique du modèle dédiée à la propagation sonore à grande distance (GFPE, Green's Function Parabolic Equation) qui est implémentée. Elle permet de prendre en compte de façon suffisamment fine l'incidence du vent et des gradients de température sur la propagation du son.

Dans le cas d'un vent portant ou lors d'une nuit étoilée, les rayons sonores sont incurvés vers le bas, et les réflexions multiples sur le sol engendrent un accroissement des niveaux sonores au récepteur ; d'autre part, un obstacle tel un écran antibruit est nettement moins efficace car les rayons courbés "en cloche" passent davantage au-dessus de lui, augmentant ainsi les niveaux sonores en zone d'ombre de la protection.

Dans le cas d'un vent contraire ou lors d'une journée d'été bien ensoleillée, les rayons sonores sont incurvés vers le ciel et rasant davantage le sol qui devient beaucoup plus absorbant ; il apparaît même, dans certains cas, une zone d'ombre dans laquelle les niveaux sonores sont très atténués par la diffraction du sol. Quant aux écrans, leur efficacité est augmentée.

Dans le cadre de la normalisation française, l'usage de ce logiciel permet de fournir des calculs de référence pour remplacer les essais *in situ* et valider les méthodes utilisées dans les normes actuelles. En outre, ATMOS sert aussi de "modèle numérique de référence" dans les projets européens Harmonoise et Imagine dédiés au développement d'une méthode harmonisée pour la prévision des bruits en milieu extérieur, selon la Directive européenne 2002/49/CE du 25 juin 2002, relative à l'évaluation et la gestion du bruit dans l'environnement. Des Directions Départementales de l'Équipement et des bureaux d'études font déjà appel au CSTB pour réaliser des études avancées d'aménagement du territoire, qui participent au confort des riverains.

Pour en savoir plus

Jérôme Defrance

CSTB Grenoble

www.cstb.fr

Tél. : 04 76 76 25 35

Fax : 04 76 44 20 46

E-mail : j.defrance@cstb.fr