



**HAL**  
open science

# PROPAGATION DU BRUIT DES HÉLICOPTÈRES DANS LES BASSES COUCHES DE L'ATMOSPHERE

P. Naz, G. Parmentier

► **To cite this version:**

P. Naz, G. Parmentier. PROPAGATION DU BRUIT DES HÉLICOPTÈRES DANS LES BASSES COUCHES DE L'ATMOSPHERE. Journal de Physique Colloques, 1990, 51 (C2), pp.C2-1165-C2-1168. 10.1051/jphyscol:19902273 . jpa-00230605

**HAL Id: jpa-00230605**

**<https://hal.science/jpa-00230605>**

Submitted on 4 Feb 2008

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

1er Congrès Français d'Acoustique 1990

## PROPAGATION DU BRUIT DES HÉLICOPTÈRES DANS LES BASSES COUCHES DE L'ATMOSPHÈRE

P. NAZ et G. PARMENTIER

*Institut Franco-Allemand de Recherches de Saint-Louis (ISL), F-68301  
Saint Louis, France*

**Résumé** - Dans le cadre de l'étude de la propagation du bruit des hélicoptères dans la basse couche de l'atmosphère, les signatures acoustiques de plusieurs types d'hélicoptères ont été enregistrées. On observe pour certains hélicoptères que les niveaux de bruit des fréquences caractéristiques du rotor principal et du rotor arrière présentent des atténuations différentes en fonction de la distance microphone-hélicoptère. Les signaux expérimentaux montrent que la propagation acoustique est influencée par les paramètres météorologiques et par leurs fluctuations. Des modèles numériques de propagation basés sur la méthode des rayons sont utilisés pour simuler les effets des fluctuations atmosphériques sur les trajets sonores. La prise en compte des fluctuations atmosphériques a été envisagée sous forme statistique à partir de tirages aléatoires.

**Abstract** - During investigation of the propagation of acoustic noise of helicopters in the low atmosphere, the acoustic signatures of different helicopters were collected. For some helicopters we observe that the noise level of the tail rotor frequency and of the main rotor frequency are attenuated differently in function of the distance of propagation microphone-helicopter. Experimental signals show that the acoustical propagation is influenced by the meteorological parameters and by their fluctuations. Numerical propagation models using ray tracing are used to calculate the influence of the atmospheric conditions. We look at a statistical description of the atmospheric fluctuations by the use of random toss.

### 1 - INTRODUCTION

Parmi les systèmes de détection des hélicoptères, les systèmes acoustiques semblent intéressants en particulier, parce qu'ils ne nécessitent pas l'inter-visibilité entre le tireur et la cible, ce qui est le cas par exemple quand l'hélicoptère est masqué par un accident de terrain ou quand les conditions météorologiques le dissimulent (brouillard).

Lorsque l'on envisage la détection acoustique des hélicoptères, il apparaît nécessaire de connaître le bruit à sa source ainsi que les modifications apportées par la propagation atmosphérique et par la réception du signal.

Dans une première phase, des expériences à caractère fondamental ont été menées en coopération avec l'ONERA /1/ pour étudier la propagation et la réception de bruits calibrés.

Dans une deuxième phase, des enregistrements de bruits d'hélicoptères ont été réalisés lors des expériences AMI 2 organisées par l'OTAN sous l'égide de la Section d'Études et Fabrications des Télécommunications sur la base aérienne de Dreux-Senonches /2/. Ces expériences, communes à des laboratoires de différents pays, ont permis de recueillir des signatures acoustiques d'un certain nombre d'hélicoptères et d'observer l'influence de certains paramètres atmosphériques sur la détectabilité de ces hélicoptères.

### 2 - SPECTRE DE BRUIT DES HÉLICOPTÈRES

Le bruit d'un hélicoptère est produit en grande partie par le rotor principal (à une fréquence fondamentale qui oscille entre dix et une trentaine de hertz), par le rotor de queue (sa fréquence fondamentale est de l'ordre de quelques dizaines à quelques centaines de hertz) et par la turbine (quelque kilohertz). La fréquence principale est nettement visible sur l'enregistrement du signal temporel (fig. 1), tandis que la fréquence caractéristique du rotor arrière n'apparaît clairement qu'après avoir réalisé l'analyse spectrale de ce signal (fig. 2).

### 3 - ATTÉNUATION DU NIVEAU SONORE EN FONCTION DE LA DISTANCE

Des microphones régulièrement espacés suivant un axe dirigé vers l'hélicoptère permettent d'obtenir les signaux acoustiques correspondant à différentes distances de propagation. Après avoir fait l'analyse spectrale de ces signaux, on obtient les courbes d'atténuation en fonction de la distance parcourue et ceci pour différentes fréquences caractéristiques. Conformément à la théorie, on retrouve une atténuation plus marquée pour les hautes fréquences que pour les basses fréquences (fig. 3).

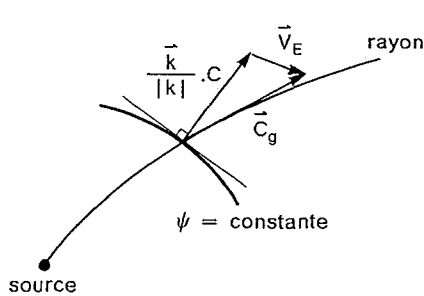
### 4 - INFLUENCE DES PARAMÈTRES MÉTÉOROLOGIQUES

L'influence des paramètres météorologiques est complexe car elle intervient aussi bien dans la modification des trajets des rayons acoustiques (vent, gradient de température), que dans l'absorption des signaux (humidité, température) et dans la création de bruits parasites dus aux interactions avec les capteurs (bruits dus au vent, à la pluie ...). Les fluctuations dues au vent, même lorsque le capteur est équipé de dispositifs antivent

classiques, peuvent s'avérer gênantes. Et ceci d'autant plus que l'analyse en fréquence de ces fluctuations montre la prépondérance de basses fréquences dans le même domaine spectral que les premières harmoniques du bruit du rotor principal.

#### 4-1 Simulations numériques

Des codes de calcul ont été réalisés à l'ISL pour étudier l'influence des conditions météorologiques ainsi que la sensibilité à chaque paramètre aérologique. Des modélisations bidimensionnelles et tridimensionnelles, fondées sur la méthode des rayons, ont été réalisées /3/,/4/ et permettent d'obtenir les trajectoires des rayons sonores ainsi que le champ des pressions acoustiques au sol ou en altitude. Ces calculs sont réalisés à partir des équations de base (1) à (3).



$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{C}_g = \vec{V}_E + \frac{\vec{k}}{|\vec{k}|} \cdot C \quad (1)$$

$$\frac{d\vec{k}}{dt} = -\vec{k} \cdot \text{grad } C - k_j \cdot \text{grad } V_{E_j} \quad (2)$$

$$\frac{d\psi}{dt} = 0 \quad (3)$$

avec :

C	: célérité du son
$\vec{k}$	: vecteur d'onde
t	: temps
$\vec{V}_E$	: vitesse du vent
$\psi$	: phase

La figure 4 représente les trajectoires des rayons sonores issus d'une source ponctuelle située à faible hauteur du sol, et ceci pour une configuration de vent et de température réelle correspondant à une situation micrométéorologique faiblement convective et un vent fort en altitude. La combinaison d'un profil de température décroissant et d'un vent latéral conduit à renforcer, à basse altitude, le bruit dans la direction du vent, et crée une zone de silence dans la direction opposée.

#### 4-2 Turbulence atmosphérique

Dans une première étape, les effets des fluctuations météorologiques sont schématisés par la prise en compte de lois statistiques pour les gradients de température et de vent en fonction de l'altitude. La figure 5 illustre un calcul d'atténuation réalisé avec des distributions gaussiennes de ces deux paramètres. La correspondance calcul-expérience est satisfaisante, en particulier la prise en compte des fluctuations permet un calcul plus réaliste aux voisinages de la zone d'ombre. Dans une deuxième étape, une modélisation plus fine des phénomènes sera entreprise en se fondant sur les mesures micrométéorologiques réalisées par le CRPE /5/. En particulier, les mesures effectuées avec un sodar nous permettent de remonter aux coefficients de turbulence thermique et de turbulence cinématique (fig. 6).

### 5 - CONCLUSION

Les expériences conduites dans le cadre de la coopération AMI 2 ont permis de recueillir les signatures acoustiques, en champ proche et en champ lointain, d'un certain nombre d'hélicoptères.

Les dépouillements de ces signaux montrent des atténuations spatiales différentes pour les fréquences caractéristiques du rotor principal et du rotor arrière.

Pour la détection à grande distance, l'atténuation importante des hautes fréquences inciterait à utiliser les raies caractéristiques de l'hélicoptère dans le domaine des basses fréquences. Néanmoins, avec les microphones classiques, le vent crée des perturbations particulièrement sensibles aux basses fréquences, pouvant rendre difficile la séparation du bruit des hélicoptères du bruit de fond.

### RÉFÉRENCES

- /1/ G. PARMENTIER, J. VERMOREL, P. GNEMMI, E. BURDE, F. CANARD, M. LEVY, La propagation acoustique dans la basse atmosphère. Campagne d'essais à Villeau (Beauce). Rapport ISL, RT 501/88
- /2/ M. ANDRIEU, C. MAILLET, G. PARMENTIER, J. VERMOREL, Expériences communes de détection d'hélicoptères. Rapport ISL, R 111/89
- /3/ J. VERMOREL, La propagation acoustique dans la basse atmosphère. Rapport ISL, R 126/87
- /4/ P. GNEMMI, J. VERMOREL, Modélisation tridimensionnelle du calcul des rayons acoustiques se propageant dans la basse atmosphère. Rapport ISL, RT 515/87
- /5/ A. WEILL, Atmospheric acoustic tomography and Doppler sodar use during AMI 2 experiments. RSG 11 meeting, MALVERN 1989

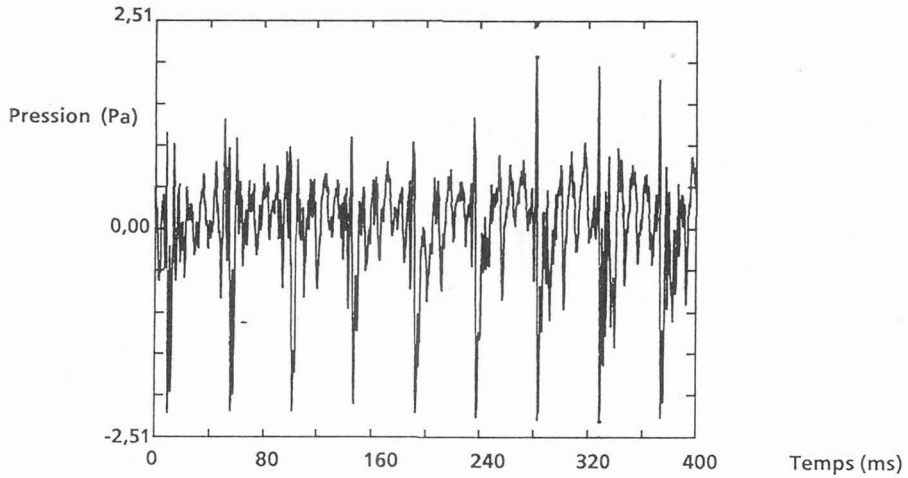


Fig. 1 - Signature temporelle du bruit d'un hélicoptère

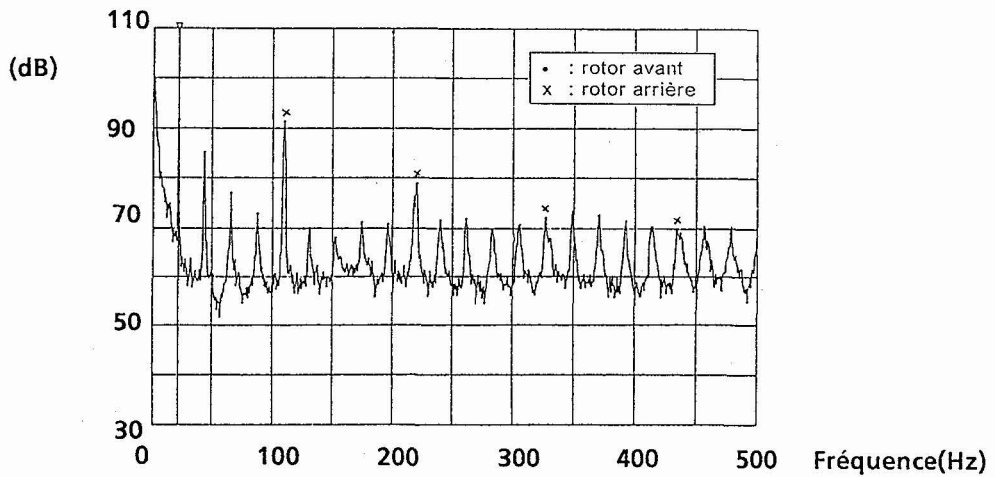


Fig. 2 - Spectre sonore d'un hélicoptère (champ proche)

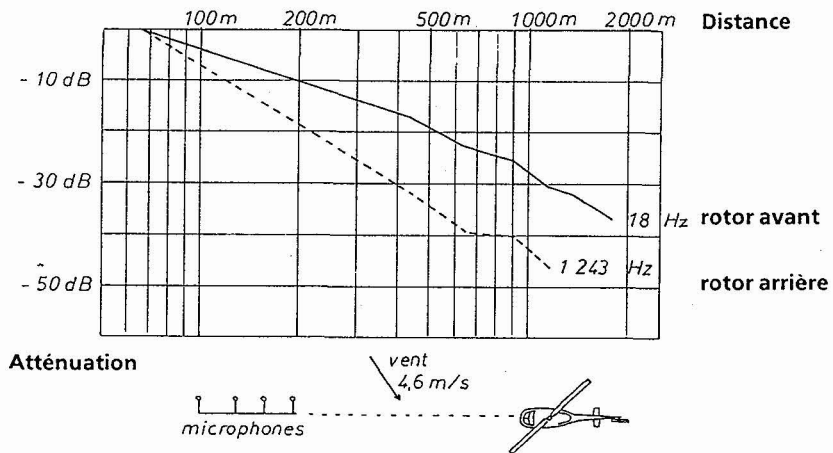


Fig. 3 - Courbes d'atténuation en fonction de la distance pour les fréquences fondamentales du rotor avant et du rotor arrière.

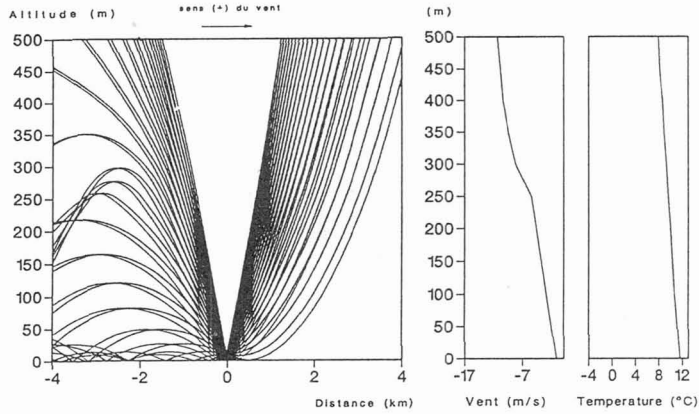


Fig. 4 - Rayons sonores, source à 10 m d'altitude

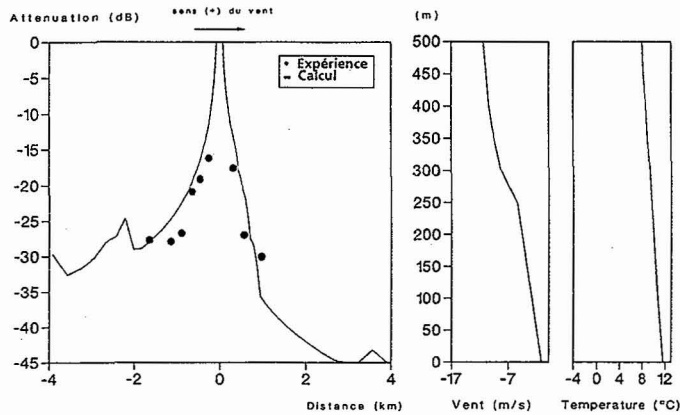


Fig. 5 - Courbe d'atténuation moyenne (échantillon de 20 cas de calcul)

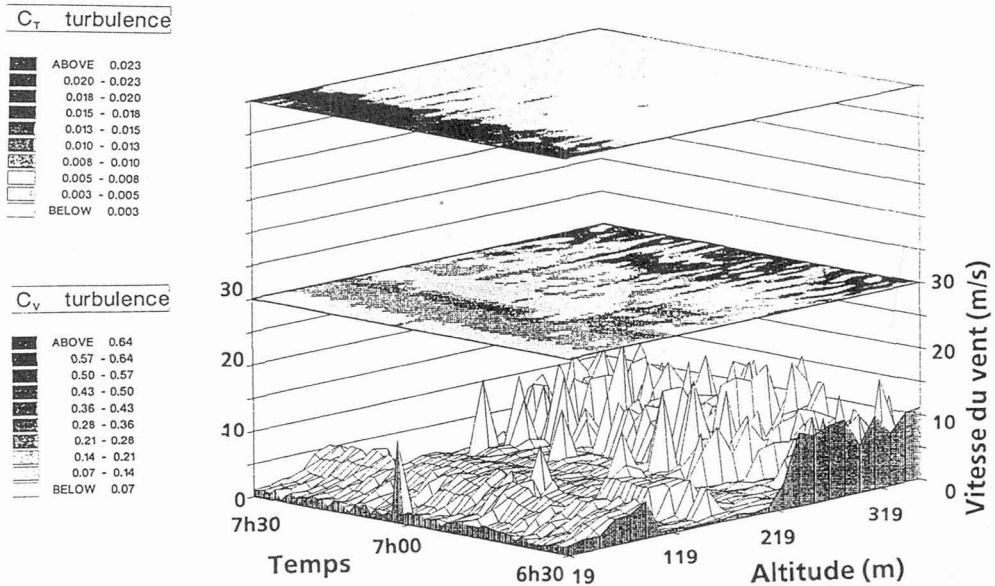


Fig. 6 - Paramètres météorologiques en fonction de l'altitude et du temps (données CRPE)  
( C<sub>T</sub> exprimé en K m<sup>-1/3</sup>, C<sub>V</sub> exprimé en s<sup>-1</sup> m<sup>2/3</sup>)