

CENTRE DE RECHERCHES ÉCONOMIQUES



DIX-HUITIÈME TABLE RONDE

(13-14 avril 1972)

RAPPORT DE LA DIX-HUITIÈME TABLE RONDE

D'ÉCONOMIE DES TRANSPORTS

tenue à Paris, sur le thème :

**étude des coûts sociaux
des transports routiers urbains
(bruit et pollution)**

RAPPORT DE LA DIX-HUITIÈME TABLE RONDE
D'ÉCONOMIE DES TRANSPORTS

tenue à Paris, sur le thème :

**étude des coûts sociaux
des transports routiers urbains
(bruit et pollution)**

(13-14 avril 1972)

CONFÉRENCE EUROPÉENNE DES MINISTRES DES TRANSPORTS

TABLE DES MATIERES

LISTE DES PARTICIPANTS ii

ETUDE DES COUTS SOCIAUX
DES TRANSPORTS ROUTIERS URBAINS
(BRUIT ET POLLUTION) 1

A. LASSIERE et P. BOWERS

SYNTHESE DE LA DISCUSSION 121
(Débat de la Table Ronde sur le rapport)

LISTE DES PARTICIPANTS

Professor Dr. R. WILLEKE Président
Direktor
Institut für Verkehrswissenschaft
an der Universität zu Köln
Universittsstrasse, 22
5 KOLN - LINDENTHAL (Allemagne)

Mr. A. LASSIERE Rapporteur
Department of the Environment
2 Marsham Street
LONDON SW1 P 3 EB (Royaume-Uni)

Mr. P. BOWERS Rapporteur
Department of the Environment
2 Marsham Street
LONDON SW1 P 3 EB (Royaume-Uni)

Professor M.E. BEESLEY
London Graduate School
of Business Studies
Sussex Place
Regent's Park
LONDON NW1 4SA (Royaume-Uni)

Mr. Dag BJRNLAND
Research leader
Institute of Transport Economy (TI)
Stasjonsveien 4
OSLO 3 (Norvge)

Professor Rolf FUNCK
Institut für Wirtschaftspolitik
und Wirtschaftsforschung
der Universität Karlsruhe
Kollegium am Schloss, Bau IV
75 - KARLSRUHE 1 (Allemagne)

Drs. R. HUETING
Centraal Bureau voor de Statistiek
2 Oostduinlaan
LA HAYE (Pays-Bas)

Dr. Jan Owen JANSSON
The Economic Research Institute
Stockholm School of Economics (EFI)
Sveavägen 65
STOCKHOLM VA (Suède)

M. le Professeur Zvonimir JELINOVIC
Economic Faculty
Zagreb University
Vrbaniceva 37/III
41000 ZAGREB (Yougoslavie)

Mr. Peter J. MACKIE
Centre for Transport Studies
The University of Leeds
LEEDS LS2 9JT (Royaume-Uni)

M. M. SAUVEZ
Ingénieur de Recherche
Institut de Recherche des Transports
Division des Transports Urbains
2, Av. du Général Malleret-Joinville
94 - ARCUEIL (France)

Professor Dr. Hellmuth St. SEIDENFUS
Direktor
Institut für Verkehrswissenschaft
an der Universität Münster
Am Stadtgraben 9
44 MUNSTER (Allemagne)

M. Antonio VALDES Y GONZALEZ ROLDAN
Ingénieur des Ponts et Chaussées
Délégué de Circulation et Transports
de la Municipalité
Plaza de la Villa, 4
MADRID (Espagne)

Dr. Noël WHELAN
Assistant General Manager
(Research and Development)
Coras Iompair Eireann
Heuston Station
DUBLIN 8 (Irlande)

M. Ariel ALEXANDRE
Administrateur
Direction de l'Environnement
O.C.D.E.

Secrétariat : MM. A. DE WAELE

J.H. REES

ETUDE DES COUTS SOCIAUX
DES TRANSPORTS ROUTIERS URBAINS
(BRUIT ET POLLUTION)

A. LASSIERE et P. BOWERS
Department of the Environment
Londres

Les auteurs de cette étude sont seuls responsables des déclarations et opinions qui y sont exprimées ; elles ne reflètent en rien la politique du Département de l'Environnement.

COUTS SOCIAUX DES TRANSPORTS ROUTIERS URBAINS

SOMMAIRE

	Page
1. Résumé	5
2. Introduction	6
3. Externalités et taxation	7
4. Description de la méthode	17
5. Mesure et prévision du bruit	19
6. La pollution de l'air par les véhicules automobiles	35
7. Effets visuels	42
8. Le conflit piétons/véhicules	49
9. Un procédé d'évaluation intermédiaire : l'étude du cas de Coventry	55
10. Méthodes d'évaluation	61
10.1. Etudes de marché immobilier	62
10.2. Dépenses d'amélioration du site	64
10.3. Méthodes de jeux	66
10.4. Techniques de simulation	73
10.5. Etude de l'environnement	75
11. Conclusions	79
12. Annexe I : La mesure du bruit	84
13. Annexe II: La mesure de l'intrusion visuelle	93
14. Annexe III: Modèle d'une économie avec externalités	103
15. Références.	108

FIGURES ET TABLEAUX

Page

FIGURES

1. Production optimale avec externalités	9
2. Variation de L_{10} en fonction du flux et du pourcentage en véhicules lourds pour une vitesse moyenne de 96,5 Km/Heure	27
3. Variation de L_{10} en fonction de la distance du bord de la route	28
4. Comparaison entre les données obtenues sur le terrain et les données résultant du modèle acoustique	31
5. Résultats d'études sur simulateur pour le bruit d'une autoroute de 30 m. de large en tranche, avec murs verticaux	32
6. Le principe de l'angle solide	45
7. Contours d'égalie intrusion visuelle	47
8. Chambre avec vue	50
9. Répartition du bruit selon les différents choix d'investissement	57
10. Evalueur prioritaire des variables de l'environnement	69
11. Evalueur prioritaire des variables de l'accessibilité	70
12. Laboratoire d'évaluation réaliste de l'environnement (REAL)	77
13. Etablissement de normes d'environnement	78
14. Source ponctuelle	89
15. Source linéaire	89
16. Définition du niveau acoustique 10 %, L_{10}	90

17.	Angle solide sous-tendu par une route	93
18.	Autoroute en tranche	95
19.	Divergences entre les projections sphériques et cylindriques	95
20.	Photographie à large champ de vision d'une autoroute surélevée	96
21.	Photographie ordinaire d'une autoroute surélevée	96
22.	Grille photogramétrique	98
23.	Intrusion visuelle - cas type (a)	100
24.	Intrusion visuelle - cas type (b)	101
25.	L'indice d'intrusion visuelle	102

TABLEAUX

1.	Comparaison des chiffres donnés par simulation sur ordinateur avec les mesures prises sur le terrain pour une autoroute à plusieurs voies	24
2.	Prévision de bruit dû au trafic	22
3.	Répartition dans le temps des concentrations d'oxyde de carbone	39
4.	Valeur des facteurs de position	46
5.	Analyse de régression de l'intrusion visuelle	48
6.	Ordres de grandeur du trafic automobile et du trafic de piétons obtenus à l'aide des modèles	53
7.	Comparaisons entre réseaux ou entre projets de réseaux	59
8.	Comparaisons de schémas tenant compte de l'impact sur l'environnement	60
9.	Résultats de l'évaluateur de priorités	71
10.	Indice d'intrusion visuelle pondérée ou non pondérée d'une autoroute	99

COUTS SOCIAUX DES TRANSPORTS ROUTIERS URBAINS

1. RESUME

Les coûts sociaux du transport routier urbain en termes de bruit, pollution de l'air, intrusion visuelle, conflit et séparation entre piétons et véhicules sont importants et croissants. Nous décrivons ici un modèle économique dans lequel se présentent des effets externes négatifs de ce type, sur la base desquels est calculée une taxation des polluants visant à atteindre un optimum de Pareto. Pour que ce modèle soit opérationnel, il faut mesurer et évaluer les désutilités dont souffrent les personnes affectées. Nous discutons du récent travail de recherche d'évaluation pour chacun des facteurs d'environnement à tour de rôle. L'utilisation de ces techniques de prévisions pour quantifier les effets sur l'environnement des routes et du trafic en termes du nombre de personnes touchées, et de la durée et du degré de ces conséquences est décrite dans une étude de cas.

Cinq méthodes d'évaluation d'environnement sont simultanément en cours de développement au Royaume-Uni. Ce sont : 1) l'analyse du marché du logement, 2) l'analyse des dépenses pour l'amélioration du bien-être, 3) les méthodes de jeux, 4) les techniques de simulation et 5) les enquêtes sociales. Un coup d'oeil global sur ces méthodes nous laisse à penser que les évaluations économiques d'effets sur l'environnement ne sont pas sur le point d'aboutir dans un avenir proche. Il en résulte des difficultés à la fois théoriques et pratiques à établir un système de taxation qui reflèterait les coûts sociaux créés par les utilisateurs de véhicules ; néanmoins, il se peut qu'une taxation ait effectivement un rôle dans le contrôle de la pollution due aux transports urbains.

2. INTRODUCTION

2.1. DONNEES DU PROBLEME

Alors que les coûts sociaux des transports urbains devraient diminuer, ils ont augmenté, et continuent à le faire. Cette donnée, mélange d'éléments positifs et normatifs, est le thème de notre étude. Que sont ces coûts sociaux ? Comment peuvent-ils être mesurés en unités physiques et économiques ? Sur quelle base établir une politique de diminution de ces coûts ? Telles sont certaines des questions que nous allons aborder.

Les effets des transports dans les zones urbaines se font sentir, quel que soit le mode utilisé, mais ce sont les effets associés aux transports routiers qui sont les plus sérieux et les plus pénétrants. Ce qui suit est plus spécifiquement lié aux conséquences du trafic routier, bien que partiellement applicable aux conséquences des mouvements ferroviaires ou aériens. De plus, les utilisateurs du transport routier s'imposent des coûts sociaux les uns aux autres, sous forme d'encombrements, retards, accidents, et ainsi de suite. On peut soutenir que toutes les formes de coûts sociaux doivent être évaluées ensemble, indépendamment de leur nature ou de celles des personnes impliquées. Mais l'acuité des problèmes posés par certains coûts sociaux est telle qu'il est inutile de chercher à les grouper ; ainsi, les coûts sociaux que s'imposent réciproquement les usagers des transports ne seront plus envisagés ici. Nous allons examiner ceux qui proviennent de la circulation routière, tant publique que privée, de personnes comme de marchandises, dans la mesure où ils affectent la population urbaine.

Sont considérés comme coûts sociaux les conséquences des mouvements routiers - effectués par les moyens offerts par la technologie moderne - qui affectent les activités économiques des producteurs, et l'utilité des individus. On considère en général cinq sources de coûts sociaux, qui sont :

- 1) le bruit
- 2) les gaz d'échappement
- 3) les effets visuels
- 4) le conflit piétons/véhiculés
- 5) les effets de rupture.

Chacun de ces facteurs à son tour s'associe à divers effets détritimaux secondaires sur l'environnement urbain. Ainsi, le bruit trouble le sommeil, et le repos, rend les communications verbales difficiles, et parfois diminue le rendement du travail. Certains composants des gaz sont simplement déplaisants à l'odorat, tandis que d'autres sont positivement toxiques. Des effets visuels créés par les routes et la circulation transforment la vue qu'ont les citadins de leur propre ville.

L'interaction des mouvements de piétons et de véhicules retarde les uns et les autres, et provoque des risques d'accidents, surtout pour les premiers. Des effets de rupture sont obtenus lorsque d'importantes routes urbaines sont construites de telle façon que le schéma des activités et les rapports dans des communautés pré-existantes sont disloqués. De plus, chaque activité essentielle se trouve touchée par cette attaque des sens due à l'un ou plusieurs désagréments mentionnés, attaque de plus en plus importante au fur et à mesure que le nombre et l'utilisation des automobiles augmente. Pris dans leur ensemble, il est à peine exagéré de dire que ces facteurs influent sur la qualité de la vie quotidienne des grandes villes et des villes de moyenne importance.

2.2. METHODE DE TRAVAIL

Nous allons commencer par une brève analyse de ce type de problème, faite par un économiste du bien-être, utilisant les concepts de perte de marchés, d'externalités technologiques, et citant les politiques de taxation recommandées par Pigou et d'autres. Un problème-clé, qu'il faut trouver un quelconque moyen de résoudre si les taxations prescrites par ce modèle doivent être appliquées, est celui de mesurer les externalités en termes physiques et économiques. Nous consacrons une grande partie de cette étude à ce problème mesures/évaluations, en insistant particulièrement sur une récente étude sur le bruit du trafic et les effets visuels. Bien des techniques pour l'évaluation des coûts sociaux de l'environnement sont à l'étude. Nous en commentons cinq en particulier : analyse du marché du logement, analyse des dépenses pour l'amélioration du bien-être, procédés de jeux, techniques de simulation et enquêtes sociologiques.

3. EXTERNALITES ET TAXATION

Chaque fois que la production d'une société ou l'utilité d'un individu dépend de l'activité d'une autre société ou d'un autre individu dans une mesure qui ne peut être ni achetée ni vendue,

une "externalité", ou un effet externe, existe. La nature des institutions sociales et de l'économie existantes est telle que des coûts, qu'ils n'ont pas à payer, sont imposés à d'autres, ou des bénéfiques distribués à d'autres alors qu'ils ne les perçoivent pas. Il en résulte des divergences entre les coûts privés (c'est-à-dire des coûts incombant à ceux responsables des effets externes) et les coûts sociaux (le total des coûts supportés par tous les membres de la communauté intervenant dans l'activité ou en subissant les effets) et une mauvaise répartition des ressources en découle. L'exemple type de la situation d'externalité est celui de l'usine avec une cheminée qui fume. Cette fumée impose des coûts aux producteurs avoisinants, et les coûts sociaux sont supérieurs aux coûts privés incombant à l'usine auteur de la fumée. Le rendement du produit émanant de ce procédé engendrant la fumée n'est pas optimal, car il est basé sur l'égalité entre le coût privé marginal et le prix, condition requise pour atteindre l'optimum de Pareto.

Cette situation trouve son expression sous la forme habituelle du Diagramme, Fig. (1). L'usine émettrice de fumée est confrontée avec les coûts de fourniture pour produire une quantité quelconque Q . L'hypothèse de profit maximum exige que le coût marginal (MC) soit égal à la recette marginale (MR) et ceci fournit une quantité unique, Q_1 . Ceci, toutefois, ne tient pas compte des coûts sociaux dus à la fumée, exprimés, pour chaque quantité marginale de Q , par la courbe de coût social marginal (MSC). L'optimum, lorsque les coûts sociaux sont pris en ligne de compte, se trouve à Q_2 , lorsque le coût social marginal est égal au revenu marginal. A partir de ce point, toute augmentation de production rendrait le coût social marginal supérieur à l'utilité marginale et la société souffrirait d'une réduction de l'utilité totale.

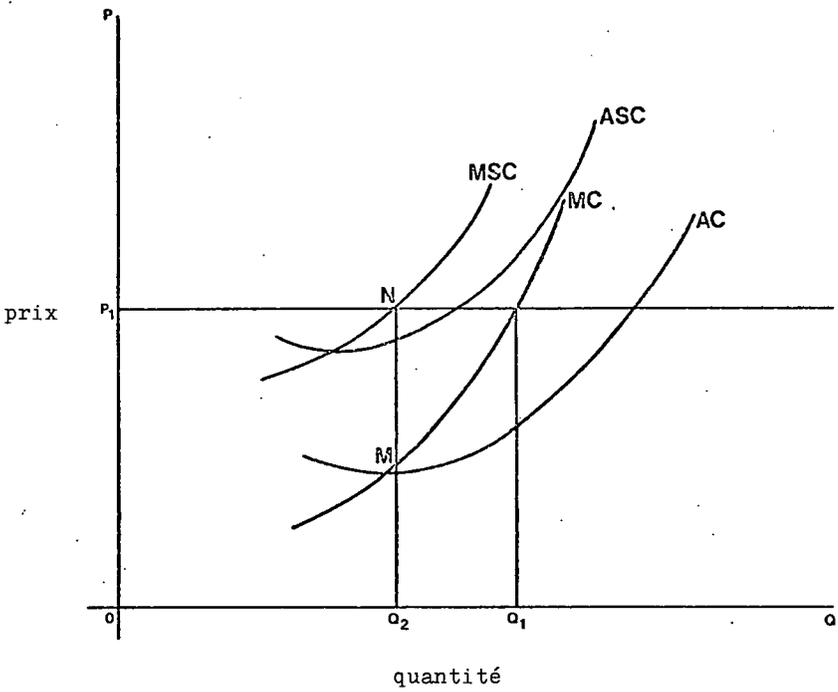
Un effet externe est positif ou négatif selon qu'il engendre un avantage ou un inconvénient. Dans le contexte de l'environnement du transport, les externalités sont presque toujours négatives, bien qu'il ne faille pas négliger la possibilité d'effets positifs (par exemple, la vue d'un pont routier harmonieusement dessiné).

L'existence de ces externalités soulève deux questions, qui sont liées, mais peuvent être séparée à des fins analytiques :

a) la nature de leur portée, et partant le niveau auquel il convient de ramener de telles externalités dans l'intérêt de la société en général ;

FIG. (1)

PRODUCTION OPTIMALE AVEC EXTERNALITES



b) le mécanisme (règlements, redevances d'émissions etc.) par lequel les niveaux de pollution acceptables - externalités négatives - sont atteints.

La nature des conséquences est fonction des aspects techniques du procédé de production ou du mode de consommation - matériaux employés, procédé utilisé, technique d'évacuation des déchets. L'effet externe peut être marginal ou intra-marginal. Il est marginal s'il dépend du niveau d'activité - par exemple, la quantité de gaz d'échappement évacuée et la durée du bruit causé par un véhicule routier est fonction de son kilométrage, et serait de zéro s'il ne roulait pas. Un effet intra-marginal persiste, quel que soit le niveau de l'activité - par exemple, les conséquences visuelles d'une route urbaine surélevée. L'échelle de temps de l'impact peut varier depuis l'immédiat (un bruit est perçu aussitôt qu'émis) jusqu'au long terme, avec la possibilité d'effets futurs progressifs dus à la persistance et à la concentration de substances toxiques dans la biosphère (par exemple, le plomb contenu dans l'essence). Il y a la complication plus lointaine d'une synergie possible entre plusieurs facteurs : la réaction à la vue, au son et à l'odeur du trafic subie dans son ensemble ne sera pas la même que la somme des réactions de chaque sens pris séparément (voir section 4). Les externalités peuvent être uni-directionnelles ou réciproques.

Il y a quatre catégories d'interaction entre agents économiques :

1. les externalités du producteur sur d'autres producteurs - par exemple, le bruit engendré par des véhicules lourds servant à transporter les matériaux et marchandises d'une usine peuvent gêner les communications verbales (et en conséquence diminuer l'efficacité) d'employés de bureau travaillant pour une autre firme.

2. les externalités du producteur sur les consommateurs - par exemple, les encombrements du réseau routier dus à la présence de nombreuses voitures augmentent les coûts de transport des sociétés utilisant ce réseau.

3. les externalités du consommateur sur le producteur - par exemple, la congestion du système routier due au nombre d'automobiles accroît les coûts de transport des firmes opérant sur ce réseau.

4. les externalités des consommateurs les uns sur les autres - par exemple, la détérioration de l'environnement dans les zones résidentielles due à la circulation automobile des habitants ou autres.

Ici, nous concentrons notre attention sur les cas 2 et 4.

Dans un monde idéal, il serait possible d'attribuer des valeurs monétaires aux différents types de désutilités créées par les producteurs, et les consommateurs. Ces valeurs monétaires pourraient être comparées aux coûts de la réduction ou de l'élimination de ces désutilités. Il serait alors possible d'estimer jusqu'où il est socialement désirable de réduire les niveaux de ces externalités, en tenant compte des coûts d'une telle opération. Mais en pratique il est difficile de mesurer les désutilités créées en un sens valable, spécialement dans le contexte du bien-être, et il est encore plus difficile d'exprimer ces désutilités en termes monétaires. Dans les sections 5 à 8, nous examinons l'état actuel des connaissances de la mesure des effets sur l'environnement en question ; dans la section 10, plusieurs projets de recherche sur l'évaluation sont décrits.

Les responsables doivent pouvoir déterminer :

1. quelles sortes de désutilités s'élèvent de l'activité (génératrice d'externalités) des mouvements routiers de passagers urbains ou de marchandises.

2. qui est affecté - et dans quelle mesure en termes de durée et d'intensité - par tout ou partie de ces effets, et enfin

3. ce qu'il en résulte comme réduction d'utilité.

Il est très difficile de calculer qui est affecté, et jusqu'à quel point. Nous pouvons connaître aisément le niveau de bruit produit par une route par exemple, mais nous devons, à partir de là, évaluer le nombre de gens qui en sont affectés à l'extérieur, et dans quelle mesure leurs activités en supportent l'impact. Une évaluation similaire doit ensuite être effectuée pour ceux dérangés à l'intérieur, en tenant compte des divers degrés d'insonorisation des nombreuses sortes de fenêtres et des différences de construction. De plus, c'est davantage le changement de nuisance dû au bruit du flot de trafic qui doit être évalué que le niveau de nuisance associé à un volume de trafic donné. Le niveau de nuisance est plus élevé lorsque les courants de trafic sont faibles, et son importance est fonction du niveau du bruit de la route par rapport aux niveaux ambiants. Toute augmentation du niveau de bruit risque d'avoir des conséquences très différentes selon l'endroit et le moment où elle a lieu. Un véhicule lourd traversant une zone industrielle en plein jour a bien moins de chances de déranger qu'un véhicule similaire traversant de nuit une zone résidentielle. Des calculs similaires devraient être effectués pour les autres facteurs d'environnement; et ceux-ci sont encore plus difficiles !

Idéalement, nous aurions besoin de connaître la désutilité subie par tous ceux qui ont vu le véhicule, en stationnement ou en mouvement, dans les zones résidentielles et dans les centres urbains, de jour et de nuit, dans une variété de conditions climatiques. Cela semble être virtuellement impossible.

Il faudrait aussi envisager l'éventualité que le véhicule puisse provoquer du retard, des inhibitions ou des accidents de piétons. Cette probabilité est vraisemblablement fonction de l'âge et de l'expérience du conducteur, de l'état d'entretien de son véhicule, d'éléments correspondants chez les autres usagers de la route, des conditions de trafic et de temps, et enfin de la façon dont les groupes de piétons particulièrement vulnérables comme les enfants et les personnes âgées se comportent.

Les gaz d'échappement contiennent de nombreux polluants, comme le souligne la section (6). Des informations empiriques quant à leurs degrés de concentration dans les rues de nos villes sont acquises. Mais leurs effets ne sont pas limités à ces endroits, bien évidemment, et les gaz et particules peuvent irradier à travers les zones urbaines et même au dehors. On a publié des modèles de transmission de pollution d'air de provenances industrielles à l'échelle régionale extrêmement compliqués. Pour autant que nous le sachions, un modèle de pollution d'air due à la circulation, sur une micro-échelle appropriée, reste encore à faire, de sorte que nous ne sommes pas en mesure d'identifier les victimes des effets de certains polluants, en particulier en ce qui concerne les concentrations. Même si nous disposions d'une telle information, elle serait sans doute utilisée en désaccord avec l'importance médicale et liée au bien-être des niveaux de pollution expérimentés.

Les possibilités de contrôle comprennent : des négociations entre les intéressés ; des redevances pour émissions ; des normes d'émissions imposées, et/ou des normes de production, et une prohibition totale. La négociation s'avère souvent impossible dans le cas de "grand nombre" d'usagers d'automobiles et de résidents urbains. Nous ne la discuterons donc pas ici. La prohibition totale impliquerait une paralysie d'une importante proportion du transport national. Toutefois, des interdictions sélectives quant au lieu ou au contenu de la pollution sont possibles, par exemple en interdisant la circulation automobile dans les centres des villes ou en interdisant la vente d'essence contenant du plomb. La réglementation des émissions et leur imposition se présentent donc comme les deux principales possibilités.

Dans l'Annexe (3), nous analysons une situation dans laquelle les externalités négatives sont introduites dans une économie parfaitement compétitive. Il y apparaît que si une taxe T^r est imposée aux usagers de véhicules polluants, telle que

$$\frac{\partial T^r}{\partial x_k^r} = \sum_{j=1}^m \frac{\partial U^j / \partial x_k^r}{\partial U^j / \partial x_j^r} \dots \dots \dots (1)$$

alors l'économie peut atteindre un optimum de Pareto (1). Cependant, l'application pratique de la prescription implicite dans l'équation (1) présente des difficultés tant théoriques que pratiques.

Au niveau théorique, il ne faut pas perdre de vue que le modèle ne révèle les conséquences que de la modification de l'une des sept hypothèses sur l'économie (voir Annexe 3). Les autres prémisses (compétition parfaite etc.) ne sont certes pas vraies dans une économie réelle, et il s'en suit que l'effet de leur suppression ou de leur modification en vue d'obtenir plus de réalisme devrait aussi être envisagé, en même temps que l'on tiendrait compte des effets externes. Nous n'avons pas tenté une telle extension. Comme nous travaillons dans un domaine où plusieurs des conditions pour un optimum ne sont pas remplies, les conclusions de Lipsay et de Lancaster (référence 3.4.) sur les possibilités de recommandations économiques dans des circonstances de "second choix" doivent être retenues. Evidemment, l'analyse n'en devient que plus complexe, et les recommandations qui en découlent sont moins clairement définies.

En deux autres domaines encore, le modèle est théoriquement inadéquat :

1. l'un des jugements de valeur émis établit que l'utilité de chaque individu dépend de ses seuls revenus et santé, donc de commodités monnayables. Dès lors que les externalités sont admises, ceci n'est plus vrai ; mais cette adaptation elle-même manque de réalisme. Elle ne prend en considération que l'effet direct du pollueur sur le pollué. En réalité, il peut y avoir des troisièmes parties, non affectées elles-mêmes directement par le polluant à travers le bruit etc., mais qui souffrent néanmoins d'une perte d'utilité car les personnes directement affectées ont souffert d'une telle perte, ce qui revient à dire qu'il y a une forme d'interdépendance entre les utilités individuelles.

Voir Annexe (3) pour expliquer la notation (note du traducteur).

2. Le modèle de Pareto ne peut fournir des directives que si - et seulement si - les utilités proviennent de préférences individuelles. Toutefois, le dicton que l'individu est toujours le meilleur juge de son propre bien-être apparaît souvent un peu absurde. Ainsi le besoin d'une éducation obligatoire et d'économies forcées pour le troisième âge. La "vision télescopique défective" impliquée dans le deuxième exemple pourrait bien s'appliquer aux effets sur la santé engendrés par la pollution. Les coûts sociaux marginaux dérivés de l'observation des moyens employés pour éviter la maladie aboutissent peut-être bien à une taxe bien trop basse appliquée aux polluants. Pourtant, pour expliquer un tel état de fait, il faudrait une révision du modèle, afin d'y inclure l'imperfection des connaissances, le paternalisme et les biens de valeur comme éléments essentiels.

Lorsque tous ces besoins d'information sont vus dans leur ensemble, il est clair qu'un système de taxe "pur" ne pourrait être institué que lorsque deux types de coûts pourraient être supportés : a) le coût d'obtention et de mise à jour de toutes ces informations, et b) les coûts d'administration du système d'imposition. Nous n'avons pas essayé de calculer leurs montants, mais il va de soi qu'ils risqueraient d'être fort élevés.

Compte tenu de toutes ces limitations et complications, l'application d'un système d'imposition beaucoup plus simple, internalisant les coûts sociaux dans une mesure approximative mais acceptable, mériterait d'être envisagée. Par exemple, une aire urbaine pourrait comprendre une série de zones, grossièrement classées comme résidentielles, commerciales ou industrielles. Les 24 heures du jour de la semaine pourraient être divisées en trois périodes (disons de 7 heures à 19 heures comme "jour", de 19 heures à 24 heures comme "soir", et de minuit à 7 heures du matin comme "nuit"). Les combinaisons de l'heure du jour et de la zone pourraient être classifiées en termes de sensibilité, en utilisant les analyses (voir section 10.5) et en les pondérant, en tenant compte du degré d'occupation du terrain, des volumes de trafic type et des niveaux de bruit et de pollution. Certaines des méthodes d'évaluation de nuisance de la circulation (voir section 10) révéleraient peut-être des valeurs s'appliquant à certaines combinaisons, dont on pourrait se servir pour convertir en termes monétaires les pondérations relatives. Autre solution, une décision à l'échelon politique pourrait être prise, déterminant une limite supérieure à une "taxe d'environnement" dans les situations les plus sensibles

(par exemple, les zones résidentielles la nuit). A d'autres moments, et dans d'autres situations, la taxe pourrait être déterminée à partir d'une telle valeur maximum. Dans un tel schéma, l'agent responsable de la pollution paierait à peu près en rapport avec les coûts sociaux créés par lui. La mise sur pied de ce système exigerait l'équipement du véhicule avec un appareil de mesure sensible aux signaux afférents au lieu et à l'heure. Dans le cadre du paiement routier, la technologie de tels systèmes est avancée, son adaptation au cas de l'environnement ne demanderait pas de grosses dépenses de mise au point. Il y a aussi nombre de mesures administratives à envisager ; néanmoins, la situation paraît justifier une étude plus approfondie de ce type de système de paiement très simplifié.

Il existe d'autres types d'imposition, mais ils ont le défaut fondamental de ne pas être assez souples pour refléter les coûts sociaux concernés. Par exemple, une taxe annuelle uniforme ne différencierait pas modèles bruyants et/ou les grands porteurs de pollution des types relativement silencieux et à faible pollution, pas le véhicule parcourant 1.000 km. par an de celui qui en ferait 10.000, ni le véhicule utilisé en rase campagne du véhicule utilisé essentiellement dans les zones urbaines.

De semblables critiques peuvent être formulées contre les taxes sur l'essence imposées pour des raisons d'environnement. On ne peut établir un rapport systématique entre la consommation de carburant et la pollution ou le bruit émis, car bien des variantes entrent en jeu, telles que : puissance et conception du moteur, état d'entretien, et ainsi de suite. Une taxe sur l'essence n'aurait donc aucune action sélective.

Quel que soit le système d'imposition envisagé, il devrait, pour être efficace, répondre à trois conditions : a) il ne doit exercer une contrainte sur les composantes nocives de la pollution qu'en tant que celles-ci sont produites et subies, b) la taxe perçue doit être ressentie par l'utilisateur du véhicule comme étant en rapport direct avec la pollution, de façon à l'inciter à améliorer son comportement en conséquence, et c) l'utilisateur doit être sensible à l'incitation causée par la taxation. Il ne serait que trop facile d'envisager un système d'imposition fonction d'un seul facteur, sans tenir compte des autres (voire même d'aggraver les autres par les mesures prises pour remédier au seul premier). On peut aussi donner une fausse orientation aux taxes, par exemple en les imposant au volume total ou au poids

des gaz produits, alors qu'elles devraient s'appliquer aux polluants nocifs, dont la production peut être spécifiée par de toutes autres fonctions.

L'automobiliste est assez impuissant à éviter la pollution et les charges qui s'en suivent, si ce n'est peut-être en s'équipant de dispositifs ad hoc, dans la mesure où ils existent. On a donc laissé entendre qu'il était injuste de taxer les automobilistes, puisqu'ils ne sont pas directement responsables, n'ayant pas le pouvoir de diminuer la pollution par contrôle direct sur la conception du véhicule. Ceci est certainement exact à court terme. Mais cela ne le sera plus lorsque l'acheteur saura que le total des coûts d'exploitation (coûts opérationnels plus taxes à la pollution) des véhicules polluants est plus élevé que ceux des modèles plus "propres" de même taille et de même performance ; il en tiendra compte au même titre que des différences de dépenses initiales. Ces modifications de structure de la demande seraient ressenties par les fabricants, qui entreraient en concurrence sur le plan réduction de pollution, introduisant ainsi ce facteur dans le mécanisme du marché - ce qui, en définitive, est le but recherché.

On pourrait imposer les producteurs plutôt que le consommateur, soit pour convenance administrative, soit parce qu'ils sont beaucoup mieux placés pour réduire la pollution à la source en transformant le véhicule. Le fondement de l'impôt est cependant problématique, puisque personne ne connaît le kilométrage, la région parcourue, les heures des divers trajets pour tel véhicule, dans tel état d'entretien, et d'une marque donnée. Les redevances seraient approximatives si elles n'étaient basées que sur la production annuelle, le nombre total de véhicules en circulation ou autres paramètres du même ordre.

Nous n'allons pas entreprendre une analyse correspondante de la seconde option de contrôle - la réglementation - ni de comparaison entre les mérites respectifs et les limites des deux méthodes. Ce sont là deux tâches de conséquence, qui dépassent la portée de la présente étude. L'application d'une méthode comme de l'autre exige des estimations aussi détaillées et précises que possible des coûts sociaux. La possibilité de mesure actuelle en ce qui concerne les divers genres d'externalités est donc décrite dans les sections 5 à 8.

Le choix d'une méthode de contrôle est inévitablement délicat; il faut prendre en considération les conséquences probables, à la fois en termes d'efficacité des allocations de ressources, des

effets de répartition, de la faisabilité technique, de l'efficacité et des coûts d'installation. Incontestablement, nos connaissances sont insuffisantes pour l'instauration d'un système de redevances conforme à la prescription de Pigou, dérivée de l'analyse de Pareto détaillée dans l'Annexe 3. Il n'en demeure pas moins que les redevances ont peut-être leur rôle à jouer dans le contrôle de la pollution. On pourrait appliquer leur principe sur une base de zones, simplifiée comme il a déjà été dit ; ceci aboutit à un moyen efficace pour atteindre des normes d'environnement données, comme nous le proposent Baumol et Oates (références 3.6.).

4. DESCRIPTION DE LA METHODE

Les cinq facteurs d'environnement énumérés dans la section (2) peuvent produire des coûts sociaux de trois manières, qui sont en corrélation :

a. Atteintes à la santé. Certains produits d'échappement, tels que le protoxyde d'azote, le plomb ont des effets physiologiques nocifs, à certaines concentrations. Il est bien connu que le bruit provoque certaines réactions physiologiques, en particulier des modifications du rythme du sommeil (Références 4.1., 4.2.). Il figure aussi parmi les facteurs contribuant aux maladies mentales (Référence 4.3.).

b. Rendement de travail. De nombreuses études ont cherché à identifier l'effet du bruit sur la faculté d'apprendre, sur le coefficient d'erreur dans diverses activités, sur la mémoire etc. les résultats ont varié, les uns positifs, les autres négatifs et d'autres enfin nuls (Références 4.2. à 4.14.).

c. Agrément. Des études sociologiques ont été réalisées, habituellement pour obtenir la réaction à un seul facteur (Références 10.10., 10.14.).

Dans ce rapport, nous avons concentré nos efforts sur des considérations d'agrément, car les deux autres facteurs relèvent du domaine spécialisé d'études médicales et psycho-physiques. Il convient néanmoins de garder en mémoire tous les types de conséquences, lorsqu'il s'agit de développer le concept des coûts sociaux dus au trafic routier urbain.

Au Royaume-Uni, un effort substantiel est fait vers le développement de méthodes de mesures et de prévisions pour chacun des facteurs. C'est une connaissance valable en elle-même, car elle peut être utilisée de deux manières : a) pour procéder à des évaluations d'environnement d'ordre non économique (voir Section 9), et b) pour instaurer des systèmes de taxation afin d'inclure les

coûts sociaux de la pollution par véhicule (à condition toutefois que l'on puisse évaluer les niveaux de pollution). Dans les paragraphes suivants, nous allons envisager successivement chacun des effets. En l'absence de connaissances pertinentes, nous sommes partis de l'hypothèse provisoire que la diminution totale d'utilité lors de la coexistence de plusieurs effets est égale à la somme arithmétique des pertes d'utilité dues à chaque effet séparé, c'est

$$\frac{\partial U^r / \partial x_k^r}{\partial U^r / \partial x_j^r} = F_1(\text{bruit}) + F_2(\text{fumées}) + F_3(\text{effets visuels}) + F_4 \begin{matrix} (\text{conflit} \\ \text{piéton/} \\ \text{véhicule}) \end{matrix} + F_5(\text{coupure})$$

bien qu'il y ait quelque indication que, lorsqu'un effet est dominant, la nuisance additionnelle due aux autres facteurs présents est inférieure à ce qu'elle serait si ces autres facteurs étaient seuls en cause (voir Section 7).

La mesure dans laquelle on peut quantifier ces facteurs est variable. C'est dans le domaine du bruit dû au trafic que le plus de progrès a été fait (voir Section 5). On dispose de procédés d'analyses d'échantillons d'air, mais ils sont compliqués et coûteux. Dans le domaine de la recherche, on est en train d'élaborer les concepts de base pour mesurer les effets visuels et les conflits piétons-véhicules, tandis que les concepts pour ce qui concerne les coupures occasionnées sont encore à définir.

Dans chaque cas, il est important de distinguer deux aspects de quantifications : premièrement, il y a la mesure en unités physiques (lorsqu'elle s'applique) tels que les décibels pour le bruit.

Deuxièmement, il y a la mesure dans le sens d'une échelle relative aux réactions humaines, par exemple l'Indice de Bruit du Trafic (voir Annexe 1). Dans le cas du bruit, les deux modes de mensuration ont été approfondis. Pour les autres facteurs, on n'a réalisé - dans une certaine mesure - que le premier mode ; faire la relation entre les informations obtenues et les réactions humaines est un pas en avant qui n'a pas encore été accompli. C'est pourtant un pas essentiel, car le responsable ne s'intéresse pas, par exemple, au niveau du bruit en tant que tel, mais aux niveaux de bruit qui troublent le sommeil, qui rendent les communications verbales difficiles, et qui en général apportent des nuisances.

La méthode d'évaluation provisoire adoptée pour mesurer les effets d'environnement causés par la construction d'une route, décrite plus en détail dans la Section 9, utilise les techniques

prévisionnelles disponibles, pour mesurer les conséquences sociales, facteur par facteur, en fonction

1. du nombre de personnes affectées
2. de la durée de l'effet (le cas échéant)
3. de l'intensité de l'effet (le cas échéant).

Lorsqu'il s'agit du bruit, l'évaluation est évidemment plus facile à faire et plus complète. Bien que cette information ne soit pas traduite en termes économiques analogues à ceux des autres composants d'une analyse coûts/bénéfices, tels que les coûts en capital et les bénéfices aux usagers, elle aide néanmoins à déterminer un choix entre plusieurs projets.

Si les études actuelles aboutissent à des évaluations économiques des nuisances dues au trafic, ces évaluations prendront le pas sur la méthode provisoirement employée. Toutefois, comme il ressort clairement du résumé de l'analyse de la Section 10, bien des difficultés devront être surmontées avant que ce stade ne soit atteint. Ce n'est pas dans un avenir proche que les analyses coûts/bénéfices incluant intégralement les aspects de l'environnement aboutiront à des indications monétaires comparables entre elles.

Nous devons donc aborder le problème en trois étapes : premièrement, identifier les facteurs impliqués ; deuxièmement, les mesurer dans les deux sens déterminés plus haut ; et troisièmement, les évaluer en termes économiques. Même si le troisième stade n'est pas atteint, l'information obtenue dans le second a des applications pratiques utiles.

5. MESURE ET PREVISION DU BRUIT

L'acoustique est une discipline scientifique, et la mesure du bruit procède de techniques et de conceptions évoluées. Il nous incombe de les adapter de façon à pouvoir mesurer et prévoir la génération du bruit dû au trafic, sa propagation et ses conséquences sociales dans les zones urbaines. La terminologie et les unités n'étant pas courantes, nous en donnons un résumé dans l'Annexe 1.

Les sources génératrices de bruit sont le point de départ de l'étude de prévisions - dans le cas qui nous concerne, les véhicules individuels. Il est bien connu que chaque véhicule a plusieurs mécanismes engendrant du bruit (moteur, changement de vitesse, transmission, échappement, carrosserie, frottements route/pneus et diverses autres sources telles que freins ou klaxons). Chaque mécanisme est une fonction distincte des paramètres d'un véhicule en mouvement ; de plus, ces fonctions individuelles diffèrent pour des véhicules d'une même marque, et pas seulement pour

des véhicules aux moteurs différents, de tailles ou de constructions dissemblables. La technique des mécaniques est abordée en détail dans les Références 5.1. à 5.6. En ce qui nous concerne, nous allons partir des hypothèses simplifiées suivantes :

1. Tout véhicule peut être considéré comme source de bruit
2. Les véhicules se répartissent en deux groupes : "légers" (voitures et camionnettes), ou "lourds" (autobus, camions de tous poids et dimensions).

Le but de la méthode est de procéder à un calcul du niveau de bruit du trafic depuis les façades externes des constructions bordant la route jusqu'à plusieurs centaines de mètres de là, en fonction des valeurs des paramètres de la circulation (par exemple, le flux, la proportion de véhicules lourds) sur la route, du profil de celle-ci, à niveau, en déblai ou en remblai, de la topographie locale, et du plan des constructions environnantes.

Ceci s'effectue en trois temps (voir Tableau 2) :

1. Préviation du niveau de bruit à une distance de référence (généralement 10 mètres) de la route.
2. Préviation de l'effet du profil de la route sur la propagation du bruit.
3. Préviation de l'effet de distance de la route :
 - a. Lorsqu'aucun obstacle acoustique ne se dresse entre la source sonore et le sujet percevant le bruit : en ce cas, l'atténuation due à la distance, l'absorption par le sol, la topographie locale et les conditions climatiques (vent et température ambiante) doivent être pris en considération.
 - b. Lorsque des obstacles acoustiques se dressent entre la source sonore et le sujet percevant le bruit : en ce cas, les effets de protection dus aux murs et aux constructions doivent être ajoutés à ceux de (3.a) ci-dessus.

Les sources d'information sur lesquelles nous fondons cette partie de l'étude sont d'abord des mesures recueillies sur le terrain ; puis des calculs basés sur la théorie de l'acoustique ; et enfin, des résultats de tests de modèles de physique acoustique.

Les mesures de bruit dû au trafic faites sur le terrain ont été effectuées depuis des années, dans bien des cas différents, et ont fourni les éléments pour des rapports empiriques donnant les niveaux de bruit en fonction des paramètres de trafic. Plus récemment, des programmes de mesures ont été réalisés pour obtenir des chiffres sur les effets du profil de la route, et sur la protection donnée par des barrières anti-bruit ou par des maisons.

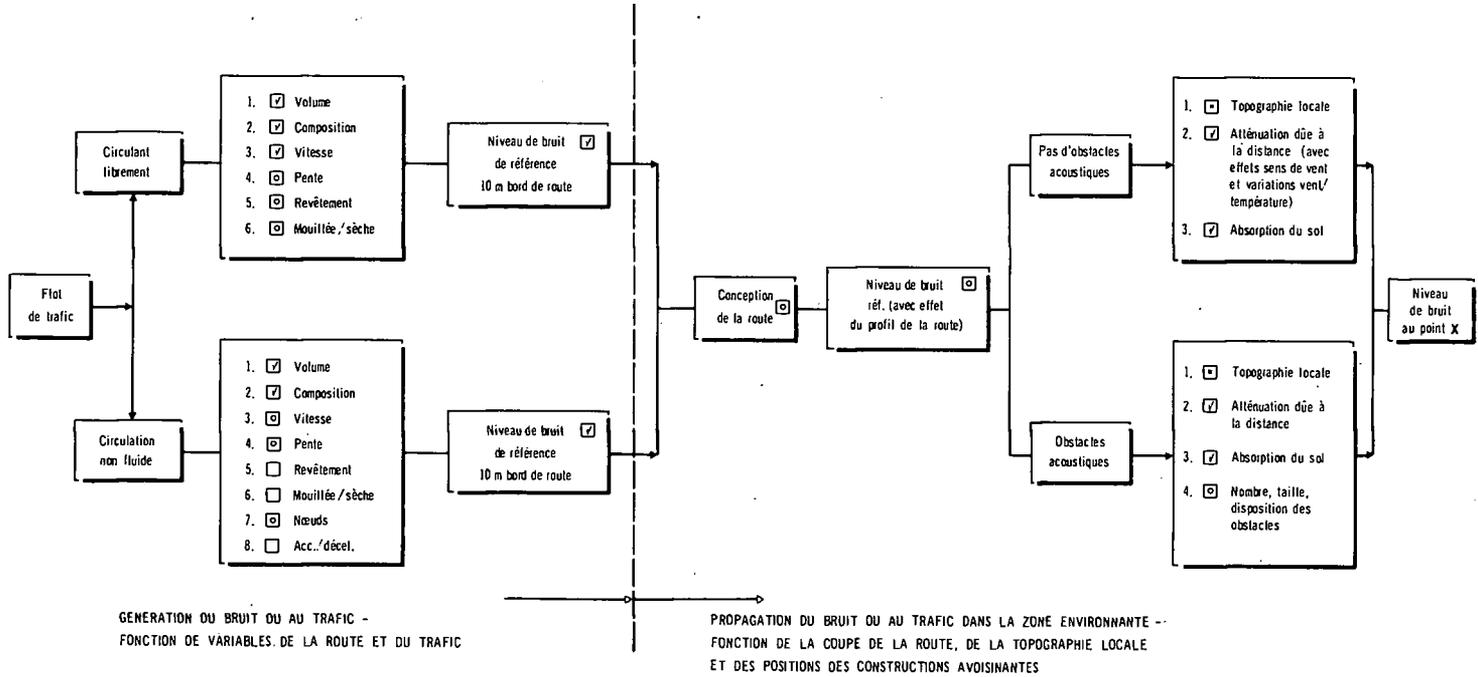
Lorsque ces programmes sont bien conduits, ils donnent une information très valable pour un travail de prévision. Toutefois, les limitations sont assez sévères. Le coût, en termes de temps et de personnel spécialisé, est élevé. Les chiffres sont spécifiques, et lorsqu'une route à l'état de projet a un profil qui se rapproche de celui pour lequel les chiffres ont été obtenus, on ne peut pas procéder simplement par analogie, car même alors, de petites différences de géométrie, ou de caractéristiques d'absorption de matériaux, peuvent engendrer des différences sensibles dans le climat de bruit proche de la route. De plus, les chiffres obtenus ne sont pas de qualité égale, et ils ne sont pas toujours disponibles aux usagers potentiels.

Pour remédier à cet état de choses, le Département de l'Environnement a commandé à des consultants une étude-pilote sur la faisabilité de monter une Banque Nationale de Renseignements sur le Bruit dû au Trafic. On a mis au point une carte standardisée, sur laquelle l'information pertinente au bruit est conservée, avec d'autres renseignements pertinents - chiffres du trafic, conditions climatiques, cartes à grande échelle désignant les points où les mesures ont été faites, et taux de l'échantillonnage. Quelques centaines de résultats ont été introduits dans ce système, afin de juger des qualités de réutilisation de cette classification. Si ce système s'avère satisfaisant, on le joindra aux données obtenues par des laboratoires de recherche gouvernementaux, des autorités locales, des universités et des experts, au cours des dernières années, pour utilisation par les Ingénieurs des Ponts et Chaussées des gouvernements centraux et locaux, et par les fonctionnaires préparant des enquêtes publiques (voire pour des comités de défense locaux ?). Un tel procédé pour mettre en réserve et diffuser l'information améliorerait sensiblement l'utilité des données disponibles, en même temps qu'il attirerait l'attention sur les zones déficientes.

La théorie acoustique a un rôle valable, mais limité, dans le travail de prévision. Il n'existe pas de théorie générale susceptible d'expliquer la génération et la propagation du bruit dû à la circulation dans les zones urbaines. Ceci n'a rien d'étonnant, en vue de la co-existence et de l'interaction de plusieurs mécanismes complexes ; réflexion et absorption multiples sur une grande variété de surfaces, situations de diffraction répétée lorsque des obstacles acoustiques de tailles, formes et positions diverses sont sur le chemin des ondes sonores, et atténuation due à la distance en fonction de la nature du terrain sur lequel le son se propage,

Tableau 2
PREVISION DE BRUIT DU AU TRAFIC

22



LEGENDE : Méthode de prévisions disponible
 Pas de méthode de prévision disponible (janvier 1972)
 Travaux de recherche en cours

ainsi qu'effets de réfraction dus aux variations de vents et de température dans des micro-climats urbains non-uniformes. La théorie est néanmoins utile en ce qui concerne plusieurs composantes de la situation d'ensemble. Par exemple, les taux d'atténuation dus à la distance pour L 10 et L 90 sont proches des taux d'atténuation de la source ponctuelle et linéaire (voir annexe 1) ; l'efficacité de longues barrières anti-bruit est bien rendue par l'analyse théorique (Référence R.7.).

Un domaine dans lequel la théorie s'est montrée particulièrement efficace est celui de la prévision des niveaux sonores provenant d'une circulation s'écoulant librement sur les routes principales. Une simulation par ordinateur a été conçue dans ce but par le Laboratoire National de Physique, pour le Département de l'Environnement.

Le procédé de simulation prévoit sur route droite et sèche jusqu'à six voies parallèles de courant de trafic. A chacun de ces six courants, on peut attribuer une vitesse moyenne différente, et un différent pourcentage de véhicules lourds (le cas échéant, on peut travailler sur neuf types de véhicules). Un trafic pseudo-hasardeux, allant jusqu'à 1.000 véhicules, peut être généré sur chaque voie, la distance entre véhicules suivant une distribution exponentielle négative (Poisson), et chaque véhicule étant au pseudo-hasard, soit une voiture, soit un véhicule lourd. Chaque véhicule se voit attribuer un modificateur de bruit moyen, pour tenir compte du fait qu'il ne circule peut-être pas à la vitesse moyenne de sa voie de circulation et qu'il a peut-être un niveau de bruit plus élevé ou plus bas que la moyenne ; une variation standard différente pour chaque catégorie de véhicules peut être introduite dans le programme. Le spectre de bande A de bruit à assigner à une voiture ou à un véhicule lourd voyageant à une vitesse normalisée de 65 km/h. provient des chiffres relevés au passage de voitures individuelles. On a pris pour variation du bruit du véhicule avec la vitesse 9dB(A) lorsque la vitesse de l'automobile double, et 4dB(A) lorsque la vitesse du véhicule lourd double. L'option d'incorporer des corrections pour absorption de sol peut être levée au moment du fonctionnement. Pour une distance donnée, perpendiculaire au bord de la route, le programme évalue le niveau de son A à 1/2 seconde d'intervalle pour 1.000 échantillons. La distribution niveau-temps est obtenue directement à partir de là, mais de plus le programme transcrit les valeurs de L 10, L 50, L 90, l'Indice de Bruit du Trafic ou TNI (Traffic Noise Index), et le Niveau de Pollution dû au Bruit ou LNP (level of noise pollution). Voir Annexe 1.

TABLEAU (1)

COMPARAISON DES CHIFFRES DONNES PAR SIMULATION SUR ORDINATEUR
 AVEC LES MESURES PRISES SUR LE TERRAIN
 POUR UNE AUTOROUTE A PLUSIEURS VOIES

Paramètres de Bruit dB(A)	L 90	L 50	L 10	LNP
Simulation par Ordinateur	70,8	74,5	80,6	86,2
Mesures relevées à la Bretelle de Kingston	69,0	75,1	79,8	88,0

Cette méthode prend beaucoup de temps d'ordinateur, et exige qu'on lui fournisse trop de données pour qu'on puisse la généraliser, bien qu'elle montre une harmonie satisfaisante entre les chiffres donnés par l'ordinateur et les chiffres relevés sur place, comme on le voit sur le Tableau 1. On a donc obtenu des résultats précis, montrant les effets de vitesses moyennes (de 32 à 97 km/h.), le pourcentage de véhicules lourds (de 0 à 50 %), la distance du point d'observation du bord de la route (de 5 à 160 mètres) et la vitesse d'écoulement (de 400 à 6.000 véhicules/heure), et on les a pris comme base pour un procédé simplifié de prévision L 10 (référence 5.8.). On a trouvé que la valeur de L 10, à une distance de référence de 10 mètres du bord de la route, était donnée approximativement par une équation de la forme :

$$L_{10} = \alpha + \beta \log_{10} V + \gamma \log_{10} Q \dots\dots\dots(1)$$

dans laquelle : V = vitesse du trafic en km/h.

Q = flux de trafic (en véhicules/heure)

et P = pourcentage de véhicules lourds

$$\left. \begin{aligned} \text{avec } \alpha &= \alpha(p) = 11 + 43 \left\{ 1 - e^{-\left(\frac{p}{5}\right)} \right\} \\ \beta &= \beta(p) = 5.5 + 16.5 e^{-\left(\frac{p}{6}\right)} \\ \gamma &= \gamma(p) = 7 + p e^{-\left(\frac{p}{12}\right)} \end{aligned} \right\} 5\% \leq p \leq 50\%$$

r.m.s.*

* r.m.s. = root-mean-square = racine moyenne carrée - voir Annexe I (n. du Tr.).

L'erreur, en se servant de cette équation simplifiée, n'est que de 0,61 dB(A) pour les valeurs de paramètres spécifiées, indiquant que 90 % des chiffres tombent dans la catégorie ± 1 dB(A) des valeurs obtenues d'une façon plus précise par simulation. Des résultats typiques sont donnés dans la figure 2.

La variation de L_{10} avec la distance du bord de la route a été étudiée dans deux cas spécifiques : propagation sur terrain dur, et propagation sur herbe. La valeur de L_{10} , relative à la valeur de la distance de référence de 10 m., est donnée par les équations (2,3), et montrée sur la figure 3.

$$\text{Propagation sur sol dur : } (L_{10})_r = 12,8 - 10,7 \log_{10}(x + d) \dots (2)$$

$$\text{Propagation sur terrain herbeux : } (L_{10})_r = 27,3 - 20 \log_{10}(x + d + 8) \dots (3)$$

où $(L_{10})_r$ = valeur de L_{10} , en dB(A) relative à la valeur à 10 mètres

d = demi-largeur de la voie carrossable, en mètres

x = distance de la bordure de la route, en mètres.

On a comparé les résultats des prévisions basées sur les équations (1, 2, 3) aux mesures prises sur le terrain avec une série de paramètres de trafic, de distances de la route, et avec deux types de revêtements de route. La corrélation entre les mesures prévues et celles prises en L_{10} est grande ($r = 0.984$) ; 87 % des valeurs prévues sont à ± 2 dB(A) des valeurs mesurées dans des conditions typiques, ce degré de précision étant satisfaisant pour la plupart des projets.

L'établissement de modèles en physique acoustique n'est pas une technique nouvelle ; depuis bien des années, les ingénieurs du son et les architectes en ont fait usage pour leurs projets de salles de concerts ou d'auditorium. Beaman (Référence 5.9) a décrit cette simulation physique, utilisant ou non les techniques acoustiques, en deux ou trois dimensions. Plusieurs experts ont adapté cette méthode à l'étude de propagation du bruit de la circulation : Rapin, (référence 5.10.), Pinfeld, (référence 5.11.) Delany, (référence 5.12.).

On peut obtenir les conditions nécessaires pour qu'un modèle soit la réplique fidèle d'une situation réelle en considérant un espace, $F(x, y, z)$ clos de matériaux à impédances spécifiques normales de $Z(x, y, z)$. $\phi(x, y, z, ct)$, le potentiel de vitesse, satisfait l'équation d'ondes :

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = \frac{\partial^2 \phi}{\partial (ct)^2} - \frac{\rho c \partial Q}{\partial (ct)}$$

et les conditions à la limite

$$\frac{\partial \phi}{\partial (ct)} = \frac{-Z}{\rho c} \frac{\partial \phi}{\partial h}$$

dans lesquelles x, y, z = coordonnées rectilignes

h = coordonnée le long de la surface extérieure normale

t = temps

c = vitesse de l'onde

ρ = densité

Z = impédance acoustique spécifique normale

Q = force de la source sonore à (x, y, z) .

Dans un modèle d'échelle 'm'

$$x = \frac{x}{m}, y_m = \frac{y}{m}, z_m = \frac{z}{m}, c_m t_m = \frac{ct}{m}, Q_m = \frac{Q}{m}$$

les équations d'onde et à la limite seront alors satisfaites par la fonction

$$\frac{1}{m^2} \phi(x_m, y_m, z_m, c_m t_m)$$

à condition que les rapports d'impédance du modèle soient donnés par :

$$\frac{1}{\rho_m c_m} Z_m(x_m, y_m, z_m) = \frac{1}{\rho c} Z(x, y, z)$$

Nous pouvons donc dire que, si deux surfaces avec les mêmes formes de délimitation, mais dont les dimensions sont dans le rapport $m : 1$, sont bordées sur des aires correspondantes par des matériaux dont les taux d'impédance acoustiques sont égaux aux fréquences f et mf , les réactions acoustiques des deux surfaces aux fréquences f et mf seront dans un rapport simple, ne dépendant que de m .

Dans la plupart des cas, ce ne sont pas les niveaux absolus de pression de son qui sont intéressants, mais les niveaux relatifs, selon les diverses positions. Nous avons montré (Référence 5.13.) que, lorsque des mesures comparées sont nécessaires, un modèle géométrique est satisfaisant, sans qu'il soit nécessaire de relier la force de la source au facteur d'échelle ; cette simplification est très pratique.

Les principales composantes d'un appareil de modèle acoustique sont : la source (ou les sources) de son, le modèle lui-même, et les instruments de mesure et d'enregistrement. Dans son élaboration, l'une des principales difficultés est la réalisation d'une source satisfaisante en termes de puissance acoustique et de spectre de fréquence pour la reproduction d'un courant de trafic à une échelle adéquate. Pour que les sources de bruit soient mobiles, le modèle

Fig (2)

VARIATION DE L_{10} EN FONCTION DU FLUX ET DU POURCENTAGE
EN VEHICULES LOURDS POUR UNE VITESSE MOYENNE DE 96,5 KM/HEURE

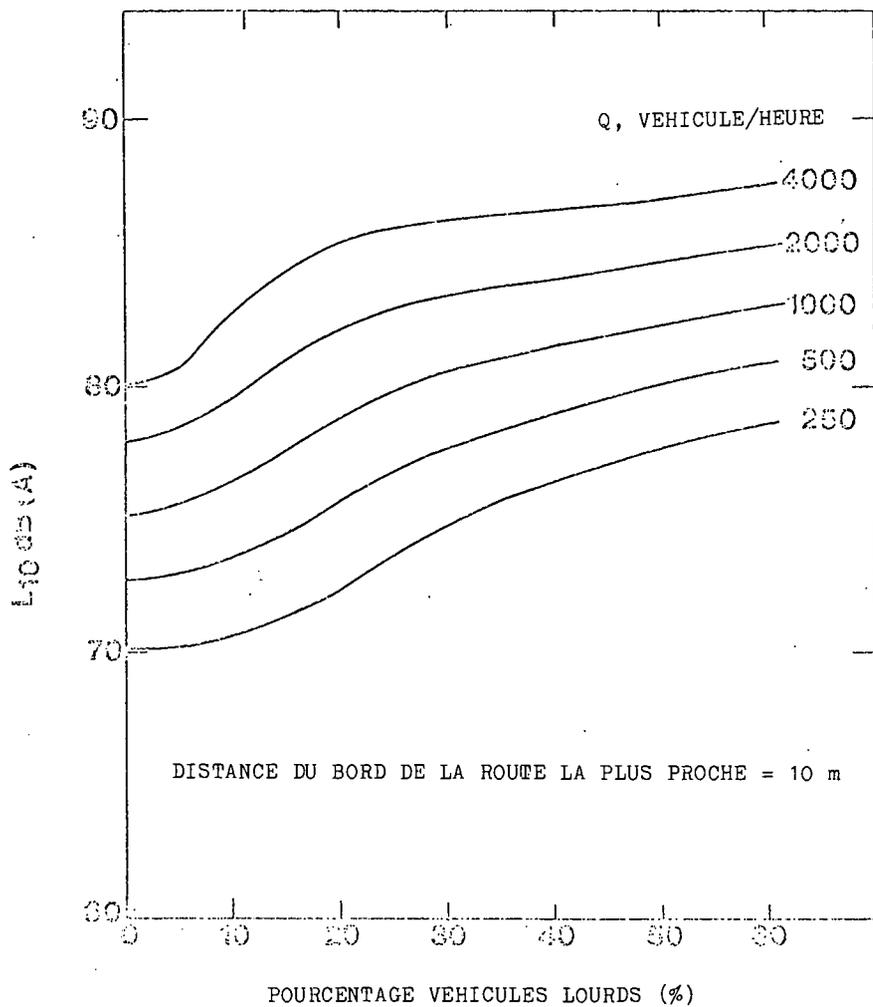
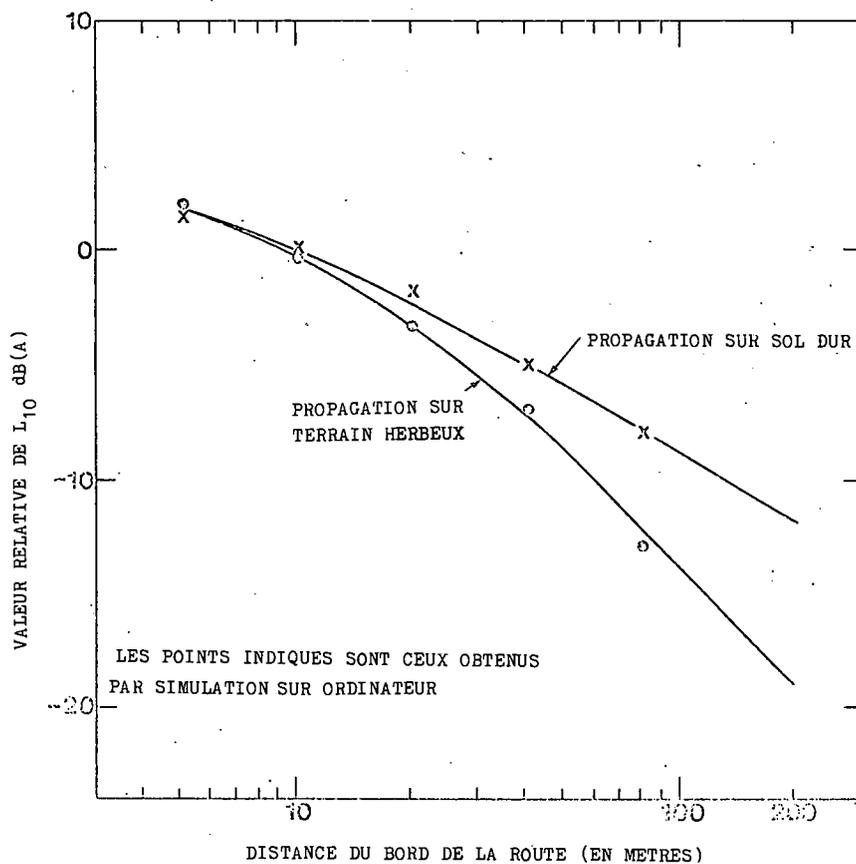


Fig (3)

VARIATION DE L_{10} EN FONCTION DE LA DISTANCE DU BORD DE LA ROUTE



devrait être mécaniquement compliqué. Heureusement, l'information requise peut être obtenue à partir de sources stationnaires et discrètes. On a employé avec succès aussi bien des sources mécaniques (petites sonnettes, chutes de roulements à billes, friction de surfaces) et des sources aérodynamiques (écoulements d'air). Les écoulements d'air simples ont les avantages suivants : coût peu élevé, petite taille, grande puissance, large bande d'émission de bruit ; mais le gros inconvénient de la directivité. Si le jet d'air traverse des vannes croisées, on obtient un champ de son plus omni-directionnel. Dans l'installation de Delany, au Laboratoire de Physique Nationale, une telle source produit un niveau de pression de son de l'ordre de 100 dB à 1 mètre, avec une émission utile sur la zone de fréquence de 1 à 60 KHz. Le simulateur comporte un plan au sol à haute réflexion, en contreplaqué, couvert d'une feuille d'aluminium. L'une de ses sections est abaissée par un soufflet, en coupe, afin de simuler une longueur d'autoroute. Les sources sont nichées dans la "route" à des points appropriés. On peut en actionner vingt à la fois, par air comprimé, afin de représenter une source linéaire. Les constructions du modèle sont bâties très simplement en contreplaqué, à une échelle de 1/30ème ; il n'est pas nécessaire de reproduire chaque détail architectural. Dans les cas où l'absorption du sol risque d'être importante, les surfaces appropriées du plan sont couvertes de couches de fibre de verre absorbantes. Les mesures de niveaux de pression de bandes de tiers d'octave à diverses positions et hauteurs sont faites en utilisant un microphone à condensateur de 1/4", lié à une installation d'enregistrement digitale. L'ensemble est placé dans une chambre sans échos, aux murs et au plafond garnis de bourrelets de polyuréthane. Les dimensions internes de cette pièce sont approximativement de 4 m. x 5 m., ce qui permet la simulation d'une route d'environ 150 mètres, bordée sur l'un de ses côtés d'une région d'une centaine de mètres de large. On peut aussi travailler à une échelle de 1/60ème, accroissant ainsi la longueur et l'aire modèles. Si le modèle est disponible, il faut deux personnes pour obtenir en un jour des informations précises sur un site donné, ordre de grandeur plus rapide et moins coûteux que celui nécessaire à l'obtention de la même information à l'aide de mesures faites sur le terrain, en admettant que l'on trouve l'endroit adéquat.

Il existe bien des types de constructions de routes - sur viaducs, en remblais, au niveau du sol, avec ou sans accotements, en déblais avec des murs de soutènement verticaux, en déblais avec

des murs de soutènement en pente, ou avec des talus gazonnés - et aussi des dispositions communes pour les constructions proches des routes principales : maisons isolées ou terrasses parallèles à la route, maisons isolées ou terrasses perpendiculaires à la route, groupes d'immeubles, groupes de tours. Ce sont les dispositions les plus courantes qui ont été choisies pour une étude initiale. On a terminé le programme de travail sur une route au niveau du sol, en prenant diverses configurations de maisons à deux étages. Les renseignements correspondants pour des routes en déblais sont en train d'être recueillis. On espère entreprendre en 1972 l'étude des routes surélevées.

Parallèlement à ces études de modèles, un programme de vérification des mesures a été effectué sur le terrain, en des lieux géométriquement similaires aux configurations simulées. La correspondance entre la plupart des résultats de la simulation et de ceux sur le terrain ont été de l'ordre de ± 3 dB(A) pour routes à niveau. Pour les routes en déblai, les vérifications sont encore en cours. Les études en ce qui concerne les routes en remblai commenceront vraisemblablement en 1972.

Les figures 4 et 5 montrent quelques résultats typiques. La figure 4 montre les valeurs de L_{10} par rapport à un point de référence R..... 10 mètres du bord d'une route flanquée de rangées de maisons parallèles à celle-ci, assez rapprochées les unes des autres. La figure 4 illustre l'atténuation de L_{10} avec la distance, pour une route en déblai, lorsque le sol est dur et réflecteur, puis quand il est de nature herbeuse. Ces résultats font ressortir trois points : a) l'importance de la nature du sol quant à l'effet d'atténuation dû à la distance, b) le peu d'effet apparent d'une tranchée profonde (6 m.) lorsque les murs de soutènement sont durs et réflecteurs, et c) par contre, l'important accroissement d'atténuation de bruit lorsque les murs de soutènement sont doublés d'un revêtement absorbant.

La figure 2 montre que L_{10} , pour une circulation s'écoulant avec fluidité, varie selon les paramètres de trafic déjà examinés (flux, composition, vitesse) et aussi selon la pente de la route, la nature de sa surface, et selon qu'elle est sèche ou mouillée. Les études en cours montrent que l'effet de la pente sur les niveaux de bruit n'est pas que fonction de cette pente, mais varie aussi selon sa longueur, et selon les courbes, qui l'abordent et s'en éloignent (Référence 5.14). Les recherches entreprises sur des revêtements de route d'asphalte et de béton ont été données dans la Référence 5.15, mais les équations de prévision en

FIG (4)

COMPARAISON ENTRE LES DONNEES OBTENUES SUR LE TERRAIN
ET LES DONNEES RESULTANT DU MODELE ACOUSTIQUE

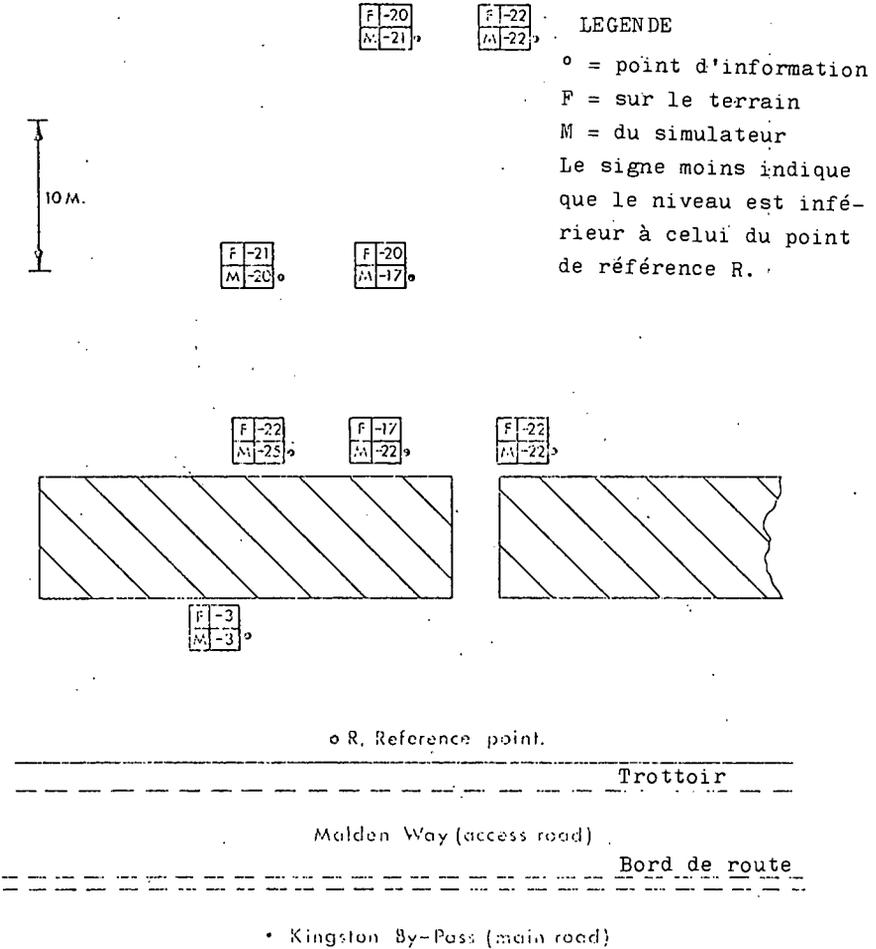
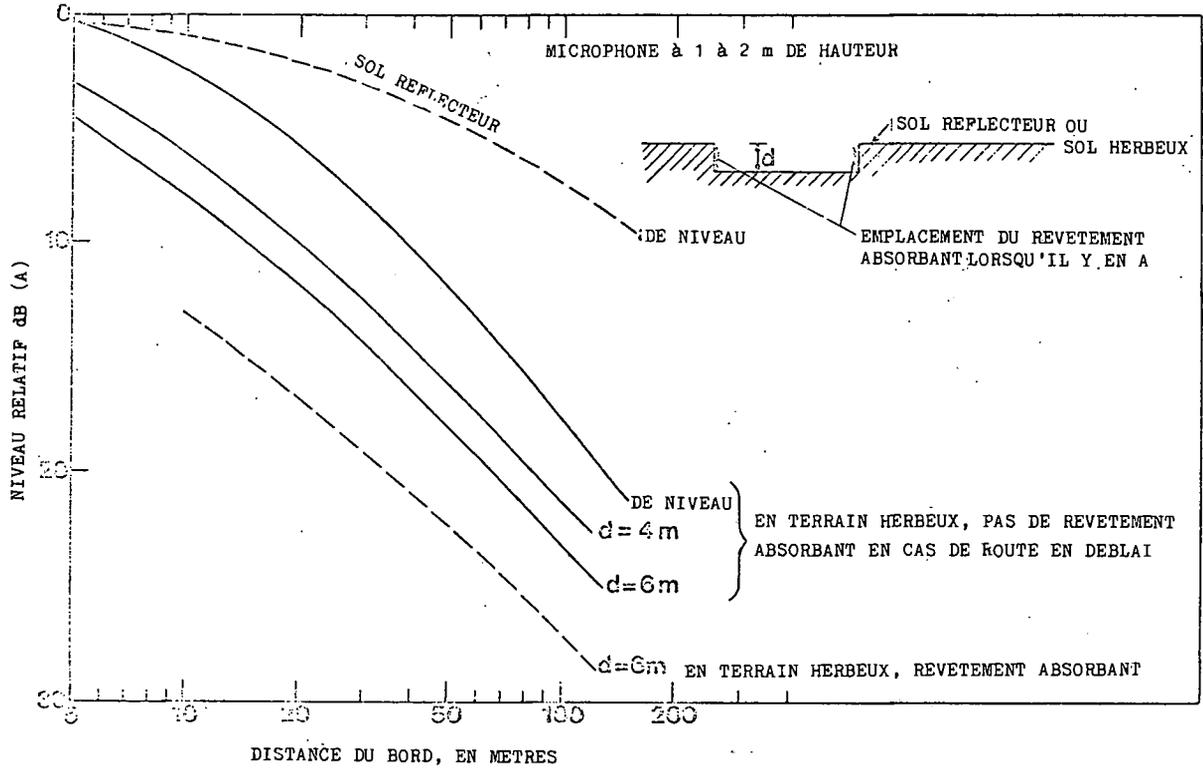


Fig (5)

RESULTATS D'ETUDES SUR SIMULATEUR POUR LE BRUIT D'UNE AUTOROUTE DE 30 M. DE LARGE EN TRANCHE,
AVEC MURS VERTICAUX



découlant n'ont pas encore été formulées. Le Laboratoire de Recherches des Routes (National Road Research Laboratory) a réalisé des tests sur le passage de voitures individuelles sur route sèche ou humide. Cette information empirique indiquera le changement de L_{10} à attendre des routes mouillées, lorsqu'elle aura été transmise à l'ordinateur de simulation NPL.

Le niveau de bruit d'un trafic non fluide (caractéristique des rues urbaines, où les intersections, feux de circulation et traversées de piétons sont fréquents) dépend de l'accélération, la décélération, et les "embouteillages", ainsi que des autres variables déjà indiquées. Il ne s'est pas encore avéré possible d'obtenir une simulation mathématique de cette forme de flux complexe. L'équation de prévision utilisée est empirique, émanant de plusieurs centaines de mesures prises dans des rues de villes comme Edinbourg, Londres et Canterbury (Références 5.16, 17 et 18).

$$L_{10} = 44.37 + 10.23 \log_{10} \sqrt{Q} (1 + .09p) + 1.61T \dots\dots\dots (4)$$

T est un indice de dispersion, qui prend significativement une valeur supérieure à 3,0 lorsque le flux de circulation est "en rangs serrés" ; T = 1 lorsque le flux est gouverné par le hasard, et tombe en-dessous de 0,5 lorsque le flux est uniforme.

On peut donc prédire, d'après des connaissances générales, les niveaux de bruit d'une circulation fluide ou non-fluide, mais dans chacun des cas le niveau d'application des équations est limité, par manque de variables secondaires significatives.

En termes approximatifs, et d'après des mesures et ces études préliminaires sur des appareils de simulation acoustique, l'effet du profil d'une route sur le climat de bruit avoisinant est connu. Mais il reste beaucoup à faire, car il apparaît de plus en plus que des détails de conception, comme les propriétés d'absorption des surfaces de la construction, jouent un rôle important en termes d'acoustique. De même, on sait peu de choses quant aux résultats obtenus par certains projets possibles, pas encore réalisés, comme par exemple une route en légère dépression, bordée de remblais de terre et d'un mur bas de chaque côté. Dans les deux années à venir, des études de simulation entreprises systématiquement, renforcées par un programme détaillé de vérification de mesures, devrait élargir notre champ de connaissances, et partant, de prévisions. L'effet de la distance de la route sur les niveaux de bruit, particulièrement lorsqu'il y a des obstacles, est un domaine encore assez inexploré ; les taux de base d'atténuation due à la distance pour L_{10} , L_{50} , L_{90} pour une propagation sans obstacles sont connus,

mais en fait bien des complications surgissent. Tout d'abord, les sources sont typiquement à moins d'un mètre de la surface du sol, et l'observateur en est souvent à moins de deux mètres - par exemple, une personne se tenant debout - de sorte qu'il ne faut pas négliger la caractéristique d'absorption du sol liée à la fréquence. Puis, alors que les effets de réfraction selon les forces des vents sont connus, ceux fonction des variations de température ne le sont pas. Dans aucun de ces deux cas on n'a formulé d'équations de prévisions. Il est bien connu qu'à cause de la réfraction, des zones d'ombres acoustiques peuvent se former, de sorte qu'à quelques mètres de distance des niveaux de bruit peuvent différer jusqu'à 25 dB(A); mais on ne sait pas si de telles zones existent dans les conditions atmosphériques non uniformes et perturbées des espaces urbains. Enfin, on ne possède virtuellement aucune information sur les variables topographiques - par exemple, comment le bruit se propage lorsque la route repose au fond d'une vallée. Tous ces facteurs sont importants lorsque la propagation ne rencontre pas d'obstacles et que les niveaux des bruits ambiants sont relativement bas, comme dans des conditions rurales. Dans les zones urbaines, ils sont moins importants, car la propagation est rarement libre (des constructions peuvent créer des atténuations de 20 dB ou plus) et aussi parce que la différence entre les niveaux de bruits de la route et des autres bruits est moins grande. Une grande route, parcourue par un trafic lourd, produit environ 83 dB(A) à 10 mètres. Dans les zones urbaines centrales, au cours de la journée, les bruits ambiants sont de l'ordre de 55 à 60 dB(A). En de telles circonstances, une seule rangée de constructions peut réduire le niveau de bruit de la route à des valeurs comparables à celles du milieu ambiant, et il n'y a donc pas lieu d'essayer de prévoir les niveaux de bruit dus à la route à de plus grandes distances. D'autre part, au cours de la nuit, les niveaux de trafic et de bruit demeurent élevés jusqu'aux petites heures du matin, les niveaux avoisinants décroissent, et la sensibilité au bruit s'accroît du fait du sommeil. A ce moment, et dans certains cas, le champ d'intérêt du travail de prévision s'étend parfois à plusieurs centaines de mètres de la route (voir paragraphe 3.2).

En certains cas, le climat de bruit à un endroit déterminé peut résulter de la somme des bruits propagés par plusieurs routes avoisinantes - en particulier pour des immeubles élevés. Le Laboratoire de Recherches des Routes a mis au point une méthode pour

additionner deux ou plusieurs distributions de bruit données, suivant ou non la Loi de Gauss, qui est fort utile pour mesurer le climat de bruit d'un réseau routier (Référence 5.19). Une étude préliminaire de faisabilité est en cours, pour voir s'il est possible de spécifier le climat total de bruit dû au transport dans des zones urbaines où divers modes de transport contribuent au bruit de façon significative. Dans l'Ouest de Londres, certains résidents entendent le bruit de la circulation routière, des chemins de fer, et d'avions à basse altitude décollant ou atterrissant de/et à Heathrow. En pareil cas, il est peu réaliste de vouloir rattacher les résultats des enquêtes sociologiques soit à l'aviation, soit à la circulation routière séparément. La technique d'intégration RRL a pu être appliquée avec succès à la combinaison de bruits d'une route et d'une série d'avions. La prochaine étape sera l'intégration multiple de réseaux routiers à deux dimensions et de voies aériennes à trois dimensions pour déterminer les distributions de niveaux pour des zones limitées.

Le bruit dû à la circulation est le facteur pour l'évaluation duquel les moyens de prévisions les plus détaillés et les mieux mis au point sont disponibles (Références 5.20, 5.21, 5.22). Néanmoins, des domaines d'ignorance totale ou partielle subsistent. De plus, les techniques de prévisions sont bien mieux mises au point pour L10, qui s'associe assez bien avec les réactions humaines, que pour TNI ou LNP, qui correspondent plus spécifiquement aux réactions sociales.

6. LA POLLUTION DE L'AIR PAR LES VEHICULES AUTOMOBILES.

Deux définitions de la pollution sont couramment utilisées. La première définit la pollution comme "la présence de sous-produits des activités humaines qui, à certaines concentrations, pourraient être nocifs ou déplaisants". L'autre définit la pollution comme "la présence de sous-produits des activités humaines à des concentrations qui sont déplaisantes ou nocives". (1) Comme presque

(1) Ces définitions répondent clairement à la division des externalités selon qu'elles "relèvent de Pareto ou n'en relèvent pas". Dans la première, il est admis que des effets externes existent (par exemple, que de la fumée est produite), mais que le niveau est inférieur à celui auquel on remplacerait cet inconvénient par un autre, le cas échéant, alors que dans la seconde, il est non seulement admis que les effets existent, mais à un niveau si perturbant que l'utilité des tiers en est affectée, et à un point tel qu'ils chercheraient à le transformer.

tout déséquilibre du système écologique est, soit déplaisant, soit nuisible, et que presque tous les sous-produits de l'activité humaine créent un déséquilibre à une certaine concentration, la première définition de la pollution est en fait inutilisable ; nous adopterons donc la seconde.

Pour que l'on dise qu'il y a pollution, il faut l'un des résultats suivants :

- a. Atteinte à la santé
- b. Atteinte à la végétation ou aux animaux
- c. Dégâts matériels (corrosion, souillure, etc.).

Il se produit aussi des pertes de confort, soit par des odeurs, soit par la disparition de plantes, pertes que l'on ne peut évaluer commercialement, soit encore par la souillure des constructions.

Des procédés chimiques modernes permettent de mesurer les polluants des véhicules automobiles à des niveaux très bas (Référence 6.1.). Le problème est de connaître la signification de ces niveaux, soit à quel point leurs mesures indiquent un danger ou une perte d'agrément.

Les niveaux de pollution posent des problèmes, car la pollution de l'atmosphère est très sensible à des facteurs climatiques, en particulier aux variations de vent et de température. De même, il est difficile de prévoir la pollution automobile, à cause du nombre d'éléments contenus dans les gaz d'échappement, et la grande variabilité à la fois des quantités et des concentrations produites, à la fois selon la façon de conduire - accélération, décélération, vitesse de croisière, vitesse "promenade", - et selon l'état d'entretien du véhicule.

En principe, les effets de la pollution atmosphérique sur la santé peuvent être observés en étudiant les incidences de maladie des populations exposées aux différents niveaux du polluant en question (Référence 6.2). Malheureusement, un taux élevé d'un polluant est en général accompagné de hauts niveaux d'autres, et souvent aussi de facteurs sociaux. Il est donc impossible de déterminer quel polluant, ou quelles combinaisons de polluants, sont causes des différences observées dans l'apparition de telle maladie (un bon exemple nous est fourni par le cas d'exposition au gaz sulfurique (SO₂) environnant : celui-ci présente souvent un haut niveau de particules, car il provient en très grande partie des installations de chauffage domestiques, et à un degré moindre par des installations de chauffage industrielles. Donc les concentrations sont évidemment étroitement liées à la densité urbaine - laquelle à son

tour est vraisemblablement étroitement en rapport avec de fortes densités de véhicules, donc avec des niveaux élevés de pollution automobile).

L'information que nous possédons sur les effets de la pollution atmosphérique sur la santé relève donc de deux formes d'études : la première est l'étude des gens exposés aux polluants de par leurs occupations (le plomb par exemple) et qui, en conséquence, tombent malades. La seconde est par l'utilisation de gaz purs, par exemple des constituants individuels des échappements des automobiles, à des concentrations variées, et faite dans des conditions expérimentales. Pour des raisons évidentes, ces observations sont rarement faites sur l'organisme humain. Aucune de ces deux méthodes ne nous satisfait pleinement. La première implique de longues expositions de l'individu, à des niveaux assez élevés ; la seconde se pratique sur des animaux, et implique aussi l'utilisation de gaz purs, à des niveaux tels qu'ils sont nocifs. Ces niveaux sont généralement plus élevés et l'exposition y est plus longue que les niveaux enregistrés dans les rues des villes, sauf pour des périodes de pointe extrêmement limitées.

Les polluants principaux (compris dans le sens de polluants potentiels) des véhicules automobiles sont :

1. L'OXYDE DE CARBONE (CO), un gaz incolore et inodore, mortel à une haute concentration par son pouvoir de remplacement de l'oxygène dans le sang. Les niveaux requis pour cet empoisonnement sont toutefois de l'ordre de 2 % par volume, soit 2.000 p.p.m. (parts par million). Si 125 p.p.m. étaient respirées par un individu durant une heure, période durant laquelle il ferait un travail de force, il ressentirait peut-être un léger mal de tête frontal au bout de ce temps. Au-dessous de ce niveau, de plus longues expositions pourraient produire quelque effet, mais au-dessous de 50 p.p.m., on ne voit ou ne ressent que peu d'effet. Ce gaz est produit essentiellement par les moteurs à essence, et, à un moindre degré, par les diesels. L'état d'entretien du moteur est fondamental en ce qui concerne le degré d'oxyde de carbone produit.

2. Les OXYDES NITRIQUES - oxyde nitrique (NO) et bi-oxyde nitrique (NO²). On connaît mal les niveaux auxquels NO², bien plus dangereux que NO, est toxique pour l'homme (référence 6.3.). Trois parmi sept volontaires laissés pour une minute à 50 p.p.m. ont manifesté une gêne pulmonaire et nasale. Des concentrations de 0,5 p.p.m. de NO² ont provoqué des pneumonies chez des rats exposés ultérieurement au bacille de Klebs ; l'infection a été plus rapide que dans un groupe de contrôle non soumis au NO². Ce niveau est

le plus bas auquel on ait observé des effets physiologiques, et est accepté comme norme de qualité d'air aux U.S.A. De 1 à 3 p.p.m., l'odorat de l'homme détecte le gaz. Les moteurs à essence et les moteurs Diesel produisent du NO, qui s'oxyde en NO² dans des proportions que l'on ne comprend pas bien.

3. Le GAZ SULFURIQUE, SO² - ce gaz est bien moins toxique que NO². A nouveau, la principale source dans les zones urbaines en est généralement le chauffage domestique, qu'il soit à charbon ou à mazout. Il est aussi produit par les véhicules à moteurs, en particulier les Diesels, par l'oxydation du soufre de l'essence. Les études sur les effets du SO² sur la santé mettent en évidence le fait qu'il est toujours lié à de hauts niveaux de fumée, et donc "aucune évidence ne peut conduire à des recommandations sur des normes de qualité d'air pour un seul polluant pris isolément des autres". (Référence 6.2.).

4. Les HYDROCARBONES (HG) - l'essence et le fuel pour diesel ne sont que partiellement brûlés dans la combustion interne du moteur. Ce fuel partiellement brûlé, ressort par le tuyau d'échappement sous forme d'hydrocarbures. Il semble que l'on ait relevé environ 200 hydrocarbures différents. La plupart entraînent un engourdissement à 2.000 p.p.m. ou plus ; beaucoup d'entre eux ont une odeur ; certains, tels que les aldéhydes, formaldéhydes et l'acroléine, sentent très fort. Certains, y compris les aldéhydes, sont lacrymogènes, et causent une gêne nasale. D'autres sont cancérogènes (benzo-a-pyrene) bien que ce phénomène soit mal connu. Malheureusement, le niveau des hydrocarbures particulièrement nocifs ne varie pas de la même manière que les émissions totales d'hydrocarbures. On ne peut donc pas partir des niveaux totaux des hydrocarbures pour évaluer les niveaux des hydrocarbures dangereux.

5. Le PLOMB (Pb) - le plomb tétraéthylique, qui est le principal composé ajouté à l'essence pour empêcher le moteur de cogner, est connu comme étant hautement toxique. L'homme l'absorbe bien plus facilement que le plomb inorganique. Le plomb est aussi un poison qui s'accumule, il y en a toujours dans la biosphère. Bryce-Smith (Ref. 6.4., 6.5.) a avancé que les niveaux de plomb absorbés par la population sont plus proches des niveaux auxquels des empoisonnements cliniques ont été observés que pour n'importe quel autre polluant, et en fait que toute une partie de la population est probablement déjà au-delà du seuil dangereux. Toutefois, la plupart des experts estiment que ses craintes sont

exagérées. Nous sommes mal placés pour formuler une opinion.

Le polluant automobile le plus étudié est certainement l'oxyde de carbone (CO). Une étude faite par le Warren Spring Laboratory, en Angleterre, à l'échelon national, a fourni les pourcentages de temps durant lesquels les niveaux indiqués ont été dépassés, au cours de la période Septembre 67 à Mars 69. Voir le Tableau 3 ci-dessous :

Tableau (3)

REPARTITION DANS LE TEMPS DES CONCENTRATIONS D'OXYDE DE CARBONE

Ville	Nombre total de jours testés	Pourcentage de temps dépassant		
		10 p.p.m.	30 p.p.m.	50 p.p.m.
Birmingham	458	2,58	0,02	0,01
Manchester	425	16,47	0,47	0,02
Enfield	435	6,71	0,24	0,01
Glasgow	386	16,34	0,19	0,01
Cardiff	255	14,87	0,75	0,06
Portsmouth	326	14,67	0,03	0,01

Les échantillonnages ont tous été prélevés en des lieux où l'on pensait que le taux de pollution était particulièrement élevé, et près du bord du trottoir. Donc, ils devraient illustrer les pires expériences des piétons.

En Angleterre, il y a peu d'information sur les niveaux de bi-oxyde d'azote dus à la circulation automobile. Les niveaux obtenus par Reed et Barrett (Référence 6.7.) dans l'une des quelques études britanniques ne se rapportant qu'à la circulation étaient de 7 et 4 p.p.cm. (parts par centaines de millions) de bioxyde d'azote lors d'un prélèvement fait sur l'Archway Road à Londres, en 1961. L'endroit avait été particulièrement choisi pour ses mauvaises conditions de circulation. Il pourrait y avoir des pointes momentanées au cours desquelles il y aurait assez d'oxydes d'azote pour qu'ils soient discernables à l'odorat, et légèrement irritants pour le nez.

Dans la même étude, les niveaux de gaz sulfurique (SO₂) enregistrés étaient aussi assez élevés. La plus forte concentration horaire était de 400 microgrammes par mètre cube, ce qui était très supérieur au niveau environnant. Toutefois, comme des concentrations de 1.000 micro-grammes par mètre cube avaient été enregistrées comme moyennes de 24 heures en hiver à Londres, il semblerait que d'autres sources de ce polluant doivent être examinées d'abord.

Indéniablement, une large partie de la population trouve que les gaz d'échappement des véhicules à moteur sont désagréables ; ceci peut être dû à leur odeur. De ce gait, il serait peut-être plus approprié de traiter ce problème comme un problème de perte d'agrément plutôt que d'atteinte à la santé. Une des théories des odeurs suggère que les résultats peuvent provenir de la forme physique des molécules. Les molécules touchent certaines parties des passages du nez, et sont absorbées si elles ont la bonne forme pour cette région nasale. Ce serait l'explication de la stimulation provoquée par certains types d'odeur.

Les hydrocarbures, avec leur large éventail de formes, peuvent provoquer un grand nombre d'odeurs différentes. Il serait donc peut-être préférable de remédier aux odeurs par une réduction d'émissions des hydrocarbures ; mais, même en ce cas, de simples réductions pourraient avoir des résultats néfastes s'il y avait augmentation des émissions des hydrocarbures aux odeurs les plus accentuées. D'un commun accord, le véhicule le plus désagréable à l'odorat est le Diesel, qui émet des fumées. Alors que le carburant du Diesel est moins pur et plus odoriférant dans son état imbrûlé que l'essence, cela n'explique pas clairement pourquoi les émissions des moteurs Diesel sont plus nauséabondes. Vogh (Référence 6.8) cite les conclusions suivantes d'une étude faite sur des vapeurs de Diesel et différentes méthodes de filtration et de nettoyage pour en diminuer l'odeur. Il a aussi recherché les apports vraisemblables à l'odeur de la fumée de Diesel de divers produits chimiques purs dont la présence dans les émissions des Diesel est connue.

"Apparemment, l'impression générale que les aldéhydes sont les principaux odorants de l'échappement du Diesel est incorrecte... le soufre contribue très peu à l'odeur, en tant que gaz sulfurique. L'odeur due à NO^2 peut être une partie considérable de l'odeur totale, suivant des circonstances atmosphériques et d'autres circonstances au cours de l'émission du gaz d'échappement. Ces résultats, dans l'ensemble négatifs, n'identifient pas la plus grande partie de la source d'odeur. Parmi les causes possibles, sont 1. les hydrocarbures, soit tels qu'ils étaient dans le carburant, soit formés au cours de la combustion ; 2. des oxygénés organisés autres que les carbonyles ; 3. des carbonyles à poids moléculaire élevé, retenus par l'épurateur d'eau ; 4. des composés réactifs, ou instables, détruits par l'eau, l'oxygène ou autrement, et 5. les composés du nitrogène ou du soufre."

En l'absence de chiffres fermes sur les dégâts ou désagréments provoqués par les émissions des véhicules, on peut réagir de deux manières à la production à bas niveaux de substances qui sont toxiques ou désagréables à niveaux élevés. On peut agir selon les informations les plus précises que l'on puisse obtenir ; ceci impliquerait que l'on se préoccuperait peu de la pollution de l'échappement automobile en tant que conséquences sur la santé. L'autre procédé consiste à rendre comme position que de tels dangers potentiels sont en fait des dangers jusqu'à preuve du contraire, et donc de faire tout ce qui est possible pour les diminuer. Il est difficile de prouver qu'une chose est sûre - donc cette position tend probablement vers une suppression aussi totale que possible des polluants - effort coûteux, pour des bénéfices contestables.

Un moyen terme entre ces deux extrêmes doit être soigneusement examiné, à cause des effets secondaires. On pourrait, par exemple, réduire les émissions d'oxyde de carbone et d'hydrocarbures en employant des mélanges plus pauvres essence/air. Cependant, ceci augmenterait les concentrations d'oxydes d'azote à l'échappement.

Cette approche du problème, ainsi que la première approche suggérée, impliquent toutes deux la continuation des recherches sur les effets de l'échappement et sur les possibilités de les réduire, en inclinant à une solution coûts-bénéfices raisonnée.

La pollution par la saleté est toujours décrite dans les études comme un désagrément pour les personnes habitant près des grandes routes. L'origine de la saleté qu'on trouve sur les routes est probablement différente de celle des polluants commentée ci-dessus. La principale source réside probablement dans de la saleté tombant de l'atmosphère, "recyclée" ensuite au passage des véhicules. Il est possible que le caractère gras de la fumée d'échappement, jointe aux gouttelettes d'huile, à la graisse et au caoutchouc, agisse considérablement sur les propriétés "salissantes" de la saleté en augmentant l'adhésion des particules.

Des études sur la saleté ont été réalisées, pour en établir l'origine, bien qu'elles aient été d'une nature limitée - habituellement en rapport avec des sites industriels. Les problèmes d'isolation de la saleté produite par les véhicules à moteur ont été peu approfondis. Ce serait sans doute difficile, à cause des autres sources de saleté des zones urbaines, telles que le chauffage central à mazout, mais des techniques chimiques avancées pourraient peut-être être utilisées.

Une étude-pilot, sous l'égide du Département de l'Environnement, a porté sur le rapport entre les retombées de poussière et les distances des autoroutes ; ses résultats sont prometteurs. Les zones rapprochées des autoroutes reçoivent beaucoup plus de poussière ; entre 60 et 200 m., la proportion retombe dans le cadre normal environnant, bien que le facteur climatique intervienne. Cet élément pourrait avoir des portées sur le choix des sites et/ou du profil des routes nouvelles.

7. EFFETS VISUELS

Les véhicules à moteur réent des coûts sociaux par effets visuels de deux manières principales : la première est parce qu'ils nécessitent la construction de routes importantes, d'où il découle des vastes champs d'obstruction dans les vues de paysage ou dans les vues urbaines. La deuxième est la présence de ces véhicules eux-mêmes, qui ne s'intègrent pas toujours agréablement au paysage. Ce sont là essentiellement des effets de consommation. La production ne peut en être affectée que si les routes nécessitent de si vastes structures qu'elles provoquent une perte de lumière, entraînant ainsi soit des coûts d'éclairage, soit des coûts dus à la diminution d'éclairage. Ce cas se présentant rarement, nous n'allons nous préoccuper que de celui des pertes de consommation.

Les structures des grandes routes sont linéaires, hors de proportion avec le tissu urbain normal, et habituellement réalisées dans des matériaux qui ne s'intègrent pas bien avec l'environnement urbain. La circulation qui les parcourt crée un perpétuel mouvement, pénible contraste avec la paix à laquelle la plupart des gens aspirent chez eux. Ces effets peuvent être neutres, voire même appréciés à une certaine distance, mais plus l'autoroute se rapproche, plus chacun d'entre eux devient plus intense, et vraisemblablement moins acceptable. Plus la dimension apparente de l'autoroute grandit, plus il y aura tendance à une vue lointaine bouchée. De près, il est impossible de voir le dessin global de la route, qui parfois est beau. En l'absence de circonstances particulières comme la démolition de vilaines constructions, ou le travail de paysagiste pour camoufler l'autoroute, plus l'autoroute est proche, plus elle va devenir une intrusion visuelle, et, lorsqu'elle l'est, le "plus" va dans le sens du "pire".

Dans ces efforts pour expliquer la perte de qualité visuelle, il entre implicitement deux catégories distinctes d'éléments :

1. Des éléments de fait : par exemple, la taille des structures de l'autoroute comparée aux autres dimensions des constructions qui entourent l'observateur, la texture de matériaux, le flux de la circulation.

2. Des éléments normatifs : tout ce qui a à voir avec le goût ; par exemple, des jugements subjectifs tels que : "une ligne hardie et enlevée donne de l'unité et de la perspective au tableau", ou "cette affreuse balafre rectiligne qui traverse la ville" ; "le matériau brut agréablement fonctionnel" du "Mur de Berlin" (1).

Les premiers éléments sont quantifiables. On peut espérer que les seconds seront suffisamment stables pour être prévus en fonction des premiers, après un nombre suffisant d'enquêtes effectuées sur les réactions des gens aux autoroutes, dans des situations variées.

Il a semblé que, parmi les éléments de fait, c'était la taille qui fournissait la meilleure indication sur l'impact de la route sur les habitants proches, et, en conséquence, des procédés de quantification de la taille de divers points de vue ont été approfondis. C'est sans doute la notion de perspective qui fournit la manière la plus évidente de procéder, en considérant l'angle sous-tendu par l'oeil de l'observateur comme mesure de dimension, ou en imaginant l'objet projeté sur la surface d'une sphère et exprimé comme une fraction de la surface totale de la sphère. De la figure 6, il ressort que ces deux procédés sont équivalents.

Comme l'angle sous-tendu a une composante verticale et une composante horizontale, on l'appelle "l'angle solide sous-tendu". Dans l'Annexe 2, des méthodes de mesure de l'angle solide d'après des photos, ou d'après des cartes et des reliefs sont exposées.

Il est bien connu que c'est dans un cône de vision central de 6° que l'oeil humain est le plus sensible à la couleur et au détail, et que plus l'objet est éloigné de ce cône central, moins l'image est importante. On a donc amélioré la mesure des dimensions faisant entrer en ligne de compte la position de l'objet dans un champ de vision de l'observateur. L'utilisation du "facteur position", comme nous venons de l'expliquer, améliore l'estimation de la taille lorsque l'axe de vision est indiqué. Il n'en

(1) D'après une étude récente, c'est le nom donné par les habitants d'une localité pour désigner un mur de soutènement placé en face de leurs demeures. Les autres exemples sont fictifs.

demeure pas moins qu'en bougeant la tête ou simplement les yeux, l'observateur peut agrandir son champ de vision !

Les experts (Référence 7.1.) ont fait des expériences en laboratoire : ils ont demandé à des sujets d'estimer dans quelle mesure des disques (similaires) placés en différents points d'un hémisphère blanc construit à cette fin étaient visibles. Au départ, deux procédés ont été employés : l'un consistait à demander à l'observateur de noter la perception (ou l'évidence) du disque sur une échelle de 0 à 10 ; l'autre consistait à demander au sujet lequel de deux disques était le plus perceptible. Dans les deux cas, le sujet devait garder ses yeux fixés sur un petit point central de l'hémisphère.

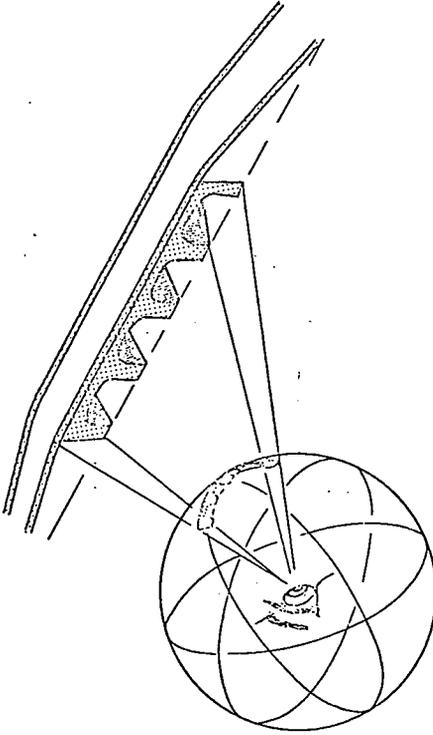
Les résultats obtenus ont été presque identiques. Le premier procédé a donc seul été conservé, car il exigeait moins de temps et de mal pour installer l'appareil et était plus facile à étalonner.

Dans la figure 7, on a reproduit les contours d'une intrusion égale. La ligne pleine montre les limites approximatives de vision dans les circonstances données (c'est-à-dire la vue étant braquée sur le centre de l'hémisphère). On remarquera que les lignes de contour et la limite du champ visuel sont grossièrement parallèles ; on notera aussi que la vision diminue relativement rapidement vers le haut. Ces tests de laboratoire établissent l'importance de la position d'un objet dans le champ de vision. Deux études plus approfondies ont alors été entreprises.

Dans la première étude, des équipes d'observateurs ont été envoyés, sur des sites choisis où il y avait déjà des autoroutes ; on leur a demandé d'évaluer l'intrusion visuelle causée par la structure. Les équipes étaient composées de membres du bureau d'étude, et avaient donc l'habitude d'émettre des jugements sur des questions visuelles. Des instructions précises leur avaient été données quant à l'endroit d'où ils devaient observer, et à la direction vers laquelle ils devaient observer l'autoroute. Il y avait donc une assez grande analogie avec les tests de laboratoire sur l'intrusion (ou la perception) des disques. Les résultats ont été analysés en prenant la moyenne des perceptions de l'équipe (avec une échelle de 0 à 100, en ne retenant que les extrêmes, 0 égale aucune intrusion, et 100 égale intrusion totale), et en calculant le moment de production de Pearson et les coefficients de corrélation de série de Spearman pour établir le rapport entre les évaluations d'intrusion de l'observateur et a) l'angle solide

FIG (6)

LE PRINCIPE DE L'ANGLE SOLIDE



sous-tendu non pondéré et b) l'angle solide sous-tendu pondéré suivant la valeur de cet angle solide dans les diverses zones du champ visuel.

La pondération du facteur position ne découle pas directement de la notion que cette position est d'importance, ni de la figure (7). On l'a calculée par itération, d'après les résultats des premières expériences de l'équipe, et en prenant les zones de champ de vision suivantes : 0°- 6°, 6°- 20°, 20°- 50° et 50°- 90° du centre. Les pondérations utilisées sont montrées au Tableau 4.

TABLEAU 4
VALEUR DES FACTEURS DE POSITION

Zone de champ visuel	Courte distance (0 à 30 m.)	Distance moyenne (30 à 300 m.)	Grande distance (300 m. ou plus)
0°-6°	30	100	300
6°-20°	30	30	30
20°-50°	10	10	10
50°-90°	1	1	1

La pondération pour la zone centrale varie selon la distance de l'objet. Ceci provient de ce qu'un observateur va se figurer qu'un objet qu'il sait être grand est plus grand que sa "vraie" dimension relative - c'est l'effet dit de "constance de taille".

La sélection de ces zones est arbitraire, puisque le rapport entre la diminution de la sensibilité et la distance de la zone centrale est une fonction constante. On espère établir ceci au cours de recherches en cours. Toutefois, il fallait bien choisir des zones pour aboutir à des évaluations.

Les coefficients de corrélation des moments de production établissant le rapport entre les estimations moyennes de l'intrusion visuelle faites par l'équipe et les angles solides pondérés sous-tendus de diverses visions sont donnés dans le Tableau (5). Les résultats de trois études effectuées dans des villes différentes sont donnés séparément, ainsi qu'une combinaison des résultats. Pour chaque site, les équations de régression d'intrusion (y) pour les angles solides pondérés d'une part, non pondérés d'autre part, sont données.

FIG (7)

CONTOURS D'EGALE INTRUSION VISUELLE

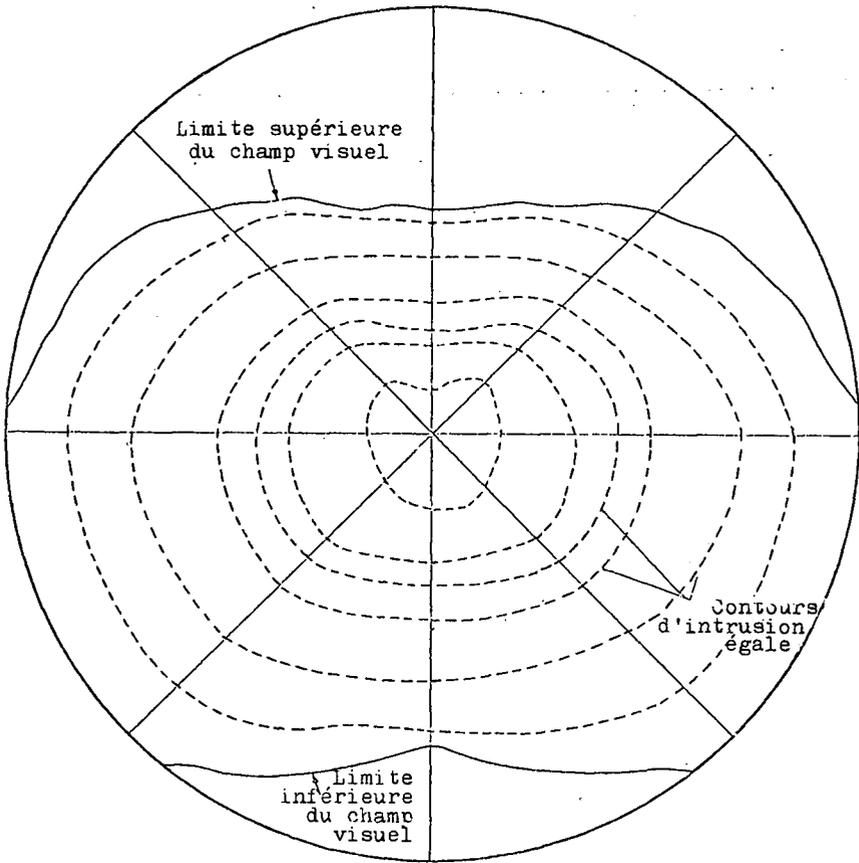


TABLEAU 5

ANALYSE DE REGRESSION DE L'INTRUSION VISUELLE
 POUR ANGLES SOLIDES PONDERES
 ET ANGLES SOLIDES NON PONDERES DANS TROIS VILLES

Ville	Angle solide pondéré	Angle solide non pondéré
Coventry	R = 0.84 y = 15.4 x + 10.9	R = 0.74 y = 16.2 x + 21.8
Birmingham	R = 0.85 y = 3.9 x + 31.3	R = 0.74 y = 19.8 x + 38.5
London	R = 0.90 y = 4.6 x + 25.3	R = 0.77 y = 46 x + 27.8
TOUS sites	R = 0.79 y = 4.7 x + 26.4	R = 0.68 y = 28.1 x + 31

L'angle solide pondéré donne une meilleure explication de la variation de l'intrusion, telle qu'elle est vue par l'équipe d'observateurs opérant dans les conditions de l'expérience. La conclusion qui s'impose est donc que l'angle solide fournit une indication valable d'estimation de la taille d'un objet, faite par des gens expérimentés, indication encore améliorée par l'utilisation de pondérations qui tiennent compte de la position de l'objet dans le champ de vision. Les études faites établissent certains périmètres de perception fondamentaux, mais ne tiennent sciemment aucun compte de tout élément esthétique.

La deuxième étude est une enquête sur les réactions des gens à une transformation fondamentale près de chez eux. Il en ressort des observations fort intéressantes, bien qu'on ne puisse les utiliser autrement que comme des impressions, vu l'étroit échantillonnage de l'enquête.

Tout d'abord, les gens semblent avoir un angle de vue - d'environ 25° - de part et d'autre de la perpendiculaire à la façade de leur maison, qu'ils considèrent comme "leur vue". Donc, dans le contexte de l'intrusion visuelle et de son rôle chez les habitants d'une maison, c'est cet espace auquel il faut attribuer le plus d'importance. Il a été impossible de déterminer si, dans ce cadre, la pondération plus précise fournie par le facteur position avait ou non de l'importance.

Deuxièmement, les gens possédant une vue par-dessous une superstructure (celle-ci étant dans la partie supérieure de leur champ de vision) étaient bien moins mécontents que ceux dont la vue était coupée par le mur d'un remblai. Il semble donc que c'est la structure elle-même, et non la zone qu'elle encadre (par exemple, dans le cas de jetées) qu'il faille évaluer pour intrusion visuelle, et que les structures visibles seulement périphériquement soient bien moins importantes que celles visibles au centre du champ de vision.

Le troisième pôle d'intérêt réside dans l'interaction des différents effets d'environnement. Il apparaît que lorsqu'un effet domine par son intensité, il "efface" les autres jusqu'à les rendre négligeables. Par contre, lorsque plusieurs effets sont d'une même intensité, chacun d'eux exacerbe les sentiments provoqués par les autres.

L'étude des effets est au point où l'application d'un concept développé semble pouvoir heureusement intervenir dans un éventail de situations assez restreint. On prévoit un travail plus approfondi sur l'intrusion de signes et celle de véhicules, soit mobiles, soit stationnaires, pour voir si la mesure de l'angle solide pondéré peut avoir davantage d'applications. Dans l'affirmative, il sera possible d'examiner plus en détail les aspects esthétiques de la perception.

8. LE CONFLIT PIETONS/VEHICULES

Le conflit d'intérêts entre piétons et véhicules peut s'énoncer en termes de problème de sécurité, ou en termes d'atteinte portée aux mouvements des piétons. On peut concevoir une fonction de cette atteinte, semblable à celle des coûts généralisés du conducteur, incluant

- a) la notion distance / effort
- b) la notion de temps, faisant peut-être intervenir des pondérations spéciales pour : i - délai d'attente aux traversées de routes

ii - temps perdu à marcher

dans un cadre désagréable

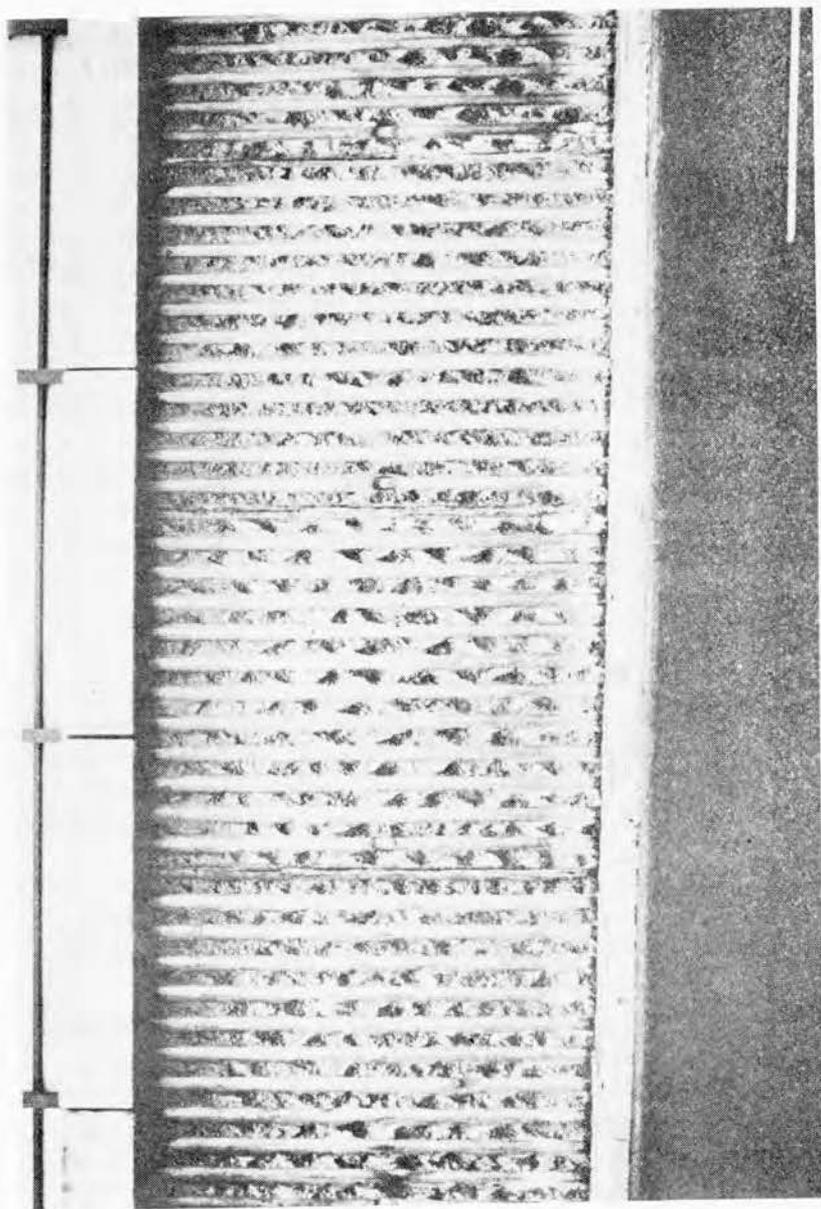
- c) la notion de risque d'accident ou de perception de danger.

Les coefficients à accorder à la fonction varieront aussi vraisemblablement selon les buts des trajets, et la disponibilité d'autres moyens de transport.

Les parallèles entre ce domaine et le domaine des études de transport pour d'autres modes de transport sont évidentes. Toutefois,

FIGURE 8

CHAMBRE AVEC VUE



les mouvements de piétons ont été fort peu étudiés, peut-être parce que l'échelle des investissements actuellement employés pour les améliorer est si petite par rapport aux investissements faits dans les transports privés ou publics. Deux approches théoriques ont été essayées :

a) Adams et Tanner (Références 8.1 et 8.2) ont proposé une méthode pour estimer les retards imposés par le trafic automobile aux piétons désireux de traverser une route. Tous deux ont cherché à évaluer les retards moyens probables occasionnés par différents niveaux de flux de trafic dans l'hypothèse d'arrivées de voitures dans un ordre quelconque. Leurs formules lient le délai au flux de voitures, et à l'espacement entre celles-ci acceptable aux piétons. Des prévisions basées sur ces formules sont très sensibles aux hypothèses émises quant à l'attitude du piéton ; par exemple, elles varient énormément selon que l'on estime que le piéton va traverser en une seule fois les flux de trafic dans les deux sens, ou va choisir le bon moment, pour traverser la circulation dans un sens, s'arrêter au milieu de la route, puis attendre un vide suffisant pour traverser la circulation dans l'autre sens. De plus, il convient de déterminer si le vide ou créneau accepté est constant, ou si le piéton est prêt à assumer plus de risques et à moins attendre lorsque la circulation s'intensifie, réduisant ainsi la longueur du créneau.

b) La seconde méthode vise la prédiction de densité des piétons sur certains trajets, fondée sur des analyses de réseaux purement hypothétiques (Référence 8.3).

Il semble que la théorie soit fort peu intervenue dans la formulation de la fonction d'atteinte portée aux piétons, ou dans l'application aux mouvements de piétons des procédés de simulation de trafic.

L'attitude du piéton a été étudiée fort empiriquement pour

- a. l'utilisation d'installations comme des passerelles pour piétons ou des passages souterrains, avec estimation du rapport vitesse/nombre de piétons dans les souterrains -
- b. évaluation des intervalles entre voitures acceptés, ou des attentes -
- c. risques d'accidents.

De plus, deux études sont en cours, patronnées par le Département de l'Environnement : l'une porte sur les retards subis, et le nombre de personnes affectées, dans la ville de Coventry ; l'autre sur un modèle des mouvements de piétons dans un quartier de Birmingham.

Le Laboratoire de Recherches des Routes cherche à analyser en termes de courants de trafic de véhicules et de piétons le nombre d'accidents prévisibles, dans les rues principales de villes de dimensions diverses (Référence 8). L'équation traduisant le mieux les données prenant la forme :

où $A = M Y K N (1 - e^{-PT})$

A = nombre d'accidents

Y = nombre d'années pendant lesquelles les données étaient recueillies

K = longueur de la rue

N = flux automobile horaire

P = flux de piétons horaire

M, T = constantes.

Cette équation explique 90 % des variations d'accidents. Sur les 10 % restant inexplicés, une partie peut incomber à des erreurs de mesures, en ce sens que l'insuffisance de l'échantillonnage des données ne permettait pas de représentation adéquate du site. Les coefficients trouvés variaient selon le type de routes choisies. Cette équation est, précisons-le, purement descriptive, c'est-à-dire qu'elle représente les événements se déroulant sur des longueurs de route, mais ne sert pas à prévoir des accidents dans des contextes spécifiques. Pour cela, il faudrait des chiffres d'accidents bien plus précis et nombreux que l'on n'en possède généralement, et le Laboratoire de Recherche des Routes cherche à approfondir les informations obtenues par l'analyse de films représentant des collisions manquées.

Nous espérons pouvoir nous servir de l'équation précitée dans notre étude des transports de Coventry (voir section 9), pour en déduire un taux d'accidents d'ensemble pour chaque stratégie. Malheureusement, les chiffres disponibles pour les traversées de piétons ne valent que pour les quartiers commerçants, de sorte que l'analyse ne peut être que partielle.

On procède à un essai de construction d'un modèle des mouvements de piétons copié sur le modèle des mouvements automobiles (Référence 8.5). Son but est double : d'abord, voir si cette construction est possible ; puis, prévoir les effets produits par la rupture de certaines liaisons du réseau des piétons à la suite de la construction d'une autoroute à travers une zone déterminée.

La méthode utilisée est similaire à celle des modèles de circulation routière, comprenant un modèle de génération, un modèle d'attraction et un modèle de distribution. A l'heure où j'écris ceci, ces modèles sont calibrés, mais il serait encore prématuré

de vouloir évaluer leurs implications, et de juger s'ils sont adaptés au stade suivant, à savoir, à désigner de nouveaux trajets au nouveau réseau, créé par la rupture de liaisons existantes par suite de la construction de l'autoroute.

Même si cette étude sur simulateur réussissait, son utilisation à une plus vaste échelle poserait des problèmes, liés aux parcours relativement courts des piétons et donc à la zone restreinte étudiée. Le Tableau 6 prouve que l'étude est presque aussi complexe qu'une étude normale de transports, alors qu'elle porte sur des chiffres et une surface très inférieurs. Il serait donc coûteux et compliqué de vouloir incorporer une étude de ce type dans un modèle englobant tous les transports.

TABLEAU 6

ORDRES DE GRANDEUR DU TRAFIC AUTOMOBILE ET DU TRAFIC DE PIETONS
OBTENUS A L'AIDE DES MODELES

	Modèles des mouvements de piétons Kings Heath Birmingham	Modèles des mouvements automobiles Ville de Cambridge
Nombre de zones	61	67
Nombre de liaisons à sens unique du réseau	600	500
Zone en milles carrés	0,6	16
Nombre d'habitations	4.000	30.000
Nombre de trajets à partir de/ou vers le domicile	8.000 (à pied)	70.000 (autos)
Temps moyen du trajet	6 minutes	15 minutes

* Ceci n'est qu'une partie de la zone étudiée. Les chiffres ne sont donc qu'approchés.

L'étude a confirmé que le facteur de friction est moindre pour les trajets liés au travail que pour les autres, donc que la distance est moins un handicap dans ce cas-là que dans les autres. D'autres points intéressants étaient que :

a. L'accessibilité à une zone à l'intérieur de la surface étudiée jouait un rôle important dans le nombre de trajets qu'elle générerait. Ceci semble avoir une portée importante, que ce soit pour le contact social ou plus vraisemblablement sur les répartitions entre modes de transport.

b. Bien que l'âge ne puisse être compté comme facteur dans le modèle de génération de trajets, il semble bien qu'il ait son rôle à jouer.

c. Un modèle de ce type devrait fournir plus d'informations sur les éléments d'attraction que les estimations relativement grossières disponibles. Ainsi, on devrait rechercher les degrés d'attraction des différentes catégories de magasins.

d. L'utilisation d'un seul modèle pour tous les trajets liés au domicile s'est révélée satisfaisante.

L'étude de Coventry est maintenant en cours d'analyses. Les informations recueillies provenaient d'un échantillonnage choisi au hasard des quartiers commerçants, par application d'un procédé de stratification aboutissant à une sélection fonction de la dimension (celle-ci étant mesurée en terme de nombre de magasins). Les données portaient sur : 1) la durée de traversée de la rue depuis l'arrivée sur le bord du trottoir jusqu'à l'accès au trottoir d'en face, pour des piétons choisis au hasard au cours de périodes d'enquête de 10 minutes, et 2) le flux de trafic (et parfois sa vitesse) durant cette période. Ces enquêtes étaient faites en divers points, et comprenaient des traversées de rues effectuées à des passages pour piétons, à des passages contrôlés par des feux, à des intersections avec feux de signalisation, à des traversées de rues, enfin, n'offrant aucune protection. Le nombre de personnes traversant la rue et le nombre total de personnes sur les lieux durant ces périodes de 10 minutes a aussi été noté. Ces personnes ont été réparties en trois catégories : les moins de douze ans, les personnes âgées de 12 à 65 ans, et enfin, les plus de 65 ans. La différenciation était faite selon l'appréciation des observateurs. Comme données de fond figuraient la surface des magasins, et des services tels que banques et postes, l'indice d'accessibilité aux autobus, le nombre de services d'autobus par heure, le nombre de résidents, les divers emplacements d'écoles pour deux zones : a) dans un rayon de 100 mètres et b) dans un rayon de 400 mètres autour de l'aire commerciale.

Ces données devraient aider à évaluer :

1. Les différences moyennes et standard des retards, pour différents groupes de piétons, selon les conditions différentes de type de route et de flux de trafic.
2. Le nombre de piétons cherchant à traverser qui risquerait de souffrir de ces retards.
3. Le nombre de piétons dans la localité.

Ces deux derniers points seront déterminés par des techniques de régression multiple. Si les équations s'avèrent satisfaisantes, des prévisions seront établies pour évaluer les conséquences de futurs flux de trafic sur le retard, et les désagréments subis. Les prévisions de flux de trafic seront fondées sur les résultats issus du modèle de trafic de Coventry.

Les défauts virtuels de cette méthode sont évidents ; elle ne tient pas compte des conséquences diverses du retard, point pourtant essentiel. Elle devrait aussi fournir des informations de base sur l'attraction exercée par les différents types de magasins, et sur les paramètres de bases associés au retard provenant des flux de trafic. Cette information sera nécessaire pour le calcul des fonctions inhibitrices dans les modèles futurs.

9. UN PROCEDE D'EVALUATION INTERMEDIAIRE : L'ETUDE DU CAS DE COVENTRY

L'évaluation économique des investissements routiers urbains est particulièrement difficile, car les circuits de circulation évoluent pour tout un réseau à partir de certaines améliorations ou additions dans des secteurs particuliers. Les changements d'accessibilité qui résultent de la construction de routes entraînent des changements d'utilisation du terrain, donc des changements également dans les besoins en transports. Au fur et à mesure que le volume et la répartition de la circulation se transforment, le niveau des effets d'environnement et les lieux où ils se feront sentir évoluent aussi. Il est maintenant possible de procéder à une évaluation économique de réseaux complets en termes de coûts en capital et de bénéfices aux usagers (Référence 9.6), mais aucune composante d'environnement n'intervient dans cette évaluation. Les plans projetés peuvent avoir été adoptés en partie en ayant à l'esprit certaines considérations d'environnement, mais ce n'est pas systématiquement le cas.

Deux catégories de conséquences découlent du caractère incomplet des méthodes d'évaluation : d'une part, certaines routes urbaines ont été dessinées et réalisées sans tenir compte de leur effet d'intrusion optique (dans un cas célèbre, une autoroute surélevée a été construite à quelques mètres des fenêtres des chambres à coucher des maisons adjacentes). D'autre part, il se fait maintenant un "lobbying" de plus en plus important pour la défense de l'environnement, soit s'opposant systématiquement à la construction de toute route (en invoquant la transformation du

caractère de la ville, le terrain qui serait utilisé, la perte en habitations qui s'en suivrait) soit s'élevant contre le tracé ou le profil adoptés pour tel ou tel projet. Ces deux développements soulignent la nécessité d'élargir la méthode d'évaluation afin que les questions d'environnement ne soient ni ignorées, ni surestimées.

Dans la partie 4, la base de la méthode d'évaluation intermédiaire est décrite : soit, mesurer les conséquences d'une construction en fonction du nombre de personnes affectées, et de la durée et de l'intensité des effets. Cette méthode a été appliquée dans plusieurs cas, tant pour des projets individuels que pour des réseaux entiers (Références 9.1, 9.2, 9.3), et l'est en ce moment, sous la forme la plus audacieuse jamais entreprise, en collaboration avec le Groupe d'Etudes des Transports de Coventry.

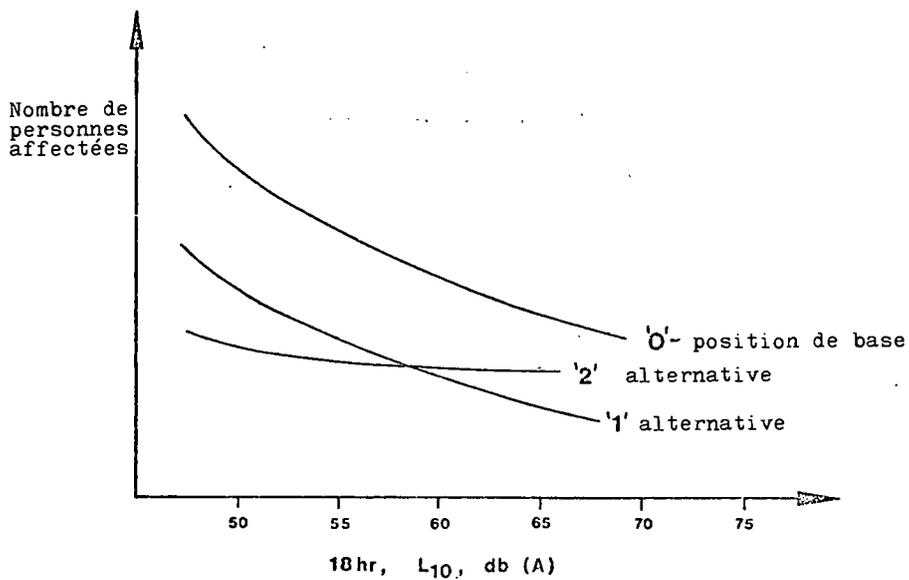
La ville de Coventry est dans les Midlands, à 85 miles environ au Nord-Ouest de Londres. Elle a 335.000 habitants, et fait partie d'une région à population dense. On projette un réseau de 240 liaisons, couvrant 140 miles de routes à l'intérieur de la ville et dans ses alentours immédiats. On introduit dans l'évaluation quatre facteurs d'environnement :

1. Le bruit dû au trafic : pour chaque liaison du réseau, y compris pour les nouvelles routes prévues, les niveaux de bruit à la hauteur du trottoir sont calculés pour trois périodes de la journée, à savoir : a) les heures de pointe, 7^h30/9^h30, et 15^h30/18^h00, b) pour les heures creuses de la journée (9^h30/15^h30), et c) le soir, de 18^h00 à 21^h. L'atténuation due à la distance pour les façades de maisons est calculée là où cela a été jugé utile, et le nombre de résidents a été obtenu par les recensements de population déjà effectués. Cette information est utilisée pour calculer la répartition d'exposition au bruit de chaque réseau, comme le montre la figure 9. L'exposition au bruit de non-résidents est évaluée, pour les piétons, dans les quartiers commerçants, en se servant des résultats de l'enquête sur les piétons (voir partie 8).

2. Effets visuels : les conséquences visuelles des routes nouvelles sont mesurées comme il est indiqué dans la partie 7, sauf que :

a. Aucune pondération n'a été appliquée à l'angle solide, sauf pour limiter le champ de visibilité à un maximum de 100° - ceci afin d'éviter un excès de calculs, et parce que la visibilité du résident ne doit pas être calculée uniquement de l'intérieur

FIG (9)
REPARTITION DU BRUIT
SELON LES DIFFERENTS CHOIX D'INVESTISSEMENT



de sa maison, mais aussi du dehors, où l'angle fixe qui découle de la méthode suggérée en (7) cesse d'être valable.

b. Une technique d'évaluation a été mise au point, permettant de prendre en ligne de compte la qualité et le type de terrains utilisés dans la zone de routes nouvelles. Il s'agit là de jugements explicites des aspects qualitatifs, mentionnés en (7).

c. Des suggestions pour replanter et remodeler le paysage afin de diminuer l'intrusion visuelle des routes nouvelles ont été faites (Référence 9.4).

Des calculs de nombre et d'intensité des effets, semblables à ceux faits pour le bruit, vont être effectués, sans toutefois avoir à faire intervenir l'élément temps.

3. Mouvements de piétons. Ils sont décrits dans la section (8).

Le total des retards est obtenu d'après le nombre de traversées et les flux de trafic prévus par le modèle de trafic.

4. Dispositions concernant les espaces découverts. Une étude de la nouvelle répartition a été faite, car plusieurs des routes principales prévues passent à travers la campagne (Référence 9.5). Les études les concernant intéressent donc un groupe inférieur à 20 % de la population totale de Coventry. Mais il reste à évaluer la situation de l'environnement pour la majorité des 80 % qui habitent le long de petites routes. Un modèle inter-zone est en voie de développement, pour prévoir les flux de trafic à l'intérieur des zonés bordées par les grandes routes des réseaux, déjà reproduites sur le modèle. Une simulation à une telle micro-échelle ne peut être très précise, mais elle n'en demeure pas moins utile, par exemple pour estimer les éventails de niveaux de bruit.

On peut essayer de faire une comparaison entre différents réseaux possibles, en fonction des coûts en capital, des bénéfices aux usagers, et de la portée sur l'environnement, bien que ce dernier facteur ne soit pas exprimé en termes d'argent. Dans le tableau 7, le symbole 'E' représente la somme des effets dus aux trois facteurs envisagés :

.../...

TABLEAU 8

COMPARAISONS DE SCHEMAS
TENANT COMPTE DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

	$\Delta B < 0$ $B_2 > B_1$	$\Delta B = 0$ $B_2 = B_1$	$\Delta B > 0$ $B_1 > B_2$
$\bar{E}_1 < \bar{E}_2$ $\Delta E < 0$	1 ΔB ^{com} paré à ΔE	2 choisir '1'	3 choisir '1'
$\bar{E}_1 = \bar{E}_2$ $\Delta E = 0$	4 choisir '2'	5 choisir '1' ou '2'	6 choisir '1'
$\bar{E}_1 > \bar{E}_2$ $\Delta E > 0$	7 choisir '2'	8 choisir '2'	9 ΔB ^{com} paré à ΔE

Dans certains cas, le choix ne présente aucune difficulté ou ambiguïté, comme par exemple lorsque l'impact sur l'environnement se situe à un niveau où il ne fait que renforcer le niveau économique (cas 3 et 7 dans le tableau 8). Lorsqu'il n'y a pas de différences en termes d'environnement, le choix est fondé sur les critères économiques (cas 4 et 6), et lorsque les projets ou les réseaux se valent sur le plan économique, la décision repose sur l'effet sur l'environnement (cas 2 et 8). Dans le cas 5, tous les choix se valent sur tous les plans - en fait ceci se produit fort rarement. Les cas 1 et 9 se ressemblent, en ce que les bénéfices économiques contrebalancent l'impact sur l'environnement.

B, la différence des bénéfices des usagers, pourrait être par exemple, de 1 million, et E, la différence dans l'impact sur l'environnement, pourrait représenter une centaine de maisons exposées à des niveaux de bruit supérieur à 70 dB(A). En ce cas, choisir la solution de moindre bénéfice revient à évaluer l'inconfort dû au bruit à 10.000 ou plus par habitation. Comme il existe des moyens moins coûteux de diminuer la nuisance (doubles fenêtres, par exemple), la solution du bénéfice plus élevé, assorti de mesures réparatrices sera sans doute adoptée. Inversement, si

B n'était que de 50.000, et E représentait 1.000 logements, avec un climat sonore insatisfaisant, la décision inverse serait

prise. Il convient d'apporter des explications précises justifiant la détermination du choix, et des compensations qu'il comporte. Les recherches faites (voir Partie 10) apporteront des informations sur les choix individuels, soit de fait, soit présumés, devant de telles alternatives, et les responsables tiendront sans doute compte de ces informations.

Cette méthode laisse encore certains problèmes dans l'ombre. Deux de ces problèmes sont en rapport avec les calculs du degré d'impact. Dans la figure 9, la répartition de bruit '1' est indéniablement meilleure que la répartition '0', car la courbe de la première reste constamment au-dessous de celle de la dernière. Cependant, il n'est pas évident que la répartition '2' soit plus ou moins favorable que la répartition '1' ; pour le déterminer, il nous faudrait des renseignements supplémentaires sur le rapport durée/intensité. Il se peut que le choix '1' ait un effet de bruit inférieur au choix '2', mais que l'inverse soit vrai quant aux effets visuels. Pour juger des problèmes d'environnement dans leur ensemble, il faut savoir quelle valeur relative attacher à chaque facteur. Des recherches sur cette question sont en cours (voir section 10.4).

- La méthode intermédiaire décrite permet d'étendre l'analyse coûts/bénéfices aux effets de l'environnement, bien qu'elle ne les évalue pas en termes économiques. Ceci peut cependant être considéré comme un pas en avant par rapport aux procédés ne tenant compte que des bénéfices aux usagers et des coûts en capital.

10. METHODES D'EVALUATION

Il est parfois assez facile d'évaluer les effets externes de la production : par exemple, il n'est pas particulièrement compliqué d'estimer le supplément de main-d'oeuvre et de matières nécessaires à maintenir une production donnée pour une blanchisserie exploitée à proximité de l'usine dont la cheminée fume. L'évaluation est plus difficile lorsque plusieurs usines déchargent leurs résidus dans une rivière dont l'eau doit être utilisée par d'autres usines, fonctionnant en aval. Mais, là encore, les coûts supplémentaires de traitement de l'eau, polluée en amont, peuvent tout de même souvent être évalués. En revanche, les effets externes de la consommation ne peuvent pas être directement observés ou chiffrés. Ainsi, un bien public tel que la qualité de l'environnement n'a pas un marché défini. Un économiste ne peut qu'observer les transactions sur un tel marché, et en déduire la valeur des

effets externes. Pour ce faire, il peut procéder de plusieurs façons :

a) il peut étudier le comportement de certains marchés où la qualité de l'environnement influe sur les prix des biens : par exemple, le marché immobilier.

b) il peut en déduire des évaluations minima pour des changements de qualité de l'environnement, des dépenses d'amélioration de l'habitat, comme l'installation de doubles fenêtres pour réduire les bruits de l'extérieur.

c) il peut utiliser la méthode des jeux, reproduisant certains aspects de choix faits en réalité par des joueurs - entre, par exemple, l'agrément et l'accessibilité - et tirer les valeurs correspondantes des réponses.

d) il peut créer des "simulations" d'effets d'environnement en laboratoire, et essayer de quantifier les réactions des répondants, qui peuvent avoir ou ne pas avoir des conditions analogues dans leurs propres logis.

e) il peut procéder à des enquêtes sociologiques, et donner une valeur aux attitudes selon plusieurs possibilités. Des questions purement hypothétiques peuvent aussi être posées, et les réponses utilisées pour quantifier les valeurs de diverses nuisances.

Ces méthodes ne sont évidemment pas toutes de caractère économique. Elles étendent du domaine du comportement à dimension économique à celui de la simple expression d'opinions. Toutefois, elles peuvent ensemble contribuer à apporter des résultats plus utiles et une meilleure optique globale de la situation que si chacune d'elles était utilisée séparément. Les cinq méthodes sont à différents stades de développement, soit dans des laboratoires gouvernementaux, soit dans des universités ou des bureaux d'études sociologiques travaillant sous contrat pour le Département de l'Environnement.

10.1 ETUDES DE MARCHE IMMOBILIER

Ce marché représente une des rares situations qui nous donnent les éléments d'évaluation de nuisances d'environnement. Il est admis que la valeur marchande d'une maison est déterminée par des variables telles que : le nombre de pièces, la surface, la dimension du jardin, la distance de diverses commodités, et la qualité d'environnement de ses abords immédiats - spécifiquement, le bruit, la pollution de l'air etc. liés à la circulation de la

route qu'elle borde. La Division de Recherche Statistique du Département de Sociologie de Keele University est sur le point d'achever une étude de deux ans sur l'hypothèse plus limitée que le bruit de la circulation affecte la valeur marchande de maisons qui, par ailleurs, sont similaires en tous points (Référence 10.1). L'étude avait été entreprise dans une banlieue de Birmingham, en un lieu où les maisons étaient virtuellement identiques, et changeaient relativement souvent de propriétaires. Certaines de ces maisons longeaient une route à double courant de circulation, où une circulation rapide et dense créait des niveaux sonores d'environ 75 dB(A), alors que les autres étaient sur des rues résidentielles dont le niveau de bruit était plus bas d'environ 20 dB(A). L'étude comportait trois aspects :

a) une enquête sociologique parmi 340 propriétaires de la localité : l'information récoltée ne couvrait pas seulement des faits, comme l'acquisition de la maison ou la décision d'acheter ; mais aussi les avis des résidents sur la région, sur leur maison, leur attitude à l'égard du bruit, et une mesure de susceptibilité au bruit en utilisant une évaluation d'attitude.

b) des mesures détaillées de bruit sur les façades extérieures des maisons soumises à l'enquête, par mensurations horaires sur des périodes de 24 heures. Cela a permis de calculer L10, L50 et L90, et les indices sociaux basés sur ces paramètres.

c) des données sur les transactions immobilières de la localité et de la région des Midlands, portant sur les 10 dernières années, ont pu être obtenues chez des constructeurs, afin de comparer les augmentations de prix des maisons de la localité avec la tendance générale de la région.

Un effort a été fait pour isoler les effets de bruit sur le prix du marché, par une analyse à régressions multiples, corrigée par un indice approprié pour tenir compte de l'inflation, et utilisant le prix comme variable dépendante, et toutes les autres différences entre les maisons et les achats que l'on pouvait quantifier (y compris le niveau sonore) comme variables indépendantes.

Quatre facteurs semblaient avoir une importance statistique pour justifier les différences de prix : la présence ou non d'un garage - la transaction par agence ou directe - le temps depuis lequel la maison était en vente, et le niveau de bruit. Malheureusement, ce niveau sonore s'est révélé un facteur positif dans le prix des maisons! Celles sur la grande route étaient plus chères que celles dans la partie plus calme de la localité. On essaie à présent d'expliquer ce résultat, à l'encontre du résultat prévu.

10.2 DEPENSES D'AMELIORATION DU SITE

Chaque fois que des propriétaires, dans une région donnée, sont soumis à une augmentation du niveau de bruit (due par exemple à la construction d'un aéroport ou d'une route à proximité), un certain nombre d'entre eux s'efforcent de prendre des mesures pour l'atténuer. Ces efforts sont partiellement exprimés commercialement, et l'analyse des dépenses faites en vue de réduire le bruit indiquerait, pense-t-on, la somme que les gens sont disposés à mettre pour diminuer ou éliminer la nuisance, ce qui représente leur évaluation minimum de la paix et de la tranquillité. Théoriquement, un tel examen devrait inclure la "bonne volonté" à payer (du résident) pour parvenir à faire décroître le bruit. En fait, une seule action peut pratiquement être évaluée : l'installation de doubles fenêtres pour réduire le bruit parvenant à l'intérieur de la maison.

Starkie et Johnson, de l'Université de Reading, étudient les chiffres des dépenses en double fenêtres des propriétaires habitant près de Heathrow (Aéroport de Londres) (Référence 10.2). Depuis 1966, des subventions ont été accordées pour l'isolation dans des zones affectées par le bruit des aéronefs. 4.000 propriétaires ou occupants ont opté pour cette forme de dépense depuis lors. Ces propriétaires ont eu à faire face, en fait, à trois prix correspondant à l'amélioration apportée par les doubles fenêtres : le plein prix, avant l'introduction des subventions gouvernementales ; 50 % du coût, dans la période 1966/68, et 40 % depuis 1968, où les subventions ont été portées à 60 % du coût total ; de sorte que l'on peut faire correspondre la demande de réduction de bruit à chaque Indice de Numération de Bruit (NNI, ou Noise Numeration Index). Les résultats ainsi obtenus seront utilisés, pense-t-on, à établir un rapport entre le bruit aérien et le bruit des autoroutes, par l'obtention d'une "fonction de Transformation" entre NNI et un Indice adéquat de bruit d'autoroute.

Deux facteurs viennent compliquer cette analyse : tout d'abord, la motivation pour installer les doubles fenêtres ne provient pas du seul bruit - souvent il s'agit d'améliorer l'isolation thermique en même temps, et aussi le propriétaire cherche peut-être à donner une plus-value à sa demeure en même temps qu'il réduit son niveau de bruit.

Les modèles de coûts dus au bruit récemment développés (Références 10.3, 10.4) ont fonctionné en suivant le principe que le

propriétaire, ayant à faire face à une augmentation de bruit, va : soit rester et subir la nuisance du bruit ; soit partir, auquel cas il perdra la plus-value du consommateur sur sa maison, toute différence de prix qui aura pu surgir à cause de la situation de sa maison, et supportera les frais du déménagement - et cela en fonction de son évaluation de la nuisance : est-elle supérieure ou inférieure à la somme de ces trois termes : soit : il va rester ou partir selon que

$$F \quad C + D + M$$

où F = de bénéfice du bruit, en termes monétaires

C = plus-value du consommateur

D = différence de prix due au bruit

M = "moving costs" ou coûts de déménagement.

L'introduction d'un plan de subventions pour doubles fenêtres complique encore le choix. Les résidents ont un choix : partir ou rester. S'ils optent pour la deuxième solution, ils ont encore à faire un choix entre installer des doubles fenêtres ou ne pas le faire. Pour ceux qui restent, mais sans rien changer :

$$(C+D+M) \quad F \quad (G+F) \dots\dots\dots (1)$$

où

F¹ = de bénéfice dû au bruit subsistant après l'installation des doubles fenêtres (par exemple, bruit à l'extérieur de la maison)

G = part de coût des doubles fenêtres incombant au propriétaire.

Pour ceux qui choisissent de rester et de poser ces doubles fenêtres,

$$(G + F^1) \quad F \quad (C+D+M) \dots\dots\dots (2)$$

Les perspectives de résultats utiles fournis par un modèle développé des coûts dus au bruit ne sont pas bonnes. Les coûts des mouvements, M, et les coûts de pose de doubles fenêtres, supportés par le propriétaire, G, peuvent être estimés avec quelque précision. D, différence de prix de la maison, est problématique, en raison des résultats obtenus dans le projet KEELE (voir en 10.1) et C présente des difficultés d'estimation. Enfin, F¹ est particulièrement difficile à estimer : il est donc vraisemblable qu'une analyse sera entreprise quant à la décision de poser ou de ne pas poser de doubles vitres, et cela en elle-même, indépendamment de la décision de rester ou d'abandonner la maison.

L'analyse des dépenses d'amélioration de confort de la maison fournira des informations sur l'évaluation dite "privée" des bénéfices obtenus. Il existe aussi des situations où des évaluations "officielles" implicites peuvent découler des décisions du

gouvernement central ou régional. Dans le cas de propriétés qui subissent une dégradation provenant de routes ou d'installations industrielles provoquant du bruit, de la saleté, des fumées, il est admis que l'on demande une diminution d'impôts, et ces réclamations sont parfois acceptées. Les données sur de telles décisions vont être comparées, pour voir si les jugements rendus dans différentes parties du pays sont homogènes, et aussi pour comparer les évaluations "officielles" avec les évaluations "privées".

10.3 METHODES DE JEUX

Les possibilités de déduire les évaluations de facteurs d'environnement du comportement de certains marchés ont des limitations sévères. Une maison est un produit à plusieurs dimensions, et l'influence du niveau sonore sur le prix semble légère, sauf, parfois, dans des circonstances extrêmes. Il est très difficile d'établir le rapport entre des différences de prix très évidentes et les différences de climat sonore. La décision de poser des doubles fenêtres est considérée comme typique, pour plusieurs raisons plutôt que pour une seule. Le comportement individuel, pris isolément, est un guide bien traître lorsque nous cherchons à en dégager les préférences sous-jacentes de gens, et les étapes par lesquelles ils ont atteint leurs décisions.

En vérité, nous savons peu sur la façon dont divers groupes de la population considèrent leur situation d'environnement. De plus, les choix offerts à eux effectivement, sont limités par leur connaissance d'alternatives possibles. Lorsque l'on cherche à interpréter les actes des gens, des questions de compréhension, d'espoirs, d'expériences antérieures, de l'ampleur des informations et de la "Rationalité" jouent inévitablement. Pour toutes ces raisons, les méthodes de recherche qui peuvent, dans une certaine mesure, représenter une situation de marché hypothétique, et en même temps faire abstraction des nombreuses complexités des marchés réels, ont un grand intérêt. Une agence d'enquêtes sociales, la "Social and Community Planning Research" (ou Etudes et Projets Sociaux et Communautaires) a développé une telle méthode, et l'a mise en pratique dans deux domaines dans lesquels le Département de l'Environnement patronne des recherches : 1) la valeur de la durée des trajets, et 2) l'évaluation de l'environnement (Références 10.5, 10.6, 10.7).

Naturellement, on connaît dès le départ les directions générales des préférences. Dans le contexte de l'accessibilité et de l'agrément, la plupart des gens préfèrent voyager rapidement,

confortablement, à un coût peu élevé, pour trouver autour de chez eux et dans leur centre commercial le plus petit impact possible pour eux en termes de bruit et de risques d'accident. Toutefois, la mesure dans laquelle ces objectifs combinés peuvent être atteints est limitée individuellement par les ressources des familles, et collectivement parce qu'il y a un conflit inhérent entre ces objectifs. Pour résumer ceci simplement, on peut dire que plus de trafic implique un environnement pire. Le but de la méthode est donc de quantifier les préférences des participants en ce qui concerne les échanges, en leur présentant un éventail de possibilités d'accessibilité et d'agrément de telle façon qu'ils aient à prendre position vis-à-vis de chacune d'entre elles, tout en étant limités par une contrainte budgétaire globale.

L'appareil électro-mécanique utilisé pour présenter aux participants cette situation de choix multiples est appelé un "évaluateur de priorité". Il comporte un tableau, sur lequel figurent une série de variables, chacune d'elles étant illustrée par plusieurs petites images. Dans la Phase 1 de ces études, cinq variables de bien-être de l'environnement sont montrées ensemble, avec trois positions pour chacune, la pire à gauche et la meilleure à droite dans chaque cas (voir figure 10). Sur un second tableau, cinq variables de l'accessibilité ont été représentées de manière similaire (voir figure 11). La première image de chaque ligne, sur la colonne de gauche, se voyait attribuer un prix égal à zéro ; les deuxième et troisième images, représentant d'abord une amélioration partielle, puis une amélioration plus substantielle, se voyaient attribuer des "prix". Ces prix ont été déterminés par les chercheurs. Au début du jeu, la colonne d'images de gauche était éclairée ; les participants recevaient un certain nombre de fiches représentant de l'"argent", et étaient priés de le "dépenser", en plaçant les fiches dans des positions appropriées. Par exemple, dans la figure 10, en utilisant 4 pions, le haut niveau sonore de la position de base pourrait être réduit au niveau acceptable indiqué dans la position 3. Lorsque ceci était fait, une lumière éclairait la position choisie, et la lumière de la position de base s'éteignait. Ce système de fiches fonctionnait pour toutes les variables, de sorte qu'une seule position de chaque rangée était illuminée à un moment déterminé du jeu. Le participant parcourait les séries de variables, faisant des choix et des allocations de fonds, selon son ensemble de préférences, dans les limites budgétaires imposées par l'enquêteur. Il était parfaitement libre de changer la répartition entre les positions

et les variables, jusqu'à ce qu'il soit sûr que l'ensemble des images éclairées représente en fin de compte ce qui lui paraissait sa position la meilleure dans les circonstances données.

Afin de présenter le jeu sous un jour aussi réaliste que possible, on demandait aux joueurs de s'imaginer qu'ils étaient entrain d'acheter une maison, qu'un agent immobilier avait choisi un certain nombre de propriétés à leur présenter, et que la maison la moins chère à leur offrir était décrite par l'ensemble des images de la colonne de gauche. L'"argent" qu'on leur donnait à dépenser était censé être ce qu'ils étaient préparés à déboursier en plus du prix de la maison la moins chère pour obtenir certaines améliorations.

L'étude-pilote de 120 maisons dans la circonscription de Londres de "Brent" a montré que les gens comprenaient les principes du jeu, et qu'ils s'y adonnaient sérieusement.

Les méthodes d'analyse des résultats sont encore en voie de développement. Les familles sont confrontées avec le problème habituel de maximisation de l'utilité, en tenant compte des contraintes, c'est-à-dire les prix des diverses options et le budget global. Il se pose aussi des problèmes d'interprétation, en ce sens qu'il n'est possible d'"acheter" qu'un nombre limité de positions (alors que l'analyse habituelle présume que divers biens peuvent être achetés en montants finement divisibles). La nature de certaines variables est telle qu'on peut difficilement les comparer à des situations réellement existantes équivalentes. L'analyse faite jusqu'à présent a été centrée sur un effort d'obtention de connaissances quant à la structure des préférences, en rapport avec la situation réelle du joueur, et sur un moyen d'interprétation probabiliste des données.

Les directions et la portée des améliorations souhaitées ont été quantifiées en notant la situation existante du participant (3 points pour la colonne de base, à gauche, 2 pour la position intermédiaire, et 1 pour la plus favorable), en calculant les moyennes de chaque variable, et en notant de façon analogue leurs positions préférées lorsque le jeu était joué avec un niveau de "richesse" égal à la somme des prix associés à leur situation actuelle. Les résultats apparaissent dans les deux premières colonnes du tableau 9.

Figure 10
 EVALUATEUR PRIORITAIRE
 DES VARIABLES DE L'ENVIRONNEMENT

BRUIT RESULTANT
 DU TRAFIC

Haut niveau sonore



Niveau sonore moyen



Faible niveau sonore



••

••••

TRAFIC
 DANS UN CENTRE
 COMMERCIAL

Route principale traversant
 le centre commercial



Trafic local seulement



Centre commercial à circula-
 tion automobile interdite



•••

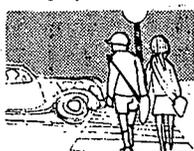
••••••

SECURITE
 DU PIETON

Pas de facilités
 pour les piétons



Passages cloutés



Passerelles ou passages
 souterrains pour piétons



••

•••••

FUMÉES
 PROVENANT
 DU TRAFIC

Epaisses fumées



Fumées
 en quantité moyenne



Fumées légères



•

••

VEHICULES
 STATIONNANT
 SUR LA CHAUSSEE

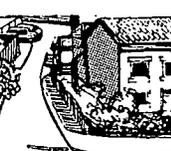
Stationnement
 important et continu



Stationnement essen-
 tiellement sur la chaussée



Stationnement peu fréquent
 sur la chaussée



••

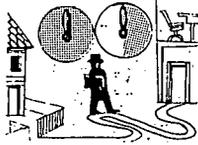
••••••••

• = une unité de prix

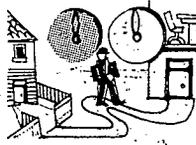
Figure 11
 EVALUATEUR PRIORITAIRE
 DES VARIABLES DE L'ACCESSIBILITE

DEPLACEMENTS
 POUR SE RENDRE
 AU TRAVAIL

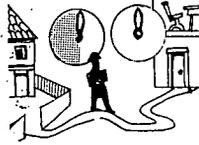
1 heure et demie



1 heure

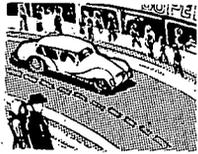


30 minutes



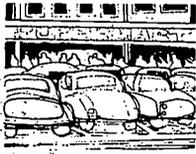
TRAJET
 POUR FAIRE
 LES COURSES

Importantes restrictions
 de stationnement



•••

Stationnement limité



•••••

Stationnement libre



TEMPS DE MARCHÉ
 POUR ALLER
 AU JARDIN PUBLIC

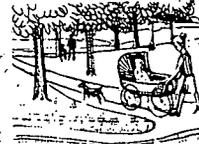
20 minutes



10 minutes



5 minutes



SOIREE EN VILLE

40 minutes



20 minutes



10 minutes



EXCURSION
 DU DIMANCHE

3 heures de trajet



2 heures



1 heure



• = une unité de prix

TABLEAU 9

RESULTATS DE L'EVALUATEUR DE PRIORITES

Variable	Position donnée score moyen	Position préférée score moyen	Fréquence réelle Fréquence de hasard
1. Temps de déplacement pour se rendre au travail	1.3	1.8	1.7
2. Bruit dû au trafic	1.4	1.6	1.6
3. Fumées dues au trafic	1.6	1.9	0.8
4. Temps de marche pour se rendre au jardin public du quartier	1.6	2.3	0.6
5. Temps de trajet pour excursion du week-end	1.7	2.5	0.5
6. Véhicules en stationnement sur la chaussée	1.8	2.2	1.0
7. Limitation de stationnement devant les magasins	2.0	2.0	1.0
8. Temps de trajet pour une soirée en ville	2.1	2.5	0.4
9. Sécurité du piéton	2.2	1.9	1.2
10. Trafic dans les centres commerciaux	2.8	2.2	1.0

Les scores bas indiquent une bonne situation, les scores élevés une situation défavorable. Lorsque le score dans la position préférée est plus élevé que celui de la position actuelle, les familles sont prêtes à accepter une détérioration de cette variable, en échange d'améliorations ailleurs. Inversement, lorsque le score "préférée" est plus bas que le score "actuel", ils veulent bien dépenser pour obtenir une amélioration. Dans le cas de Brent, les positions étaient relativement bonnes pour les six premiers articles du tableau 9, et une détérioration était consentie

afin d'améliorer en contre-partie les trois dernières, reconnues mauvaises telles qu'elles se présentaient.

Si les prix attribués aux différentes positions pour toutes les variables se trouvaient coïncider avec les valeurs attribuées par les répondants, le choix des différentes possibilités leur serait indifférent, puisque toutes les combinaisons aboutiraient à une même utilité totale pour un budget donné. Pour un échantillonnage suffisant de gens, chaque combinaison possible devrait se produire avec la même fréquence relative. Comme nous connaissons les composantes de chaque combinaison, nous pouvons calculer la fréquence prévue pour chaque position de chaque variable dans ces circonstances particulières.

Toutefois, une coïncidence entre prix relatifs et valeurs n'est pas bien probable. Telles positions qui sont surestimées par rapport aux valeurs sont donc choisies moins fréquemment que ne l'indique la fréquence associée à un choix fait au hasard, et inversement les positions sous-évaluées sont choisies moins fréquemment que l'hypothèse de l'indifférence ne l'indique. Ainsi le rapport fréquence réelle est supérieur à un, pour les positions fréquence hasard

sous-estimées, et inférieur à un pour les positions surévaluées (voir colonne 3 du tableau 9).

On propose :

$$V_i \quad P_i \quad F \quad \frac{a_i}{V_i} \quad \text{où :}$$

V_i = valeur placée dans la ième position

P_i = prix attaché à la ième position

a_i = fréquence réelle de choix de la position 'i'

r_i = fréquence de la position 'i' dans l'hypothèse d'un choix de combinaisons fait au hasard.

La forme de la fonction $F (a_i/V_i)$ n'est pas connue, bien qu'elle soit soumise à des conditions aux limites qui aident à la définir.

Dans la Phase II, l'échantillonnage est bien plus vaste (1.600 interviews) et fait à l'échelon national, parmi des gens vivant dans des zones urbaines très importantes, moyennes et petites. On a modifié l'équipement pour révéler quatre positions pour trois variables, et un numéraire variable sous la forme de taxes locales a été introduit, de façon à pouvoir convertir les évaluations relatives en évaluations en valeurs absolues. Les participants jouent à cinq jeux, comme suit :

- Jeu (1a) : E_1, T, P_1, B_1 (une moitié des joueurs)
 Jeu (1b) : E_2, T, P_1, B_1 (une moitié des joueurs)
 Jeu (2a) : E_1, A, T, P_1, B_1 (une moitié des joueurs)
 Jeu (2b) : E_2, A, T, P_1, B_1 (une moitié des joueurs)
 Jeu 3 : E_1, E_2, A, T, P_1, B_1
 Jeu 4 : E_1, E_2, A, T, P_1, B_2
 Jeu 5 : E_1, E_2, A, T, P_i, B_2

où :

- E_1 = 1ère variable de l'environnement (trafic autour de la résidence)
 E_2 = 2ème variable de l'environnement (trafic dans le centre commercial)
 A = variable d'accessibilité (durée du trajet sur des parcours réguliers de voitures ou d'autobus)
 T = Taxe hebdomadaire supplémentaire, ou remboursement de cette taxe
 B_1 = Budget propre
 B_2 = Budget standard
 P_1 = Premier ensemble de prix
 P_i = ième ensemble de prix.

La technique est dans les premières phases de son développement, et un gros travail de vérification reste à faire si les réactions à un contexte simplifié et hypothétique doivent être utilisées comme des indications sûres du comportement dans des situations réelles et complexes, fournissant ainsi des évaluations pour le climat sonore, le risque d'accident, etc.

10.4 TECHNIQUES DE SIMULATION

La réalité comporte plusieurs facteurs d'environnement à la fois, d'intensités différentes. Les intensités absolues et relatives sont très variables, à la fois dans l'espace et le temps. L'étude d'un facteur donné, dans un contexte donné (par exemple, le bruit dans des zones résidentielles) est donc une entreprise très limitée. Elle risque de passer à côté d'interactions importantes, par exemple avec des effets visuels. Le comportement apparent, y compris l'action dans la sphère économique, étant une fonction complexe de ce qui est perçu; pour comprendre le comportement, il faut connaître la perception. Nous devons savoir ce que les gens perçoivent en fonction de leurs caractéristiques individuelles, leurs espérances, leur expérience passée, les aspects objectifs de leur situation (par exemple, l'intensité des

effets d'environnement dans diverses combinaisons), et leurs activités. Obtenir des données sur ces éléments d'après les enquêtes sociologiques et les mesures prises sur le terrain est un procédé long et coûteux, étant donné la diversité des intérêts. Même si toutes les données nécessaires sont en principe disponibles, la possibilité de variation systématique et contrôlée des paramètres n'existe pas. Une telle variation ne peut être organisée qu'en laboratoire.

Le Laboratoire de Recherche des Routes a conçu et construit une installation pour l'étude des effets externes des transports, appelée un "Laboratoire d'Evaluation Réaliste de l'Environnement" (Realistic Environment Assessment Laboratory ou REAL). Elle comprend deux pièces adjacentes et communicantes. La première est complètement meublée, comme un salon chez des particuliers, avec une fenêtre ordinaire dans le mur qui la sépare de la seconde pièce. Derrière la fenêtre se trouve un écran en tissu, sur lequel des films en couleur peuvent être projetés par derrière, grâce à un équipement spécial placé dans la seconde pièce (voir figure 12); des effets sonores appropriés peuvent être diffusés dans le salon par des amplificateurs.

L'idée générale est de demander à des visiteurs de s'imaginer qu'ils sont chez eux, lisant leur journal, regardant la télévision, poursuivant une conversation téléphonique, etc., tandis qu'une vue de l'environnement de la maison est visible de la fenêtre, avec, de plus, des effets sonores appropriés. On peut imaginer une route à une distance de 100 mètres. L'illusion est bonne, et on projette de l'améliorer encore au moyen de vibrations et de fumées d'échappement (soigneusement contrôlée quant aux quantités!).

Les participants, pris par groupe d'environ six à la fois, voient un court film d'explication, puis des séries de situations filmées, (le calme rural, une petite route avec peu de circulation, une grande route au trafic intense). Puis ils sont priés de noter leur évaluation de chaque situation selon des barèmes qui leur sont donnés. Parfois aussi, ils participent à un jeu spécialement conçu, similaire par sa présentation à l'Évaluateur de Priorité.

Les réactions des trois groupes suivants d'individus seront comparées : a) ceux qui vivent dans des conditions de calme relatif, et qui s'attendent à continuer de la sorte, b) ceux qui vivent dans des zones de sensible détérioration d'environnement due au trafic routier, et c) ceux qui vivent dans un bon environnement, mais qui s'attendent à une importante dégradation causée par la proche construction d'une route et cela dans un avenir déterminé.

Dans chaque groupe, les personnes seront mélangées quant à leur âge, leurs revenus et leur emploi.

L'interaction des facteurs sera étudiée, en les présentant de façon séparée ou combinée, à différentes intensités. Le bruit sera étudié à part, en simulant un moment de la soirée où la fenêtre est normalement voilée par les rideaux. Les effets visuels, eux, seront étudiés à part en fermant la fenêtre, et en faisant passer sur l'écran des scènes de la vie quotidienne. Les combinaisons des deux facteurs reproduiront des combinaisons réelles en des lieux déterminés.

Certains des participants aux expériences REAL seront, on l'espère, des gens qui ont installé chez eux des doubles vitres pour des raisons de réduction de bruit. Pour ce groupe, on espère déterminer à la fois comment ils conçoivent un environnement, et ce qu'ils sont prêts à payer pour son amélioration - une liaison trop rarement établie.

10.5 ETUDE DE L'ENVIRONNEMENT

Les responsables de la construction des routes et de l'organisation des transports sont sans cesse obligés de prendre des décisions dont les conséquences sur l'environnement sont dans l'ensemble inconnues. L'ingénieur chargé du projet d'une route ne peut prévoir la réaction probable des résidents proches de cette route aux coûts sociaux qui leur incomberont - en particulier, il ignore à quel niveau ils seront mécontents du volume de la circulation et de l'intensité des polluants. C'est à lui de décider des changements à faire au projet, des coûts supplémentaires à supporter, et des normes à observer, sans information correspondante quant aux bénéfices (ou plutôt aux diminutions de coûts sociaux). Les responsables de la planification des transports, face à un choix d'égalisation ou d'augmentation de trafic pour certaines liaisons, pour des réseaux routiers complets ou pour une politique de contrôle du trafic, disposent de techniques raffinées pour calculer les charges économiques ou les rentrées basées sur les bénéfices du trafic, mais ont peu de moyens pour évaluer les conséquences sur l'environnement. Si l'analyse coûts/bénéfices doit être plus qu'une méthode d'évaluation partielle et incomplète, la qualité des informations sur les manques à gagner doit être fortement améliorée.

En 1972, on doit effectuer en Grande-Bretagne une étude à l'échelon national sur les manques à gagner imposés à l'environnement par le transport routier, afin d'obtenir de telles

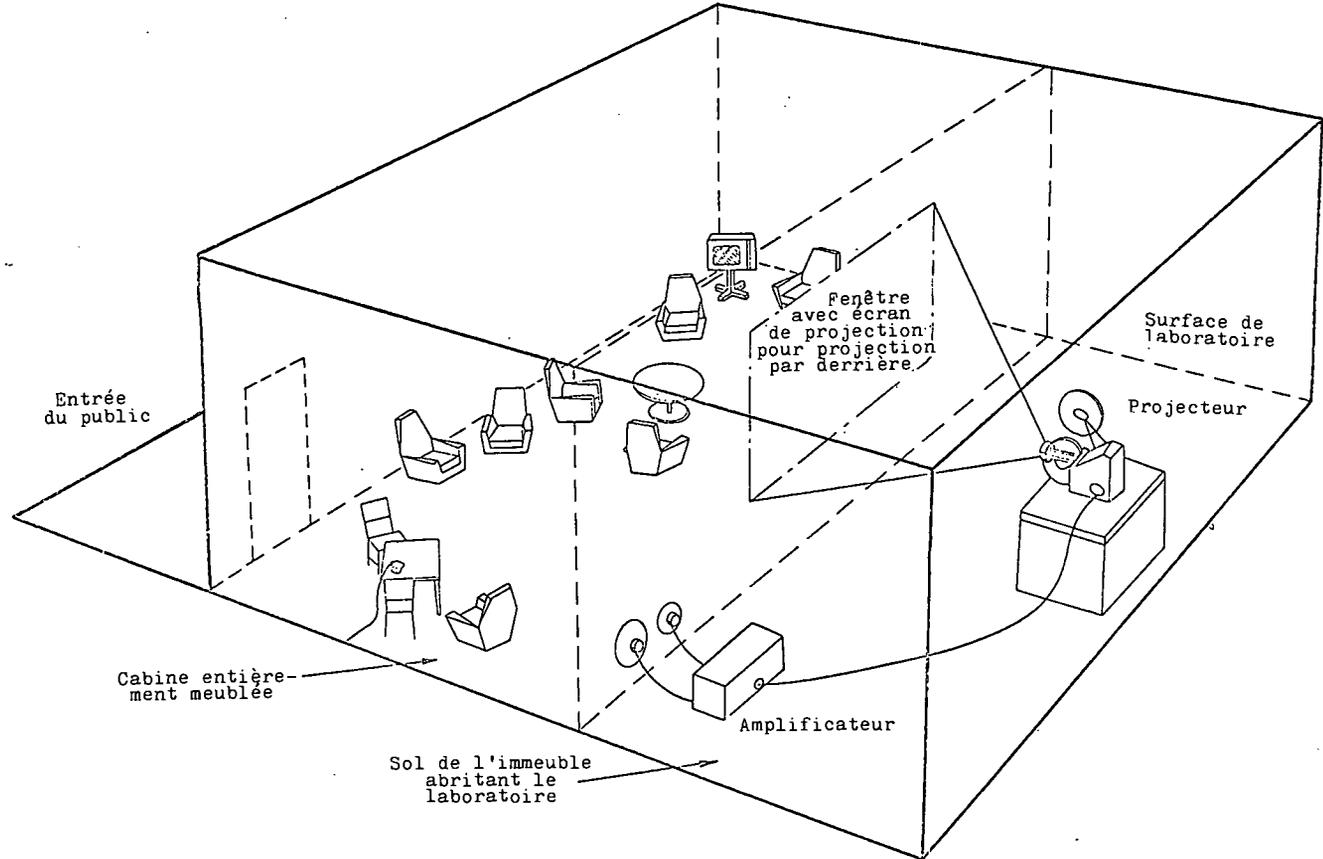
informations sur une base globale. La première phase comprendra une série de discussions de groupes et d'interviews individuels non structurés, afin d'identifier le champ des pertes subies. Evidemment, la plupart sont déjà connues, mais il peut y en avoir qui ne le sont pas, ou qui en pratique se révèlent autres que ce que l'on avait prévu. Les personnes interrogées seront choisies sciemment dans des régions très différentes du pays, et aussi de métiers très divers. Ce travail de développement fournira une information qualitative sur les attitudes et les perceptions, et sur le niveau de compréhension du vocabulaire de la pollution, qui sera important pour l'élaboration d'un questionnaire approprié.

Un des buts essentiels du projet est d'établir un rapport entre les attitudes et le comportement signalés par l'enquête, et les mesures physiques des variables appropriées, près du domicile des participants. Le flux de trafic, la pollution atmosphérique et sonore seront mesurés, par l'emploi de méthodes confirmées, et quelques-uns des autres facteurs (comme les effets visuels) pourront aussi être quantifiés si les techniques sont assez développées. Le principal échantillonnage représentatif du pays sera de l'ordre de 5.000 habitations, mais, les coûts et la logistique excluant la possibilité de mesures pour toutes, les mesures détaillées ne seront pratiquées que sur des sous-échantillons sélectionnés et groupés (environ 25 % de l'ensemble).

Il ne faut pas perdre de vue une considération essentielle : c'est qu'en définitive il s'agit d'aboutir à quelque chose de plus qu'à des données intéressantes sur qui est affecté par quoi, et dans quel cas. Il importe d'obtenir par l'intermédiaire de l'enquête des informations utilisables dans un contexte d'évaluation. Il y aura sans doute des questions directes sur les évaluations monétaires des bénéfiques et des manque-à-gagner, et aussi des questions indirectes à partir desquelles l'analyse aboutira à des évaluations. Des indices de nuisance et de gêne pour certains des facteurs ou pour la totalité seront calculés, comme ceux du niveau de pollution sonore par exemple (voir Annexe I) et des normes d'environnement futures à respecter dans les investissements d'autoroute pourront être quantifiées. Les valeurs effectivement données traduiront évidemment un jugement politique, car elles seront fondées sur la proportion de la population à satisfaire, les coûts de projets techniquement réalisables et des mesures réparatrices (barrières anti-bruit, doubles fenêtres, etc.) et les limitations de dépenses d'environnement dans le budget global (voir figure 13). L'étude suggèrera la forme d'indice à utiliser,

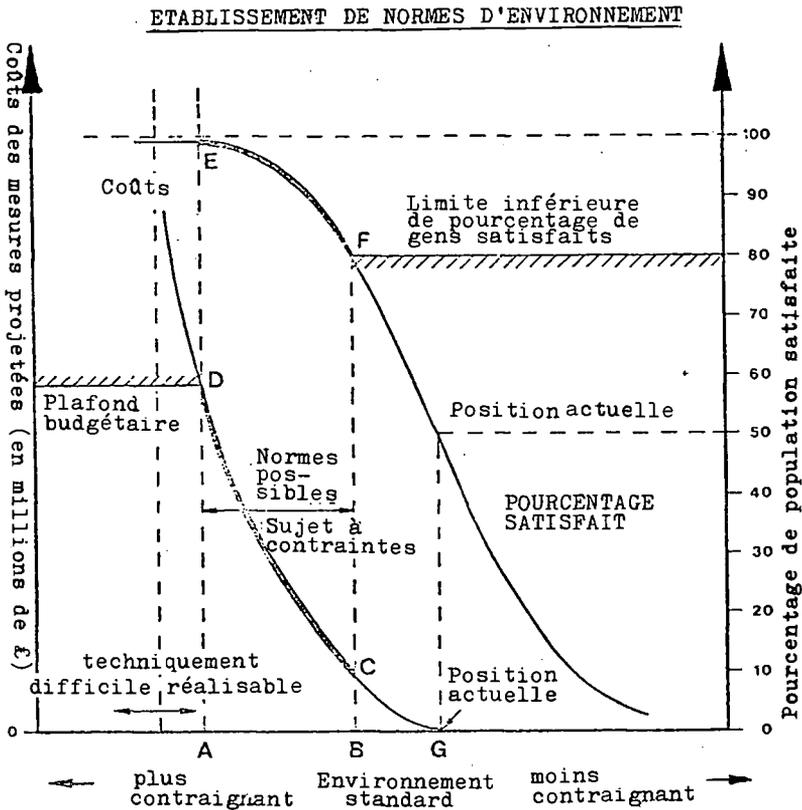
FIG (12)

LABORATOIRE D'EVALUATION REALISTE DE L'ENVIRONNEMENT
(Realistic Environment Assessment Laboratory, or R.E.A.L.)



et la fonction donnant la proportion de la population satisfaite par rapport aux valeurs de l'indice. Selon cette approche, l'enquête aboutirait à des informations qui pourraient être utilisées pour établir des normes limitant les coûts sociaux, sans pour autant attribuer une valeur monétaire à de tels coûts. Cette possibilité est attrayante, étant donné la grande difficulté éprouvée pour spécifier ce type de coût. L'information quant au coût requise serait beaucoup plus facile et précise à calculer, soit le coût-efficacité des meilleures mesures réalisables, à différents niveaux de la dépense totale.

Fig (13)



11. CONCLUSIONS

L'existence d'effets externes nés du transport routier soulève deux problèmes : premièrement, la nature de leur impact, et deuxièmement les mécanismes par lesquels on peut les contrôler. Dans le contexte du bien-être urbain, ces effets sont négatifs, marginaux et uni-directionnels dans leur ensemble, et les interactions se produisent principalement entre producteurs et consommateurs, et entre les consommateurs entre eux.

Les choix de contrôle disponibles de ce phénomène sont :

1) la négociation, 2) des redevances pour émissions, 3) une réglementation et 4) la prohibition. Il n'est pas possible de négocier à cause de la loi du grand nombre, mais des interdictions sélectives ont peut-être un rôle à jouer. Les deux grandes options qui se dégagent sont cependant les redevances et la réglementation.

Dans l'Annexe 3, un modèle d'économie parfaitement compétitive, avec des externalités négatives, est utilisé pour en faire dériver la taxe qui doit incomber aux usagers de véhicules polluants afin de réaliser un optimum de Pareto. Mais ce résultat est d'une valeur très limitée, pour des raisons à la fois théoriques et pratiques.

L'analyse doit être modifiée dès que l'on émet des hypothèses plus réalistes sur l'économie dans laquelle ces effets ont cours. Seul le "premier round" de désutilités pour les victimes de la pollution est pris en considération; en fait, les coûts sociaux sont bien plus élevés et généralisés que le modèle ne l'indique, à cause de l'interdépendance des fonctions d'utilité des individus.

Des redevances annuelles, ou des taxes sur le carburant ne sont en général pas assez sensibles, car elles ne distinguent pas - comme elles le devraient - entre les situations où les coûts sociaux sont élevés et celles où ils sont bas.

Pour être efficace, un système de redevances doit porter sur les aspects détériorants de la pollution, mais uniquement là où (et quand) il sont présents et subis; il faut que l'on comprenne bien qu'il est lié à la pollution; et il faut que l'utilisateur du véhicule réagisse aux arguments employés.

Alors que l'utilisateur d'un véhicule n'est en général pas en mesure de diminuer lui-même les effets polluants, les fabricants seraient sans doute amenés à réduire la pollution potentielle de leurs produits si la structure du marché changeait à la suite de

l'application d'un système de taxation. Il serait relativement facile d'imposer directement les fabricants, mais le rapport avec les dégâts effectifs de la pollution serait trop approximatif.

Nous n'avons pas entrepris d'analyse correspondante pour le choix de la réglementation, ni de comparaison entre les mérites relatifs des deux méthodes. L'une comme l'autre des deux options nécessite une évaluation complète des coûts sociaux y afférant.

Tout système de redevance reflétant avec précision les conséquences spatiales et temporelles des différents types de pollution produits et vécus est nécessairement complexe. Toutefois, on pourrait élaborer des systèmes de redevances simplifiés, basés sur des zones et des heures de la journée, et les instaurer. Les redevances joueraient aussi un rôle pour parvenir à atteindre un niveau de normes d'environnement donné.

On peut utiliser la possibilité de mesure et de prévision de chacun des cinq facteurs de l'environnement dans la définition d'un système de redevances, et dans les méthodes d'évaluation (en termes de portée de l'impact, basée sur le nombre de personnes affectées, la durée et l'intensité des effets). L'étendue de la connaissance actuelle varie considérablement d'un facteur à l'autre.

Le bruit dû au trafic peut être calculé grâce à des simulations par ordinateurs, lorsque sont donnés les paramètres de flux les plus importants - mais quelques paramètres, tels que la pente et le revêtement de la route ne sont pas encore intégrés dans le schéma de prévision. L'effet du profil de la route sur la propagation du bruit est entrain d'être étudié, en utilisant des techniques de modèle acoustique, et des résultats détaillés devraient être publiés en 1972. Le nombre de formes possibles des obstacles acoustiques (bâtiments, murs) est élevé pour les zones urbaines, et une analyse complète exigera un travail de plusieurs années.

Cependant, des données sur des combinaisons de plans de routes et de constructions avoisinantes que l'on retrouve fréquemment sont déjà disponibles. Des lois empiriques d'atténuation des distances, tenant compte de l'absorption par le sol, sont citées dans des manuels de construction de routes. L'influence de la topographie et des conditions atmosphériques doit faire l'objet de recherches ultérieures avant de pouvoir être introduite dans le programmeur. Des études sociologiques à portée limitée ont conduit à la formulation d'indices de nuisance basés sur des paramètres prévisibles de bruit dû au trafic. Jusqu'à

une date récente, les concepts des éléments fondamentaux des effets visuels ont fait défaut. Le principe de "l'angle solide", et son raffinement, le Facteur de Position, nous donne ce concept. Jusqu'à présent, il a seulement été utilisé pour comparer des jugements concernant l'intrusion émis par des observateurs, avec des calculs purement géométriques sur le contenu du champ visuel, portant sur une seule catégorie d'objets, à savoir des structures d'autoroutes surélevées. Mais les mêmes méthodes sont en train d'être étendues, par exemple à des véhicules en stationnement et en mouvement; on a d'autre part l'intention de développer les aspects esthétiques, en utilisant les jugements émis par des jurys, recrutés dans la population et parmi des professionnels. Les composants gazeux et en particules des gaz d'échappement peuvent être mesurés, mais ils n'ont pas été exprimés en tant que fonction du flux, de la composition et de la vitesse du trafic. Les concentrations mesurées dans les rues des villes sont en général bien en-dessous du niveau auquel des effets néfastes se produisent. Les composants responsables de la fumée d'échappement n'ont pas été identifiés avec précision, et les réactions sociales à cette nuisance n'ont pas été étudiées.

Les multiples intersections de voies pour piétons et de voies pour véhicules produisent des risques d'accident et des retards. Les probabilités d'accident en des endroits spécifiques peuvent être exprimées en termes de volume de mouvements de piétons et de véhicules, mais il est impossible de les généraliser, vu le grand nombre d'autres paramètres dont dépend le risque d'accident. Les retards dépendent des volumes du trafic, des largeurs des routes, des facilités pour traverser, et du groupe d'âge des piétons concernés. Une étude sur le mouvement des piétons à Coventry fournit des équations empiriques sur les flux de piétons, les mouvements de traversées des rues, et les répartitions du retard entre les jeunes, les adultes et les vieillards. Il s'est avéré possible de faire un modèle du mouvement des piétons à King's Heath, Birmingham, en adaptant les formes standard du modèle de gravitation utilisées dans les études de trafic à l'échelle d'activité des piétons. Le modèle peut être utilisé pour prédire l'effet de coupure de la construction d'une route importante à travers cette zone.

L'utilisation la plus large de ces techniques a été jusqu'à présent réalisée dans l'étude de cas de Coventry. L'exposition des habitants au bruit a été calculée en utilisant des prédictions de flux de trafic sur des routes des réseaux dérivés du modèle

de trafic, complétées par des données provenant de simulation intra-zone pour des petites routes. Les sections surélevées des autoroutes, existantes ou projetées, ont été visuellement estimées par les méthodes décrites ci-dessus. Les volumes importants d'activité de piétons ont été étudiés.

Une seule des cinq méthodes d'évaluation (que l'on développe simultanément) a produit jusqu'à présent un résultat spécifique : l'étude de Keele sur l'influence du bruit provenant du trafic sur le prix des maisons a montré que les maisons situées à des endroits bruyants d'une banlieue de Birmingham sont légèrement plus chères que des maisons similaires dans des zones tranquilles. Le résultat demeure inexplicé. Les autres méthodes en sont encore aux stades préliminaires.

Il est difficile d'établir une évaluation implicite de l'amélioration qu'apporte l'installation de doubles fenêtres au niveau sonore à l'intérieur des maisons, parce que les motivations du confort et les dépenses d'amélioration de ce genre sont typiquement complexes.

Les méthodes de jeux appliquées à des situations de choix ont fourni des renseignements sur la structure des préférences pour un petit échantillonnage de réponses. La seconde phase de ce projet, qui utilise un échantillon beaucoup plus grand, essaie de produire des évaluations absolues de quelques variables en introduisant un numéraire monétaire dans la situation. Le degré de réalisme atteint par des réponses hypothétiques au jeu simplifié est en train d'être vérifié en comparant par exemple des valeurs de durée des trajets dérivés du jeu avec des valeurs obtenues indépendamment dans des études de comportement.

Deux des méthodes sont principalement centrées sur la compréhension de la perception des effets sur l'environnement plutôt que sur l'obtention directe d'évaluations monétaires. Le Laboratoire d'Evaluation Réaliste de l'Environnement (ou encore, REAL en anglais) est utilisé en conjonction avec des groupes de personnes qui ont participé précédemment à des expériences autres, pour mesurer les réactions à des effets sonores et visuels, séparément ou en plusieurs combinaisons. Il se peut que ce travail mène finalement à formuler un Indice de l'Environnement qui inclut plusieurs si ce n'est tous les facteurs.

L'Enquête Nationale sur l'Environnement dégagera les attitudes envers les routes et le trafic, dans la mesure où ces derniers facteurs ont un effet sur la qualité de l'environnement

résidentiel. Partout où cela sera possible, les attitudes seront mises en relation avec les mesures des niveaux locaux de nuisances. Ultérieurement, les données de cette étude seront utilisées de plusieurs façons, à des fins d'évaluation. Une des applications est l'établissement de normes, en prenant en considération la proportion de la population insatisfaite en vertu du degré de pollution, des coûts des mesures de contrôle ou d'amélioration et des contraintes budgétaires globales.

L'étude scientifique sur une grande échelle des effets sur l'environnement causés par le transport routier dans les zones urbaines est un développement récent, bien qu'à la fois le public et les planificateurs en prennent conscience et s'en préoccupent de plus en plus depuis une dizaine d'années. Les méthodes de calcul et de prévision qui deviennent disponibles permettent l'extension partielle de l'analyse en termes de coûts et profits de la gestion des transports et des politiques d'investissements, de façon à inclure leurs conséquences sur l'environnement en termes qualitatifs plutôt qu'en termes économiques. L'évaluation économique de ces conséquences est particulièrement difficile, et l'on ne s'attend pas à ce que l'effort présent de recherche dans cette voie produise des résultats utilisables pour quelque temps encore.

Une situation dans laquelle d'importants coûts sociaux ne sont toujours pas comptabilisés est évidemment au-dessous de l'optimum. Mais, même si ces coûts sociaux étaient évalués et amenés à l'intérieur du mécanisme du marché, il y a plusieurs domaines où les termes commerciaux sont difficilement appropriés, par exemple dans la détermination du niveau de plomb dans l'atmosphère, et par conséquent dans les êtres humains. Les instruments économiques peuvent seulement avoir un rôle dans le contrôle de la pollution automobile dans la mesure où les marchés sont conduits à réagir dans le présent et dans le futur contre une vaste gamme d'effets nocifs. La connaissance de ces effets est incomplète, et spécialement celle des conséquences à plus long terme. Voilà pourquoi une modification appropriée des institutions sociales est une entreprise problématique. Le responsable devrait peut-être considérer les méthodes économiques comme un parmi plusieurs moyens possibles pour atteindre des objectifs définis dans un contexte socio-politique beaucoup plus vaste. Il y a après tout bien d'autres choses dans le ciel et sur terre que celles dont rêve la philosophie économique.

12. Annexe I

LA MESURE DU BRUIT

Le son est la sensation produite dans l'oreille par des fluctuations de la pression de l'air. Cette définition s'applique aussi au bruit, qui est souvent défini comme un son non désiré. De telles fluctuations peuvent être produites de diverses manières; l'une des plus communes est en faisant vibrer un objet, ce qui crée une série de compressions et de dilatations dans l'air ambiant. Ces changements de pression sont surimposés à la pression atmosphérique, et sont beaucoup plus petits qu'elle. Cependant, l'oreille est conçue de façon à répondre à ces fluctuations avec une grande sensibilité. La distance entre couches successives de compression est appelée "longueur d'onde". Le nombre de vibrations par seconde est appelé "fréquence", et s'exprime en cycles par seconde ou HERZ (abréviation Hz). La relation fondamentale entre longueur d'onde, fréquence et vitesse du son est donnée par l'équation (1).

$$\lambda f = c \dots \dots \dots (1)$$

où λ = longueur d'onde en mètre

f = fréquence en Hz

c = vitesse du son en m./sec. (constante à une température et à une pression donnée).

L'importance de la perturbation causée par les vibrations est décrite par la pression acoustique et par l'intensité acoustique. La pression moyenne d'une onde sonore est obtenue en prenant la moyenne des carrés des valeurs instantanées de pressions acoustiques à un très grand nombre d'instantes et en prenant la racine carrée de cette moyenne. La valeur en résultant est appelée la pression r.m.s. (root-mean-square) et est importante car elle correspond à la puissance transmise par l'onde sonore :

$$P_{rms} = \frac{p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_n^2}{n} \dots \dots \dots (2)$$

Les ondes sonores typiques donnent des pressions extrêmement faibles; les sons à peine audibles se mesurent en fonction de

millionièmes de la pression atmosphérique : la marge entre ces pressions acoustiques et celles qui produisent des sons douloureusement bruyants est de l'ordre de 1 à 1 million. On exprime normalement l'importance des sons sous forme de rapports de pression à une valeur de référence. Ces rapports ne sont pas donnés directement en chiffres, qui seraient si élevés que leur utilisation serait incommode, mais en rapports logarithmiques appelés BELS (1 bel = 10 décibels).

L'INTENSITE ACOUSTIQUE en un point d'une onde sonore est le flux moyen d'énergie acoustique par unité de surface (perpendiculaire à la direction de la propagation) et est mesurée en watts/mètre carré. L'intensité acoustique est égale au carré de la pression acoustique, divisé par un facteur appelé l'impédance caractéristique.

$$I = \frac{p^2}{P_c} \dots\dots\dots(3)$$

où I = intensité acoustique en watts/m²
 p = pression acoustique r.m.s. en Newtons/m²
 P_c = impédance caractéristique de l'air (densité de l'air x vitesse du son dans l'air).

On utilise des échelles logarithmiques pour la pression acoustique et l'intensité acoustique. Par exemple, si une intensité est dix fois plus grande qu'une intensité de référence donnée, le logarithme (base 10) du rapport est de 1, et ce rapport est appelé 1 Bel ou 10 Décibels. De même, un rapport d'intensités de 100 est de 2 Bels (ou 20 Décibels) en échelle logarithmique, puisque Log₁₀(100) = 2. En général

$$\text{Intensité Acoustique (en Décibels)} = 10 \log_{10} \frac{(I)}{(I_{\text{ref}})} \dots\dots\dots(4)$$

où I = Intensité acoustique mesurée
 I_{ref} = Intensité acoustique de référence

Pour des raisons pratiques, la pression acoustique est la quantité la plus souvent mesurée. Comme l'intensité acoustique est proportionnelle au carré de la pression acoustique r.m.s. (voir équ. 3), une expression de la pression acoustique en décibels (dB) peut être dérivée de l'équation (4) :

$$\text{Pression Acoustique} = 10 \log_{10} \frac{\frac{P^2}{2} / P_c}{P_{\text{ref}} / P_c} = 10 \log_{10} \frac{P}{P_{\text{ref}}}^2$$

ou $SPL = 20 \log_{10} \frac{P}{P_{ref}} \dots\dots\dots(5)$

où p = pression acoustique r.m.s. (Newtons/m²)

P ref = pression acoustique de référence r.m.s. (0,00002 Newtons/m²)

L'échelle des décibels est très pratique, car elle évite la manipulation de gros chiffres représentant des rapports d'intensité, mais il ne faut jamais oublier sa nature logarithmique. Si nous avons une source de bruit d'intensité I, dont la valeur en décibels est, disons, X :

$$X = 10 \log_{10} \frac{I}{I_{ref}}$$

et si l'on ajoute une seconde source similaire de telle façon que l'intensité nouvelle est 2I, LA NOUVELLE VALEUR EN DECIBELS N'EST PAS 2X. Sa valeur est donnée par :

$$Y = 10 \log_{10} \left\{ \frac{2I}{I_{ref}} \right\} = 10 \left\{ \log_{10} \left(\frac{I}{I_{ref}} \right) + \log_{10}(2) \right\}$$

$$Y = X + 10(,3010)$$

$$Y \approx X + 3$$

c'est-à-dire qu'en doublant l'intensité, on multiplie la valeur en décibels par approximativement 3. Si l'intensité est quadruplée, la valeur en décibel sera sextuplée. Si l'intensité est décuplée, l'augmentation en décibels est de 10 dB, et lorsque cette augmentation a lieu, elle se ressent subjectivement, comme si le son était approximativement deux fois plus fort.

L'oreille humaine n'est pas sensible à toutes les fréquences dans la gamme audible. Si nous écoutons un son de référence (A), de 1.000 Herz, qui a un certain S.P.L.*, puis un autre son (B) à une fréquence moindre, jusqu'à ce que les deux sons paraissent également bruyants, nous trouvons que le SPL de B est supérieur à celui de A d'une quantité fonction de la fréquence de B. Lorsque les mesures sont faites en utilisant un instrument de mesure des sons, cette propriété de l'oreille est imitée en introduisant dans l'équipement de mesure ce qu'on appelle des réseaux de pondération. Il y a plusieurs réseaux de pondération reconnus internationalement. Celui qui est le plus utilisé est le RESEAU A, qui donne le moins de sensibilité aux fréquences. Les mesures faites avec réaction pondérée sont rapportées au NIVEAU ACOUSTIQUE A, et s'écrivent "dBA" ou "dB(A)".

* SPL = Sound Pressure Level = Niveau de pression acoustique (NPA) (note du tr.)

Bien qu'un véhicule individuel comprenne plusieurs sources de bruit (moteur, échappement, pneus etc.), il est traité conventionnellement comme une source ponctuelle. Quant un véhicule rayonne de l'énergie acoustique, le niveau acoustique baisse lorsque la distance entre la source et l'observateur augmente. Le taux d'atténuation se calcule comme suit : supposons qu'une source S produise une intensité I_1 à la distance r_1 , et I_2 à la distance r_2 , avec

$$r_2 = 2r_1 \text{ ; (fig. 14)}$$

La même énergie acoustique totale rayonne également dans une sphère de rayon r_1 (avec l'aire $A_1 = 4\pi r_1^2$), et dans une sphère de rayon r_2 (avec l'aire $A_2 = 4\pi r_2^2 = 4(4\pi r_1^2) = 4A_1$).

$$\text{Donc } 4\pi r_1^2 I_1 = I_2 \times 4\pi (4r_1^2)$$

Comme I_1 et I_2 sont les flux d'énergie par unité de surface de la plus petite et de la plus grande des sphères respectivement,

$$I_2 = \frac{I_1}{4}$$

donc

$$\frac{P_2^2}{PC} = \frac{P_1^2/PC}{4}$$

et

$$P_2 = 1/2 P_1$$

Le NPA (Niveau de Pression Acoustique, SPL ou sound pressure level dans le texte) à r_1 est $X = 20 \log_{10} \frac{P_1}{P_{ref}}$

et le NPA à rayon r_2 est

$$Y = 20 \log_{10} \left\{ \frac{P_2}{P_{ref}} \right\} = 20 \log_{10} \left\{ \frac{P_1 \cdot 1}{P_{ref} \cdot 2} \right\}$$

$$= 20 \left\{ \log_{10} \left\{ \frac{P_1}{P_{ref}} \right\} + \log_{10} \left\{ \frac{1}{2} \right\} \right\}$$

$$Y = X - 20 \log_{10}(2)$$

$$Y \simeq X - 6$$

C'est-à-dire que le niveau de pression acoustique tombe de 6 dB chaque fois que la distance entre l'émetteur ponctuel et l'observateur double.

Le niveau de bruit émis par un flot de trafic sur une route se calcule en additionnant les énergies acoustiques reçues en un point particulier, et émises par de nombreux véhicules individuels qui sont à différentes distances de l'observateur à un instant donné. La simplification conventionnelle de cette situation est de traiter le flot de trafic comme une source linéaire. La loi d'atténuation du son avec la distance est différente de celle qui régit une source ponctuelle. Considérons une unité de longueur de la source linéaire (fig. 15), le flux d'énergie acoustique dans les cylindres de rayons r_1 et r_2 sont les mêmes. donc

$$2\pi r_1 I_1 = I_2 \times 2 (2r_1)$$

$$I_2 = I_1/2$$

donc

$$\frac{P^2}{P_c} = \frac{P^2}{2P_c}$$

$$\text{et } P_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} P_1$$

comme précédemment,

$$X = 20 \log_{10} \left\{ \frac{P_1}{P_{ref}} \right\} \text{ dB et } Y = 20 \log_{10} \left\{ \frac{P^2}{P_{ref}} \right\} \text{ dB.}$$

$$Y = 20 \left\{ \log_{10} \left\{ \frac{P}{P_{ref}} \right\} + \log_{10} \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \right\} \right\}$$

$$Y = X - 20 \log_{10} (\sqrt{2})$$

$$Y = (X - 3) \text{ dB}$$

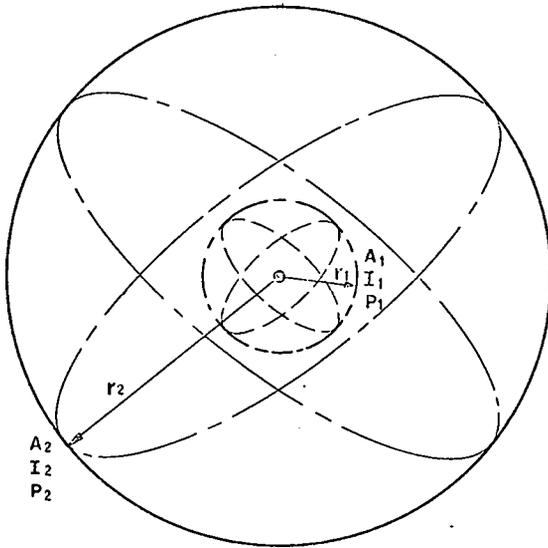
c'est-à-dire que le niveau de pression acoustique tombe de 3 dB lorsque la distance entre la source linéaire et l'observateur double.

Le NPA en un point donné dû à un flot de trafic varie d'un moment à l'autre. Ceci parce que chaque source individuelle (le véhicule en mouvement) est à une distance différente à chaque instant et que sa contribution au niveau général en ce point est fonction du temps.

On sait que la valeur instantanée du NPA (ou SPL, sound pressure level), due à tous les véhicules du flot obéit à la loi de la distribution statistique normale dans presque toutes les circonstances. Les paramètres utilisés pour caractériser cette distribution sont respectivement le niveau sonore, dépassé pour 10 %, 50 % et 90 % du temps, soit L_{10} , L_{50} et L_{90} .

Fig (14)

SOURCE PONCTUELLE



Fig(15)

SOURCE LINEAIRE

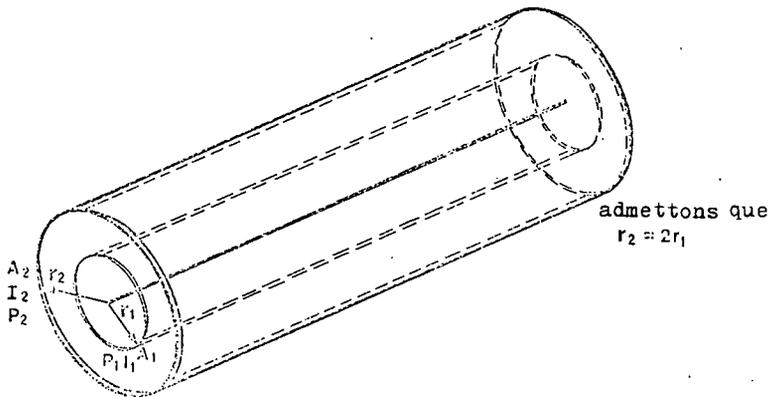
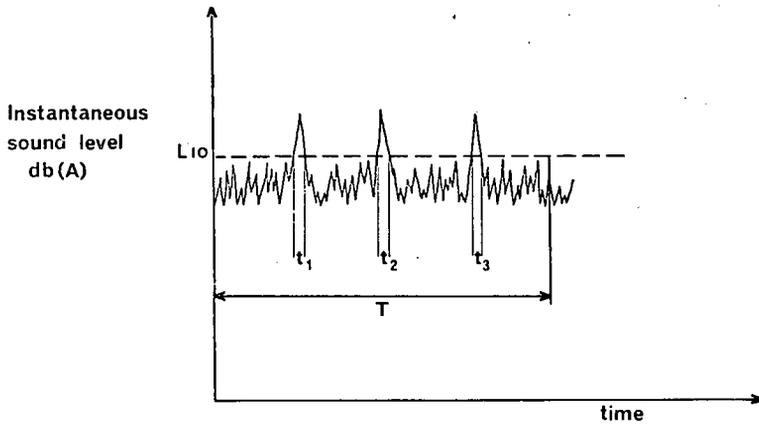


Fig (16)

DEFINITION DU NIVEAU ACOUSTIQUE 10%, L_{10}



$$\frac{t_1 + t_2 + t_3}{T} = \frac{1}{10}$$

Dans la figure 16, L_{10} est la valeur telle que le niveau sonore lui est supérieur pour 10 % de l'intervalle de temps T, soit :

$$(t_1 + t_2 + t_3) = 0,1T, \text{ ou plus g\u00e9n\u00e9ralement } \sum_{i=1}^n t_i = 0,1T$$

De m\u00eame, L_{50} est tel que $\sum_{i=1}^n t_i = 0,5T$ et L_{90} est tel que

$$\sum_{i=1}^n t_i = 0,9T$$

lorsque l'on utilise L_{10} , L_{50} et L_{90} , l'intervalle de temps correspondant T (d'habitude une heure, mais parfois un jour de 18 h., de 6 h. du matin \u00e0 minuit) doit \u00eatre sp\u00e9cifi\u00e9, en vue d'\u00e9viter toute confusion.

Des enqu\u00eates sociales sur la g\u00eane due au bruit caus\u00e9 par le trafic ont montr\u00e9 que la nuisance correspond plut\u00f4t mal avec L_{90} , plut\u00f4t mieux avec L_{50} et encore mieux avec L_{10} . Il a \u00e9t\u00e9 aussi montr\u00e9 que les indices construits \u00e0 partir de L_{10} , L_{50} et L_{90} correspondent mieux avec la nuisance qu'aucun autre param\u00e8tre ne le ferait. L'indice acoustique du trafic (TNI, trafic noise index) est une fonction de L_{10} et L_{90} qui donne un poids consid\u00e9rable \u00e0 la nuisance potentielle du caract\u00e8re variable du bruit, c'est-\u00e0-dire la marge ($L_{10} - L_{90}$).

$$TNI = L_{90} + 4(L_{10} - L_{90}) - 30 \dots \dots \dots (6)$$

L'indice de pollution acoustique, L_{NP} , est un autre indice social qui tient compte de l'intensit\u00e9 et du caract\u00e8re variable du bruit.

$$L_{NP} = L_{eq} + 2,56 \sigma \dots \dots \dots (7)$$

o\u00f9 L_{eq} = niveau de bruit continu \u00e9quivalent

σ = d\u00e9viation standard des niveaux acoustiques instantan\u00e9s

et

$$L_{eq} = k \log_{10} \frac{1}{T} \int_0^T 10^{L/10} dt$$

avec L = niveau acoustique (level)

T = p\u00e9riode totale de mesure (time)

k = param\u00e8tre de pond\u00e9ration

L_{NP} est applicable \u00e0 divers types de bruit, soit isol\u00e9s soit combin\u00e9s, qui le rendent tr\u00e8s utile pour estimer des climats de

bruits complexes. Si l'on ne considère que le bruit du trafic seulement, sa valeur est donnée approximativement par

$$L_{NP} \approx L_{50} + (L_{10} - L_{90}) + \frac{(L_{10} - L_{90})^2}{56} \dots\dots\dots (8)$$

56

Dans le travail d'évaluation du bruit, il est important de distinguer avec soin les paramètres purement physiques utilisés pour décrire les climats acoustiques (L_{10} , L_{50} et L_{90}) et les indices sociaux (par exemple, TNI ou L_{NP}), destinés à assurer une corrélation avec les réactions communautaires obtenues par des études et enquêtes sociales.

LA MESURE DE L'INTRUSION VISUELLE

Cette mesure est basée sur le concept de l'angle solide. L'unité d'angle solide est le stéradian, qui est défini par l'angle sous-tendu au centre d'une sphère de rayon un par une aire unité sur la surface de la sphère. L'angle solide correspondant à une sphère toute entière est de 4π stéradians.

Cependant, une route ne peut être considérée comme analogue à une aire sur la surface d'une sphère. Elle ressemble plutôt à un rectangle ou à une série de rectangles dans le champ de vision de l'observateur. L'angle solide sous-tendu par elle est donné par:

$$V = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \frac{h d}{4\pi d^2} d\theta \quad (1) \text{ où } h = \text{hauteur de la route (en mètres)}$$

$d = \text{distance de l'observateur}$

$\theta = \text{position angulaire, en radians.}$

La solution de ceci peut être obtenue le plus facilement par l'utilisation de coordonnées polaires. Soit, dans la figure 17, AB qui représente la route; soit 'd_E' la distance perpendiculaire de l'observateur à la ligne AB et soient A et B les limites du champ de vision de l'observateur. La distance 'd' de la figure 17 est donnée par:

$$d = \frac{d_E}{\cos(90 - \theta)} = \frac{d_E}{\sin \theta}$$

En partant de cette valeur dans l'équation (1) et en simplifiant, l'angle solide est donné par:

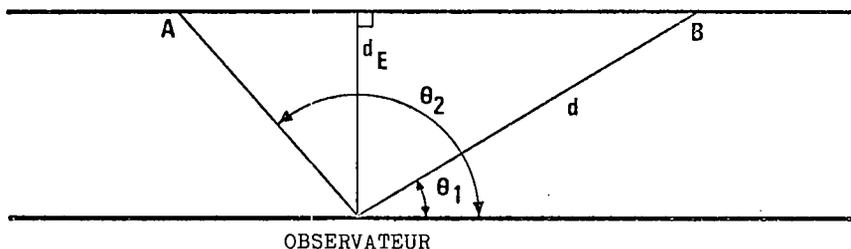
$$V = \frac{h}{4\pi d_E} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta d\theta$$

puisque

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta d\theta = \cos \theta_1 - \cos \theta_2,$$

$$V = \frac{h}{4\pi d_E} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2) \dots \dots \dots (2)$$

FIG (17) ANGLE SOLIDE SOUS-TENDU PAR UNE ROUTE



La formule pour l'intrusion visuelle est donc :

$$V = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{4\pi d_{Ei}} (\cos \theta_{1i} - \cos \theta_{2i}) \dots \dots \dots (3)$$

où la route est divisée en 'i' sections, afin que chaque section soit à une distance perpendiculaire de la route différente, et ait une hauteur donnée. En rendant de manière approximative les courbes de la route par des lignes droites (simplification raisonnable, les courbes des grandes routes ayant toutes un très large rayon), il est possible de calculer cette mesure d'intrusion visuelle. La formule de l'angle solide V donnée dans l'équation (3) procède de deux simplifications :

1. la route est présumée vue du niveau du sol. Si la route elle-même est soit au niveau du sol soit en coupe, il faut changer cette hypothèse, car en ce cas la hauteur serait de zéro, voire négative. Cette rectification est facile à faire. La Fig. 18 montre la géométrie d'une route en tranchée. (le calcul pour des routes au niveau du sol est identique). Pour évaluer V, l'équation (3) est utilisée, en substituant à h la hauteur effective h', h' est calculé d'après la formule :

$$h' = \frac{E W}{(d_E + W)}$$

où E = la hauteur de l'oeil de l'observateur (eye)

W : largeur (width) de la tranchée - ou de la route pour les routes à niveau-

d_E = distance normale séparant l'observateur du bord de la tranchée.

2. Pour simplifier, l'équation (3) projette la route dans un cylindre et non sur une sphère. On en voit le résultat dans la section montrée dans la Fig. 19. Une projection sphérique réelle tiendrait compte des hauteurs des arcs mais non des hauteurs verticales. Il apparaît sur la figure que la différence avec la valeur réelle augmente avec h. En tenant compte de ceci, la formule correcte pour calculer l'angle solide V serait :

$$V = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \left\{ \tan^{-1} \left(\frac{(h-E) \sin \theta}{d_{Ez}} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{E \sin \theta}{d_E} \right) \right\} d\theta \dots \dots \dots (4)$$

où E = hauteur des yeux de l'observateur

d_E = distance normale le séparant de la route, en mètres

h = hauteur de l'autoroute, en mètres

θ₁, θ₂ = angles horizontaux des limites de vision

Fig (13)
AUTOROUTE EN TRANCHEE

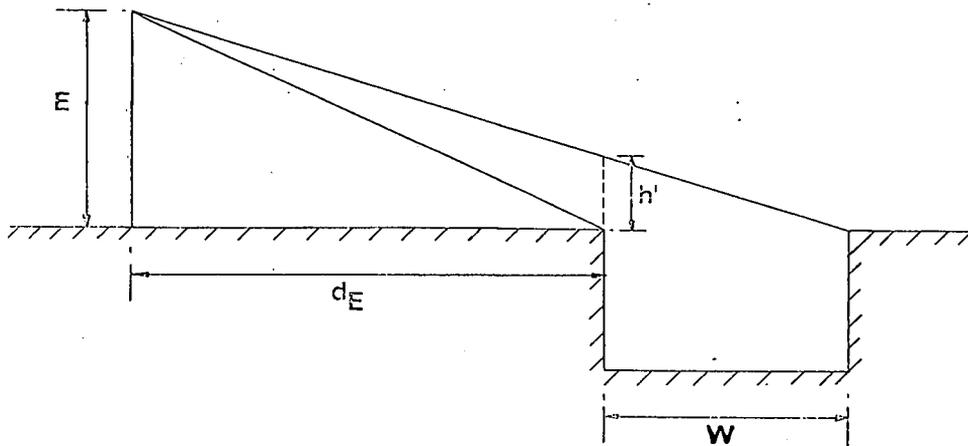


Fig (19)

DIVERGENCES ENTRE LES PROJECTIONS SPHERIQUES ET CYLINDRIQUES

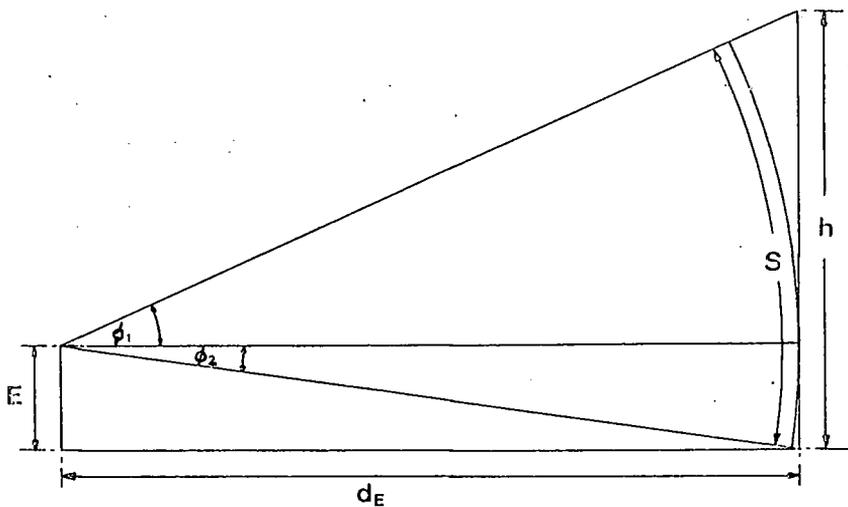




Fig (20)

PHOTOGRAPHIE A LARGE CHAMP DE VISION D'UNE AUTOROUTE SURELEVEE

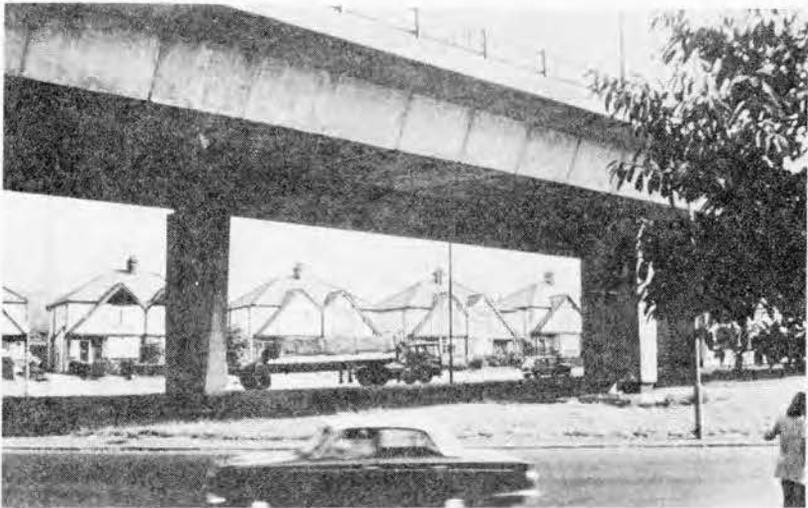


Fig (21)

PHOTOGRAPHIE ORDINAIRE D'UNE AUTOROUTE SURELEVEE

Il est préférable de confier le problème à l'ordinateur. Toutefois, en prenant un facteur de correction fondé sur le rapport s/h, on peut obtenir une approximation très satisfaisante de la valeur réelle. On la calcule comme suit :

$$C = \frac{s}{h} = \frac{(\phi_1 + \phi_2)}{(\tan \phi_1 + \tan \phi_2)} \dots\dots\dots (5)$$

où C = facteur de correction

s = hauteur de l'arc

h = hauteur verticale

ϕ_1 = l'angle en radians sous-tendu par l'autoroute au-dessus du niveau de l'oeil

ϕ_2 = l'angle mesuré en radians, inférieur au niveau de l'oeil

Le calcul des angles solides pour les structures d'autoroutes surélevées serait très compliqué. On propose l'utilisation de techniques photo-gramétriques résumées ci-dessous, ou d'une technique géométrique équivalente utilisant des croquis. Si l'on désire utiliser l'angle solide pondéré comme la partie 7 le décrit, il faudrait calculer les angles solides pour chaque zone séparément.

Photogramétrie.

Selon la méthode mise au point par les consultants, on prend une photographie avec un appareil à large champ de vision, soit à champ angulaire de 180° (un appareil ordinaire a un champ angulaire de 47°). Dans les Fig. 20 et 21, on montre les vues prises respectivement avec le premier et le second appareil, ce qui permet de les comparer.

Une grille photogramétrique, toute préparée, telle que la montre la Fig. (22), est alors placée sur un agrandissement de la photo à large champ; on compte alors les carrés de la grille qui sont occupés par l'autoroute; cette opération peut être effectuée séparément pour chaque zone, afin de faciliter les calculs de l'angle solide pondéré.

Cas Types.

Comme les mesures proposées dans cette étude sont peu connues, nous allons prendre deux cas, afin de montrer l'effet de la distance lorsqu'une longueur donnée d'autoroute est visible. Dans le cas (a), nous allons présumer qu'une hauteur de 3 mètres d'autoroute est visible sur 200 mètres des maisons qui lui sont perpendiculaires, et dans le cas (b) c'est 400 mètres de la même autoroute qui seront visibles de maisons qui lui sont parallèles.

Ces deux cas sont illustrés par les Fig. 23 et 24. L'angle solide pour chaque distance est montré sur un graphique dans la Fig. 25, et numériquement dans le Tableau 10.

Fig (22)
GRILLE PHOTOGRAMMETRIQUE

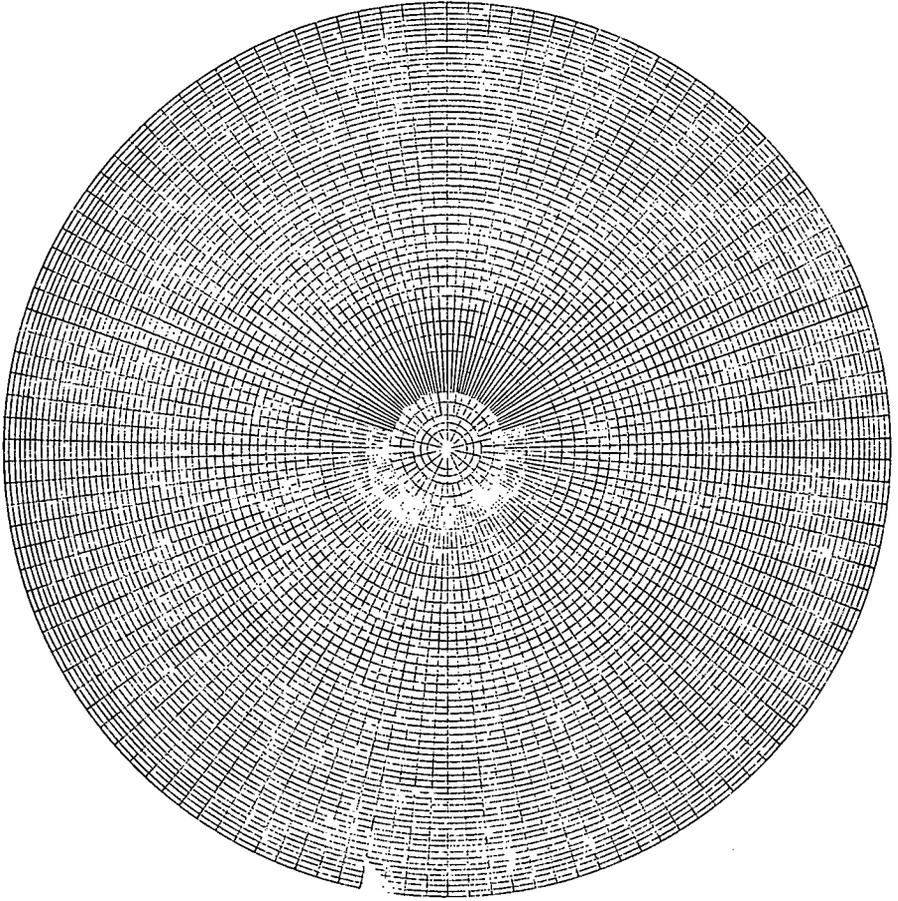


TABLEAU 10

INDICE D'INTRUSION VISUELLE PONDEREE ET NON PONDEREE
D'UNE AUTOROUTE, TELLE QU'ELLE EST VUE DE MAISONS PERPENDICULAIRES
OU PARALLELES A LA ROUTE

(valeurs données en milli-steradians)

DISTANCE, en mètres	Maisons à angle droit avec la route		Maisons parallèles à la route	
	Angle Solide non Pondéré	Angle Solide Pondéré	Angle Solide non Pondéré	Angle Solide Pondéré
25	9,5	49,6	19,0	240,7
50	4,6	21,9	9,2	189,9
100	2,1	7,6	4,2	94,7
150	1,3	3,6	2,6	62,8
200	0,8	1,5	1,6	46,3

L'angle solide pondéré par les facteurs de position décrits en (7) fait ressortir l'importance des éléments situés au centre du champ de vision, comme le tableau le montre.

Fig. (23)

INTRUSION VISUELLE - CAS TYPE (a)

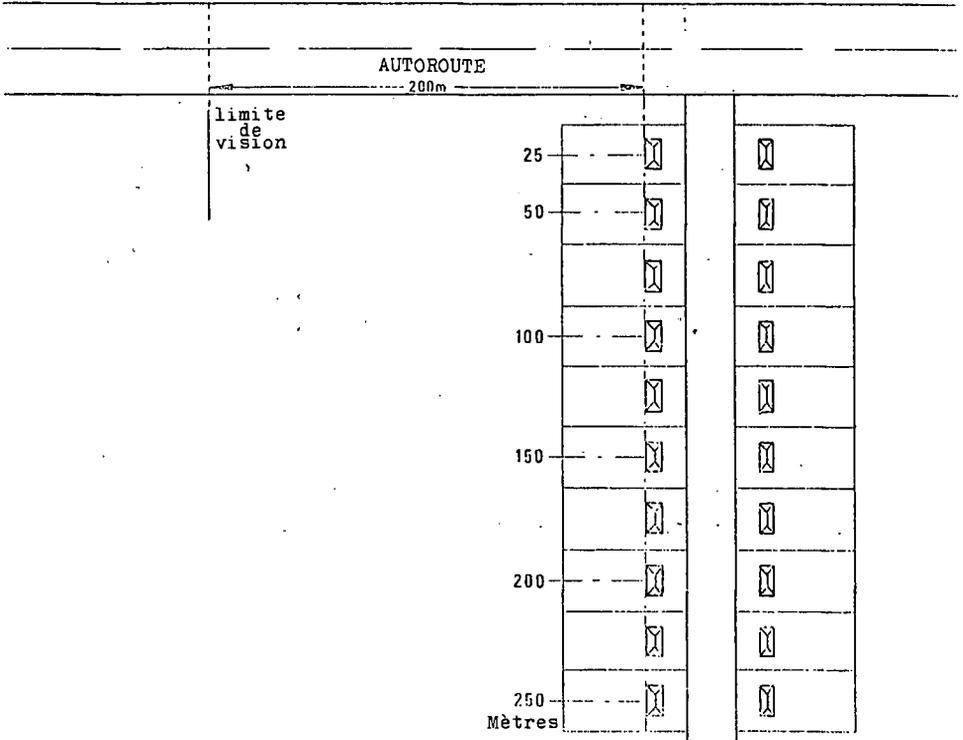


Fig. (24)

INTRUSION VISUELLE - CAS TYPE (b)

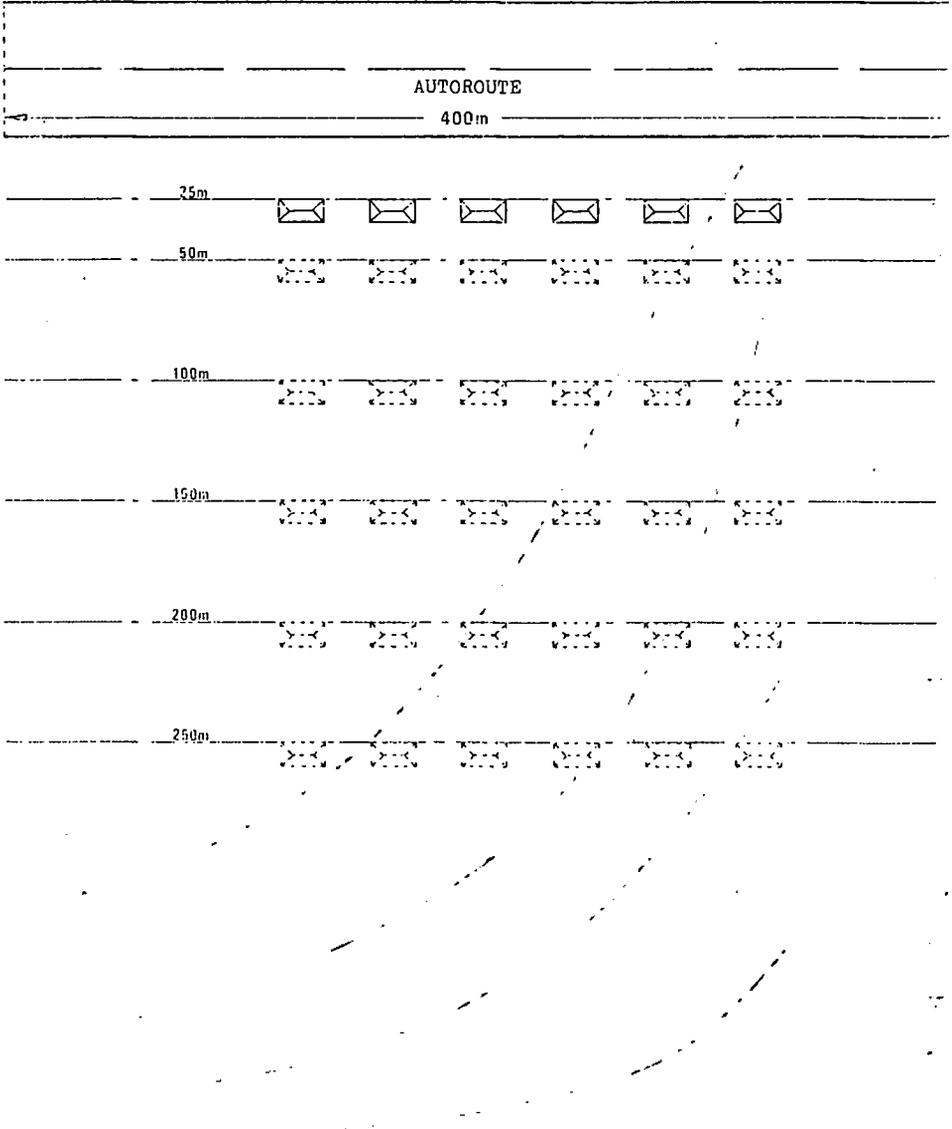
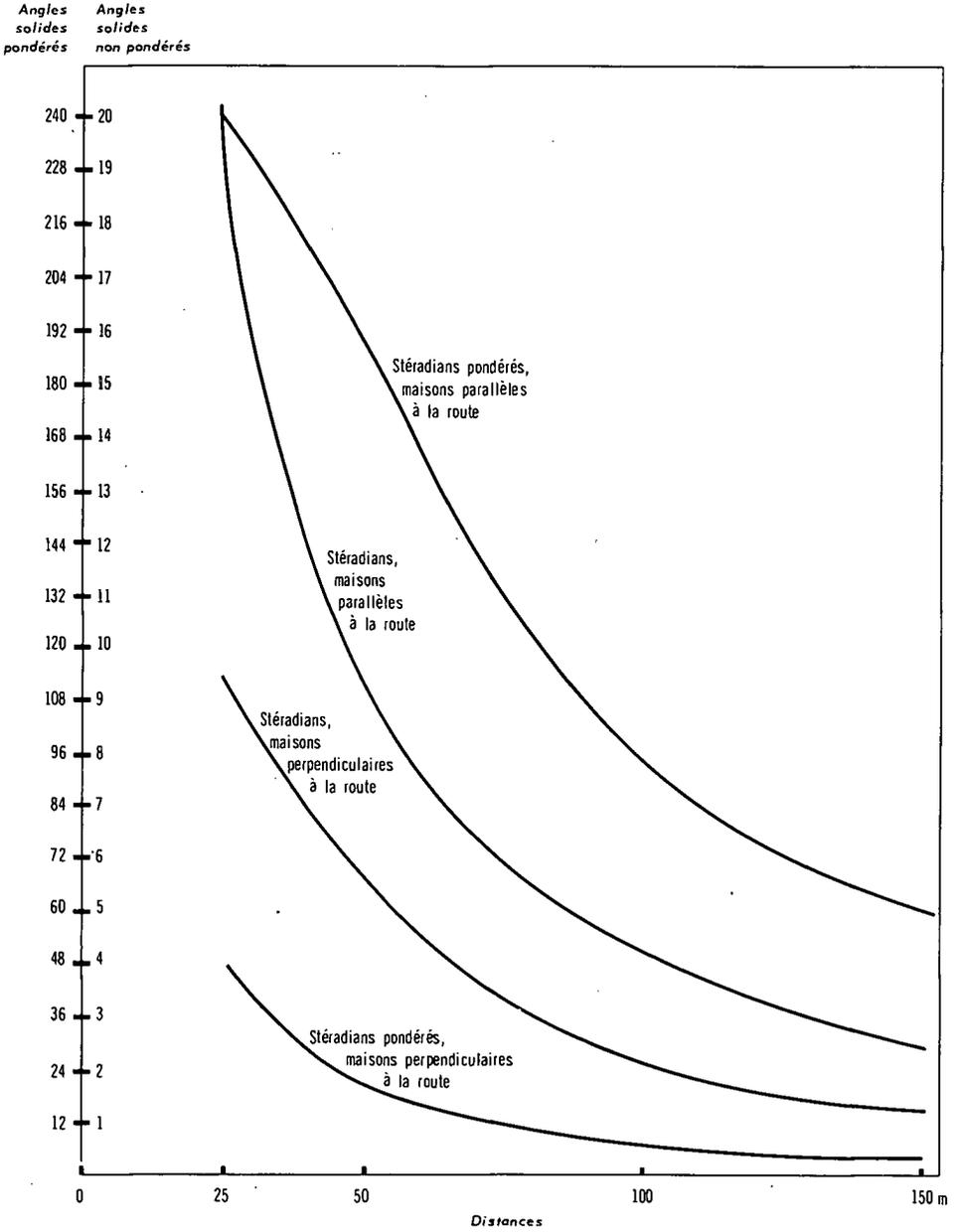


Figure 25

L'INDICE D'INTRUSION VISUELLE

Variations des angles solides pondérés et non pondérés avec la distance -
Voir tableau 10 pour cas types



14. Annexe 3.

MODELE D'UNE ECONOMIE AVEC EXTERNALITES

Si nous vivions dans un monde économique dans lequel :

1. tous les producteurs feraient un profit maximum,
2. tous les individus profiteraient au maximum des prestations,
3. une parfaite compétition règnerait entre tous les acheteurs et tous les vendeurs,
4. chacun serait parfaitement "rationnel" et capable d'équilibrer la quantité et nature de ses achats et de ses ventes,
5. une connaissance parfaite s'étendrait aux activités actuelles des autres et aussi à leurs activités futures,
6. aucune interdépendance n'existerait entre les fonctions de production des firmes et les fonctions utilitaires de l'individu,
7. l'économie serait en équilibre, avec une gamme de prix stable, et si, de plus nous avions tendance à accepter les jugements de valeurs suivants, habituellement attribués à Pareto, à savoir que :
 - a. le bien-être d'une société est fonction du bien-être de tous les individus la composant plutôt que de certains individus seulement ou d'une entité telle que "l'Etat";
 - b. il ne faut tenir compte d'aucune cause non économique affectant le bien-être de l'individu. Son utilité ne dépend que de son propre revenu, sa santé et ses loisirs, c'est-à-dire de biens et de services échangeables sur le marché;
 - d. tout changement dans l'allocation des ressources qui augmente le revenu et les loisirs d'au moins une personne sans pour autant réduire ceux d'une ou de plusieurs autres doit être considéré comme une augmentation du bien-être social. Ceci est souvent appelé le jugement de valeur de Pareto, ou le critère du bien-être.

Alors le théorème de bien-être économique majeur, concernant la relation entre la compétition parfaite et l'optimum de Pareto énoncerait que toute économie fonctionnant dans les conditions spécifiées en (1) à (7) ci-dessus conduirait à une répartition optimale des ressources, selon les jugements de valeur (a) à (d). Selon la répartition initiale de la propriété des biens et des facteurs, il

existe un nombre infini d'optima de Pareto, différenciés par des répartitions différentes des niveaux d'utilité.

Dans ce modèle, concentrons-nous sur les conséquences de la suppression de l'hypothèse (6).

Considérons deux individus, 'r' et 'g'. L'utilité de 'r' dépend de sa part de biens $x_1, x_2 \dots x_k \dots x_i$ et de son facteur de dons $v_1, v_2 \dots v_j$. La part de biens x_k de 'r' (en la circonstance, le voyage en un véhicule polluant) définie par x_k^r , fournit de l'utilité pour 'r', et de la désutilité pour 'g'. Ainsi donc, l'utilité de 'g' dépend de sa part des biens 'i' x_i^g , des facteurs 'j' v_j^g , et de x_k^r . Les fonctions d'utilités de 'r' et 'g' prennent la forme :

$$U^r = U^r(x_i^r, v_j^r) \text{ ----- (1)}$$

$$U^g = U^g(x_i^g, v_j^g, x_k^r) \text{ ----- (2)}$$

La maximisation d'utilité pour 'r' et 'g' est soumise à trois contraintes :

$$x_i^r + x_i^g = X_i \text{ ----- (3)}$$

$$v_j^r + v_j^g = V_j \text{ ----- (4)}$$

et $F(X_1 \dots X_n, V_1 \dots V_m) = 0 \text{ ----- (5)}$

L'équation (3) indique simplement que la totalité de tous les biens 'i' allant à 'r' et 'g' est égale à la somme totale disponible de chaque bien. L'équation (4) exprime la même égalité en ce qui concerne les facteurs. L'équation (5) exprime la limite de production de l'économie.

Pour trouver la condition nécessaire à une répartition des ressources optimale dans le sens de Pareto, nous maximisons l'utilité pour un individu donné, disons 'g', tout en établissant l'utilité de l'autre individu à l'un des nombreux niveaux arbitraires possibles. Nous établissons une fonction de Lagrange, trouvons ses dérivées premières partielles, que nous annulons.

.../...

$$L = U^g(x_i^g, v_j^g, x_k^r) + \lambda_r \{U^r(x_i^r, v_j^r) - U^r\} + \mu_i \{(x_i^g + x_i^r) - X_i\} + \pi_j \{(v_j^g + v_j^r) - V_j\} + r \{F(x_1 \dots x_n, v_1 \dots v_m)\} \dots (6)$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_j^g} = \frac{\partial U^g}{\partial x_j^g} + \mu_j = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_k^r} = \frac{\partial U^g}{\partial x_k^r} + \lambda_r \frac{\partial U^r}{\partial x_k^r} + \mu_k = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_j^r} = \lambda_r \frac{\partial U^r}{\partial x_j^r} + \mu_j = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_k} = -\mu_k + r \frac{\partial F}{\partial x_k} = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_j} = -\mu_j + r \frac{\partial F}{\partial x_j} = 0$$

} ----- (7)

De l'équation (7), nous obtenons:

$$\frac{\partial U^r / \partial x_k^r}{\partial U^r / \partial x_j^r} + \frac{\partial U^g / \partial x_k^r}{\partial U^g / \partial x_j^g} = \frac{\partial F / \partial x_k}{\partial F / \partial x_j} \dots (8)$$

comme condition nécessaire à une répartition optimale à la Pareto. En transposant les chiffres en mots, le taux de substitution marginale du bien x_k à un bien numéraire s_j , par r , plus l'importance marginale pour 'g' de la consommation de 'r' en x_k , en rapport avec la consommation de 'g' en x_j doit, à l'optimum, être égale aux taux technique de transformation de x_k en x_j . Lorsque 'n' individus sont affectés par la consommation de x par 'r', nous obtenons:

$$\frac{\partial U^r / \partial x_k^r}{\partial U^r / \partial x_j^r} + \sum_{q=1}^n \frac{\partial U^g / \partial x_k^r}{\partial U^g / \partial x_j^g} = \frac{\partial F / \partial x_k}{\partial F / \partial x_j} \dots (9)$$

dans notre cas d'externalités négatives,

$$\frac{\partial U^g / \partial x_k^r}{\partial U^g / \partial x_j^g} < 0 \quad (q=1, 2 \dots n; q \neq r) \dots (10)$$

L'individu 'r' atteint son équilibre d'utilité maximum lorsque le prix du marché est égal à la seule utilité marginale, en termes d'argent, pour lui-même, de la consommation qu'il en fait; donc pour lui l'équation (11) est valable.

$$\frac{\partial U^r / \partial x_k^r}{\partial U^r / \partial x_j^r} = \frac{\partial F / \partial X_k}{\partial F / \partial X_j} \text{ ----- (11)}$$

Il est important de noter qu'une déséconomie de consommation marginale (uni-directionnelle) n'existe que lorsque les équations (10) et (11) sont valables. Si seule l'équation (10) s'applique, - donc s'il y a une certaine interdépendance des fonctions d'utilité-, il peut n'y avoir aucune externalité, car un marché ou échange entre les individus concernés peut s'effectuer, de telle façon que l'équation (8) ou l'équation (9) s'appliquent.

Pigou maintient (Ref. 3.1.) que, dans une situation où une déséconomie externe se produit, une taxe imposée à l'agent responsable permettrait à l'économie d'atteindre un optimum de Pareto. Voyons maintenant quelle information serait nécessaire au responsable de cette politique pour que les conseil de Pigou deviennent applicables. Supposons que le responsable ait un moyen de déterminer l'utilité marginale en termes du numéraire de x_k^r à chacun des individus 1, 2 n ($n \neq r$). Il pourrait alors calculer :

$$\sum_{q=1}^n \frac{\partial U^q / \partial x_k^r}{\partial U^q / \partial x_j^q}$$

pour tous points spécifiques d'équilibre de r et 1, 2 n. Si une taxe T^r imposée à l'individu 'r' pour la consommation de x_k telle que le taux marginal de taxe à n'importe quel point soit égal à la valeur de l'externalité marginale pour ce point, en tous points affectés par l'externalité, alors la condition pour l'équilibre privé de l'individu 'r' devient :

$$\frac{\partial U^r / \partial x_k^r}{\partial U^r / \partial x_j^r} + \frac{\partial T^r}{\partial x_k^r} = \frac{\partial F / \partial X_k}{\partial F / \partial X_j} \text{ ----- (12)}$$

$$\frac{\partial T^r}{\partial x_k^r} = \sum_{q=1}^n \frac{\partial U^q / \partial x_k^r}{\partial U^q / \partial x_j^q} \text{ ----- (13)}$$

Les équations (12) et (13) ensemble sont identiques à l'équation (9), condition nécessaire pour l'optimum de Pareto; d'où il ressort qu'à la condition que la taxe de Pigou soit "correctement" calculée (ou réponde à l'équation (13), son imposition au pollueur

(sans subventions aux pollués) aboutira à l'optimum de Pareto (voir Ref. 3.2.3.3.). Il convient de souligner deux aspects de l'équation (13); premièrement, l'expression de la taxe est une valeur instantanée - le nombre de personnes affectées, n , et l'ampleur de l'effet, $\partial U^i / \partial x_k^i$ varient selon l'emplacement et l'heure de la journée. Pour un trajet déterminé, la taxe devrait être obtenue par une intégrale de temps de l'équation (13). Deuxièmement, un rapport est établi entre la taxe et la personne effectuant le parcours, et, par implication, avec le type de véhicule utilisé. La taxe est donc susceptible de refléter les diverses quantités de pollution créées par des véhicules de fabrication ou de catégorie différentes.

15. REFERENCES

SECTION 3

- 3.1 A C PIGOU 'The Economics of Welfare' 4th edn, London, 1932.
- 3.2 J M BUCHANAN & W C STUBBLEBINE 'Externality' *Economica*, Nov 1962. Vol 29 pp 371-84.
- 3.3 W J BAUMOL 'On taxation and the control of externalities' (to be published).
- 3.4 R G LIPSEY & K LANCASTER 'The general theory of Second best' *Review of Economic Studies*, 1956.
- 3.5 D APPELYARD & M LINTELL 'Environmental Quality of City Streets' Institute of Urban & Regional Development, University of California, Berkeley, Working Paper No. 142, December, 1970.
- 3.6 W J BAUMOL & W E OATES 'The use of standards and prices for protection of the environment'. *Swedish Journal of Economics*, 1971.
- 3.7 P A SAMUELSON 'The pure theory of public expenditure' *Review of Economics and Statistics*, Nov 1954. Vol 36.
- 3.8 F M BATOR 'The anatomy of market failure' *Quarterly Journal of Economics*, 1958.
- 3.9 R H COASE 'The problem of Social cost' *The Journal of Law and Economics*, October 1960. Vol 3 pp 1-44.
- 3.10 E J MISHAN 'Reflections on recent developments in the concept of external effects' *Canadian Journal of Economics and Political Science*, Feb 1965. Vol 31, pp 3-34.
- 3.11 E J MISHAN 'The costs of economic growth' Staple Press, London, 1967.

- 3.12 F T DOLBEAR 'On the theory of optimum external-
 nality' The American Economic
 Review, March 1967.
- 3.13 R PORTES 'The search for efficiency in the
 presence of externalities'
 Unfashionable Economics - Essays
 in honour of Lord Balogh, ed
 P Streeten.
- 3.14 S K NATH 'A Reappraisal of Welfare Econo-
 mics' Routledge & Kegan Paul, 1969.

SECTION 4

- 4.1 B L & A S WELCH 'Physiological Effects of Noise'
 Plenum Press, 1970.
- 4.2 K D KRYTER 'The Effects of Noise on Man'
 Academic Press, 1970.
- 4.3 I ABEY-WICKRAMA, 'Mental hospital admissions and
 M F A'BROOK aircraft noise'
 F E G GATTONI, The Lancet, 13 December, 1969.
 C F HERRIDGE
- 4.4 D E BROADBENT & 'Effects of noise reduction in a
 E A J LITTLE work situation'
 Occupational Psychology, Vol 24,
 1960.
- 4.5 A CARPENTER 'The effects of noise on work'
 Annals of Occupational Hygiene,
 Vol 1, London, 1958.
- 4.6 C HOLLOWAY 'Noise and efficiency: the
 spoken word'
 New Scientist, 11 May, 1969.
- 4.7 R HOCKEY 'Noise and efficiency; the visual
 task'
 New Scientist, 11 May, 1969.
- 4.8 M M WOODHEAD 'The effect of bursts of noise on
 an arithmetic task'
 The American Journal of Psycho-
 logic, Vol 77, No. 4, 1964.

- 4.9 P RABBIT 'Recognition: Memory for words correctly heard in noise' Psychonomic Science, Vol 6, No. 8, 1966.
- 4.10 D W J CORCORAN 'Noise and loss of sleep' Quarterly Journal of Experimental Psychology, Vol 14, No. 3, 1962.
- 4.11 D E BROADBENT 'Effects of noise on behaviour' Handbook of Noise Control (ed C M Harris) New York, 1957.
- 4.12 A CARPENTER 'How does noise affect the Individual?' Impulse, No. 24, 1964.
- 4.13 M M WOODHEAD 'Searching a visual display in intermittent noise' Journal of Sound and Vibration, Vol 1, No. 2, 1964.
- 4.14 W H TEICHNER, E AREES, R REILLY 'Noise and human performance, a psychophysiological approach'
- 4.15 P WRIGHTSON 'A review of research on noise, with particular reference to schools' Quarterly Bulletin of the Research and Intelligence Unit, Greater London Council, No. 8, 1969.
- 4.16 E ROWLANDS 'Noise in Hospitals: Subjective and objective criteria' University College London, Environmental Research Group, 1968.
- 4.17 J MERY Symposium on the definition of human demands concerning noise, for the use of town planners and builders, Paris, 1968. National Centre for Scientific Research, Strasbourg.

SECTION 5

- 5.1 W W SOROKA &
CHI-SHING F CHIEN 'Automotive Piston Engine noise
and its reduction - a literature
survey'
University of California, Berkeley.
SAE Report No. 690 452.
- 5.2 A E W AUSTEN & T PRIEDE 'Origins of diesel engine noise'
Symposium on engine noise and
noise suppression, Institution
of Mechanical Engineers, 1958.
- 5.3 T PRIEDE, A E W AUSTEN,
E C GROVER 'Effect of engine structure on
noise of diesel engines'
Proceedings of the Institution of
Mechanical Engineers 1964-65,
Vol 179, part 2A, No. 4.
- 5.4 T PRIEDE 'Noise due to combustion in
reciprocating internal combustion
engines'
Granfield international symposium
series, Vol 7, Advances in Auto-
mobile Engineering, Part 3.
- 5.5 T PRIEDE 'Noise and vibration problems in
commercial vehicles'
Journal of Sound & Vibration,
Vol 5, No. 1, 1967.
- 5.6 MOTOR INDUSTRIES
RESEARCH ASSOCIATION 'Engine exhaust silencing'
Report No. 12, 1965.
- 5.7 Z MAEKAWA 'Noise reduction by screens'
Applied Acoustics, Vol 1, No. 3,
1968.
- 5.8 M E DELANY 'A simplified procedure for
predicting L_{10} for freely-flowing
road traffic'
Preliminary report to the Depart-
ment of the Environment.
- 5.9 A L BEAMAN 'The use of models to predict
traffic noise' M Sc thesis 1969,
Chelsea College of Science and
Technology, University of London.

- 5.10 J M RAPIN 'Mise au point et première application d'une méthode d'étude sur modèle réduit de la propagation des bruits de trafic routier' CSTB. Cahier 810, 1968.
- 5.11 H C PINFOLD 'Traffic noise in miniature' New Scientist, 14 December, 1967.
- 5.12 M E DELANY 'Traffic noise research at the National Physical Laboratory' Preliminary report to the Department of the Environment, January, 1970.
- 5.13 G SINCLAIR 'Theory of models of electro-magnetic systems' Proceedings of the Institute of Radio Engineers, pp 1364-1370, 1948.
- 5.14 J E REED 'The effect of gradient on noise levels from different types of vehicle' MSc Thesis, Imperial College, University of London, 1970.
- 5.15 E J RATHE 'Traffic Noise; the influence of road surface' 13th World Congress of the Road, Tokyo, 1967.
- 5.16 D H CROMPTON & D GILBERT 'Traffic & Environment - an interim report' Transport section, Department of Civil Engineering, Imperial College, October, 1970.
- 5.17 D H CROMPTON & D GILBERT 'Prediction of traffic arrival patterns' Transport section, Imperial College, October 1971.
- 5.18 D H CROMPTON & D GILBERT 'Prediction of L_{10} noise levels' Transport section, Imperial College, November 1971.

- 5.19 P NELSON 'The combination of noise from separate sources'
Working Group on research into traffic noise. Seminar on the propagation of traffic noise, November, 1971.
- 5.20 GREATER LONDON COUNCIL 'Traffic Noise: Major urban roads'
GLC Urban Design Bulletin, No. 1, 1970.
- 5.21 BUILDING RESEARCH STATION 'Motorway noise and dwellings'
BRS Digest, No. 135, 1971.
- 5.22 W E SCHOLES & J W SARGENT 'Designing against noise from road traffic'
Building Research Station Current Paper 20/71.
- 5.23 A RÜCKER & K GLÜCK 'The propagation and suppression of road traffic noise in built up areas'
Strassenbau und Strassenverkehrstechnik. Heft 32, 1964 (Building Research Station Library Communication 1314, 1965).
- 5.24 R J STEPHENSON & G H VULKAN 'Traffic Noise'
Journal of Sound and Vibration, Vol 7, No. 2, 1968.
- 5.25 S AUZOU & C LAMURE 'Les niveaux de bruit au voisinage des autoroutes dégagées'
Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Cahier No. 599, 1964.
- 5.26 S AUZOU & C LAMURE 'Le bruit aux abords des autoroutes'
CSTB Cahier No. 669, 1966.
- 5.27 D R JOHNSON & E G SAUNDERS 'The evaluation of noise from freely flowing road traffic'
Journal of Sound & Vibration, Vol 7, No. 2, 1968.

- 5.28 M E DELANY, W C COPELAND, 'Propagation of traffic noise in
R C PAYNE typical urban situations'
National Physical Laboratory,
Report Ac 54, 1971.
- 5.29 US DEPARTMENT OF HOUSING 'Noise in urban and Suburban
AND URBAN DEVELOPMENT areas; results of field studies',
1967.
- 5.30 W J GALLOWAY, W E CLARK, 'Highway noise, measurement,
J S KERRICK simulation, and mixed reactions'
Highways Research Board, Report
No. 78, 1969.
- 5.31 W E SCHOLLES, A C SALVIDGE 'Field performance of a noise
J W SARGENT barrier'
Building Research Station Current
Paper 24/71.
- 5.32 M RETTINGER 'Noise level reductions of
barriers'
Noise Control, Vol 3, No. 5, 1957.
- 5.33 H W PRATT 'Effects of road traffic noise on
the layout and design of buildings
in urban environments'
Ph D Thesis, Department of
Building Sciences, Sheffield
University, 1968.
- 5.34 A COHEN 'Location-design control of
transportation noise'
Journal of the Urban Planning and
Development Division, Proceedings
of the American Society of Civil
Engineers, Vol. 93, No. UP4, 1967.
- 5.35 F M WIENER, C I MALME 'Sound propagation in urban areas'
& C M GOGOS Journal of the Acoustical Society
of America, Vol 37, No. 4,
pp 738-747.
- 5.36 HER MAJESTY'S STATIONERY 'Noise'
OFFICE Final report of the Committee on
the Problem of Noise, 1963 HMSO
Cmd 2056.

- 5.37 WORKING GROUP ON RESEARCH 'A review of road traffic noise'
ON TRAFFIC NOISE Road Research Laboratory Report
LR 357.
- 5.38 M E DELANY 'Index of current noise research
in the United Kingdom'
National Physical Laboratory
Report, No. AC 46, December, 1970.
- 5.39 M RODDA 'Noise and Society'
Oliver and Boyd, London, 1967.
- 5.40 W BURNS 'Noise and Man'
Murray, London, 1970.

SECTION 6

- 6.1 R PERRY 'Mass spectrometry in the detec-
tion and identification of air
pullutants'
Dept of Public Health Engineering.
Imperial College, University of
London, 1971.
- 6.2 ROYAL COLLEGE OF 'Air pollution and health'
PHYSICIANS Sir I Pitman and Sons, London,
1970.
- 6.3 W C COOPER & 'Biologic Effects of Nitrogen
I R TABERSHAW Dioxide in relation to air quality
standards'
Archives of Environmental Health,
Vol 12, April 1966.
- 6.4 D BRYCE-SMITH 'Lead pollution - a growing hazard
to public health'
Chemistry in Britain, Vol 7,
No. 2, February 1971.
- 6.5 D BRYCE-SMITH 'Lead pollution from petrol'
Chemistry in Britain, Vol 7,
No. 7, July 1971.
- 6.6 P E TROTT 'Continuous measurement of Carbon
Monoxide in streets, 1967-69'
Atmospheric Environment, Vol 5,
pp 27-39, 1971.

- 6.7 L E REED & C F BARRETT 'Air pollution from road traffic - measurements in Archway Road, London'
International Journal of Air and Water Pollution, Vol 9, pp 357-365, 1965.
- 6.8 J W VOGH 'Nature of Odor Components in diesel exhaust'
Journal of the Air Pollution Control Association, Vol 19, No. 10, October, 1969.
- 6.9 P T SHERWOOD & P H BOWERS 'Air pollution from road traffic'
Road Research Laboratory, Report No. LR 352, 1970.

SECTION 7

- 7.1 R HOPKINSON & N WATSON 'Visual Intrusion Studies: May-October, 1971'
STUDY TEAM
Ralph Hopkinson & Newton Watson, Environmental Design consultants. Report No. D16, October 1971.
- 7.2 R G HOPKINSON 'The quantitative assessment of visual intrusion'
Royal Town Planning Institute Journal, Vol 57, No. 10, pp 445-449, December 1971.

SECTION 8

- 8.1 W F ADAMS 'Road Traffic considered as a random series'
Journal of the Institute of Civil Engineers, Vol 4, November 1936, p 121.
- 8.2 J C TANNER 'The delay to pedestrians crossing a road'
Biometrika, Vol 38, 1951.

- 8.3 D GARBRECHT 'The frequency distributions of pedestrians in a rectangular grid' Journal of Transport Economics and Policy, Vol 4, 1970.
- 8.4 B J OLDER 'Accident risk to pedestrians' (to be published).
- 8.5 R TRAVERS MORGAN & PARTNERS 'Pedestrian model for King's Health, Birmingham' Report to the Department of the Environment, December, 1971.
- 8.6 B J OLDER 'The movement of pedestrians on footways in shopping streets' Traffic Engineering and Control, Vol 10, No. 4, August 1968, pp 160-163.
- 8.7 J WARDROP 'Journey speed and flow in central urban areas' Traffic Engineering and Control, March 1968.
- 8.8 L HOEL 'Pedestrian travel in central Business districts' Traffic Engineering, January 1968.
- 8.9 I WEBSTER 'A method for measuring pedestrian delays' Road Research Laboratory Research Note No. RN 2348.
- 8.10 G D JACOBS & D G WILSON 'A study of pedestrian risk in crossing busy streets in four towns' RRL Report No. LR 108.
- 8.11 D GARBRECHT 'Pedestrian paths through an urban environment' Town Planning Review, January, 1971.

SECTION 9

- 9.1 P H BOWERS 'Amenity evaluation of alternative routes for Ringway 3 - Yeading west end area'
Department of the Environment, June, 1970.
- 9.2 P H BOWERS 'An evaluation of user benefits and environmental costs of the improvement of the A46 through Newark'
Department of the Environment, December 1970.
- 9.3 P H BOWERS 'The evaluation of amenity for alternative routes between the central area and the M27 in Southampton'
October, 1970.
- 9.4 D G LEYLAND & D K FOSTER 'Visual Intrusion of Urban motorways'
Department of Transportation and Environmental Planning, University of Birmingham, September, 1971.
- 9.5 K HAYMAN & T MAGRATH 'Roads and open space'
Department of Transportation and Environmental Planning, University of Birmingham, September 1971.
- 9.6 A G WILSON & D J WAGON 'The SELNEC Transport Model'
Mathematical Advisory Unit Note No. 200, Department of the Environment.

SECTION 10

- 10.1 'J DIFFEY 'An investigation into the effect of high traffic noise on house prices in a homogeneous sub-market"
Centre for Environmental Studies; Seminar on house prices and the micro-economics of housing, December 1971.

- 10.2 D N M STARKIE 'The valuation of disamenity: an
D M JOHNSON analysis of sound-reducing expen-
ditures by households'
Working Paper No. 1, November,
1971.
- 10.3 A LASSIERE 'The economic effects of the
disamenity due to urban road
noise in residential areas'
Unpublished Department of
Environment paper, June, 1970.
- 10.4 ROSKILL COMMISSION 'Noise Cost model'
(3rd LONDON AIRPORT) Papers and Proceedings, Vol VII
Chapter 20 and Appendix 2.
- 10.5 G HOINVILLE 'Evaluating community preferences'
Environment and Planning, Vol 3,
pp 33-50, 1971.
- 10.6 G HOINVILLE 'Evaluating community preferences:
summary report of development
work'
Social and Community Planning
Research, July, 1970.
- 10.7 G HOINVILLE & 'Identifying preference values'
R BERTHOUD Social and Community Planning
Research, August 1970.
- 10.8 K H CRAIK 'The comprehension of the every-
day physical environment'
Journal of the American Institute
of Planners, January, 1968.
- 10.9 P HOUSE & P D PATTERSON 'An environmental gaming-
simulation laboratory'
Journal of the American Institute
of Planners, November, 1969.
- 10.10 A C McKENNEL & E A HUNT 'Noise annoyance in central
London'
Government Social Survey Report
No. SS 332, 1966.
- 10.11 P H PARKIN, H J PURKIS 'London Noise Survey'
R J STEPHENSON, HMSO 1968.
B SCHLAFFENBERG

- 10.12 CENTRE SCIENTIFIQUE ET
TECHNIQUE DU BATIMENT 'La gêne due au bruit de la cir-
culation automobile'
CSTB Cahier No. 762, 1967.
- 10.13 D W ROBINSON 'The concept of noise pollution
level'
National Physical Laboratory Aero
Report 38, 1969.
- 10.14 D W ROBINSON 'An outline guide to criteria for
the limitation of urban noise'
National Physical Laboratory,
Aero Report 39, 1968.
- 10.15 J D CHALUPNIK (ed) 'Transportation noises - a sympo-
sium on acceptability criteria'
University of Washington Press,
1970.
- 10.16 I D GRIFFITHS &
F J LANGDON 'Subjective response to road
traffic noise'
Journal of Sound and Vibration
Vol 8, No. 16, 1968.
- 10.17 F J LANGDON &
W E SHOLES 'The Traffic Noise Index - a
method of controlling noise
nuisance'
Building Research Station Current
Paper 38/68.
- 10.18 C M B ANDERSON 'The measurement of attitude to
noise and noises'
National Physical Laboratory
Report Ac 52, 1971.
- 10.19 C M B ANDERSON
D W ROBINSON 'The effect of interruption rate
on the annoyance of an intermit-
tent noise'
National Physical Laboratory
Report Ac 53, 1971.

SYNTHESE DE LA DISCUSSION

1. Introduction
2. Planification sectorielle et urbanisme
3. Définition d'une base pour entreprendre les études sectorielles
4. Stratégie pour attaquer une partie des problèmes d'environnement
5. Définition de la pollution de l'environnement; évaluation
6. Fixation d'objectifs et établissement d'un programme en vue de leur réalisation
7. Méthodes d'application du programme de lutte contre la pollution de l'environnement - Tarification ou réglementation ?
8. Les transports publics et l'environnement
9. Recommandations en vue de recherches ultérieures

1. Introduction

1.1. Cette table ronde a été consacrée à une question choisie dans ce groupe de problèmes toujours plus nombreux que l'on reconnaît comme liés à l'interaction de l'homme et de son environnement. Aborder secteur par secteur l'étude des problèmes complexes et étroitement enchevêtrés qui affectent le bien-être dans les zones urbaines est courir le risque de ne pas utiliser au mieux les ressources globales. Il faut bien cependant entreprendre le travail de planification quelque part; or, les dangers réels et potentiels qui découlent d'une motorisation très poussée suscitent une telle inquiétude qu'il pourrait être justifié d'attaquer ce secteur séparément. Le but à long terme en ce qui concerne l'aménagement des régions urbaines peut se définir comme la formulation d'un plan englobant tous les secteurs de la vie de l'agglomération. Cependant, en élaborant une série limitée de plans d'action visant des améliorations sans effets secondaires majeurs, on peut donner à ceux qui se consacrent à la recherche fondamentale le loisir de pousser plus avant la découverte des maillons encore inconnus de la chaîne de relations causales qui constitue l'environnement. Les Délégués présents à la table ronde étaient parfaitement conscients de ces difficultés et ils ont accordé une certaine priorité à la discussion des problèmes que pose l'action par secteur. Une brève définition de la notion d'environnement au sens où ce terme a été entendu lors des discussions peut-être précieuse pour aborder le résumé des principaux points examinés.

1.2. Trouver une définition de la pollution qui soit utilisable dans le cadre de programmes de lutte a posé certaines difficultés. En termes généraux, la pollution se définit comme tout acte ayant pour effet de détruire ou de réduire la pureté d'un élément. Or, nombre des activités qui se déroulent dans une ville pourraient entrer dans cette définition; on pourrait dire en fait que les villes se trouvent dans un état de pollution dynamique. Pour répondre à cette situation l'humanité et la nature ont élaboré des mécanismes d'adaptation complexes et souvent imparfaitement compris qui leur permettent de coexister avec la pollution et parfois de la contrecarrer. Si l'on prend par exemple

la pollution par le bruit, il est clair que les niveaux sonores spécifiques mais également le niveau sonore ambiant sont actuellement plus élevés qu'ils ne l'étaient au début du siècle. Or ceci est compensé par les progrès réalisés dans les techniques d'insônorisation. On doit donc, dans ce cas, mesurer la pollution compte tenu de ce contexte dynamique et des tendances des indicateurs de l'effet net de la pollution ou des nuisances dont elle est la cause. On peut prendre des mesures, soit pour réduire l'entrée d'éléments de pollution dans le système, soit pour améliorer l'aptitude du système à neutraliser leurs effets. S'il est évident que les recherches relatives à l'environnement exigent d'être menées de manière interdisciplinaire, certains principes fondamentaux de l'économie peuvent néanmoins servir à définir clairement l'objectif que les responsables politiques doivent poursuivre compte tenu des découvertes faites sur les incidences des polluants. Cet objectif doit être d'évaluer les effets externes (coûts sociaux) que les entreprises et les individus sont autorisés à produire par leurs actions et, par le biais de la réglementation ou de la taxation, de transformer ces effets externes en des facteurs influants sur les coûts d'exploitation, en d'autres termes de rendre "internes" les coûts sociaux.

2. Planification sectorielle et urbanisme

2.1. La méthode sectorielle exige une organisation méticuleuse si l'on veut obtenir une amélioration optimale de l'environnement urbain à partir des ressources globales prévues. Ceci étant admis, on peut dire que les problèmes particuliers que posent les véhicules à moteur dans les villes justifient qu'on leur accorde une attention immédiate. En Europe de l'Ouest la tendance à étendre les zones urbaines aux dépens principalement des zones agricoles pauvres est un phénomène démographique bien connu. Quelques chiffres relatifs aux pourcentages des populations nationales habitant les zones urbaines en 1950 et 1970 le prouvent clairement :

ROYAUME-UNI	78,5	80,1	JAPON	37,4	84,4
FRANCE	54,1	70,2	ENSEMBLE DES PAYS DE L'O.C.D.E.	52,2	64,4

2.2. Venant s'ajouter à l'accroissement démographique continu, d'autres facteurs - lesquels sont malheureusement souvent liés à l'insuffisance des investissements consacrés à l'infrastructure urbaine qui ne permet pas de maintenir la qualité "réelle" de

celle-ci - ont provoqué une dégradation progressive des conditions de vie et de l'environnement dans les villes. Les facteurs qui prédominent parmi ceux que l'on évoque partout à propos de la dégradation de l'environnement urbain sont l'utilisation des automobiles particulières, et, dans une moindre mesure quoique tout aussi véhémentement dénoncée, la circulation d'autres véhicules à moteur. La propriété de véhicules a crû dans des proportions telles qu'il paraît clair que tout individu veut en posséder un. Voici, à titre d'exemples les chiffres des parcs de véhicules pour mille habitants dans plusieurs pays de l'O.C.D.E. en 1970 :

Allemagne	192
France	246
Pays-Bas	177
(U.S.A.	433)

[Source : statistiques de la C.E.E.]

Ceci a créé des problèmes de deux ordres, qui sont cependant liés entre eux :

Premièrement, la circulation des véhicules à moteur est une source de bruits externes et notamment de pollution atmosphérique et de nuisances en général.

Deuxièmement, la circulation accrue a abouti à l'encombrement, qui a à son tour appelé une expansion de l'espace routier.

Les nouvelles voies urbaines et en particulier les voies expressives obstruent d'ordinaire les perspectives, disloquent les collectivités et provoquent d'autres perturbations outre la gêne évidente qu'elles occasionnent aux résidents des zones qui les bordent.

2.3 Nombreuses sont les pressions de diverses sources qui se concentrent dans la région urbaine; il faut donc faire un grand effort de planification et de recherche pour assurer que les ressources disponibles pourront servir à satisfaire la meilleure combinaison possible de besoins et d'aspirations. La manière dont cette tâche cruciale de planification sera réalisée dépendra pour une part non négligeable des résultats des recherches qui seront faites dans les domaines étudiés à la table ronde. Certes des progrès considérables ont été accomplis dans l'exploitation de l'énorme capacité des ordinateurs en vue de l'absorption des statistiques et de la recherche de solutions à partir des modèles mis au point par les planificateurs. Cependant, si l'on peut se féliciter d'avoir ainsi indubitablement la possibilité de concevoir

des modèles de structures routières urbaines qui, compte tenu de contraintes telles que les moyens de financement et les terrains disponibles, constituent d'intéressantes solutions, on constate néanmoins que l'on a encore peu avancé vers un élargissement de ces modèles qui permettrait d'y tenir compte des théories sur la construction d'un environnement urbain de qualité optimale. On peut déplorer le manque de recherches détaillées sur les effets des véhicules à moteurs sur l'environnement mais il est clair que les efforts futurs doivent être orientés de façon qu'aucun des autres aspects du problème ne soit perdu de vue. Le véhicule à moteur est un agent de pollution mais c'est également le plus important moyen de transport actuellement utilisé dans les villes. Une politique visant le véhicule à moteur qui ne tiendrait pas compte des répercussions secondaires de toute réduction ou accroissement du coût de ce véhicule ne serait évidemment pas la meilleure dans le contexte du plan d'aménagement global. Au cas où l'on déciderait de réduire radicalement la pollution dans les zones urbaines et où l'on ne pourrait y parvenir par des mesures influant sur le coût de l'utilisation des véhicules à moteur, il faudrait procéder, à la limite, à une étude plus vaste, où l'on repenserait l'urbanisme en fonction d'une réduction de la mobilité.

3. Définition d'une base pour entreprendre les études sectorielles

3.1. Il est douteux que les problèmes dont on a parlé ci-dessus concernant l'automobile et la vie urbaine puissent être traités dans le cadre d'une planification intégrée dans un avenir proche car diverses tentatives lancées aux États-Unis et ailleurs n'ont encore été couronnées d'aucun succès. Dans ces conditions, on peut encore retenir certains points qui constituent des indicateurs précieux de la voie par laquelle mener l'analyse sectorielle; il est évident que les domaines où des choix politiques réels sont possibles et où se manifestent d'une manière ou d'une autre les actions globales exercées sur l'ensemble de la société, ont une importance particulière ici. Dans cette optique, les trois éléments essentiels que l'on peut proposer comme points de départ de l'analyse sectorielle dans le domaine de la pollution comme dans d'autres, sont les suivants :

Premièrement, identifier clairement la nature des effets de la pollution, (qui affecte-t-elle, quelle est son étendue, quelles sont les nuisances qu'elle cause, etc.).

Deuxièmement, placer ces données sur les incidences de la pollution dans un cadre d'évaluation comparative qui permette de classer les projets en vue de l'établissement de priorités budgétaires.

Troisièmement, mettre au point des mécanismes d'application des politiques adoptées, et voir si les mesures arrêtées peuvent se combiner avec des plans établis dans d'autres secteurs et comment ceci peut se faire.

3.2 Ces problèmes seront étudiés dans les paragraphes qui suivent à la lumière des résultats des discussions qui ont eu lieu à la table ronde. Il était malheureusement impossible, en quelque douze heures de discussion, d'étudier comme elle le méritait l'analyse exhaustive qui avait été faite dans le Rapport d'introduction et on a donc discuté d'une série limitée de problèmes; ceci ne doit pas donner à penser que d'autres questions qui étaient analysées dans le rapport n'ont pas été jugées importantes, mais plutôt que l'on a estimé que les questions retenues se prêtaient particulièrement à un examen lors de la table ronde. Pour plus de commodité, les principaux points soulevés ont été groupés ici sous quatre rubriques :

- (A) Stratégie pour aborder l'étude d'une partie des problèmes d'environnement
- (B) Définition de la pollution de l'environnement - évaluation
- (C) Fixation d'objectifs et établissement d'un programme en vue de leur réalisation
- (D) Méthodes d'application du programme de lutte contre la pollution de l'environnement - taxation ou réglementation

4. (A) Stratégie pour aborder l'étude d'une partie des problèmes d'environnement

4.1. Pour évaluer les effets des véhicules à moteur sur l'environnement urbain, il faut disposer d'un indicateur du bien-être urbain qui permette de déterminer les résultats produits par les changements d'options politiques. A la limite, si l'indicateur montrait que les véhicules équipés de moteurs à combustion interne produisent des polluants capables de contaminer l'atmosphère au point de mettre la santé des populations en danger, la seule politique applicable serait évidemment l'interdiction de ces véhicules. Il est néanmoins improbable que des restrictions absolues soient instituées en pratique étant donné le rôle important que les véhicules à moteur jouent et continueront certainement de jouer dans

la vie de toutes les agglomérations si ce n'est peut-être les plus gigantesques. Les problèmes complexes qui apparaissent présentement sont entre autres :

Premièrement, comment mesurer les polluants dégagés par les véhicules à moteur en tant qu'éléments susceptibles d'être affectés par des mesures politiques et d'affecter eux-mêmes la perception humaine.

Deuxièmement, comment évaluer les avantages qui découleraient de la réduction de la production de polluants.

Troisièmement, comment estimer les coûts de la réduction de la pollution; ce point comprend deux aspects : l'évaluation des coûts directs afférents à la modification de la construction du véhicule et celle des coûts indirects qu'entraînerait, pour les usagers, la modification du rapport coût/disponibilité du véhicule. Il s'agit là d'un point extrêmement complexe non seulement en raison de la nature dynamique des villes et de leur réaction à la pollution, mais aussi à cause des difficultés que pose l'établissement d'une série de critères valables en vue de mesurer les changements survenus dans le "bien-être" des habitants.

4.2. L'aspect "bien-être" d'une ville est déterminé par un ensemble complexe de facteurs qui sont les avantages que cette ville présente pour le travail et les loisirs. Le caractère et la composition de la pollution sont ici importants outre les caractéristiques physiques de la ville. Une ville relativement statique se livrant, par exemple, à des activités surtout industrielles et dotée des installations correspondantes peut n'être plus satisfaisante du tout s'il y est implanté une université ou un complexe de bureaux entraînant un changement dans la composition de la population et dans les demandes faites aux services collectifs. Pour planifier l'aménagement d'un environnement satisfaisant il faut envisager les résultats sur le plan global et adopter des critères en fonction d'une conception du bien-être général. Le problème qui se pose est alors le suivant : comment peut-on obtenir un ensemble cohérent de critères de bien-être général ?

4.3. En ce qui concerne l'établissement d'une stratégie globale, les théories parétiennes de l'économie du bien-être fournissent, à condition qu'on les admette, une méthode conduisant à une situation optimale. Selon les théories de Pareto, telles qu'elles ont été modifiées par Pigou, l'institution, dans des conditions de marché idéales, d'une taxe qui frapperait les "pollueurs" et

serait équivalente aux coûts de la pollution pour la société se traduirait par une production des facteurs de pollution ne dépassant pas un niveau optimal.

Les problèmes qui se posent alors sont de deux ordres :

Premièrement, dans la réalité, les conditions économiques réelles ne se rapprochent que de très loin de la situation requise pour que s'établisse une parfaite économie "parétienne". Etant donné qu'un secteur seulement du marché est pris en considération, l'obtention de conditions optimales dans ce secteur ne débouchera pas sur un optimum global.

Deuxièmement, le principe de la compensation avancé par Pigou ne s'applique manifestement pas en pratique. Même en supposant qu'il soit possible de calculer la valeur des effets externes de la production et de la consommation, il n'est en rien certain que l'on disposera d'une méthode permettant de garantir que le montant des taxes payées par les pollueurs ira aux personnes affectées par cette pollution. Si l'on prend pour prémisse que le "bien-être" est un aspect du bon fonctionnement global de l'état, indépendamment de la façon dont il est distribué, le problème est sans importance mais cela revient à attribuer une valeur propre à "l'état", conception qui est discutable.

4.4. Si donc en progressant dans cette direction on découvre qu'on ne peut espérer arriver à une solution optimale en appliquant aux problèmes d'environnement la théorie de l'économie du bien-être, comment peut-on mettre au point, dans un secteur, un système qui permette d'orienter les résultats vers un optimum général ?

Pour avoir d'heureux résultats globaux l'approche sectorielle doit satisfaire certaines conditions essentielles :

Premièrement, les critères d'évaluation doivent être fondés sur une conception unique de l'amélioration du bien-être;

Deuxièmement, l'allocation des ressources et le découpage temporel des projets doivent être les meilleurs possibles;

Troisièmement, un système central doit être mis en place pour déterminer quels sont les facteurs de pollution de l'environnement urbain, assurer que les organes sectoriels sont conscients de leur présence et contrôler les résultats de l'action entreprise.

4.5. Certaines divergences de vues se sont fait jour entre les participants à propos de la valeur des critères de l'économie du bien-être et l'opportunité de les utiliser. Selon l'une des opinions avancées, les mesures prises devraient être évaluées dans

le cadre d'une analyse coûts/bénéfices et un système d'évaluation établi pour assurer que ceci serait fait. Selon un autre point de vue, il n'était pas nécessaire d'effectuer une analyse coûts/bénéfices et l'on pouvait préparer un programme répondant aux vœux du public en recourant à d'autres méthodes, au vote parlementaire direct notamment, mais aussi à quelque forme de sondage d'opinion ou recensement d'un autre type, qui permettrait d'enquêter des desiderata du public.

4.6. Il est très évident que pratiquer l'adoption de la méthode sectorielle comporte le risque de perdre de vue les objectifs fondamentaux. Bien que l'on ait avancé plus haut que tout bien pesé, la méthode sectorielle est justifiée ici, il est clair qu'un organe central doit assurer au mieux la coordination des activités en vue d'améliorer l'ensemble de l'environnement urbain.

4.7. Pour réduire la pollution causée par les véhicules à moteur, on dispose entre autres des moyens suivants :

Mesures s'appliquant à l'utilisation des véhicules à moteur :

1. Modifier les caractéristiques techniques des véhicules à moteur pour les rendre moins nuisibles à l'environnement.
2. Modifier la structure et la réglementation des prix pour réduire l'utilisation des véhicules à moteur dans les zones urbaines.
3. Améliorer les transports publics pour accroître l'attrait qu'ils peuvent exercer par comparaison avec les véhicules à moteur.

Mesures ne s'appliquant pas aux véhicules à moteur

1. Améliorer les immeubles, les bureaux, etc. pour réduire le bruit et la pollution.
2. Modifier les plans des villes de façon à séparer les zones de circulation automobile des zones réservées aux piétons.
3. Modifier les plans des villes de façon à réduire les besoins en transport ou à favoriser le recours à des modes de transports publics.

4.8. Les possibilités mentionnées ci-dessus mettent en jeu des questions beaucoup plus vastes que la seule circulation routière. Il est essentiel en conséquence d'examiner le problème de leurs effets secondaires. Nous devons en outre nous demander si ces mesures ne peuvent servir qu'aux fins prévues - si elles s'accordent avec d'autres mesures?

TABLEAU 1

Elément Mesure	Incidences de la pollution		Secteur d'activité utilisant la terre		Transports publics et mobilité	Industrie des véhicules à moteur
	BRUIT	AIR	LOGEMENTS	COMMERCE		
1 Coût						
2 Coût						
3 Coût						
4 Coût						
5 Coût						
6 Coût						

4.9. Il y a au moins deux façons d'appliquer la mesure 1, c'est-à-dire l'action directe pour réduire la production de polluants par les véhicules à moteur. La première consiste à effectuer une étude coûts/bénéfices pour déterminer à quel niveau de bruit et de pollution atmosphérique on obtient un résultat optimal. Pour être valable, cette étude doit comprendre :

Premièrement, une étude des coûts et bénéfices secondaires de la mesure envisagée, c'est-à-dire par exemple si l'on se reporte au tableau, les effets de cette mesure sur les transports publics, sur l'industrie des véhicules à moteur etc. De plus il faut comparer les résultats de cet examen avec ceux de l'étude des autres moyens possibles de réduire les effets de la pollution. Ceci suppose la détermination du nombre de personnes exposées à la pollution, de la durée et de l'intensité de cette exposition ainsi que de la nature des dommages ou de la gêne subis. Ces

facteurs doivent alors être exprimés par quelque dénominateur commun qui permette la comparaison des différentes mesures.

4.10. La méthode coûts/bénéfices est évidemment quelque peu une solution idéale qui ne pourra probablement pas donner les résultats voulus dans l'avenir et ne peut certainement pas être appliquée pour le moment. Si l'on doit tenter de faire des études coûts/bénéfices d'une portée plus restreinte pour faciliter la prise des décisions relatives à certaines mesures particulières, il faut aussi concevoir un système de contrôle plus simple et pourtant efficace, pour assurer la coordination optimale des mesures d'amélioration des zones urbaines. Les moyens de rassembler les éléments d'information correspondant aux différents points à comparer sont examinés ci-dessous.

5. (B) Définition de la pollution de l'environnement - évaluation

5.1. Les discussions sur ce point mettent en lumière les problèmes de mesure et de comparaison qui se posent aux chercheurs. Les éléments d'information essentiels qu'il faut recueillir pour évaluer la pollution et les nuisances qu'elle cause sont :

Premièrement, le nombre de personnes affectées - ceci suppose que l'on mesure les niveaux sonores à diverses distances de la source de bruit. Dans le cas de la pollution atmosphérique ou du niveau sonore ambiant dans une ville, on peut supposer que tout le monde est affecté.

Deuxièmement, compte tenu du nombre de personnes affectées il faut considérer les incidences réelles de la pollution sonore. Le niveau auquel le bruit est perçu comme une nuisance est variable et certaines individus sont beaucoup plus tolérants à cet égard que d'autres.

5.2. Les problèmes sont donc de deux ordres distincts.

Les premiers ont trait au niveau ambiant général de la pollution dans une zone urbaine donnée. Ils se posent à propos des normes générales à mettre en vigueur lorsque dans une ville surgissent des conflits entre les piétons et résidents ayant une voiture. Cette question dont l'étude est très délicate demande à être réglée prochainement sur la base de l'évaluation des résultats des meilleures recherches scientifiques faites; or ces résultats peuvent ne pas s'accorder.

Les deuxièmes concernent la question de la pollution en des points spécifiques. Ici, on a manifesté plus d'optimisme

quant à la possibilité de rassembler des données d'information valables. L'attention s'est concentrée sur le problème du bruit mais d'utiles progrès ont également été constatés dans d'autres domaines tels que la pollution atmosphérique et l'intrusion visuelle (obstruction des perspectives).

Six méthodes d'étude ont été définies dans les grandes lignes et discutées à la Table ronde :

(a) les évaluations de marché et par exemple la détermination du prix des logements par rapport au niveau de bruit ambiant;

(b) la détermination des dépenses d'amélioration de l'environnement et par exemple de l'installation de doubles fenêtres;

(c) les techniques de jeux;

(d) les méthodes de simulation;

(e) les enquêtes sociales.

Etant donné les éléments de doute qui existent dans ce domaine, la méthode qui consiste à progresser par plusieurs voies possibles vers l'objectif visé, à savoir l'évaluation des diverses propositions d'amélioration de l'environnement, présente l'avantage particulier d'être un moyen logique de réduire les risques d'échec.

5.3. Lors de l'examen de la première méthode, les participants à la Table ronde ont estimé que la corrélation positive entre le niveau sonore et le prix des logements qui semblait ressortir des résultats des études devait être testée très soigneusement avant d'être admise. Après avoir noté que les facteurs qui s'avéraient les plus importants dans l'explication des prix des logements étaient apparemment du même ordre que ceux que les entreprises de construction tenaient en compte, on a estimé que les prix utilisés dans l'étude étaient peut-être sujets à caution. On s'est demandé en effet si les valeurs citées par les sociétés de construction n'étaient pas des estimations plutôt que des prix pratiqués lors de transactions effectives. Un autre point a retenu l'intérêt : n'était-il pas probable, étant donné la forte demande générale en matière de logements, que des vendeurs ayant une perception des bruits au-dessous de la moyenne se présentaient à un moment ou un autre? On a estimé que pour pouvoir tirer n'importe quelle conclusion sûre de ce genre d'étude, il fallait effectuer une vaste enquête portant sur un certain nombre de sites. Attendu qu'on ne pouvait apparemment pas contester la validité de l'hypothèse selon laquelle le bruit se reflète d'une

manière ou d'une autre dans les mécanismes du marché, tout résultat tendant à prouver le contraire appelait un examen attentif des éléments fondamentaux de l'étude en question et des données obtenues.

5.4. En ce qui concerne la deuxième méthode (l'étude des dépenses d'amélioration de la protection contre la pollution) les discussions ont abouti à un accord sur le fait que la tâche la plus difficile était de déterminer les motivations à la base de l'amélioration des logements. La pose de doubles fenêtres constitue certainement un critère minimum de gêne mais qu'il faut ajuster compte tenu du fait que les personnes habitant les zones "calmes" font également poser des doubles fenêtres. Il est donc nécessaire de normaliser également les populations pour expliquer les différences constatées entre les zones.

5.5. Les méthodes de jeux sont apparues à une date relativement récente dans les sciences sociales. Des doutes ont été exprimés quant à la validité de celle qui était examinée dans le rapport. Ainsi, on a contesté de manière générale l'aptitude des chercheurs à dépouiller le très grand nombre de données qui pourraient être recueillies de cette façon. On a également fait observer que la méthode décrite ne permettrait pas d'établir une courbe de la demande - ce qui supposerait la connaissance d'au moins trois points de détermination des prix - mais plutôt de déterminer un point unique sur cette courbe. Pour obtenir une courbe de la demande il faut présenter aux "consommateurs" un choix plus vaste, qui leur permette de faire plus que de se prononcer positivement ou négativement.

5.6. Pour ce qui est des techniques d'études sociales, on a noté que le Département de l'Environnement du Royaume-Uni préparait une enquête touchant les incidences de la sécurité routière sur l'environnement. Les participants à la Table ronde ont exprimé l'espoir que la CEMT pourrait mettre les résultats à la disposition des pays Membres intéressés. Cette enquête doit comprendre des questions sur la disposition des consommateurs à supporter les coûts de l'amélioration de l'environnement.

5.7. Etant donné que les perspectives de progrès dans une ou plusieurs des études en cause semblaient bonnes, les participants ont jugé nécessaire d'envisager de quelle manière on en intégrerait les résultats. Au cas où la gamme de ces résultats serait suffisamment vaste, on pourrait les utiliser pour attaquer le premier problème, celui de la détermination des limites sonores globales à respecter dans les régions urbaines; ces limites

devraient peut-être être différenciées selon les zones, les moments de la journée, etc.

6. (C) Fixation d'objectifs et établissement d'un programme en vue de leur application

6.1. On a déjà souligné la nécessité d'établir des objectifs généraux de planification urbaine en évoquant les difficultés que pouvait présenter une méthode sectorielle. L'utilité d'objectifs précis doit être notée tout particulièrement lorsqu'il s'agit d'adopter des mesures dans un domaine aussi complexe que celui de l'environnement. Des objectifs clairs, constituant un cadre d'évaluation, devraient être une garantie très sûre contre la poursuite de l'application de mesures qui se solderaient par des résultats incompatibles.

6.2. Les difficultés et les possibilités auxquelles on est confronté concernant l'identification de la pollution ont été étudiées plus haut et l'on peut imaginer sans peine les problèmes d'ordre technique et théorique qui se posent à ce propos. Pour obtenir des résultats précieux pour l'établissement d'objectifs et préparer des indicateurs permettant de mesurer les progrès faits vers leur réalisation, il est essentiel d'orienter la recherche de façon qu'elle produise des données utilisables dans cette tâche, c'est-à-dire des évaluations comparatives de différents aspects des nuisances, aspects que l'on puisse classer par rapport aux éléments d'amélioration de l'environnement pour fixer des objectifs ou des buts généraux à des fins de planification à court et à long termes.

6.3. Une fois que l'on aura clairement identifié les objectifs à viser pour créer des villes qui correspondent le plus parfaitement possible aux aspirations présentes et futures de leurs habitants, on devra mettre au point un processus d'évaluation qui permette d'établir un programme tendant à la réalisation de ces objectifs. A ce propos le problème fondamental qui restreint considérablement l'aptitude des planificateurs à concevoir des installations qui remplissent les conditions voulues, est que l'on comprend encore très mal comment les différents éléments de l'urbanisme - architecture, transports, etc. - se combinent pour produire un effet favorable ou défavorable.

6.4. Les défauts de l'information disponible étant ainsi reconnus et admis, il faut néanmoins s'employer rapidement à élaborer, par des aménagements nouveaux, un meilleur environnement

et à lutter contre l'aggravation de la situation actuelle. Pour établir le plan sur lequel on se fondera pour convenir d'un budget dans ce domaine on doit prendre deux grandes décisions :

Premièrement, fixer le chiffre des dépenses en jeu.

Deuxièmement, répartir les fonds de manière à obtenir le taux de rendement global le plus élevé possible.

6.5. Un seul secteur de l'environnement est traité ici mais il est clair qu'il faut mettre au point des critères d'évaluation intersectorielle pour pouvoir établir un plan global.

6.6. Une attention considérable a été accordée au cours des discussions à la question de savoir s'il était possible d'établir un modèle de simulation de l'environnement urbain. Deux grands points ont été examinés à ce propos :

Premièrement, la possibilité d'utiliser un modèle de planification pour remplacer les mécanismes du marché, c'est-à-dire de substituer un système de réglementations au jeu des prix.

Deuxièmement, la possibilité d'élaborer un modèle de ce type susceptible d'être étalonné et de produire d'utiles résultats.

6.7. Ce dernier point étant évidemment d'une importance extrême, il est particulièrement pertinent de faire observer que les participants se sont en général montrés pessimistes quant à la possibilité d'élaborer un tel modèle opérationnel. Pour prouver qu'on ne devait escompter aucun progrès rapide dans cette direction, ils ont cité l'échec des tentatives faites pour établir des modèles globaux d'urbanisme aux Etats-Unis et les grandes difficultés que l'on avait rencontrées lorsqu'on avait voulu incorporer un facteur relatif à l'environnement dans les modèles de circulation. Il a donc paru nettement superflu de poursuivre les discussions sur ce point dans ce contexte. On notera cependant qu'une distinction a été faite entre, d'une part, l'utilisation théorique des prix dans le cadre d'un modèle pour tenter de mesurer leurs incidences et, d'autre part, le recours pratique à la tarification comme à un système permettant d'atteindre des objectifs donnés.

7. (D) Méthodes d'application du programme de lutte contre la pollution - tarification ou réglementation

7.1. La question du choix entre la réglementation et la tarification donne lieu à nombre d'opinions passionnées qui ont des rapports contestables avec la situation réelle, aussi doit-on la considérer d'un point de vue aussi objectif que possible. On a avancé qu'instituer un système de redevances revient à accorder des permis de polluer. C'est là une affirmation qu'il faut

examiner sur le plan pratique et un certain nombre de critères peuvent être établis à cette fin :

Premièrement, les résultats pratiques des deux systèmes proposés,

Deuxièmement, l'ampleur des effets externes qu'ils produisent,

Troisièmement, ce que l'on appelle "le principe d'exclusion", s'applique-t-il dans ce cas?

Quatrièmement, la manière dont la distribution des revenus est affectée par les deux systèmes.

7.2. En ce qui concerne le premier critère, il est vrai qu'une réglementation a été instituée un peu partout et qu'elle s'est révélée pratique sur le plan administratif. Les systèmes de tarification sont peut-être plus difficiles à mettre au point et leurs coûts augmentent forcément à mesure que les objectifs visés sont plus complexes. Cependant, l'efficacité d'un système doit également se juger à la mesure dans laquelle il atteint son but et aux coûts que cela implique. L'argument selon lequel la taxation équivaut à l'octroi d'un permis de polluer ne tient pas compte du fait qu'il est amplement prouvé que les riches peuvent très bien trouver également des moyens de tourner les règlements. L'efficacité de la méthode de la taxation dépendra donc de la nature du système envisagé (s'appliquera-t-il par exemple aux fabricants ou aux usagers?) ainsi que des efforts qui seront consacrés à sa mise en vigueur. En bref, la possibilité d'appliquer un système de réglementation a été clairement démontrée. On ne peut, en l'absence d'études détaillées, donner ici de réponse immédiate.

En ce qui concerne le deuxième critère, la nature des effets secondaires produits revêt une importance particulière car un système de tarification est moins efficace lorsqu'il implique de nombreux bénéfices et coûts secondaires. Cette situation crée en effet une double difficulté : elle complique le calcul d'une taxe optimale et permet difficilement aux consommateurs de déterminer les inconvénients et avantages de leurs actions. Dans le présent cas, les effets secondaires sont extrêmement complexes, ce qui est un argument contre la taxation.

En ce qui concerne le troisième critère, appliquer le "principe de l'exclusion" consiste à déterminer la mesure dans laquelle les personnes non responsables de la pollution peuvent être dispensées d'en supporter le coût. Dans le présent cas, il semble difficile de garantir cette exemption.

Lorsque l'on passe au quatrième critère, celui des effets des systèmes sur la distribution des revenus, on se trouve en présence d'une situation extrêmement complexe. Si l'on est en droit de supposer que les groupes qui ont les revenus les plus faibles n'ont pas accès aux véhicules à moteur, on doit reconnaître qu'ils supporteront évidemment les désagréments de la pollution sans profiter d'aucune de ses contreparties. En revanche, un système de réglementation peut en théorie s'appliquer à tous. Il s'ensuit que ses avantages sont à la libre disposition de tous mais on peut se demander alors s'ils sont équitablement partagés ou si les riches auront une fois de plus une liberté et un loisir plus grand de jouir de l'environnement? L'influence de facteurs tels que l'obstruction des perspectives, etc. peut également être liée à l'éducation reçue; plus l'instruction aura été poussée, plus on souhaitera, sans en avoir la possibilité, jouir d'un bon environnement.

7.3. Si un système de tarification est adopté, comment pourrait-il être mis en pratique? Il y a plusieurs méthodes possibles. Elles peuvent se diviser en gros entre celles qui s'appliquent aux véhicules à moteur et celles qui concernent l'usage du véhicule à moteur.

7.4. Les méthodes qui portent sur les véhicules à moteur présentent l'avantage de la simplicité car elles peuvent être appliquées dans le cadre du contrôle des produits à l'usine. Les tests peuvent être effectués sur une période assez longue pour qu'il soit garanti que la performance restera satisfaisante avec le temps. L'inconvénient de ces méthodes est qu'elles portent sur tous les véhicules à moteur, où qu'ils soient utilisés, c'est-à-dire qu'elles vont à l'encontre du principe de spécificité. S'il est évident qu'il faut instituer une norme en matière de pollution atmosphérique ou sonore, mais les niveaux de pollution doivent être ajustés en fonction de la zone dans laquelle s'exerce la pollution, c'est-à-dire du nombre des autres véhicules présents et de la population affectée.

7.5. Passons maintenant aux difficultés pratiques dont il faut tenir compte lorsque l'on institue un système de taxation visant l'utilisation d'un véhicule. Les plus grands avantages résident en fin de compte dans un système s'appliquant aux usagers qui frapperait directement la source de la pollution, c'est-à-dire l'usage du véhicule. Mais appliquer un tel système exige qu'on surmonte des difficultés considérables. Deux problèmes particuliers ont été discutés à ce propos :

Premièrement, pourrait-on incorporer un élément relatif à la pollution dans un système de taxation de l'utilisation des voies routières urbaines.

Deuxièmement, comment pourrait-on calculer le rapport coûts/bénéfices dans le cas particulier de l'utilisation des voies urbaines réservées aux poids lourds, voies qui sont souvent proposées comme une amélioration.

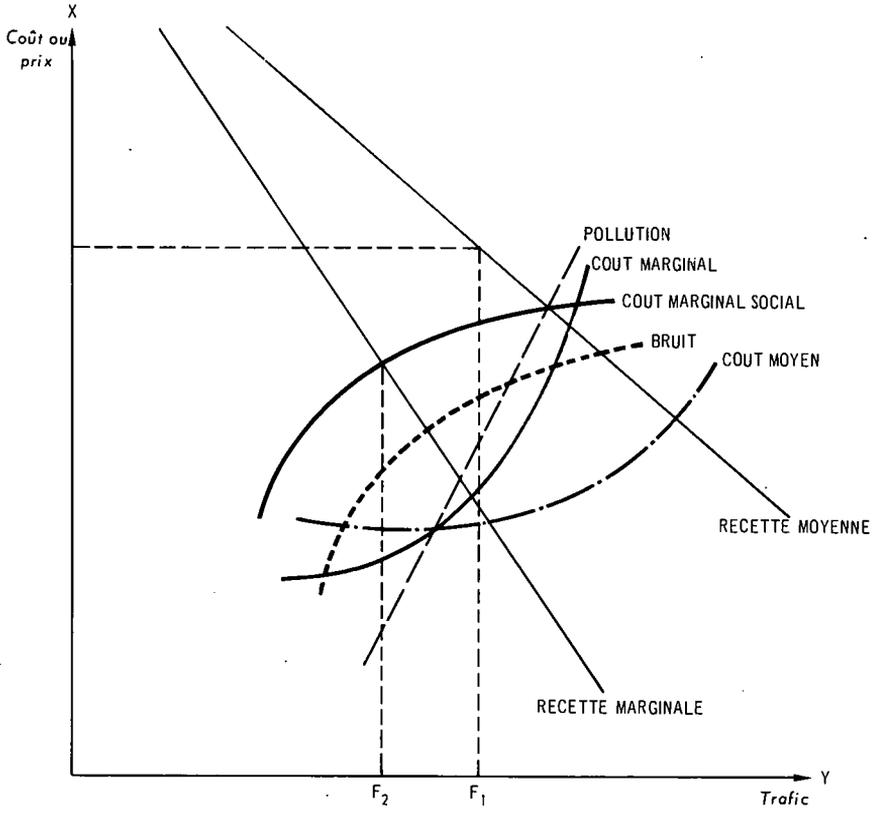
7.6. Tenir compte à la fois des facteurs d'environnement et des facteurs d'encombrement pour établir le "prix" composé de l'utilisation des routes pose un problème délicat. Les coûts de l'encombrement augmentent en fonction de l'intensité de la circulation jusqu'à un certain niveau où la circulation ne se fait plus. Cependant, les nuisances découlant du bruit telles qu'elles ont été mesurées en utilisant le niveau acoustique L_{10} (explication dans le Rapport d'introduction) augmentent brutalement jusqu'à un certain degré en même temps que le volume de trafic s'accroît, puis restent relativement constantes. Le premier problème est de calculer les coûts sociaux relatifs. En ce qui concerne l'encombrement, ces coûts sont, pour l'essentiel :

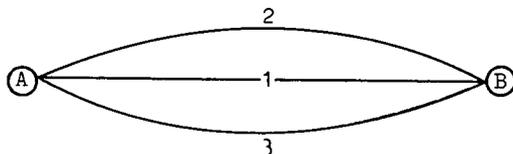
- (a) un accroissement des dépenses d'exploitation des véhicules;
- (b) un accroissement du coût du temps pour les passagers et les marchandises;
- (c) d'autres coûts qui sont probablement sans importance.

7.7. L'augmentation des coûts d'exploitation des véhicules peut-être calculée grâce aux résultats des nombreuses recherches faites sur ce sujet. Le coût du temps est un coût d'opportunité calculé en fonction de ce qui pourrait être fait pendant les heures perdues dans les encombrements. La première difficulté consiste alors à établir un rapport vitesse/intensité de circulation, différencié selon les diverses combinaisons de types de véhicules qui peuvent se présenter.

7.8. Le Diagramme I représente les positions supposées des différentes courbes des coûts possibles. On postule que la somme des coûts sociaux découlant de l'encombrement et du bruit peut se calculer en unités monétaires et qu'une courbe des coûts sociaux marginaux globaux peut être établie (MSC). On notera que MSC est convexe plutôt que concave par rapport à son origine du fait que la courbe des coûts du bruit monte de manière abrupte pour se stabiliser à un plafond de fait à partir duquel l'adjonction de nouveaux véhicules a peu d'effets. Selon cette formulation du problème, la conclusion principale est que le trafic

DIAGRAMME 1





devrait être concentré sur les routes de façon que sa courbe se maintienne à son palier.

7.9. Dans le cas du Diagramme II, où l'on envisage trois itinéraires urbains possibles d'un point A à un point B, la courbe de l'itinéraire 1 s'est déjà stabilisée en ce qui concerne les bruits, tandis que celles des itinéraires 2 et 3 sont ascendantes. La politique à suivre ici sera donc de tenter de concentrer la circulation sur l'itinéraire 1 jusqu'à ce que son encombrement marginal excède la réduction des coûts du bruit opérée sur les itinéraires 2 et 3.

7.10. Les participants ont alors été amenés à discuter de la question des itinéraires urbains pour poids lourds. Il a semblé que bien des éléments rendaient en principe très recommandable la création de ces itinéraires, en particulier si elle devait être combinée avec l'application de mesures beaucoup plus strictes pour réduire le bruit de ces véhicules; on a noté en passant qu'il arrivait souvent que les bruits dus aux systèmes d'échappement des poids lourds ne soient pas les plus gênants car la mauvaise utilisation des freins, en particulier dans le cas des véhicules articulés roulant à vide posait un problème particulier. On pourrait également envisager des mesures visant à réduire le nombre d'arrêts et de démarrages des véhicules grâce à un système de synchronisation des feux de circulation qui permettrait à cette dernière de se faire par "courants continus"; ceci exigerait toutefois le respect plus effectif des limitations de vitesse et de l'interdiction des véhicules bruyants pendant les heures de sommeil et le week-end, lorsque la population sort de chez elle.

8. Transports publics et environnement

8.1. Quels que soient les résultats des recherches en cours dans ce domaine, on peut supposer sans grand risque d'erreur que les mesures destinées à réduire la pollution et à mieux aménager l'environnement urbain entraîneront une augmentation peut-être considérable des investissements requis pour renouveler ou améliorer les infrastructures urbaines. L'effet que cette tendance aura en fin de compte dépendra cependant beaucoup de l'action stimulante que pourra exercer l'adoption de normes plus élevées sur l'innovation en matière de conception et de construction des

infrastructures de transport. On peut prévoir que toute réduction de l'utilisation des automobiles qui résultera de la réglementation du stationnement et autres restrictions amènera un accroissement de la demande de transports publics. Si ceci se réalise, l'aptitude des transports publics à répondre à ces exigences accrues et les coûts en jeu ne pourront être déterminés qu'en tenant compte de la capacité de chaque système et de l'accroissement réel de la demande. D'une manière plus générale, il convient cependant de noter que les résultats d'enquêtes menées dans toute l'Europe indiquent que, comparés aux voitures particulières, les transports publics sont l'objet d'une insatisfaction générale, en particulier en ce qui concerne leur confort et leur commodité. De fait, les résultats de ces études indiquent qu'il est peu probable que les mesures destinées à accroître la diversification des modes de transports publics et donc à réduire la pollution engendrée par les véhicules à moteur atteindront leur but tant que l'on n'aura pas procédé à une réglementation directe ou à une réévaluation radicale des indispensables normes de service de ces moyens de transport.

9. Recommandations en vue de recherches futures

(a) Il faudrait effectuer une étude sur l'efficacité comparée des méthodes de taxation et de réglementation touchant la réalisation des objectifs relatifs à l'environnement. Dans cette étude, on devrait examiner la question à partir des prémisses adoptées et se concentrer sur les résultats des deux méthodes du point de vue de leur efficacité et des incidences de leur succès ou échec sur les groupes de population définis selon leurs revenus.

(b) Pour disposer d'une base solide sur laquelle envisager la suite à donner à l'évaluation de la qualité de l'environnement, il est essentiel de poursuivre les recherches touchant les valeurs à attacher aux facteurs relatifs à l'environnement.

(c) La portée des études concernant la planification des systèmes de transport et en particulier celle de l'aménagement des réseaux devrait être élargie de façon que les critères de mesure des incidences des nouvelles réalisations sur l'environnement y soient pris en compte. Il serait indiqué d'étudier si les recherches faites actuellement dans divers domaines sont bien équilibrées ou s'il faudrait que les efforts se détournent encore davantage de l'amélioration des systèmes de transport proprement dits pour se reporter sur la question de leurs incidences secondaires.

RESUME ET CONCLUSIONS

1. La CEMT se préoccupe beaucoup de définir la fonction optimale que doivent remplir les véhicules à moteur dans le milieu urbain d'aujourd'hui et dans celui de demain. L'organisation de la 18ème Table ronde a procédé directement du désir du Comité des Recherches économiques de la CEMT d'étudier la question de savoir si des données susceptibles d'influencer la politique de la CEMT concernant les véhicules à moteur pouvaient être tirées des travaux de recherche effectués à ce jour. Il ne ressort ni des discussions qui ont eu lieu à la réunion ni des recherches dont on a rendu compte dans le Rapport d'introduction qu'il soit possible, au stade actuel, de tirer des conclusions définitives quant à la politique à adopter en matière de véhicules à moteur. Il s'est cependant avéré clairement qu'il importait de poursuivre les travaux dans ce domaine. L'examen par les participants à la Table ronde d'une fraction de l'aspect "transport" du problème de l'environnement urbain a servi à mettre en lumière les lacunes considérables qui subsistent encore dans la connaissance fondamentale des processus en jeu dans le complexe urbain. Dépasser le stade de l'étude sectorielle pour poser la question essentielle qui est de savoir comment créer un "bon" environnement global amène également à considérer le problème de l'équilibre entre les divers avantages et coûts de différents facteurs en jeu ainsi que toute une série de questions qui ont trait à la coordination de la planification. Dans les notes qui suivent, on tente de relever certains des thèmes qui présentent un intérêt particulier pour la question des transports dans ce domaine complexe. Si l'on ne peut dire qu'aucune recommandation précise quant aux politiques à appliquer n'a pu être dégagée de la discussion, un précieux échange de vues a néanmoins eu lieu. On peut noter en passant que des mesures qui sont déjà envisagées ou même appliquées dans certains pays en vue d'interdire ou de restreindre la circulation automobile dans certaines zones ainsi que de l'amélioration des transports publics ont recueilli l'approbation

générale, mais on a surtout insisté sur la nécessité absolue d'envisager les mesures politiques en fonction d'objectifs réels, propres à favoriser le bien-être de la collectivité. Les mesures prises çà et là pour améliorer l'environnement peuvent se justifier à titre conservatoire mais l'objectif à long terme doit être d'inclure des indicateurs relatifs aux questions d'environnement dans les systèmes d'évaluation qui sont utilisés pour tester les réseaux de grandes voies routières; si l'on ne tient pas compte de ces indicateurs, il est inévitable que la construction de nouvelles routes ne maximisera qu'un aspect très limité du bien-être.

2. Les problèmes soulevés par la planification sectorielle ont préoccupé les participants à la Table ronde. Les véhicules à moteur exercent sur la vie urbaine une influence qui touche nombre de ses aspects mais la raison de ce phénomène est souvent oubliée. C'est principalement la grande utilité des véhicules à moteur qui les rend importants. Lorsqu'on a reconnu le grand rôle joué par les véhicules à moteur dans les villes, les véritables perspectives du problème commencent à apparaître. Si l'on peut planifier les villes de l'avenir en fonction d'autres modes de transport que l'automobile, ou même orienter franchement la planification en vue d'une réduction des besoins de transport, on ne peut en revanche supprimer facilement la voiture dans les villes actuelles. L'utilisation de l'automobile comporte des avantages aussi bien que des inconvénients et avant de prendre toute mesure propre à l'affecter de manière importante il faut étudier soigneusement tous les effets du changement envisagé. La question qu'il faut se poser n'est pas tant "quelle est la manière la plus efficace d'arrêter la pollution?" que "comment peut-on utiliser au mieux les véhicules à moteur pour accroître le bien-être?"

3. Le problème fondamental qui se pose concernant la méthode coûts/bénéfices, est celui de l'évaluation des bénéfices et des coûts du point de vue du bien-être global. Pour exprimer ceci dans les termes les plus simples, on peut dire que les véhicules à moteur accroissent la mobilité et permettent d'économiser un temps qui peut être employé utilement à d'autres activités; on peut opposer à cela qu'ils sont une source de bruits que beaucoup de personnes trouvent gênants et certaines véritablement préjudiciables. Comment ces avantages et ces inconvénients peuvent-ils être groupés de façon à former un indice du bien-être général? La solution théorique, selon le système d'économie du bien-être

élaboré par Pareto, Pigou et d'autres, réside dans la création d'un marché parfait et la tarification (ou la taxation) de la pollution. Les nombreuses conditions restrictives que la théorie suppose ne se trouvent jamais présentes dans la réalité, ce qui limite la valeur pratique de l'analyse. Cependant, la recherche d'une "quasi-relation de marché" entre "pollueurs" et "pollués" débouche sur des études intéressantes dont certaines sont décrites brièvement dans le Rapport d'introduction.

4. Si l'on peut douter qu'il soit possible et même utile d'appliquer la théorie de l'économie du bien-être au problème de la pollution, ceci ne doit pourtant pas masquer le fait que, dans le présent cas, il y a deux utilisations possibles de la taxation. On peut envisager de construire un modèle de simulation des effets de la pollution qui comprenne les prix des différents facteurs de pollution et permette de calculer leurs incidences en vue de disposer de directives pour fixer les objectifs politiques. On peut également, après établissement des objectifs, considérer la taxation comme une méthode qui, combinée à la réglementation, permet d'atteindre ces objectifs. En conséquence, même si l'on peut douter de la logique de la théorie selon laquelle un système de taxation amène une situation optimum, la taxation et la réglementation ont a priori la même valeur au stade que l'on qualifie de "stade d'application". Les participants à la réunion se sont déclarés convaincus qu'une division de cet ordre était nécessaire et que des critères permettant de juger de l'efficacité de chaque méthode devraient être appliqués en vue d'un choix au stade final du processus.

5. Les participants ont estimé que pour établir un plan central d'aménagement de l'environnement urbain à partir des études sectorielles, il était essentiel de disposer d'un système d'évaluation de toutes les mesures sectorielles sur des bases comparables. Etant donné que la fonction des économistes est de conseiller et non d'établir les politiques, les participants ont jugé qu'il était nécessaire de formuler les résultats des recherches de façon à faciliter le plus possible les décisions des hommes politiques dont les responsabilités s'étendent à toute une gamme de domaines.

