



COMMISSION FÉDÉRALE POUR  
L'ÉVALUATION DES VALEURS  
LIMITES D'IMMISSIONS POUR LE BRUIT

4e rapport

VALEURS LIMITES D'EXPOSITION AU BRUIT DU TRAFIC FERROVIAIRE

septembre 1982



TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
1 INTRODUCTION	1
11 Mandat confié à la commission	1
12 Situation initiale	2
13 Exécution du mandat	3
14 Membres de la commission	4
2 BRUIT DU TRAFIC FERROVIAIRE, UN PROBLEME D'ENVIRONNEMENT	6
3 STRATEGIE DE LUTTE CONTRE LE BRUIT	9
31 Stratégie générale	9
32 Importance d'une stratégie de lutte contre le bruit du trafic ferroviaire	11
4 PHENOMENES ACOUSTIQUES	13
41 Notions de base	13
42 Particularités du bruit ferroviaire	15
43 Grandeurs de mesure et indices d'exposition au bruit	18
5 EFFETS DU BRUIT FERROVIAIRE	20
51 Considérations générales	20
52 Informations recueillies lors des études sur le bruit ferroviaire	23
6 VALEURS LIMITES D'EXPOSITION AU BRUIT	28
61 Catégories de valeurs limites et fonctions	28
62 Protection contre le bruit dans le voisinage de la voie ferrée	31
63 Différenciation des valeurs limites d'exposition au bruit	33
64 Tableau des valeurs limites	35
7 CONSEQUENCES DE LA MISE EN PRATIQUE DES VALEURS LIMITES D'EXPOSITION AU BRUIT	38
71 Comparaison avec les valeurs limites de 1963	38
72 Coût des mesures passives de lutte contre le bruit	39
8 ASPECTS JURIDIQUES	41
81 Situation juridique actuelle	41
82 Adjunction au droit	44

Les valeurs limites d'exposition au bruit proposées dans ce rapport servent à évaluer le bruit habituellement engendré par le roulement des trains, tant le long de la voie ferrée que dans le voisinage des gares aux voyageurs. Elles ne s'appliquent pas aux autres bruits ferroviaires, par exemple le freinage, les chocs, les annonces par haut-parleur etc.

Les valeurs limites d'exposition au bruit peuvent systématiquement être appliquées pour tout chemin de fer à voie normale ou à voie étroite, sauf pour les lignes de tram et les funiculaires.

Pour évaluer le bruit des trams, on applique par contre les valeurs d'exposition au bruit du trafic routier<sup>1)</sup>; quant à celui des gares de triage, il peut être apprécié au moyen de directives<sup>2)</sup> établies provisoirement à cette fin.

---

1) Valeurs limites pour l'exposition au bruit du trafic routier; 1er rapport de la Commission fédérale pour l'évaluation des valeurs limites d'immissions pour le bruit (juin 1979)

2) Lärmschutz an Rangierbahnhöfen; Bericht der Eidg. Arbeitsgruppe "Lärmbelastung durch Rangierbahnhöfe", Bern (Juni 1978).  
Publication uniquement en allemand.

1            INTRODUCTION

11          Mandat confié à la commission

Dans la future législation fédérale sur la protection de l'environnement, fondée sur l'article 24 septies de la constitution fédérale, une grande importance revient à la lutte contre le bruit. Il s'agit non seulement de réduire le bruit à la source, mais encore de déterminer un certain nombre de valeurs limites d'exposition au bruit. De telles valeurs contribueront en outre à la mise en application des principes régissant l'aménagement du territoire, ainsi qu'ils sont définis à l'article 3, 3e alinéa, lettre b, de ladite loi.

Afin de pouvoir ancrer dans le droit des valeurs limites d'exposition au bruit, il était devenu temps de réexaminer d'un oeil critique - pour tout type de bruit - les données existantes. Il s'agissait de combler en même temps certaines lacunes.

Le Département fédéral de l'intérieur a donc institué en 1975 une "Commission d'experts pour l'évaluation des valeurs limites d'immissions pour le bruit", à laquelle il confia la tâche de réviser les anciennes bases, de les adapter aux plus récentes connaissances techniques et scientifiques et, si nécessaire, de les compléter par des études bien définies.

La commission a déjà publié trois rapports: le premier (1979) contient des propositions de valeurs limites d'exposition au bruit du trafic routier; le deuxième rapport (1980) est consacré au bruit provoqué par les installations civiles de tir, et le troisième (1981) à celui de l'aviation légère. Quant au présent rapport, il traite du bruit du trafic ferroviaire. (Pour le domaine d'application, voir le texte encadré en page II).

## 12 Situation initiale

Les mesures pour lutter contre le bruit du trafic ferroviaire s'appuient sur la loi fédérale du 20 décembre 1957 sur les chemins de fer (LCF). Cependant, ni cette loi, ni l'ordonnance sur les chemins de fer secondaires ne comportent de dispositions permettant de lutter concrètement contre le bruit. Même la nouvelle ordonnance sur les chemins de fer ne prévoit pas de telles dispositions.

Compte tenu du manque de normes, la lutte contre le bruit a été laissée à la libre appréciation des autorités de surveillance (Office fédéral des transports), que ce soit dans le cadre des décisions ou de la procédure d'approbation des plans. Pour définir la nécessité de telles mesures, on a disposé jusqu'ici uniquement des valeurs limites indicatives publiées dans le rapport "La lutte contre le bruit en Suisse<sup>1)</sup>". Mais l'expérience a démontré que ces valeurs indicatives ne convenaient en général pas à l'évaluation du bruit ferroviaire (voir chiffre 71). Il est donc nécessaire d'établir des critères d'appréciation adéquats sous la forme de nouvelles valeurs limites d'exposition au bruit du trafic ferroviaire.

De telles valeurs diminueront la marge d'appréciation lorsqu'il s'agira d'évaluer des problèmes provoqués par le bruit ferroviaire. Elles permettront d'instaurer une méthode d'appréciation uniforme et prendront toujours plus d'importance, surtout dans le cadre de la future loi fédérale sur la protection de l'environnement<sup>2)</sup>. Selon ce projet de loi, les valeurs limites d'exposition au bruit serviront à l'étude d'impact sur l'environnement qui précédera toute construction d'une nouvelle ligne de chemin de fer. Le choix des mesures techniques de lutte contre le bruit, applicables tant au matériel roulant qu'aux installations fixes ou encore à l'aménagement local, devra être fait en fonction de ces mêmes valeurs limites.

---

1) "La lutte contre le bruit en Suisse: rapport de la Commission fédérale d'experts au Conseil fédéral, Berne (1963). Ce rapport est épuisé.

2) Message relatif à une loi fédérale sur la protection de l'environnement (31.10.1979)

### 13 Exécution du mandat

Puisque la Suisse ne disposait pas d'enquêtes systématiques sur la gêne provoquée par le bruit du trafic ferroviaire, les offices fédéraux concernés décidèrent en 1978 de faire réaliser une étude globale. Les personnes habitant dans le voisinage de trente tronçons différemment touchés par le bruit ainsi que trois gares de triage ont été prises en considération pour cette étude, dont les résultats sont publiés dans un rapport<sup>1)</sup>. On peut considérer que les résultats de cette analyse du bruit pour des tronçons de voie expriment bien les réactions des personnes touchées. Ils représentent une bonne base pour établir des valeurs limites d'exposition. En ce qui concerne le bruit dans les gares de triage, il n'a pas encore été possible de trouver un indice adéquat qui permettrait de décrire l'exposition à ce genre de bruit (voir également le chiffre 42).

Ces études ont bénéficié du soutien d'un groupe de travail ad-hoc appartenant à la commission; les travaux terminés, le groupe de travail lui a soumis des propositions de valeurs limites.

D'autre part l'Office fédéral de la protection de l'environnement a fait effectuer une étude permettant d'estimer l'ordre de grandeur de la longueur totale de tous les tronçons exposés à un niveau de bruit critique et le coût des mesures passives de lutte<sup>2)</sup> contre celui-ci (résultats voir chiffre 72).

---

1) Soziologisches Institut der Universität Zürich, "Zur Begrenzung der Lärmbelastung"; Sozio-psychologische Untersuchung der Störwirkungen von Eisenbahn- und Strassenlärm unter konstanten Bedingungen. Zusammenfassender Schlussbericht, Zürich (November 1980). Publication uniquement en allemand.

2) - P. Winkelmann, Abschätzung der Kosten von Lärmschutzmassnahmen längs dem schweizerischen Schienennetz, Herausgeber: Bundesamt für Umweltschutz, Bern (März 1980). Publication uniquement en allemand.

- Zusatzauswertung (Juni 1982), pas publié.

En fonction des bases décrites ci-dessus, la commission a élaboré les présentes propositions de valeurs limites d'expositions au bruit. Elle en recommande l'introduction et l'application.

#### 14 Membres de la commission

La commission d'experts se compose des personnes suivantes:

Président: - B. Böhlen, PD, dr ès sc. techn., directeur suppléant de l'Office fédéral de la protection de l'environnement, Berne

Membres:

- Madame Suzanne Casetti, avocate, Société suisse pour la protection du milieu vital, Zurich (dès septembre 1981)
- R. Hofmann, dr phys., division acoustique et lutte contre le bruit, LFEM, Dübendorf
- A. Lauber, prof., ing dipl., chef de la Division acoustique et lutte contre le bruit, LFEM, Dübendorf
- R. Müller, dr phil., sociologue, Lausanne
- R. Probst, dr méd., spécialiste ORL auprès du groupe de la médecine du travail de la CNA, Lucerne
- E.J. Rathe, prof. dr, ingénieur-conseil, Russikon
- O. Schenker-Sprüngli, dr en droit, administrateur de la Ligue suisse contre le bruit, Küssnacht
- R. Stüdeli, dr en droit, directeur de l'Association suisse pour l'aménagement du territoire, Berne
- G. Verdan, dr ès sc. nat., chef de la Division de la lutte contre le bruit, Office fédéral de la protection de l'environnement, Berne
- H.U. Wanner, prof. dr, Institut d'hygiène et de physiologie du travail, EPF, Zurich

Expert permanent: - G. Iselin, avocat, sous-directeur de l'Office fédéral de l'éducation et de la science, Berne



Secrétariat: - R. Clerc, ing. ETS, Division de la lutte contre le bruit, Office fédéral de la protection de l'environnement, Berne

Le groupe de travail, qui a conduit et coordonné les études, se composait des personnes suivantes:

- S. Bargetzi, chef de section, Office fédéral de la protection de l'environnement (président; jusqu'à fin septembre 1981)
- F. Gusset, chef de section, Office fédéral de la protection de l'environnement
- J. Fähr, chef de section, Office fédéral des transports
- W. Bortler, avocat, Office fédéral de l'aménagement du territoire (jusqu'à fin juin 1978)
- W. Zeh, dr ès sc. hort., expert; Office fédéral de l'aménagement du territoire (dès septembre 1978)
- P. Kämpfer, coordinateur pour les questions de bruit de la DG des CFF
- R. Hofmann, dr phys., adjoint scientifique, LFEM, Dübendorf
- M. Krähenbühl, architecte, LFEM, Dübendorf (jusqu'à fin juillet 1980)
- A. Rosenheck, expert scientifique, LFEM, Dübendorf
- A. Meyer, sociologue, Institut de sociologie de l'Université de Zurich.
- R. Ortega, sociologue, Institut de sociologie de l'Univeristé de Zurich.

BRUIT DU TRAFIC FERROVIAIRE, UN PROBLEME  
D'ENVIRONNEMENT

Le progrès technique des dernières décennies a favorisé l'accroissement de l'offre et de la demande pour tous les moyens de transport. Le trafic aérien et le trafic routier présentent le plus fort taux d'accroissement. En comparaison, le taux d'accroissement du trafic ferroviaire est plus faible (voir figure 1).

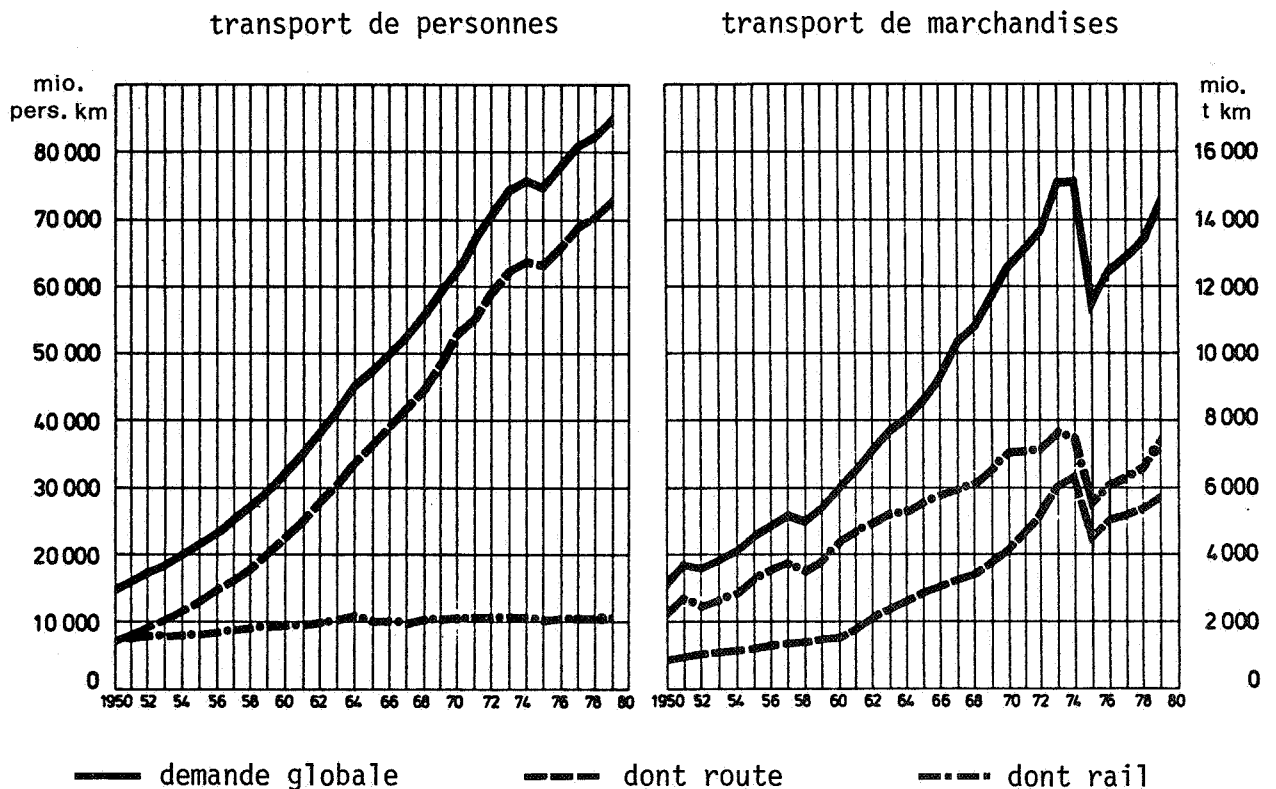


Figure 1 Evolution de la demande dans les transports en Suisse

Mais l'augmentation de la mobilité a aussi ses côtés négatifs. C'est ainsi que les nuisances provoquées par le trafic ont atteint en maints endroits un point critique.

Comparé au trafic routier ou au trafic aérien, le chemin de fer pris dans son ensemble a effectivement créé des problèmes moins graves, pourtant on ne peut pas simplement ignorer le fait que le

bruit du trafic ferroviaire est un des composants de la pollution de l'environnement: des chiffres estimatifs<sup>1)</sup> démontrent aujourd'hui que près de 4% de la population de la Suisse est soumise à une exposition due au bruit ferroviaire dépassant 60 dB(A)<sup>2)</sup> et que 1% subit même plus de 65 dB(A). Si l'on compare ces chiffres au bruit du trafic routier<sup>3)</sup>, (25 à 30% plus de 60 dB(A) et 8 à 12% plus de 65 dB(A)), ils semblent assez faibles, pourtant ils représentent quand même un problème pour les personnes touchées. Relevons que la longueur totale des tronçons de chemins de fer se trouvant à l'intérieur de localités et provoquant pour les régions habitées touchées une exposition extrême dépassant 70 dB(A) durant la journée ou 65 dB(A) durant la nuit, représente quand même plus de 100 km.

Une fréquence de trains plus élevée, des vitesses plus grandes et des compositions plus longues ont depuis quelques dizaines d'années inévitablement intensifié le bruit. Les améliorations techniques des voitures et des locomotives n'ont pu que partiellement y faire face. Pour accroître la fréquence des liaisons, pour qu'elles soient plus rapides, de nouvelles lignes ont été construites, d'autres modernisées. Aujourd'hui des projets pour la construction de voies ferrées à grand débit et de nouvelles transversales alpines sont à l'étude.

Ces diverses raisons obligent les administrations ferroviaires à intensifier la lutte contre le bruit. Afin de ne pas diminuer les immissions uniquement en certains endroits au moyen de mesures passives, il faudra surtout prendre des mesures à la source, qu'il s'agisse des engins moteur ou de la voie.

Les efforts entrepris ont déjà porté un certain nombre de fruits; il a notamment été possible de réduire continuelle-

---

1) Abschätzung aufgrund der Modelle zur Ermittlung der Luft- und Lärmbelastung durch den Verkehr, GVK-CH, Arbeitsunterlage Nr. 29, Bern (1978) Publication uniquement en allemand.

2) exposition au bruit en  $L_p$ ; voir définition sous chiffre 64

3) voir 3e rapport; chapitre 2.

ment le bruit des moteurs de traction électriques. Mais le mécanisme de roulement des essieux, des bogies et celui des superstructures métalliques des wagons-marchandises - dans une moindre mesure cependant - restent la principale source de bruit. Certes, on ne pourra jamais supprimer le bruit du roulement, c'est-à-dire le bruit du contact acier/acier entre la roue et le rail (voir aussi le chiffre 42). La qualité de la surface du rail et des roues du wagon ont une très forte influence sur ce bruit. On a compris depuis peu d'années qu'en pressant la roue, les sabots de frein ne la meulent pas régulièrement, mais qu'ils y créent des stries telles, qu'après quelques freinages déjà, le bruit produit est plus que doublé. C'est pourquoi, les nouvelles voitures unifiées des CFF (VU IV) seront toutes pourvues de freins à disques. Le renouvellement successif du matériel roulant permet d'estimer que dans 30 à 40 ans, le bruit des trains de voyageurs aura diminué de plus de 10 dB(A); pour les tronçons à grand débit, ce renouvellement sera un peu plus rapide.

Selon toute prévision, le trafic ferroviaire augmentera encore, même si son accroissement sera moins prononcé. Qu'il s'agisse de projet de nouvelles voies ferrées ou de l'exploitation du réseau, l'administration des chemins de fer et les autorités devront donc se faire un devoir constant de diminuer le bruit engendré par le matériel roulant et de prendre des mesures antibruit le long des voies ferrées jusqu'à ce que les immissions atteignent un niveau supportable pour les habitants du voisinage.

3            STRATEGIE DE LUTTE CONTRE LE BRUIT

31           Stratégie générale

Le projet de loi fédérale sur la protection de l'environnement comprend une stratégie applicable généralement à tous les cas de lutte contre le bruit; selon la commission, elle convient aussi pour la lutte contre le bruit du trafic ferroviaire.

Dans les grandes lignes, cette stratégie se caractérise ainsi:

- Avant tout, il faut réduire le bruit à la source. Pour y arriver, il importe d'exiger l'application de la technique de lutte contre le bruit la mieux appropriée. En d'autres termes, il y a lieu de diminuer les émissions de bruit - indépendamment de l'exposition au bruit auquel est actuellement soumis l'environnement - dans la mesure que permettent la technique et les conditions d'exploitation, compte tenu des possibilités économiques.
- Lorsque, dans des cas précis, ces moyens ne suffisent pas à ramener le bruit à un degré supportable, il importe alors de prendre d'autres mesures. On peut en l'occurrence penser notamment à des mesures techniques prises en matière de construction aux fins d'empêcher la propagation du bruit, à des prescriptions d'exploitation ainsi qu'à des dispositions d'aménagement local du territoire.
- Si on ne dispose d'aucun moyen approprié pour réduire le bruit ou pour en atténuer la propagation, si la construction ou le maintien de l'installation sont d'un intérêt public prépondérant, il faut alors exceptionnellement imposer des mesures de lutte contre le bruit au lieu même des atteintes (en augmentant par exemple l'insonorisation des bâtiments).

Les autres mesures, surtout les mesures d'insonorisation en faveur des personnes subissant les atteintes, doivent garder un caractère d'exception et ne pas devenir la règle. Ceci signifie néanmoins qu'il faut quand même accorder la plus grande attention aux techniques les mieux appropriées de protection contre le bruit, que ce soit à la source ou à proximité de celle-ci.

Il ne s'agit cependant pas d'attendre des plaintes pour appliquer un des trois moyens décrits. Selon le principe de la prévention, il importe d'agir d'emblée pendant la phase du développement et de la construction de nouveaux engins, machines et véhicules ainsi que tout au long de la planification de nouvelles installations émettant des bruits.

Les principaux instruments de droit dont nous disposons pour réaliser cette stratégie sont d'une part des prescriptions pour limiter les émissions, d'autre part des valeurs limites d'exposition au bruit.

Les prescriptions visant à limiter les émissions peuvent être édictées sous forme de valeurs limites d'émissions, de prescriptions techniques pour la construction et l'équipement, ou encore comme prescriptions réglant l'exploitation. Elles doivent servir à imposer la meilleure technique de lutte contre le bruit.

Les valeurs limites d'exposition au bruit présentent des critères permettant d'évaluer l'exposition au bruit. La nécessité et l'urgence de mesures complémentaires (y compris les mesures d'insonorisation) devront donc être établies en premier lieu par comparaison avec de telles limites d'exposition au bruit.

32      Importance d'une stratégie de lutte contre le bruit  
du trafic ferroviaire

Dans le trafic ferroviaire également, il est impératif de mettre tout en oeuvre pour appliquer la meilleure technique de lutte contre le bruit.

Certes dans le cas des véhicules ferroviaires, la Suisse ne connaît toujours pas de valeurs limites d'émission ayant force de loi. Mais depuis quelques années, plusieurs compagnies de chemin de fer se sont fixées leurs propres objectifs qu'elles s'efforcent d'appliquer lors de l'achat de matériel roulant (locomotives et wagons). Dans le domaine international, la Communauté Européenne (CE) notamment envisage d'édicter des directives appropriées à ce type de bruit. Les normes d'émission nécessaires sont actuellement préparées par une commission de la CE en coopération avec l'Union internationale des chemins de fer (UIC). La Suisse suit le déroulement des travaux de très près et en tient compte pour l'achat des véhicules.

Il résulte toutefois de la longue durée de vie du matériel roulant (30 à 40 ans) que le remplacement des véhicules - c'est-à-dire l'introduction des progrès techniques en matière de lutte contre le bruit - est lent. Il est donc à recommander que le nouveau matériel roulant, moins bruyant, soit utilisé en priorité sur les lignes principales où, vu la fréquence élevée des trains, le bruit est naturellement plus intense.

Mais cependant, les mesures techniques appliquées aux installations fixes afin d'atténuer la propagation du bruit sont ici très importantes. Dorénavant lorsqu'il s'agira de construire de nouvelles voies ferrées, on devra prendre l'habitude, dans le voisinage de zones habitées, de faire au moins un minimum de protection, par exemple en choisissant le tracé le mieux approprié ou encore en installant des écrans acoustiques. Une telle protection est aujourd'hui déjà faisable sur certains tronçons particulièrement exposés.

La liberté d'action avec les mesures touchant l'exploitation en vue de réduire le bruit est par contre faible, les impératifs de l'horaire n'autorisant presque aucune mesure efficace pour lutter contre le bruit.

La planification par contre est très importante. Elle doit d'un côté soumettre à un examen attentif les besoins de nouvelles lignes ferroviaires par rapport aux principes de l'aménagement du territoire, d'un autre côté s'assurer que l'extension des zones habitées ne s'approche pas trop de la voie ferrée. Selon les circonstances, il faudrait étudier un changement d'affectation ou le déclassement d'une zone.

Il est à relever enfin une certaine importance des mesures d'insonorisation auprès des personnes touchées par le bruit ferroviaire.

Au vu de la situation, les valeurs limites d'exposition au bruit ont une grande importance dans le trafic ferroviaire, que ce soit sous forme

- d'instruments de planification, à titre de mesures préventives
- de critères pour évaluer la nocivité et la gêne dues au bruit ferroviaire, comme aussi la nécessité et l'urgence de prendre d'autres mesures, surtout celles touchant la construction des installations fixes ou les projets.



4            PHENOMENES ACOUSTIQUES

41           Notions de base

Notre ouïe perçoit déjà de faibles variations de pression atmosphérique dès que le nombre d'oscillations par seconde (fréquence) se situe dans une plage comprise entre 16 et 16'000. De telles variations de pression, produites par exemples par des objets vibrant sous une influence mécanique, se répandent dans l'air sous forme d'ondes. On les désigne sous le terme de sons.

La variation dans le temps de la pression acoustique peut être fort compliquée. Toutefois, l'ouïe traite le son sous deux formes d'impressions réunies: celles de la sonie et celle de la composition en fréquences. Ces deux phénomènes correspondent en général aux grandeurs que la physique utilise pour décrire un bruit. Le niveau d'isosonie est étroitement lié à l'intensité (définie comme énergie acoustique arrivant par seconde sur une surface imaginaire de  $1 \text{ m}^2$  placée perpendiculairement à la direction de propagation). En revanche, le spectre donne la composition en fréquences d'un bruit; il précise donc quels tons (fréquences) sont contenus dans le bruit et quelle part chaque fréquence a dans l'intensité totale.

Pour déterminer l'intensité et le spectre, les mesures doivent durer au moins un certain temps. Ces deux grandeurs sont donc déjà des valeurs moyennes dans le temps. L'ouïe également forme une valeur moyenne. Dans les sonomètres, ce rôle est assumé par des éléments électroniques caractérisés par une "constante de temps". De nombreux instruments de mesure permettent de choisir entre plusieurs constantes de temps, désignées par les mots anglais SLOW, FAST et IMPULS. Plus la constante de temps choisie est longue, plus les oscillations du niveau acoustique de brève durée sont amorties, ce qui facilite la lecture des mesures du niveau de

pression sonore. Cette méthode comporte toutefois un inconvénient, à savoir une certaine perte d'information sur la prise en considération des pointes d'intensité brèves.

L'appréciation d'un bruit dépend en particulier de l'intensité et du spectre d'une source sonore. Etant donné que l'ouïe perçoit des fréquences très élevées (plus de 8'000 oscillations par seconde) et très basses (moins de 200 oscillations par seconde) moins fortement que des tonalités moyennes, on doit additionner chaque fréquence particulière avec son propre facteur pour calculer avec exactitude l'intensité totale d'un bruit perçu. Cette particularité de l'ouïe peut être reproduite dans les instruments de mesure par l'incorporation de filtres électriques. On peut choisir entre plusieurs "courbes de filtres" désignées par les lettres A, B, C et D. Actuellement, la courbe A est mondialement utilisée pour déterminer la plupart des bruits.

Il en résulte que la mesure du bruit est une mesure d'intensité adaptée à l'ouïe. Or, comme on peut entendre les bruits de notre environnement dans un champ d'intensité très étendu (les écarts extrêmes entre les bruits les plus faibles et les plus forts se situent à l'échelle du trillon,  $10^{12}$ ), il était indiqué de trouver un indice logarithmique pour donner une indication sur l'intensité du bruit. Le champ d'intensité se trouve donc ramené à un peu plus d'une centaine d'unités. Cette unité relative, appelée niveau de pression acoustique, est exprimée en décibels (dB)<sup>1)</sup>.

---

<sup>1)</sup> Pour calculer en dB le niveau acoustique L avec l'intensité I ( $\text{W/m}^2$ ) on applique la formule suivante:

$$L = 10 \cdot \log_{10} (I/I_0) \quad (\text{dB}) \quad \text{"niveau d'intensité acoustique"}$$

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2 \quad \text{intensité de référence, représente le seuil d'audibilité}$$

On obtient presque le même résultat lorsqu'on se base sur la pression acoustique p. Il y a lieu de choisir comme pression acoustique de référence  $p_0 = 20 \cdot 10^6$  Pascal qui représente le seuil d'audibilité. C'est le procédé du sonomètre.

$$L = 10 \cdot \log_{10} (p/p_0)^2 \quad (\text{dB}) \quad \text{niveau de pression acoustique}$$

La différence d'environ 1/10 de dB entre les deux définitions peut être négligée en pratique dans le domaine de la lutte contre le bruit.

Si l'intensité est mesurée avec le filtre A, il faut l'indiquer. On parle alors d'un "niveau sonore avec la courbe de pondération A", ce qui s'indique par le symbole  $L_A$ . Le genre de pondération est souvent désignée entre parenthèses, après l'unité : dB(A).

Généralement, un bruit est ressenti deux fois plus fortement lorsque son niveau s'accroît de 10 dB(A). Cette constatation repose sur les résultats d'enquêtes exécutées auprès de nombreuses personnes. Pourtant, ce trouble est ressenti différemment par chaque individu. La capacité réceptive de l'ouïe humaine va d'environ 0 dB (seuil d'audibilité) à 130 dB (seuil de douleur).

#### 42 Particularités du bruit ferroviaire

Le bruit du roulement d'un train en pleine voie est caractérisé par des pointes élevées de bruit qui durent 10 à 30 secondes et qui sont suivies de longues pauses. Lors de chaque passage, le déroulement est semblable à la courbe de la figure 2: une montée rapide qui correspond à la phase d'approche du train, suivie d'un plat dont le niveau moyen sert pour désigner le "niveau de passage". Après le passage du train, le bruit s'affaiblit rapidement. On peut donc décrire le déroulement au moyen de la durée du bruit et du niveau de passage  $L_v$ . Le spectre de fréquence est large (voir fig. 3), avec une concentration de l'énergie dans la plage des fréquences moyennes où la sensibilité de l'ouïe est précisément la plus grande.

Ce sont en premier lieu les vibrations des roues qui produisent ces bruits. En tournant sur le rail tout en étant guidée latéralement, la roue crée un frottement qui se modifie rapidement; joint aux défauts superficiels du rail ou à ceux de la roue, même s'ils sont faibles, ce frottement provoque toutes sortes de vibrations. Il en résulte un bruit

émis de manière particulièrement forte, latéralement dans le sens des essieux. Dans une moindre mesure, les suspensions des roues, les bogies, la superstructure des véhicules et le rail y contribuent.

Si les roues ne sont plus parfaitement rondes, ceci provient surtout des freins. Lorsque les sabots de frein pressent le bandage de la roue, il se produit des stries sous l'effet des particules des sabots de freins qui s'agglomèrent par frittage. Avec les freins à disques, ce processus n'existe plus; en plus, on sait que les voitures pourvues de ce type de freins sont sensiblement moins bruyantes que celles pourvues de freins à sabots. Une nouvelle génération de matériel roulant promet une bonne réduction du bruit ferroviaire, même compte tenu de l'augmentation de la vitesse.

Mais l'exploitation d'un réseau ferroviaire ne connaît pas uniquement le bruit qu'occasionne la marche des trains en pleine voie ou en gare.

Il y a aussi les autres bruits particuliers au chemin de fer, par exemple le crissement des freins, les claquements au passage des aiguilles, les sifflements et les informations transmises par haut-parleur; ces bruits se produisent surtout dans le périmètre des gares. Dans certains cas, le triage des wagons peut être particulièrement bruyant; en effet, les divers bruits, les bruits de crissement des freins à mâchoires, les bruits impulsifs du tamponnement des wagons l'un après l'autre ont lieu durant la nuit, pour des raisons touchant à l'exploitation. Mais tous ces bruits sont si divers les uns des autres, qu'on peut à peine les évaluer au moyen du présent schéma. Ce rapport se limite de ce fait aux bruits provenant de la marche des trains.

Un autre bruit, se distingue des bruits ferroviaires: c'est celui du tram. D'une part, le niveau des émissions est moins élevé, la vitesse d'un tram étant plus faible et les véhi-

cules construits différemment des trains qui ont leur propre tracé; d'autre part, le bruit du tram s'additionne à celui du trafic routier et ensemble, ils produisent une nuisance globale que l'on peut mieux évaluer sur la base du schéma des valeurs limites pour le bruit du trafic routier (voir le texte encadré en page II).

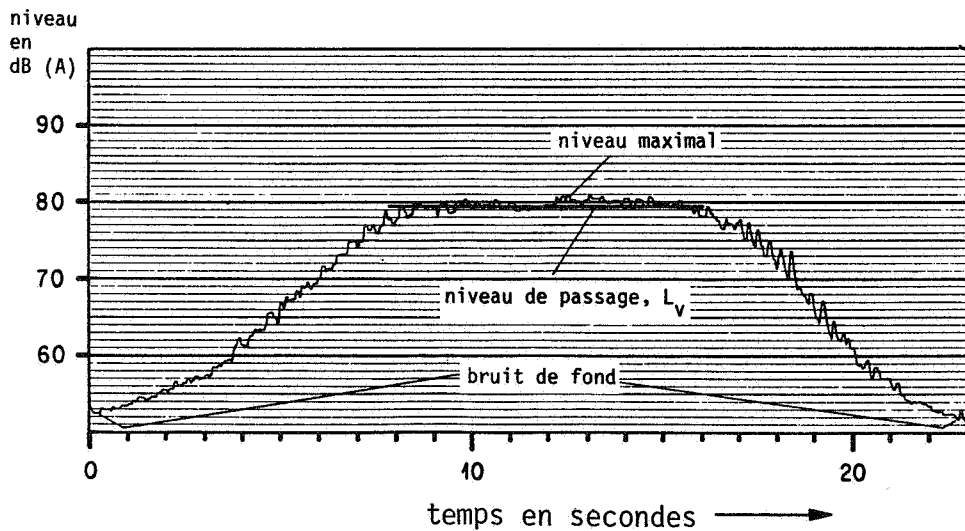


Fig. 2: déroulement du niveau de bruit lors du passage d'un train

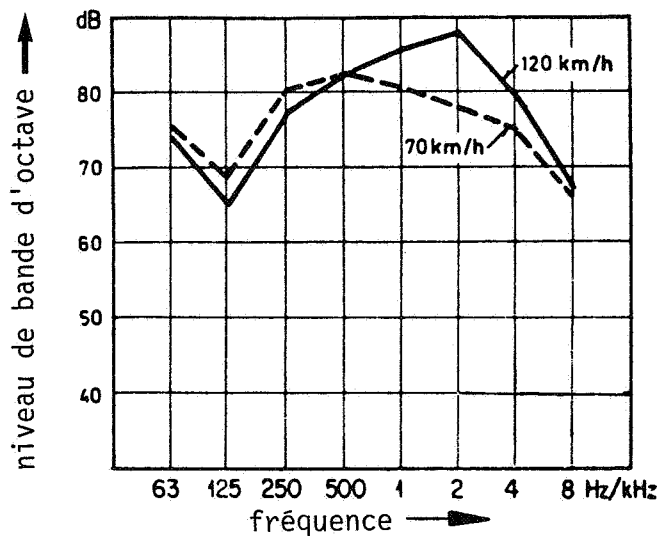


Fig. 3: spectre typique de fréquence du bruit ferroviaire à 25 m de distance

43 Grandeurs de mesure et indices d'exposition au bruit

Pour mesurer le bruit ferroviaire, on règle l'appareil de mesure sur FAST (constante de temps) et on utilise le filtre A. Dans la mesure du possible, on enregistrera le déroulement du niveau et on choisira une journée typique. Comme dans le cas du bruit du trafic routier, on appliquera le "niveau énergétique moyen"  $L_{eq}$ , c'est-à-dire le niveau de bruit de l'intensité moyenne<sup>1)</sup>. On dispose aujourd'hui d'instruments de mesure qui donnent directement le résultat en  $L_{eq}$ .

L'avantage du niveau énergétique moyen réside dans sa simple signification physique, dérivée de l'intensité moyenne. Un grand nombre de recherches sur la gêne due au bruit a de plus montré que le  $L_{eq}$  appartient généralement - pour différents types de bruits - au groupe des indices les mieux appropriés. En Suisse, les "niveaux de bruit statistiques"  $L_{50}$  et  $L_1$  ont été utilisés jusqu'ici. Il s'agit des valeurs de niveau dépassées pendant respectivement 50% ou 1% du temps de mesure. Mais cependant, ainsi que démontré sous chiffre 71, ces niveaux statistiques conviennent mal pour caractériser le bruit ferroviaire. Le niveau énergétique moyen simplifie la technique de mesure, il simplifie aussi les calculs et répond à l'évolution internationale des normes. Quant aux particularités d'un certain type de bruit, des corrections permettent de les prendre en considération (on utilise dans ce cas le "niveau d'évaluation"  $L_r$ ).

---

1) De façon exacte, le niveau énergétique moyen est défini comme niveau de pression acoustique, en partant du carré du niveau de pression acoustique avec la pondération A. Selon les prescriptions de l'Organisation internationale de normalisation ISO, il est désigné par le symbole  $L_{A,eq}$ .

$$L_{A,eq} = 10 \cdot \log_{10} \left[ \frac{1}{T} \int_0^T (p_A/p_0)^2 dt \right]$$

$p_A$  = pression acoustique  
avec la pondération A  
 $p_0$  =  $20 \cdot 10^{-6}$  Pascal (pression acoustique référence)  
 $T$  = temps de mesure (voir également définition à la page 14)

Puisque la valeur  $L_{eq}$  cherchée doit prendre en considération uniquement le bruit ferroviaire ( $L_{eq,e}$ ), sans les autres sources de bruit, on aura avantage à n'effectuer les mesures qu'au passage des trains et à arrêter l'appareil de mesure pendant les intervalles entre les trains. Le  $L_{eq}$  ainsi obtenu doit donc être calculé pour chaque valeur que l'on veut obtenir durant la période d'évaluation et avec le trafic déterminant<sup>1)</sup>. Pour la période d'évaluation, il convient d'utiliser pour le jour, l'intervalle de 6.00 à 22.00 h et pour la nuit, de 22.00h à 6.00 h. Le trafic déterminant est la moyenne annuelle de trafic, calculée séparément pour la journée et pour la nuit.

Le bruit d'un train varie selon sa vitesse, sa longueur, le matériel roulant. Des analyses systématiques ont prouvé qu'une répartition des trains en trois catégories - trains directs, trains régionaux et trains de marchandises - suffit pour les besoins de l'enquête. On choisira le nombre de passages par catégorie de manière à ce que le  $L_{eq}$  soit garanti du point de vue statistique (c'est-à-dire que l'erreur standard ne devrait pas dépasser de beaucoup 1 dB(A)).

---

$$1) L_{eq,e} = 10 \cdot \log \left[ \frac{1}{T_B} \sum_{i=1}^N t_i \cdot 10^{0.1 \cdot L_{eq,i}} \right]$$

Formule dans laquelle:

$L_{eq,i}$  = valeur moyenne du  $L_{eq}$  pour le train  $i$  mesuré pendant le temps  $t_i$  (en sec.)

$T_B$  = période d'évaluation, diurne = 57'600 sec/nocturne = 28'800 sec

$N$  = trafic déterminant (nombre de trains resp. la journée et la nuit).

5        EFFETS DU BRUIT FERROVIAIRE

51        Considérations générales

On peut considérer les phénomènes suivants comme les principales perturbations engendrées par le bruit: dérangement au niveau de la communication en général, de la communicabilité en particulier, troubles du sommeil, du repos, des loisirs, du bien-être au foyer, perte de concentration lors de travaux intellectuels.

- Troubles du sommeil

Du point de vue médical, il s'agit de prendre très au sérieux les troubles du sommeil qui peuvent avoir une influence sur la santé.

Une des conditions indispensables au maintien de la santé réside dans la reconstitution pendant la nuit des forces dépensées durant la journée. Alors qu'au cours du sommeil, les paupières fermées empêchent les stimulations optiques, la capacité auditive n'est que faiblement réduite; elle conserve pendant le sommeil sa fonction de dispositif d'alarme.

Il y a deux types de sommeil: le profond et le léger. Soit les bruits réveillent l'homme tout à fait ou alors ils transforment son sommeil profond en un sommeil léger. Donc un bruit excessif perturbe le sommeil aussi bien quantitativement que qualitativement.

- Bruit et santé

Ces bruits doivent être considérés comme une atteinte au bien-être, par conséquent à la santé (voir figure 4). Cette conclusion s'applique également lorsqu'il n'y a aucune raison de craindre que les personnes touchées subissent des dommages durables pour l'ouïe.



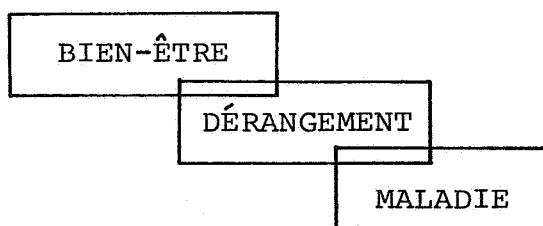


Fig. 4:

Le dérangement se situe entre l'état de "bien-être" et la "maladie" et se manifeste au stade avant-coureur d'une maladie. Il est à considérer comme un signal d'alarme.

Chaque "cri d'alarme" du cerveau qui provoque un réveil subit ou des troubles du sommeil est un processus physiologique normal. La réaction à cette alarme constitue en elle-même une réaction physiologique qui, finalement, est une fonction protectrice vitale. Mais si la fréquence des "cris d'alarme" s'intensifie de telle manière que la récupération des forces en est perturbée, l'équilibre physiologique de l'organisme s'en trouve affecté. On doit alors s'attendre à une fatigue chronique qui se caractérise par de fréquentes sensations de faiblesse, de la nervosité, de l'irritabilité, ainsi que par une perte générale de vitalité, le tout lié à divers sentiments d'insatisfaction.

#### - Gêne et dérangements

Chacun des effets cités n'est souvent pas perçu comme une perturbation, mais plutôt comme une gêne générale; ce sentiment d'être importuné représente la somme des répercussions sonores subies consciemment ou inconsciemment. Il est donc justifié de se baser sur des sensations de gêne pour établir des valeurs limites sur le bruit. Cette affirmation se justifie d'autant plus qu'en l'état présent des connaissances dans le domaine des atteintes sonores moyennes, on ne peut pas définir d'après des critères purement médicaux un seuil précis d'exposition au bruit.

Les facteurs suivants sont primordiaux pour le degré de sensibilité face à la gêne et au dérangement:

- Le niveau sonore.
- Le caractère du bruit: des bruits inattendus gênent davantage que des bruits prévisibles.
- La composition des fréquences: des tons aigus gênent plus que des tons graves.
- Les activités de la personne exposée au bruit, mais aussi ses intentions. C'est pendant son repos, ses loisirs, son sommeil ou un travail intellectuel que le bruit la gêne le plus. Le moment de la journée où le bruit se produit est également important.
- L'attitude personnelle envers la source de bruit: une attitude négative face au bruit (par exemple un voisin non accepté) augmente l'importance du bruit, alors qu'avec une attitude positive par rapport à ses propres bruits) il n'est souvent ressenti aucune gêne.
- Les expériences qu'une personne a faites auparavant avec un certain bruit: un bruit qui trouble souvent le sommeil, qui l'a effrayé ou l'a gêné dans ses activités est ressenti avec une intensité particulière.

Le bruit ferroviaire ne provoque pas les mêmes dérangements que d'autres immissions de bruit telles que le trafic routier, les avions, l'industrie ou les arts et métiers, ni même comme le bruit dans le voisinage de gares de triage ou le bruit du tram. L'expérience l'a prouvé, des études scientifiques l'ont démontré; ces différentes répercussions du bruit s'expliquent par les relations entre les caractéristiques physiques des bruits et les réactions humaines à chaque type de bruit.

52      Informations recueillies lors des études sur le bruit  
ferroviaire

Pour comprendre les relations entre l'exposition au bruit, les dérangements subjectifs et les différences entre les diverses répercussions, les études citées sous chiffre 13 ont été réalisées. Pour quantifier la gêne, on a appliqué les méthodes habituelles à ce genre d'enquêtes, c'est-à-dire le mesurage direct (évaluation de la gêne au moyen d'un scalomètre par les personnes interrogées) et le mesurage indirect (construction d'une échelle des dérangements par pondération de certains indices de gêne). Enfin on a déterminé les relations recherchées à l'aide de méthodes statistiques et de définitions communément admises pour le degré de la gêne.

Pour assurer la comparaison avec d'autres genres de bruit, le scalomètre utilisé lors de précédentes études a été repris sans aucune modification. L'indice utilisé en premier lieu pour évaluer le bruit était le niveau énergétique moyen  $L_{eq,e}^{1)}$ . Il a toutefois été constaté, lors d'évaluations complémentaires que le  $L_{eq,e}$  pondérerait insuffisamment la densité du trafic; ainsi il est apparu, avec un  $L_{eq}$  constant, que le nombre de personnes dérangées augmentait avec la densité du trafic. L'introduction du niveau d'évaluation du bruit ferroviaire  $L_r = L_{eq,e} + K$  ( $K$  signifiant un facteur de correction dépendant du trafic<sup>2)</sup>) a permis de trouver un indice d'exposition au bruit plus représentatif de la gêne que le  $L_{eq,e}$  seul (voir les figures 5 à 8).

La corrélation entre la gêne et l'exposition au bruit est reproduite au mieux sous forme de courbes. Les figures 5 et 6 montrent par exemple le pourcentage de personnes interrogées qui jugent une exposition déterminée au bruit ferroviaire de jour comme moyennement forte à forte (échelle d'évaluation  $> 4$ ).

---

1) Le  $L_{eq,e}$  est le niveau énergétique moyen pour le bruit spécifique ferroviaire pour un trafic déterminant (voir chiffre 43)

2) Pour la détermination du facteur de correction, voir chiffre 64

La figure 5 présente les résultats calculés en fonction du niveau énergétique moyen  $L_{eq,e}$ . Quant à la figure 6, ce sont les résultats obtenus avec le niveau d'évaluation du bruit ferroviaire  $L_r$ . Pour étudier l'influence du volume de trafic sur la gêne, le sondage a été fractionné en six parties, chacune d'elles comportant des tronçons avec un volume de trafic presque semblable. Les résultats partiels se situent dans l'espace hachuré en gris. Les courbes reproduisent l'ensemble des résultats de tout le sondage. Sur la figure 6, qui représente les résultats obtenus au moyen du niveau  $L_r$ , la zone hachurée est plus étroite, ce qui prouve que le niveau  $L_r$  convient mieux que le niveau énergétique moyen  $L_{eq,e}$ .

La figure 6 montre en outre que le secteur critique commence vers 55 dB(A), à l'endroit où la courbe monte fortement.

Un autre fait intéressant, c'est la comparaison entre le dérangement causé par le bruit ferroviaire et le dérangement par d'autres sortes de bruits du trafic. La figure 7 présente sur le même diagramme la courbe du bruit ferroviaire et celle du bruit routier<sup>1)</sup>. Le décalage des deux courbes, en dessus du  $L_{eq} = 60$  dB(A), provient du fait que le dérangement de chacun de ces deux types de bruit a été apprécié de manière différente par les personnes interrogées. Si l'on part du point de vue que "l'échelle doit être la même pour le rail et pour la route", les valeurs limites d'exposition au bruit du trafic ferroviaire exprimées en  $L_{eq}$  devraient être plus élevées que celles pour le bruit du trafic routier. Selon la figure 7, la différence entre le dérangement de  $L_{eq,e} = 65$  dB(A) atteint environ 6 dB(A), ce qui veut dire qu'une exposition au bruit ferroviaire de 65 dB(A) dérange presque de la même façon qu'une exposition au bruit routier de 59 dB(A).

---

1) Les courbes s'appuient sur des études effectuées dans les régions gênées par le bruit routier et le bruit ferroviaire. Les personnes interrogées ont dû évaluer la gêne due à chacun de ces deux types de bruit; ainsi, la comparaison directe entre les deux courbes est garantie. Pour des raisons méthodiques et statistiques, la courbe du bruit routier, notamment dans le secteur le plus élevé de l'exposition au bruit, est toutefois moins précise que celle du bruit ferroviaire. Entre 57 et 65 dB(A) cependant, la courbe du trafic routier correspond bien aux données utilisées dans le premier rapport et qui concernaient uniquement le trafic routier.

On peut donc supposer que les particularités du bruit ferroviaire, surtout celles citées au chiffre 42, expliquent qu'il dérange moins: des événements de bruit prévisibles et d'une durée limitée gênent moins que des bruits tout aussi forts, mais irréguliers.

Mais au lieu d'établir des valeurs limites différentes en  $L_{eq}$ , il est aussi possible de prendre en considération la différence de gêne entre les divers types de bruit en introduisant le niveau d'évaluation  $L_r = L_{eq} + K$ . Si l'on choisit pour référence le bruit routier (conformément à la définition,  $K$  égale zéro) et si l'on introduit pour le bruit ferroviaire le facteur de correction  $K$  défini sous chiffre 64, on peut alors faire concorder les courbes des deux types de bruit exprimées en  $L_r$ , de façon que les valeurs limites  $L_r$  puissent être fixées de manière identique pour les deux types de bruit. Comme le montre la figure 8, dans le secteur critique proche de  $L_r = 60$  dB(A), les deux courbes, celle du bruit routier ( $K = 0$ ) et celle du bruit ferroviaire sont proches l'une de l'autre lorsqu'elles sont représentées en fonction du niveau d'évaluation  $L_r$ .

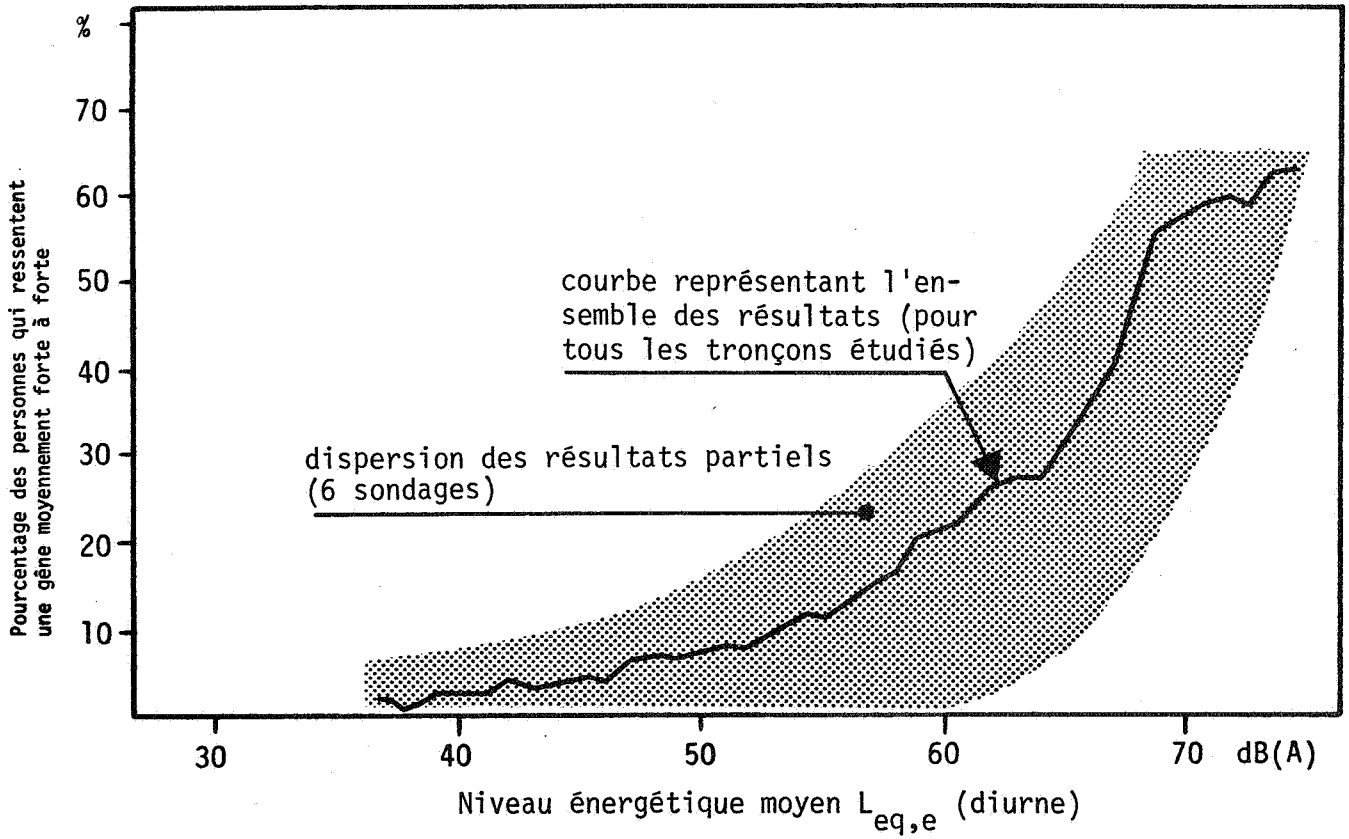


Fig. 5: Pourcentage des personnes gênées par le bruit en fonction du niveau énergétique moyen  $L_{eq,e}$

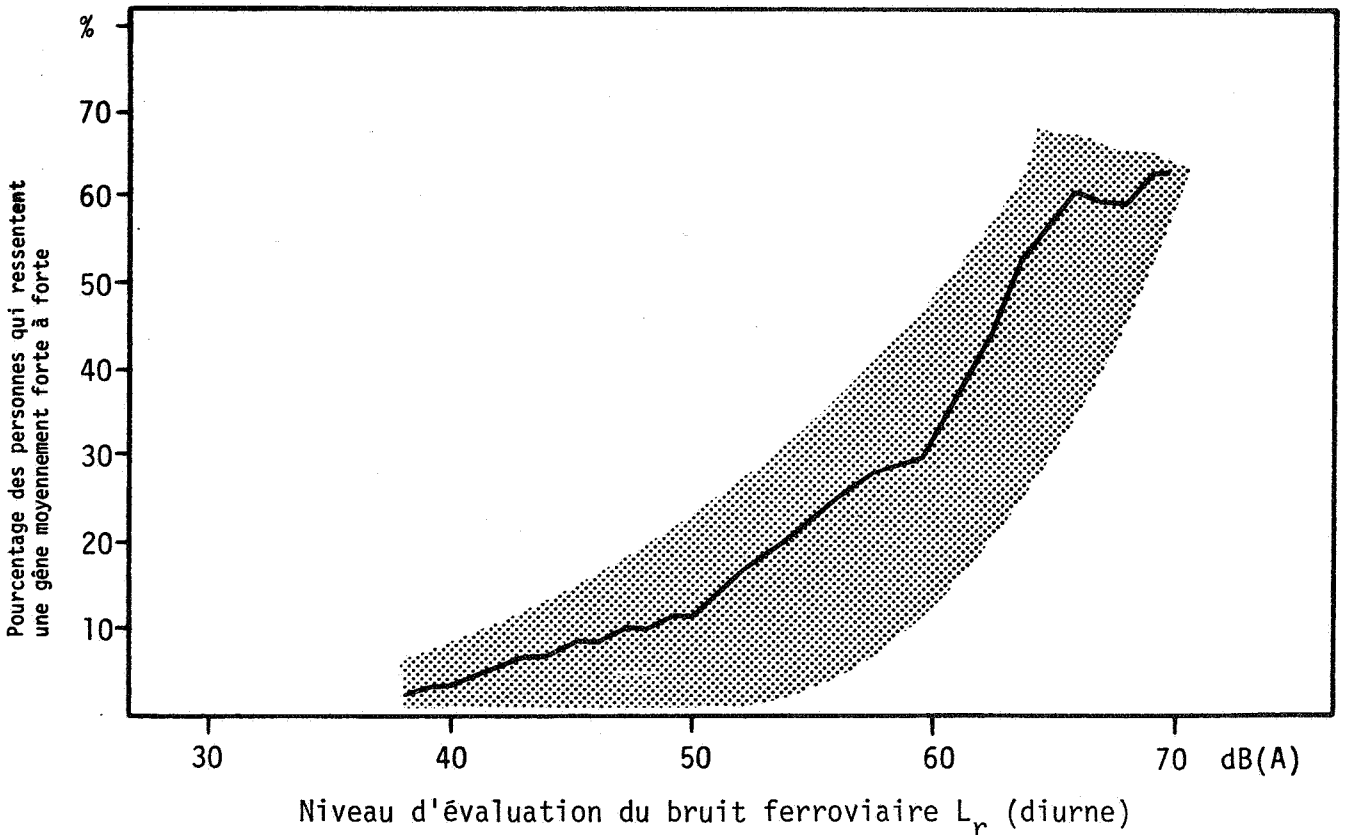


Fig. 6: Pourcentage des personnes gênées en fonction du niveau d'évaluation  $L_r$

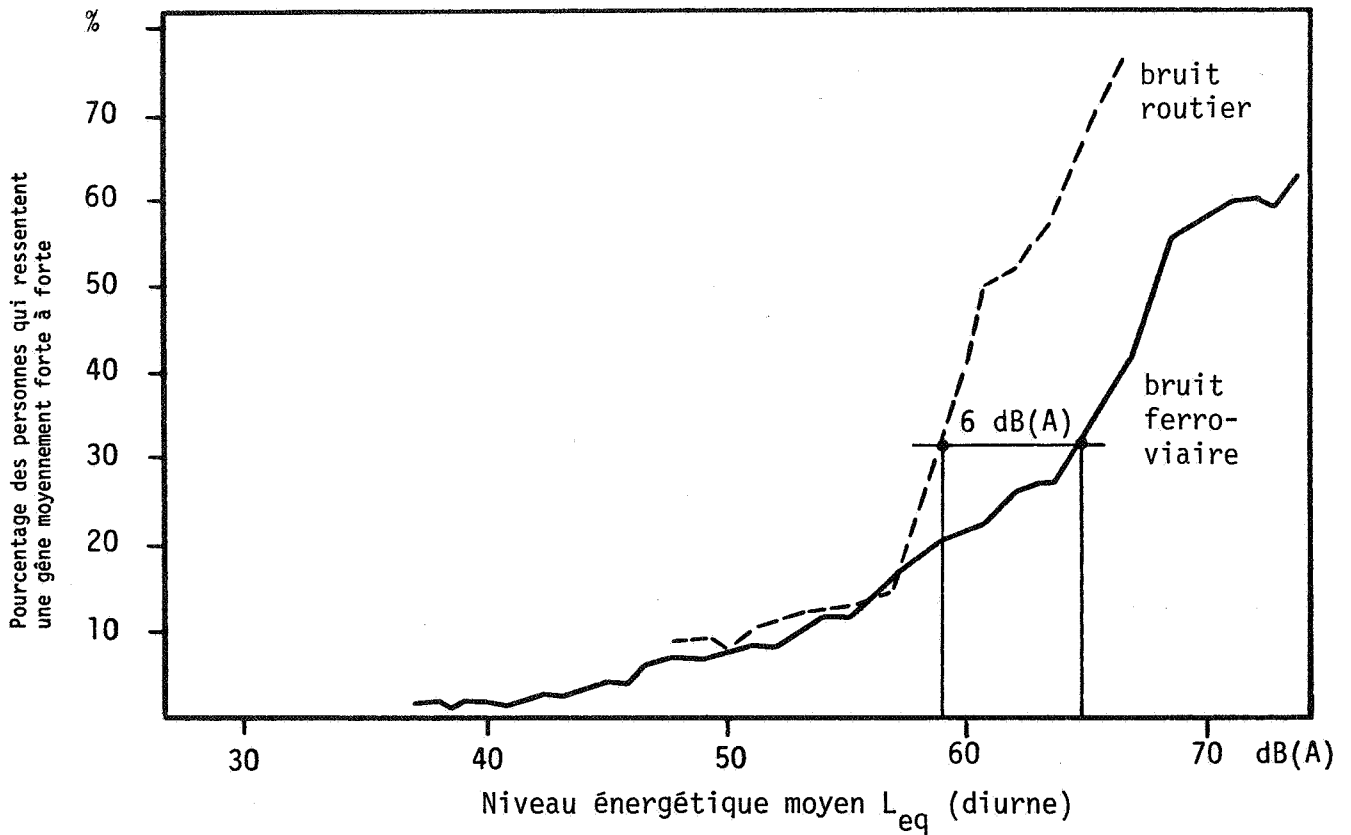


Fig. 7: Comparaison des pourcentages de personnes gênées par le bruit ferroviaire et par le bruit routier, en fonction du niveau énergétique moyen  $L_{eq}$

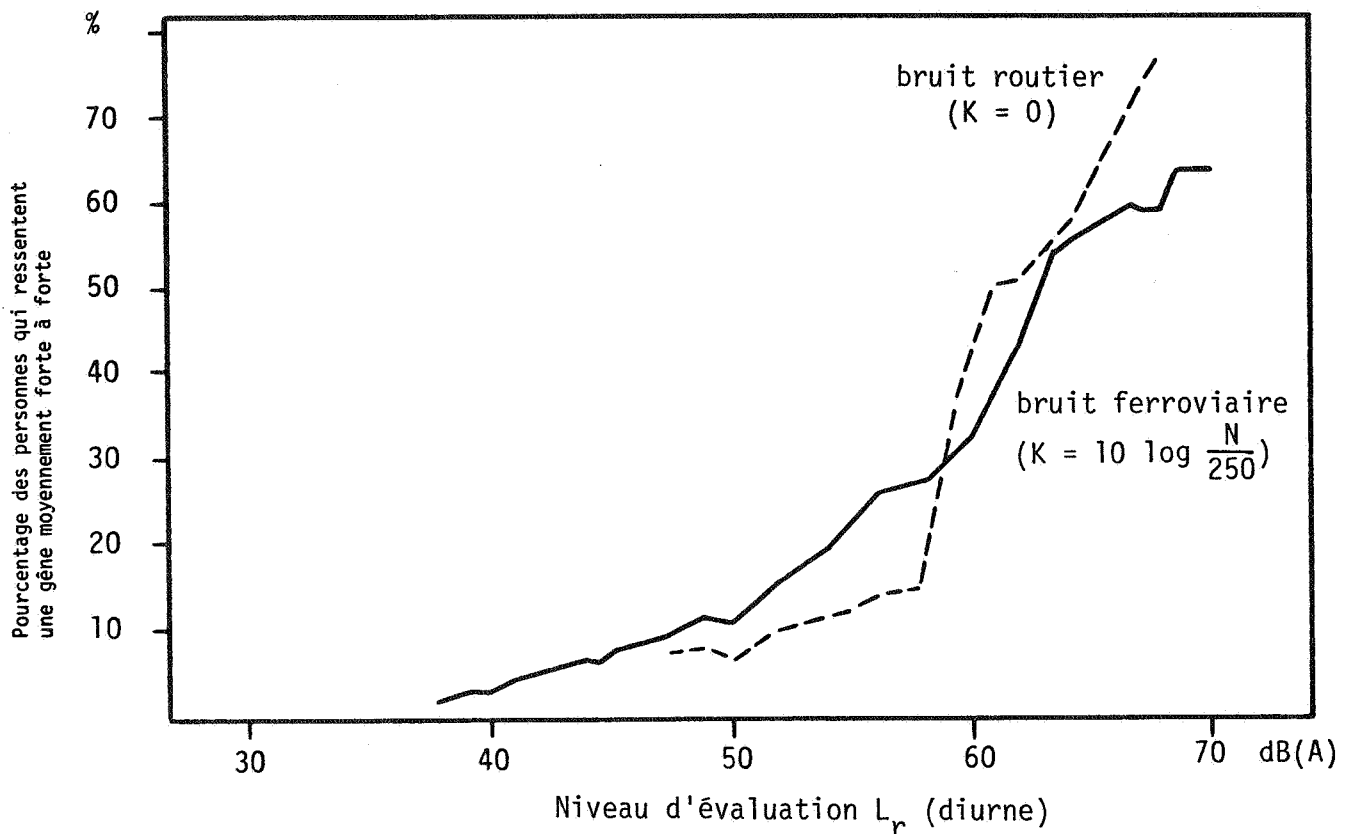


Fig. 8: Comparaison des pourcentages de personnes gênées par le bruit ferroviaire et par le bruit routier, en fonction du niveau d'évaluation  $L_r$

6            VALEURS LIMITES D'EXPOSITION AU BRUIT

61          Catégories de valeurs limites et fonctions

Au cours des travaux préparatoires de la loi sur la protection de l'environnement, un système de valeurs limites d'exposition au bruit à été mis au point; il permet de respecter le besoin légitime de protection éprouvé par la population et dispose de la souplesse indispensable à une application pratique.

Ce système a déjà été commenté dans les trois premiers rapports de la commission, sur le bruit du trafic routier, sur celui des installations civiles de tir et sur celui de l'aviation légère. La commission est d'avis que le même système de valeurs limites peut aussi s'appliquer au bruit du trafic ferroviaire.

Le système comprend trois catégories de valeurs limites:

A côté des valeurs limites d'immissions, on trouve deux types de valeurs auxiliaires, les valeurs d'alarme et les valeurs de planification.

Les considérations suivantes y sont à l'origine:

Il fallait d'une part fixer les limites d'exposition au bruit à un niveau assez bas pour que les immissions d'un degré inférieur à celui-ci ne soient pas ressenties comme incommodantes. D'autre part, on doit pouvoir donner force de loi aux limites d'exposition au bruit; elles ne sauraient donc être trop strictes, afin d'être appliquées avec succès dans la pratique.

En outre, les valeurs limites ne peuvent pas être fixées selon un niveau scientifique particulièrement sévère, car deux raisons appellent le maintien d'une certaine liberté de mouvements:



- Chaque indice d'exposition au bruit, tel le niveau d'évaluation du bruit  $L_r$ , est décrit sur une base s'appuyant sur des aspects purement physico-acoustiques. Même si l'on tente de saisir et de combiner les caractéristiques acoustiques et physiques du bruit pour qu'elles répondent le mieux possible à la sensibilité humaine - en choisissant un indice adéquat - ces caractéristiques ne peuvent en refléter qu'une partie. Le degré de gêne que chaque individu ressent ne peut être que partiellement expliqué par des critères physico-acoustiques.
- Les caractéristiques de chaque personne et les conditions que lui offre son environnement revêtent aussi beaucoup d'importance dans la détermination d'une gêne. En d'autres termes, il n'y a pas unanimité pour évaluer le désagrément causé par un certain bruit. Même dans des régions où le bruit est très faible, il se trouve des personnes qui se sentent fortement gênées; inversement, certaines personnes ne ressentent aucun dérangement, même si le bruit est fort. Il va de soi que des valeurs limites, qui doivent être exprimées en grandeurs mesurables et calculables, ne peuvent prendre en considération ni les caractéristiques personnelles de chaque individu, ni les particularités du milieu ambiant; on ne peut donc que se baser sur une moyenne. Les valeurs limites ainsi définies - leur utilisation doit pouvoir être imposée - auront inévitablement pour conséquence qu'un certain nombre d'individus continueront à subir une gêne qu'ils considèrent comme trop élevée.

Toutefois l'introduction de trois catégories de valeurs limites permet une solution différenciée. Dans les grandes lignes, les fonctions de ces valeurs limites peuvent être décrites comme suit:

- Valeurs limites d'immissions

Les valeurs limites d'immissions représentent la catégorie centrale. Les immissions existantes qui dépassent cette

valeur doivent être réduites dans les limites des possibilités tracées par la technique et les conditions d'exploitation (principe de la proportionnalité). Pour diminuer les immissions dans des délais raisonnables, il ne suffit en général pas d'appliquer à la source la meilleure technique de lutte contre le bruit. Il importe d'examiner si l'application d'autres mesures s'impose et, lorsque cela est opportun, de les rendre obligatoires. En outre, on ne devrait délivrer l'autorisation de construire de nouveaux immeubles d'habitation à proximité de sources de bruit que si l'exposition au bruit ne dépasse pas les valeurs limites d'immissions.

Pour de nouvelles installations, elles représentent un seuil de plafonnement, donc des valeurs ne pouvant en principe pas être dépassées.

- Valeurs de planification

Les valeurs de planification sont plus basses que les valeurs d'immissions. Elles servent avant tout d'auxiliaires pour les projets de constructions de nouvelles installations fixes, par exemple pour choisir le tracé d'une nouvelle voie ferrée. Elles sont également utiles aux autorités locales pour établir des projets et prévoir un aménagement de nouvelles zones à bâtir conformes aux exigences de la lutte contre le bruit.

Les exigences auxquelles sera soumise toute nouvelle installation doivent être fixées de telle manière que selon les possibilités, les seules immissions produites par la nouvelle installation ne dépassent pas les valeurs de planification. Des dérogations à ce principe ne seront admises que si l'ouvrage est d'un intérêt public prépondérant, ou que l'application des valeurs de planification chargerait démesurément l'ensemble du projet.

D'autre part, on ne prévoira en principe de nouveaux immeubles (ou tout autre bâtiment à protéger du bruit) que dans des zones où les immissions de bruit, existantes ou prévisibles, ne dépassent pas les valeurs de planification.

- Valeurs d'alarme

Etant donné qu'en maints endroits les valeurs limites d'immissions - citons surtout le voisinage des lignes à grand débit - sont déjà dépassées et que la situation ne pourrait pas simplement être assainie à brève échéance, il importe d'envisager une troisième catégorie de valeurs.

A la base de ce degré de bruit, il a y donc les valeurs d'alarme. Elles serviraient surtout de critères pour évaluer l'urgence des assainissements. De telles valeurs seront vraisemblablement indispensables non seulement pour le bruit routier, mais aussi pour le bruit ferroviaire. Cependant, les valeurs d'alarme ne devraient pas dépasser de plus de 10 dB(A) les valeurs limites d'immissions.

Les immissions dépassant la valeur limite d'alarme sont des nuisances extrêmes. L'assainissement de telles immissions est à considérer comme urgent, il doit donc être effectué dans le plus bref délai. Outre les mesures touchant à la construction des installations fixes, on peut concevoir aussi des mesures au niveau de l'élaboration des plans de zone. Lorsque de telles mesures sont insuffisantes ou disproportionnées, il y aurait lieu d'ordonner des mesures d'insonorisation pour ces bâtiments.

62      Protection contre le bruit dans le voisinage de la voie ferrée

L'importance et la fonction de chacune des trois catégories de valeurs limites permettent de concrétiser la protection contre le bruit, aussi bien dans le cas d'une voie ferrée existante que d'un projet de nouvelle ligne.

- Exigences pour les tronçons existants

Lorsque des zones habitées ou des zones de repos sont soumises à des immissions dépassant les valeurs d'alarme, l'assainissement doit être réalisé dès que possible. Il peut s'agir d'interventions à la source ou de dispositions aptes à empêcher la propagation du bruit. Si ces décisions

devaient être disproportionnées, il s'agirait alors d'insonoriser les bâtiments touchés par le bruit (fenêtres antibruit).

- Lorsque le niveau de bruit se situe entre les valeurs limites d'immissions et les valeurs d'alarme, il s'agit de le réduire par des mesures prises à la source sur le parcours de la propagation du bruit. Objectif, type, importance et délai seront déterminés selon les critères de la proportionnalité.

Les autorisations de construire ne seront accordées qu'exceptionnellement et à certaines conditions (orientation intentionnelle de certaines pièces à l'opposé des sources de bruit, exigences plus élevées à la protection antibruit de l'enveloppe du bâtiment).

- Dans les régions où l'exposition au bruit est supérieure aux valeurs d'alarme, on ne peut autoriser la construction d'immeubles destinés au séjour prolongé.
  - La création d'une nouvelle zone d'habitation ou d'une zone de repos désignée comme telle sera autorisée uniquement là où les valeurs de planification ne sont pas déjà dépassées.
  - Pour les zones à bâtir désignées comme telles, mais non encore équipées, où le bruit dépasse les valeurs de planification, il s'agit de leur donner une autre affectation moins sensible à la perturbation par le bruit. Avant de prendre cette décision, on étudiera toutefois la possibilité d'appliquer les valeurs de planification dans la plus grande partie de cette zone, en prenant des dispositions judicieuses relatives à la construction ou à l'aménagement.
- Exigences pour les nouvelles lignes  
(elles s'appliquent également à la modernisation d'anciennes lignes)

- En choisissant le tracé le mieux approprié, en prenant des mesures techniques relatives aux installations fixes ou en adaptant le projet, on s'efforcera de ne pas dépasser les valeurs de planification dans les zones à bâtir et les zones de repos situées au voisinage d'une voie ferrée.
- Lorsque la construction ou la modernisation d'une ligne de chemin de fer relève d'un intérêt public prépondérant, et si les mesures nécessaires pour respecter les valeurs de planification devaient grever démesurément le projet, quelques zones à bâtir équipées peuvent subir une exposition au bruit allant au maximum jusqu'aux valeurs limites d'immissions.
- Une exposition au bruit dépassant les valeurs limites d'immissions pour quelques immeubles d'habitation doit être évitée en règle générale. Si des raisons de proportionnalité empêchent de répondre à cette exigence, les bâtiments en question devront être protégés par des fenêtres antibruit, qui seront installées aux frais de la compagnie de chemin de fer.
- En ce qui concerne les autorisations de construire de nouveaux immeubles ou l'adaptation d'anciennes ou de nouvelles zones à bâtir, on appliquera les mêmes exigences que pour les lignes de chemin de fer existantes.

Lors de l'application de normes de droit ou de la préparation de nouvelles, il sera tenu compte, autant qu'il est possible, des exigences de la lutte contre le bruit décrites dans ce chapitre.

### 63      Différenciation des valeurs limites d'exposition au bruit

Afin de respecter les besoins de repos et les moments de loisirs, il sera fait une distinction entre les valeurs limites diurnes et les valeurs limites nocturnes. On les différenciera selon la principale affection de la zone concernée.

La sensibilité au bruit varie cependant selon l'activité exercée. Les hôtes d'une maison de convalescence ont d'autres exigences que des personnes effectuant des travaux de bureau. A leur tour, ces personnes seront plus sensibles au bruit que ne l'est un ouvrier travaillant sur un chantier ou dans l'industrie.

Pour qu'il soit tenu compte de ces différences, les valeurs limites d'exposition au bruit sont réparties en quatre degrés de sensibilité (de I à IV). Il incombe en principe aux autorités locales de classer une agglomération ou certains immeubles habités situés hors de celle-ci dans l'une ou l'autre de ces catégories. Cette classification devrait autant que possible correspondre à la répartition des zones à bâtir. La répartition des degrés de sensibilité selon les affectations spécifiques des régions touchées par le bruit, telle qu'elle ressort du tableau des valeurs limites, sert de directive pour la réalisation d'une classification objective. Ainsi, les zones de loisirs nécessitant une protection contre le bruit particulièrement efficace peuvent aussi être classées avec les "zones de repos spécialement désignées comme telles" du degré de sensibilité I.

64 Tableau des valeurs limites

En accord avec la stratégie de lutte contre le bruit (chapitre 3) et en vertu des considérations exposées dans les chapitres 4 et 5, la commission recommande d'adopter pour l'exposition au bruit du trafic ferroviaire les valeurs limites figurant au tableau 2. Elles correspondent aux valeurs limites d'exposition au bruit du trafic routier, à l'exception des valeurs d'alarme du degré de sensibilité I<sup>1)</sup>.

Pour évaluer l'exposition au bruit, on appliquera les règles suivantes:

- $$L_r = L_{eq,e} + K$$

- $L_{eq,e}$  est le niveau énergétique moyen du bruit du trafic ferroviaire; ce niveau est calculé en fonction du trafic déterminant et de la période d'évaluation. Le trafic déterminant est la moyenne annuelle du trafic, calculée séparément pour le jour et la nuit (voir également le chiffre 43).

---

<sup>1)</sup> La commission recommande d'appliquer les valeurs d'alarme du degré de sensibilité I du présent schéma également pour évaluer le bruit du trafic routier.

• Détermination du facteur de correction K

$K = 10 \cdot \log \frac{N}{250}$	pour	$8 < N < 80$
$K = -5$	pour	$N \geq 80$
$K = -15$	pour	$N \leq 8$
N: nombre de trains pour période d'évaluation (sont considérés comme trains, tous les trains directs, les trains régionaux et les trains marchandises. Les mouvements de locomotives seules en sont donc exclus).		

La période d'évaluation est de 16 heures pour le jour (06.00 - 22.00 h), de 8 heures pour la nuit (22.00 - 06.00 h).

Le facteur de correction, arrondi à un décibel, peut également être présenté sous forme de tableau.

Tableau 1: Facteur de correction en fonction du nombre des mouvements de trains par période d'évaluation

moyenne annuelle des mouvements N par période d'évaluation (arrondi à 0.1)	facteur de correction K (arrondi à 1 dB)
jusqu'à 8.8	- 15
8.9 - 11.1	- 14
11.2 - 14.0	- 13
14.1 - 17.6	- 12
17.7 - 22.2	- 11
22.3 - 28.0	- 10
28.1 - 35.3	- 9
35.4 - 44.4	- 8
44.5 - 55.9	- 7
56.0 - 70.4	- 6
dès 70.5	- 5



Tableau 2: Valeurs limites d'exposition au bruit du trafic ferroviaire (niveau d'évaluation  $L_r = L_{eq,e} + K$ )

Répartition des affectations spécifiques en degrés de sensibilité I à IV		valeurs limites d'immissions		valeurs de planification		valeurs d'alarme	
Degrés de sensibilité	Affectation spécifique des régions exposées au bruit	[ L <sub>r</sub> en dB (A) ]					
		jour	nuit	jour	nuit	jour	nuit
I	Zones de repos spécialement désignées comme telles, avec notamment: - établissements hospitaliers - homes hospitaliers - maisons de cure - maisons de convalescence	55	45	50	40	65	60
II	Régions où prédomine le caractère d'habitation, avec notamment: - cabinets de consultation, bureaux, maisons d'habitation situés dans des régions tranquilles, à la campagne ou à la ville - maisons pour personnes âgées - foyers d'enfants - maisons de vacances - écoles	60	50	55	45	70	65
III	Régions habitées déjà soumises au bruit, avec notamment: - cabinets de consultation, bureaux, maisons d'habitation - exploitations artisanales avec appartements - magasins etc.	65	55	60	50	70	65
IV	Régions industrielles avec bâtiments servant au séjour prolongé de personnes, avec notamment: - logements pour les concierges - bâtiments abritant des bureaux ou des laboratoires	70	60	70	60	75	70

Lieu de mesure recommandé: microphone placé au milieu de la fenêtre ouverte du bâtiment en question.  
Périodes d'évaluation : jour = 06.00 - 22.00, nuît = 22.00 - 06.00 heures.

7        LES CONSEQUENCES DE LA MISE EN PRATIQUE DES VALEURS  
         LIMITES D'EXPOSITION AU BRUIT

---

71        Comparaison avec les valeurs limites de 1963

Les valeurs limites du rapport d'experts de 1963 "Lutte contre le bruit en Suisse" étaient basées préalablement sur les définitions verbales du "bruit moyen" des "pointes fréquentes" et des "pointes rares". Les pointes fréquentes étaient celles qui se répétaient entre 7 et 60 fois par heure. Plus tard, ces valeurs ont été définies comme pourcentage de la répartition des fréquences des niveaux, le bruit moyen comme  $L_{50}$ , les pointes fréquentes comme  $L_1$  et les pointes rares comme  $L_{0.1}$ . On désigne de cette manière les niveaux qui sont dépassés pendant 50%, respectivement 1%, et 0.1% du temps de mesure.

Les intervalles entre le passage des trains étant plus longs même sur les parcours fortement fréquentés (>50%) que les périodes de bruit, le niveau  $L_{50}$  n'est pas applicable au bruit du trafic ferroviaire. Il suffit donc de comparer les nouvelles valeurs limites  $L_r$  avec les valeurs indicatives  $L_1$  et  $L_{0.1}$ . Pour une zone d'habitation tranquille (zone II), il avait été proposé en 1963 65 / 70 dB(A) ( $L_1/L_{0.1}$ ) pour la journée et 55 / 65 pour la nuit. Pour les temps de passage moyens, 3 à 4 trains par heure suffisent pour faire réagir le  $L_1$  (donc moins que les 7 à 60 pointes définies à l'origine!). On a fait l'expérience que le  $L_{eq,e}$  se situe, lorsque le bruit est uniquement ferroviaire, entre 12 et 16 dB(A) en dessous du  $L_1$ . Donc il faudrait, pour correspondre à la valeur indicative  $L_1 = 65$  dB(A) de jour, une valeur  $L_{eq,e}$  d'environ 50 dB(A), c'est-à-dire une valeur  $L_r$  d'environ 45 dB(A), et de nuit une valeur qui devrait descendre jusqu'à près de  $L_{eq,e} = 40$  dB(A), c'est-à-dire  $L_r \approx 35$  dB(A).

La comparaison avec les valeurs limites montre que ces chiffres sont manifestement trop bas. Cette constatation ne surprend pas, car les expériences avec le schéma de 1963 ont

démonstré depuis longtemps que cette proposition d'ordre général ne s'applique pas sans autre au bruit ferroviaire. A 200 m de distance, le niveau du bruit de passage d'un train direct est encore de 75 dB(A), d'un train régional, selon sa vitesse, d'approximativement 70 dB(A). Les anciennes valeurs indicatives, trop basses pour le bruit ferroviaire, étaient à peine utilisables.

Par contre, les valeurs limites  $L_r$  proposées dans ce rapport signifient une augmentation sensible de presque 15 dB(A), que trois arguments permettent cependant de justifier:

- Les nouvelles valeurs limites s'appuient, contrairement aux anciennes, sur une enquête effectuée sur une vaste échelle dans 30 régions. Elles répondent au moins approximativement à la réaction de la population au bruit ferroviaire.
- Les anciennes valeurs indicatives, trop basses pour le bruit du chemin de fer, étaient à peine utilisables dans la pratique. Les nouvelles valeurs limites, qui auront force obligatoire, doivent donc rester dans le cadre du réalisable.
- Les nouvelles valeurs limites pour le bruit ferroviaire sont comparables à celles du bruit routier; la population étant cependant plus tolérante envers le bruit du transport public par chemin de fer, il a fallu procéder à une correction pour que ce fait soit pris en considération.

## 72 Coût des mesures passives de lutte contre le bruit

Lorsque la valeur d'alarme est dépassée et que malgré des mesures actives de lutte contre le bruit (interventions sur les véhicules ou au niveau de l'installation) on ne peut ni empêcher les immissions de bruit, ni les réduire, la future loi fédérale sur la protection de l'environnement prévoit l'installation obligatoire de fenêtres antibruit et d'autres mesures passives touchant les immeubles ou les installations fixes.

Les coûts qui seront engendrés par de telles mesures n'étant pas encore connus, une étude<sup>1)</sup> a été réalisée, comme déjà mentionné sous chiffre 13, pour l'évaluation des coûts dus aux mesures de lutte passive contre le bruit le long du réseau ferroviaire suisse.

En fonction des fréquences diurne et nocturne des trains directs, des trains régionaux et des trains de marchandises<sup>2)</sup>, les immissions de bruit pour l'ensemble du réseau ferroviaire ont été calculées au moyen d'un modèle de bruit.

Diverses possibilités de valeurs d'alarme pour le bruit diurne et pour le bruit nocturne ont été utilisées pour évaluer ensuite la longueur totale des tronçons à assainir; elles ont également servi à évaluer le coût de la totalité des opérations sur la base des coûts moyens pour chaque unité de tronçon.

Selon le degré de sévérité fixé pour les valeurs d'alarme qui nécessitent une protection obligatoire contre le bruit, les coûts prévisibles de l'assainissement varient beaucoup (voir tableau 3).

Pour des raisons financières ou pratiques, le coût de ces opérations devra certainement s'étendre sur plusieurs années.

Tabelau 3: estimation du coût de l'assainissement, en fonction des valeurs d'alarme envisagées

valeur d'alarme $L_r$ en dB(A) jour / nuit	coût en millions de frs	tronçons à assainir (km)
70 / 65 <sup>3)</sup>	65	107
75 / 70	-	-
65 / 60	260	325

(assainissement au moyen de fenêtres antibruit)

1) voir note 2) en bas de page 3

2) Les volumes de trafic utilisés pour les calculs correspondent à ceux de l'état  $Z_0$  (1974) du rapport de la Conception globale suisse des transports CGST

3) selon la proposition de la commission

8      ASPECTS JURIDIQUES

Le chapitre 6 "valeurs limites d'exposition au bruit" livre les éléments pour établir des normes limitatives ou des critères d'appréciation, pour régler la procédure qui délimitera les zones à bâtir et les zones de repos tout en leur assurant la protection indispensable contre le bruit, de même que ceux nécessaires aux prescriptions de protection contre le bruit. Actuellement, de telles prescriptions ne peuvent que partiellement s'appuyer sur le droit existant.

81      Situation juridique actuelle

- Loi sur les chemins de fer (LCF) du 20.12.1957

Cette loi qui s'appuie notamment sur l'article 26 de la constitution fédérale, réglemente dans son quatrième chapitre les besoins de la construction et de l'exploitation des chemins de fer, y compris ceux des Chemins de fer fédéraux. C'est ici que les dispositions de lutte contre le bruit, qu'elles soient de caractère technique ou qu'elles touchent à l'exploitation, trouvent leur base juridique.

L'article 17, alinéa 1er, comporte une disposition fondamentale sur la construction et l'exploitation des chemins de fer:

"Les installations ferroviaires et le matériel roulant doivent être construits, entretenus et renouvelés conformément aux exigences du trafic et aux progrès de la technique. Les entreprises sont tenues d'établir les prescriptions nécessaires à la sécurité de l'exploitation et de les soumettre à l'approbation de l'autorité de surveillance. Les chemins de fer seront exploités et administrés autant que possible selon des principes uniformes."

C'est tout, la loi ne s'exprime pas plus concrètement. Selon l'article 17, 2e al., le Conseil fédéral peut cependant édicter des dispositions complémentaires sur la construc-

tion et l'exploitation des chemins de fer. Jusqu'ici, il n'a pas été fait usage à fond de cette possibilité. Le règlement d'exploitation du 1er février 1875 et l'ordonnance du 19 mars 1929 sur les chemins de fer secondaires ne répondent plus aux besoins des chemins de fer modernes; elles ne contiennent absolument rien sur la lutte contre le bruit. Actuellement, une nouvelle ordonnance sur les chemins de fer est en préparation, tant pour les CFF que pour les chemins de fer privés, mais elle ne comportera quand même aucune prescription concrète sur le bruit. A part l'article 17 de la loi sur les chemins de fer, la seule base juridique pour des mesures contre le bruit se trouve donc à l'article 18, 1er alinéa, 1re phrase, de la-dite loi:

"Les plans relatifs à la construction ou à la modification des installations et des véhicules servant à l'exploitation du chemin de fer doivent, sauf dispositions contraires du Conseil fédéral, être soumis à l'approbation de l'autorité de surveillance avant d'être mis à exécution."

Du respect des conditions et des obligations concernant la lutte contre le bruit il est donc possible de faire dépendre l'approbation d'un projet. La procédure de consultation (administrative) qui précède l'approbation des plans selon l'article 18, 2e al., loi LCF, garantit à ceux des pouvoirs publics qui veulent lutter contre les immissions de bruit que leurs intérêts seront pris en considération.

Même dans les cas où la loi permet aux CFF d'approuver les projets de construction de peu d'envergure (jusqu'à 5 millions de francs), les autorités compétentes veillent à ce que les CFF respectent les exigences de la lutte contre le bruit. Mais il est vrai que ce sont les CFF qui y veillent d'eux-mêmes. Si des immissions avec des tiers (pouvoirs publics, personnes privées) devaient provoquer des difficultés impossibles de régler à l'amiable, c'est alors l'Office fédéral des transports qui prend une décision administrative; il est possible de l'amener, sur la base d'une plainte, jusqu'au Conseil fédéral.

Lors du renouvellement d'une concession de chemin de fer (par le passé généralement pour 80 ans, maintenant pour 50 ans), il est possible d'y inclure des dispositions pour lutter contre le bruit.

Jusqu'ici, ce sont les autorités chargées d'approuver les plans (l'Office fédéral des transports ou les CFF) qui établissaient selon leur propre appréciation, les mesures à prendre, puisqu'il n'existe aucune réglementation adéquate. Si les obligations paraissent trop sévères ou si elles présentent des lacunes, il est possible d'attaquer la décision en déposant une plainte administrative.

- Rapports de voisinage / droit d'expropriation

Les dispositions sur les rapports de voisinage du Code civil suisse (CC) ne s'appliquent ni au domaine, ni à l'exploitation des chemins de fer (CC titre final, art. 60, 3e al.). En cas d'immissions démesurées, le préjudice causé aux corporations de droit public (cantons, communes, entreprises publiques) comme aux personnes privées est réparé en vertu de la législation fédérale sur l'expropriation (LCF, art. 20). Si malgré des mesures techniques ou des mesures touchant l'exploitation, il est impossible de ramener des immissions de bruit excessives à un niveau supportable, les immeubles touchés par le bruit du chemin de fer doivent soit être expropriés, à tout le moins recevoir réparation. Selon la jurisprudence du Tribunal fédéral cependant, le droit à indemnisation ou à expropriation existe uniquement lorsque le dommage est à la fois spécial, imprévisible et grave (voir par exemple les décisions du tribunal fédéral 102.I.b.273; 101.I.b.407; 100.I.b.201 et 98.I.b.331).

- Règlements cantonaux et règlements communaux sur la construction et sur la planification

C'est dans les lois cantonales et communales de construction et de planification que sont ancrées les normes réglementant l'utilisation du sol ainsi que la lutte contre les

immissions par la police des constructions. Depuis quelques années, une partie de ce droit s'est considérablement développée; il est de ce fait impossible d'en fournir ici une vue d'ensemble. Il s'impose donc de faire droit à chaque fois à la situation cantonale comme à la situation locale. A cet effet, il faut en permanence prendre en considération le fait que l'article 22 quater, 3e alinéa de la constitution fédérale oblige les régies fédérales à tenir compte dans leurs projets des droits du canton et de ceux des communes en matière de police des constructions.

## 82      Adjonction au droit

### - Loi sur les chemins de fer

L'article 18 de la LCF est en révision. Il sera complété notamment par un instrument analogue à celui de la législation sur les routes nationales:

"libre disposition de terrains pour les constructions et installations ferroviaires". Des zones destinées à de futurs projets et à de nouvelles lignes de chemin de fer seront réservées. On pourra ainsi éviter que de nouvelles zones d'habitation soient trop proches d'installations ferroviaires futures.

### - Loi sur la protection de l'environnement

Les plus importantes lacunes du droit actuel seront couvertes par la loi fédérale sur la protection de l'environnement.

Le projet de loi (version du conseil national) contient toutes les dispositions pour réaliser la stratégie de lutte contre le bruit décrite au chapitre 3; elle permettra aussi de faire imposer "la protection contre le bruit dans le voisinage de la voie ferrée" esquissée au chiffre 62 du présent rapport.

Les article 9 et 10 dudit projet de loi servent de base pour promulguer des prescriptions de réduction des émissions.



Les articles 11, 13, 17a et 20 autorisent le Conseil fédéral à fixer par voie d'ordonnance des valeurs limites pour l'exposition au bruit contraignantes. La loi concrétise en outre la signification des valeurs limites pour la construction de nouvelles installations ferroviaires, et pour l'exploitation de celles déjà existantes (article 22, respectivement les articles 14, 16, 17 et 17b).

Dans les articles 19 et 21, la signification des valeurs limites d'exposition au bruit est concrétisée pour l'aménagement local et pour les autorisations communales de construire.

