

Peut-on évaluer un niveau optimal de bruit de circulation ?

par Jacques LAMBERT

IRT-CERNE

I - INTRODUCTION

Le bruit du trafic automobile, de par son augmentation dans l'espace et le temps, est ressenti comme la nuisance d'environnement la plus importante par les populations urbaines (réf. 1).

Heureusement, dans la plupart des cas, la technologie anti-bruit peut remédier et même prévenir cette gêne croissante mais conduit inévitablement à des dépenses souvent élevées pour la collectivité.

Ainsi le décideur doit de son mieux essayer de répondre à la question : "Jusqu'à quel niveau de bruit dois-je poursuivre mon action, compte tenu des dépenses à effectuer et des avantages qui en résultent ?".

L'approche coût-avantage est intéressante, du moins en théorie, dans la mesure où, l'ensemble des effets de la décision étant exprimé en termes monétaires, le bilan est beaucoup plus aisé à effectuer.

Cependant, si le problème de la comparaison des coûts et des avantages est relativement simple à résoudre en économie marchande, dans la mesure où les avantages s'identifient le plus souvent à des gains monétaires, en revanche il devient beaucoup plus délicat lorsque l'on aborde le domaine de l'environnement et en particulier le bruit.

La difficulté réside principalement dans l'évaluation monétaire des avantages, c'est-à-dire des dommages évités ou encore du coût social du bruit.

II - COUT SOCIAL DU BRUIT ET CONDITION D'OPTIMALITE :
RAPPEL DE LA THEORIE ECONOMIQUE (Réf. 2)

II.I - La recherche d'un niveau de bruit optimal nécessite de connaître deux fonctions de coût :

- . Le coût des dommages causés par le bruit
- . Le coût de réduction du bruit.

On définit alors le coût social total comme la somme de ces deux coûts.

La figure I ci-dessous illustre cette définition.

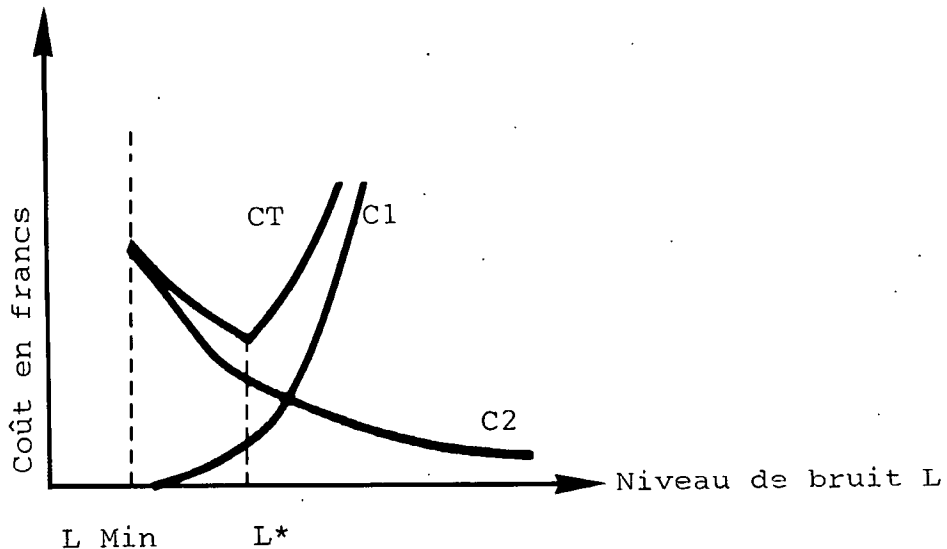


Figure 1 : Coût social total du bruit

La courbe C1 représente en termes monétaires le montant des dommages causés par le bruit de circulation ; cette fonction est croissante avec le bruit, c'est à dire que le coût marginal des dommages $Cm1 = \frac{\partial C1}{\partial L}$ est positif.

La courbe C2 représente le coût nécessaire à la réduction (où à la prévention) du bruit (mise en place de double fenêtre - écran acoustique etc) ; il est croissant avec la réduction du bruit, c'est-à-dire que le coût marginal de réduction du bruit $Cm2 = \frac{\partial C2}{\partial L}$ est positif.

La courbe $CT = C1 + C2$ représente le coût social du bruit.

L_{min} est le niveau de bruit en dessous duquel les dommages sont considérés comme nuls.

II.2 - L'application du raisonnement marginaliste (qui est au coeur du courant de pensée néo-classique) conduit à la règle de décision suivante : le niveau de bruit optimal est le niveau de bruit qui minimise le coût social total, ce qui revient d'ailleurs à maximiser la différence entre les avantages (ou dommages évités) et les coûts ; autrement dit :

$$CT = C1 + C2 \text{ Min !}$$

La condition d'optimalité s'obtient en annulant la dérivée première : $CT' (L) = 0$ (pourvu qu'en outre la dérivée seconde soit positive, $CT'' (L) > 0$).

Ainsi :

$$\frac{\partial CT}{\partial L} = \frac{\partial C1}{\partial L} + \frac{\partial C2}{\partial L} = 0 \text{ soit } C_{m1} = C_{m1} = C_{m2}$$

Le niveau de bruit optimal L* est tel que le coût marginal des dommages causés par le bruit est égal au coût marginal de réduction du bruit.

La figure 2 ci-dessous représente cette condition d'optimalité :

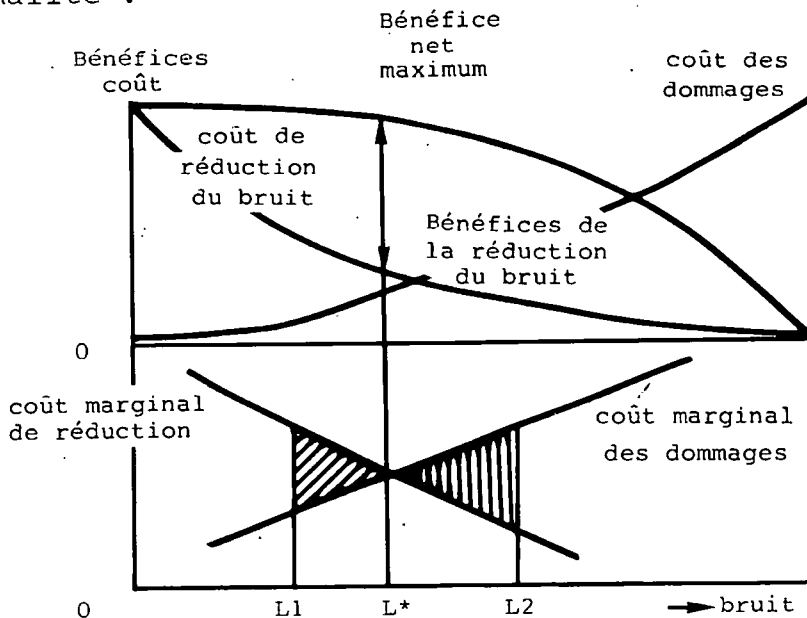


Figure 2 : Conditions d'optimalité et niveau de bruit optimal.

Fixer un niveau de bruit L_1 inférieur à L^* signifie que l'on a dépensé à la marge plus d'argent pour réduire le bruit que l'on a gagné en termes de dommages réduits ou évités (la différence étant représentée par le triangle hachuré situé à gauche de L^*).

A l'inverse, fixer un niveau de bruit L_2 signifie que l'on peut encore réduire le bruit et dégager des avantages supérieurs au coût de lutte contre le bruit (triangle hachuré situé à droite de L^*).

Notons dès à présent que sans connaissance de la courbe de coût des dommages il est impossible de déterminer le niveau de bruit optimal.

III - EVALUATION EMPIRIQUE DES FONCTIONS DE COUT

III.I - La fonction monétaire des dommages

Plusieurs méthodes d'évaluation monétaire du coût social du bruit ont été tentées depuis une quinzaine d'années ; on peut les regrouper en deux catégories :

- les méthodes conduisant à une mesure purement économique du coût social du bruit,
- les méthodes conduisant à une mesure du coût social à partir de données subjectives.

La première catégorie de méthode renvoie aux approches portant sur l'évaluation de l'impact du bruit sur le prix des logements ou des terrains (house price depreciation method) et le coût de protection contre le bruit (exclusion facilities approach - réf. 3).

La deuxième catégorie de méthode renvoie aux approches de type consentement à payer (willingness to pay) ou compensation (Réf. 4).

Cependant la méthode la plus développée en particulier aux Etats Unis et en Grande Bretagne et qui a fournit le plus grand nombre de résultats est celle de la dépréciation du prix des logements ; c'est celle-ci que nous exposons maintenant en détail avant d'envisager son application pour déterminer le niveau de bruit optimal.

III.1.1. - Présentation simplifiée du modèle (réf. 5)

En théorie, on suppose que le coût du bruit est capitalisé négativement dans la valeur des logements ou dans le montant de son loyer ; ainsi on fait l'hypothèse que le bruit est un facteur de gêne qui affecte le niveau de satisfaction ou l'utilité de l'occupant.

Le modèle de dépréciation du prix des logements établit une relation entre le prix du logement et ses caractéristiques ou "attributs" (nombre de pièces - confort - jardin - proximité école et bruit de trafic).

Si on suppose que la fonction d'utilité est linéaire, on peut écrire :

$$V = a_1 A_1 + a_2 A_2 + \dots + a_i A_i + \dots + a_n A_n$$

où : V = valeur du logement

et : $\frac{\partial V}{\partial A_i} = a_i = \text{cste} = \underline{\text{prix "hedoniste"}}$ de la caractéristique i

L'application des méthodes de régression multiple permet alors de calculer le prix du facteur bruit. On peut aussi retenir d'autres formes de la fonction d'utilité ; en particulier la forme logarithmique suivante :

$$\text{Log } V = a_1 \text{ log } A_1 + a_2 \text{ log } A_2 + \dots + a_n \text{ log } A_n$$

étant donné que $\frac{\partial \text{log } V}{\partial \text{log } A_i} = a_i = \frac{\partial V}{\partial A_i} \cdot \frac{A_i}{V}$ (élasticité)

le prix hédoniste $\frac{\partial V}{\partial A_i} = a_i \frac{V}{A_i}$

Dans ce cas le prix du bruit dépend non seulement du niveau de bruit mais aussi de la valeur V du logement.

III.1.2. - Résultats obtenus

Le tableau 1 rassemble les résultats des principales études menées dans ce domaine ; l'indice de dépréciation NDI (Noise Depreciation Index) représente la variation en pourcentage du prix des immeubles pour un accroissement unitaire du bruit ; il mesure ainsi la sensibilité au bruit du marché immobilier exprimée en termes de taux marginal de dépréciation par décibel.

ETUDE	INDICE DE BRUIT	N.D.I.	OBSERVATIONS
. COLONY (Réf. 6)	Distance	20 - 30	Résultats difficilement comparables
. DIFFEY (Réf. 7)	L10 en dB (A)	0	
. TOWNE (Réf. 8)	-	négligeable	
. GAMBLE et AL (Réf. 9)	N.P.L	0,24 - 0,43	2,2 pour une maison située à BOGOTA (New Jersey).
. NELSON (Réf. 10)	L10 - L90 en dB (A)	0,18	en sites périphériques ; 0 en sites urbains
. VAUGHAN-HUCKINS (Réf. 11)	Leq en dB (A)	0,66 - 0,71	
. HALL et al (Réf. 12)	Leq en dB (A)	0,5	Pour Leq > 65 dB(A)

Tableau 1 : Etudes de dépréciation du prix des logements

Si on retient les études qui ont fourni des résultats comparables et des corrélations significatives, on constate que le taux de dépréciation est situé dans la fourchette 0,2 à 0,8% par dB(A).

On peut inclure dans cette fourchette les résultats obtenus par J. LANGDON (réf. 4) à partir de méthodes d'estimation directe (ou consentement à payer) soit 0,34% par dB(A) compte tenu du prix moyen des logements.

Dans la suite de cet exposé nous retiendrons cette fourchette pour déterminer la fonction monétaire des dommages (retenue également par J.P NELSON Réf. 13).

III.1.3. - Détermination de la fonction de dommage

La fonction de dommage prend alors la forme suivante :

$$C1 = N D I . V. (L - Lmin)$$

où : NDI = taux de dépréciation du logement par décibel

V = valeur de logement exprimée en francs

L = niveau de bruit en façade du logement

Lmin = niveau de bruit en dessous duquel les dommages sont considérés comme nuls.

Ainsi pour un logement de 300 000 F exposé à un niveau de bruit de 70 dB(A) et Lmin = 55 dB(A), le dommage sera estimé à 9.000 F si on retient un taux minimum de dépréciation et à 36.000 F dans l'hypothèse maximum.

III.2 - Coût de réduction du bruit

Nous nous situons dans le cas d'une action de prévention où les mesures à prendre visent à insonoriser les logements par traitement des façades.

Les données disponibles concernant les coûts sont indiquées dans le tableau 2 ci-dessous (réf. 14).

Ces coûts représentent des "surcoûts" d'isolation des façades par rapport à un isolement standard (20-22 dB(A)) et sont exprimés en % du coût de construction du logement.

Isolement supplémentaire par rapport à un isolement standard	Surcoût moyen de construction
0	0
+ 10 dB(A)	+ 1 à 2 %
+ 15 dB(A)	+ 3 à 4 %
+ 22 dB(A)	+ 7 à 8 %

Tableau 2 : Coût d'isolation des logements

En supposant que la fonction de coût de réduction du bruit est continue, son expression analytique, obtenue par ajustement polynomiale sur les données moyennes de surcoûts, est la suivante :

$$C_2 = (0,62 \cdot 10^{-5} \cdot A^3 - 0,47 \cdot 10^{-4} \cdot A^2 + 1,51 \cdot 10^{-3} \cdot A) \cdot V \cdot \alpha$$

ou $C_2 = S \cdot V \cdot \alpha$

ou A = atténuation supplémentaire par rapport à un isolement standard ou différence entre niveaux de bruit avant et après traitement

λ = part du prix de la construction dans le prix total du logement.

IV - DETERMINATION DES NIVEAUX DE BRUIT OPTIMAUX

IV.1 - Calcul des niveaux optimaux

Connaissant les fonctions de coût (réduction et dommages) il est alors possible de calculer le niveau de bruit optimal :

- pour différentes valeurs du taux de dépréciation (0,2 % - 0,5 % - 0,8 %)
- pour différents niveaux de bruit initiaux c'est-à-dire avant insonorisation.

Cependant il est à noter que la fonction de dommages doit, compte tenu du type d'action envisagé, être légèrement modifiée ; en effet insonoriser un logement ne permet de réduire les dommages qu'à l'intérieur de celui-ci et laisse en revanche identiques ceux causés par le bruit dans les espaces extérieurs au logement.

Aussi on supposera que la réduction des dommages ne portera que sur la partie du prix de vente du logement c'est-à-dire sur la valeur de la construction uniquement. Ainsi cette fonction aura, dans ce cas particulier la forme suivante :

$$\begin{aligned} C_1^* &= \alpha C_1 \\ &= \text{NDI} (L - L_{\min}) \alpha \cdot V \end{aligned}$$

Ainsi le coût social total à minimiser s'écrit :

$$C_T = C_1^* + C_2 = \alpha V \cdot (\text{NDI} (L - L_{\min}) + S)$$

Le niveau optimal résultant de la minimisation de CT (ou égalisation des coûts marginaux) apparaît indépendant de la valeur du logement.

La figure 3 ci-après indique la relation entre niveau de bruit initial ** (avant traitement) et niveau de bruit optimal (après traitement).

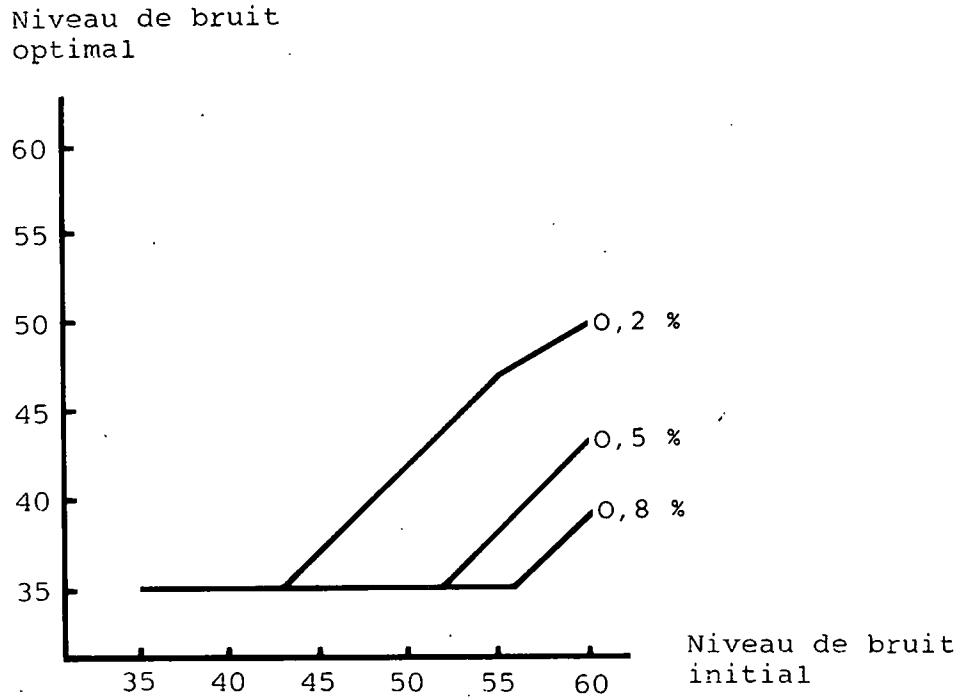


Figure 3 : Niveaux de bruit optimaux

IV.2 - Interprétation

Pour un niveau de bruit initial donné, le niveau de bruit optimal est d'autant plus élevé que le taux de dépréciation retenu est faible et que la valeur de L_{min} est élevé.

Cependant le choix de 55 dB(A) comme valeur de L_{min} ne s'est pas fait par hasard ; en effet ce niveau de bruit correspond au seuil en dessous duquel il a été montré dans des enquêtes que l'impact du bruit en zone urbaine pouvait être considéré comme nul (réf. 15).

Dans l'exemple proposé ($L_{min} = 55$ dB(A)), la valeur maximale du niveau de bruit optimal varie selon le taux de dépréciation retenu entre 60 et 70 dB(A) (niveau de bruit en façade).

Recommander un niveau intérieur de 35 à 40 dB(A) revient à choisir "implicitement" un taux de dépréciation proche de 0,8 % par dB(A).

** Compte tenu du type d'action envisagé, les niveaux de bruit indiqués sont relatifs à l'intérieur des logements.

V - CRITIQUES DE L'APPROCHE

Bien qu'assez favorablement acceptée par les économistes américains, cette méthode a fait récemment l'objet de vives critiques de la part de "l'école anglaise" (réf. 16 et 17).

Ces critiques sont relatives :

- au fondement théorique de l'approche,
- à la diversité des résultats obtenus.

V.1 - Critiques théoriques

Ces critiques portent sur la nécessité de retenir des hypothèses trop restrictives dans ce modèle pour permettre son utilisation généralisée, à savoir :

- les individus sont libres de choisir leur appartement dans des lieux plus ou moins calmes,
- le bruit n'est pas une nuisance omni-présente mais est localisé dans l'espace,
- le bruit peut être mesuré quantitativement et de façon identique à celle des autres biens,
- l'effet du bruit sur le prix des logements peut être séparé des autres effets qui peuvent faire varier le prix des logements.

En particulier ce modèle suppose que tous les individus ont une fonction d'utilité identique (et homogène), ce qui revient à dire que chaque individu évalue de la même façon les composantes de son bien-être.

V.2 - Critiques sur les résultats

Certaines études ont montré qu'il n'existait pas de liaison statistique significative entre bruit et prix des logements (DIFFEY et étude urbaine de NELSON).

Si les autres résultats ont mis en évidence cette liaison, on peut considérer qu'il existe une dispersion assez grande dans les taux de dépréciation (1 à 4) ; au plus, on peut dire que ce taux doit être inférieur à 1 % par dB(A).

Au terme de cette présentation, on peut se demander si ces résultats ont un sens et que mesurent-ils ? La dépréciation du prix des logements englobe-t-elle tous les dommages causés par le bruit que ce soit à court terme (gêne - perturbations des activités) ou à long terme (effets sur le sommeil et la santé) ou n'est elle qu'un dommage parmi d'autres. N'englobe-t-elle pas d'autres nuisances que le bruit ?

Aussi l'utilisation de la méthode coût-avantage pour comparer différentes politiques de lutte contre le bruit demeure très délicate et surtout très "réductionniste" ; c'est pourquoi les recherches les plus récentes se sont orientées vers la définition et la mise au point de méthodes de choix de type coût - efficacité (réf. 18).

Et comme le souligne D. PEARCE (réf. 16) : "cette approche fait intervenir une mesure "objective" de la nuisance du bruit et la met en relation avec les niveaux de coût de la réduction du bruit. Si ces mesures objectives sont connues avec une plus grande certitude que le coût monétaire des dommages, nous nous trouvons devant une situation où une fonction de dommage "physique" est connue, mais où font défaut les bases scientifiques pour déterminer la norme optimale. En résumé, le prix de l'acceptation d'une plus grande certitude en ce qui concerne la fonction de dommage est l'abandon d'une méthodologie tendant à déterminer les niveaux optimaux de bruit".

CONCLUSION

Si l'approche coût-avantage apparaît très utile, comme méthode de pensée, pour définir une politique de lutte contre le bruit, elle apparaît, dans l'état actuel des connaissances très éloignée de l'opérationnel.

Le concept de niveau de bruit optimal reste ainsi inapplicable dans la mesure où les méthodes utilisées jusqu'alors pour l'évaluer apparaissent très fragiles tant au niveau théorique qu'au niveau de l'interprétation des résultats.

En conséquence le décideur doit se fier davantage sur des analyses de type "coût-efficacité" (voire multicritères, bien qu'aucune réflexion n'ait été portée sur l'application de cette

méthode au domaine du bruit) ; alors les coûts de réduction du bruit seront comparés avec les effets du bruit qu'il convient de mesurer avec la plus grande objectivité possible (fonction non monétaire des dommages).

Cette approche, fait appel évidemment au jugement du décideur pour choisir la politique qui devra être menée, alors que la méthode coût-avantage tend à réduire la part du jugement. Il y a ainsi un risque d'erreur peut être au moins aussi grand que celui lié à l'utilisation de la méthode coût - avantage. Mais elle a l'avantage d'être beaucoup plus opérationnelle et de montrer plus clairement au décideur les actions qu'il doit mettre en oeuvre pour un niveau donné de dépenses ; et c'est très souvent dans ces termes que se présente la problématique du choix.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - M. MAURIN : "Enquête nationale sur l'exposition des français aux nuisances des transports" - Tome IV - IRT-CERNE - Mai 1978
- 2 - J.PH. BARDE - E GERELLI : "Economie et politique de l'environnement " P.U.F. - PARIS 1977.
- 3 - D. STARKIE - D. JOHNSON : "The economic value of peace and quiet" - Saxon House, Westmead, Farnborough -Hants - 1975.
- 4 - J. LANGDON : "Monetary evaluation of nuisance from road traffic noise ; an exploratory study" - Environment and Planning vol 10 - 1978.
- 5 - D. PEARCE - R. EDWARDS : "The monetary evaluation of noise nuisance : implications for noise abatement policy" - Department of Political Economy-University of Aberdeen - 1978.
- 6 -D.C. COLONY : "Expressway traffic noise and residential properties" US DOT-1967
- 7 - J. DIFFEY : "An investigation into the effect of traffic noise an house prices in a homogenous sub - market" - CES London 1975.
- 8 - R. TOWNE : "An investigation of the effect of freeway traffic noise on apartment rents" (R. TOWNE and Associates - Seattle - 1968).
- 9 - H.B. GAMBLE et AL. : "Community effects of highways reflected by property values" - US DOT - 1973.
- 10 - J.P. NELSON : "The effects of mobile source air and noise pollution on residential property values" Rapport US. DOT - 1976.

- 11 - R.J. VAUGHAN - L. HUCKINS : "The economics of expressway noise pollution abatement " .
Rand corporation - Santa Monica
- 1975.
- 12 - F.L. HALL - B.E. BRESTON - S.M. TAYLOR :
"The effect of road traffic noise on house price"-
Journal of Sound and Vibration. Vol 80, N°4, February 1982
- 13 - J.P. NELSON : "Economic analysis of transportation noise abatement" - Ballinger Publishing Company -
Cambridge (Ma) - 1978.
- 14 - CETUR : "Aspects règlementaires et économiques de la protection contre le bruit" - Coopération franco-allemande dans le domaine routier - Toulouse 15-21 mars 1979.
- 15 - J. LAMBERT et al : "Comportement dans l'habitat soumis au bruit de circulation" - Rapport de recherche IRT - n° 47 -Septembre 1980.
- 16 - D. PEARCE : "The social cost of noise : an international overview" - OCDE - PARIS 1978.
- 17 - J. LANGDON : "A brief resume of social cost of noise studies" (unpublished paper).
- 18 - J. LAMBERT : "Analyse économique de l'intervention de l'Etat en matière de lutte contre le bruit de la circulation automobile". - Thèse de 3e cycle - Université de Paris Dauphine - Mai 1981.