

# La prévision des nuisances sonores

## Approches quantitative et qualitative

**Jacques Martin**

CSTB

Service acoustique

24, rue Joseph Fourier

38500 Saint Martin d'Hères

Tél.: 04 76 76 25 25

E-mail : jacques.martin@cstb.fr

**D**ans la vie d'un projet, on peut noter 3 phases différentes : les appels d'offre, la réalisation et l'exploitation du projet. Si les méthodes de prévision du bruit ont été développées pour la 3e phase, on s'est rapidement rendu compte que le problème du bruit restait omniprésent dans les deux autres. La nécessité d'anticiper ce problème lors de la conception du projet d'une part et pour pouvoir communiquer et informer les riverains d'autre part est apparu rapidement. L'exposé suivant va nous permettre de voir les méthodes et les outils utiles à la prévision qui seront plutôt quantitatifs et ceux utiles à l'information qui seraient plutôt qualitatifs.

Enfin, pour compléter les données, il faudra connaître les vitesses, les positions, les trajectoires, les densités (nombre de véhicules, par exemple), les régimes de fonctionnement, les bruits associés au process... Ceci induit la gestion de « scénarii » de fonctionnement d'un poste.

Si les données météo ne sont pas nécessairement prises en compte dans les chantiers urbains (petites distances de propagation), il ne faut pas toujours négliger les profils aérodynamiques et climatiques liés au vent, à la température en situation périurbaine.

### Les données physiques

Les données physiques qu'il faut prendre en compte sur un chantier, lors de l'élaboration des méthodes prévisionnelles, sont de plusieurs sortes (Annexe 1) :

- les phénomènes physiques ;
- les données topographiques et du bâti existant ;
- les sources de bruit (ponctuelles, linéaires ou surfaciques) ;
- les données météo et le type de sol.

La caractérisation des sources de bruit sur un chantier est un véritable problème parce les sources évoluent dans le temps, ce qui peut entraîner des différences notables dans les résultats.

La difficulté est de mettre en œuvre une base de données sur les différents types de sources qui existent sur un chantier en prenant en compte leur spectre, leur directivité et leur étendue. Par ailleurs, les outils permettant une évaluation qualitative par l'écoute nécessitent un enregistrement audio.

### Les méthodes prévisionnelles

On peut classer les méthodes prévisionnelles en trois familles :

- Méthodes numériques complexes
- Méthodes de « mesures prévisionnelles »
- Méthodes d'ingénierie

#### Méthodes numériques complexes

##### **Méthodes de types éléments finis**

Principe : Pour des milieux homogènes et linéaires, on résout l'équation de Helmholtz en découpant le milieu en petits éléments. On simplifie l'équation sur chaque élément. Il existe plusieurs variantes dont la méthode d'éléments finis de frontière ou BEM.

Application : écrans et des protections complexes (Fig. 1 et 2).

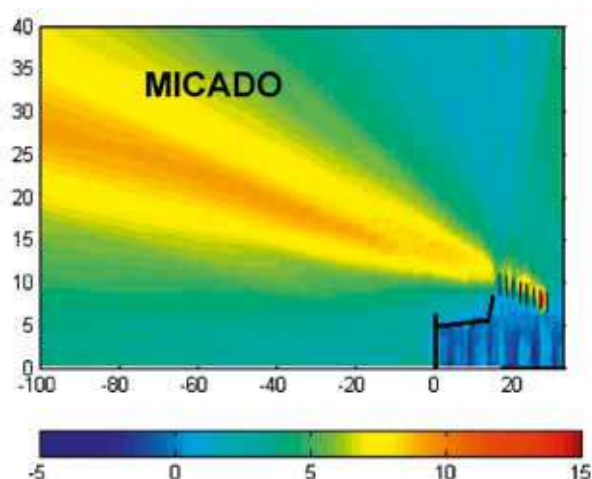


Fig. 1 : Effet d'une couverture complexe ajourée



Fig. 2 : Etude de protections complexes

## Méthodes d'équations paraboliques

**Principe :** Résolution de l'équation des ondes par un calcul pas à pas le long du front d'onde. Entre deux pas, on peut faire varier les caractéristiques comme les conditions météo.

**Application :** Propagation longue distance avec effets météo et changement de sols. Cette méthode est mal adaptée lorsqu'il y a des obstacles.

### Bilan de ces méthodes

Elles sont complexes, gourmandes en temps de calcul et demandent une pratique régulière. Elles ne sont pas adaptées à la phase « appel d'offre » où il faut aller très vite. Elles sont utilisées de façon marginale dans la phase de réalisation d'un chantier et elles sont réservées à des cas particuliers en phase d'exploitation.

Les méthodes de « mesures prévisionnelles » ou méthodes de mesure sur modèles réduits

**Principe :** Construction d'une maquette au 1/20e ou 1/100e. Les mesures sont réalisées par sinus glissant ou MLS. Les effets météo sont simulés par courbure du sol ou en soufflerie.

**Application :** Couvertures ajourées complexes (Fig. 3).



Fig. 3 : Modèle réduit d'une couverture ajourée

### Bilan de ces méthodes

Leur lourdeur de mise en œuvre ne permet pas de réaliser facilement des variantes. Des moyens de mesures spécifiques sont nécessaires car il faut respecter le facteur d'échelle. Ces méthodes ne sont pas du tout adaptées à la phase d'appel d'offre, très peu pour la phase de réalisation. Elles sont à réserver à des cas particuliers, en phase d'exploitation ou de prévision d'exploitation.

## Méthodes d'ingénierie ou Méthodes asymptotiques de type lancers de rayons ou de faisceaux

**Principe :** Il s'agit de méthodes d'identification par un algorithme géométrique des chemins de propagation par lancers de rayons ou de faisceaux. Puis on procède à un calcul physique le long de chaque chemin.

**Application :** Propagation en milieux complexes avec effets météo globaux.

### Première étape : Identification géométrique : méthode 2D, 2,5D ou 3D (MITHRA, ICARE)

La méthode 2,5 D consiste à commencer à explorer dans un plan 2D puis de sélectionner un certain nombre de rayons que l'on va étudier en 3D (Fig. 4).



Fig. 4 : Exemple d'une méthode de type lancers de rayons

### Deuxième étape :

#### calcul physique le long des chemins identifiés

On utilise des méthodes normalisées telles que la méthode française NMPB ou l'ISO 9613. Ces méthodes seront

remplacées prochainement au niveau européen par la méthode harmonisée développée dans le projet HARMONOISE. On obtient in fine des niveaux en dB par octave ou en dB (A) qui alimentent des cartes de niveaux d'expositions des ouvriers sur le chantier ou des riverains.

#### Bilan de ces méthodes

Il s'agit de méthodes « rapides » parce que le modèle géométrique est assez souple d'utilisation ce qui permet d'étudier des variantes. Les résultats sont assez robustes même si on se trompe un peu sur les données d'entrée. Ces méthodes présentent un plus en phase d'appel d'offre. Elles sont déjà utilisées en phase de réalisation et très largement utilisées en phase d'exploitation.

Ceci implique :

- de savoir spatialiser une source sonore en 3D (par exemple en simulant aux oreilles des auditeurs des différences interaurales
- d'intégrer l'information spatiale dans la simulation du milieu
- et de savoir restituer le signal à l'auditeur sans dégrader la spatialisation. Le CSTB a développé différents systèmes d'un simple casque associés à un PC portable, en passant par des sièges d'écoute 3D spécifiques jusqu'à une salle immersive réservée aux grands projets (écran de 12 mètres et systèmes audio immersif).

#### En conclusion

Les méthodes de lancers de faisceaux/rayons nous semblent les mieux adaptées au contexte bruit de chantier par leur simplicité de mise en œuvre et leurs possibilités de couplage à des méthodes plus complexes sur des cas spécifiques. Elles ont l'avantage de pouvoir être utilisables dans toutes les phases d'un projet y compris en phase d'appel d'offres où elles peuvent fournir un avantage concurrentiel.

Les outils de communication basés sur la Réalité Virtuelle Sonore sont déjà utilisés (nuisances liées aux infrastructures, évaluation qualitative d'une protection, d'un produit, ambiance intérieure, ambiance urbaine...). Ils ont fait leurs preuves sur des cas difficiles en réunion publique. Ils peuvent être couplés à d'autres représentations : dispersion de poussière, pollution, lumière...

#### Les orientations du CSTB : les outils de conception et de communication

Si le décibel permet une approche quantitative des phénomènes, il est très difficile à expliquer à des non-spécialistes. Cette difficulté entraîne souvent une suspicion de la part des riverains lorsqu'on leur présente un projet d'aménagement. Il vaut mieux souvent privilégier des approches qualitatives comme l'association d'une représentation virtuelle visuelle et sonore du projet (évaluation directe par l'écoute en 3D simultanée à la visualisation) (Fig. 5 et 6).

L'évolution s'oriente vers une navigation interactive dans le futur intégrant la restitution sonore en 3D des champs acoustiques issus des sources. On pourra s'approcher d'une machine ou « se promener » dans l'environnement d'un riverain et « visualiser » et écouter son environnement.

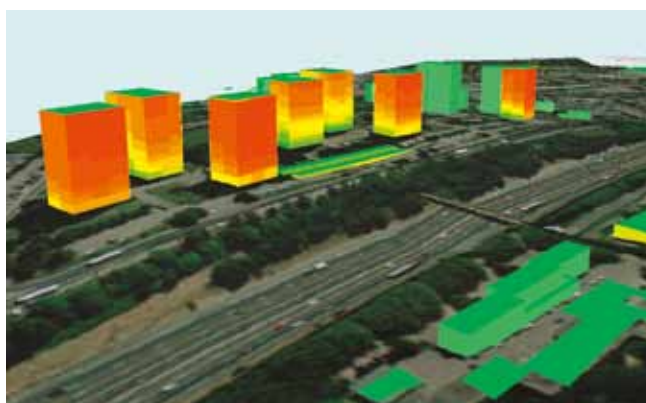
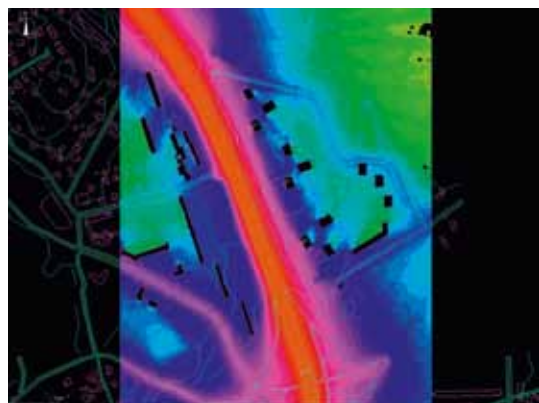


Fig. 5 et 6: Représentation visuelle virtuelle

## ANNEXE I

### Les phénomènes physiques

- Divergence géométrique (d)
- Absorption atmosphérique (d, f)
- Effet de sol/topo (d,  $\theta$ , Z, f)
- Diffraction ( $\delta$ , f)
- Réflexions/Absorption (Z, f,  $S_{eff}$ )
- Effets météo ( $\Delta T$ ,  $\Delta V$ )

### Les données d'entrée

- TOPO et BATI
- la topographie

- la géométrie du terrain, les types de plateformes (routières, ferroviaires)
- la nature des sols
- la géométrie des bâtiments
- les écrans acoustiques, les absorbants et les protections anti-bruit complexes

#### Les sources

- typologie : ponctuelle, linéaire, surfacique
- $D_h$ ,  $D_v$
- modèles de sources équivalentes
- $L_w$  (f), enregistrement audio

#### La météo et le sol

- profils aérodynamiques : vitesse et direction du vent
- profils climatiques : température et humidité
- pression atmosphérique
- types de sol (herbe, terre, sol gelé, enrobé...)