

## NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

### Étude de validation NEF : (3) rapport final Bradley, J. S.

For the publisher's version, please access the DOI link below./ Pour consulter la version de l'éditeur, utilisez le lien DOI ci-dessous.

<https://doi.org/10.4224/20393389>

**NRC Publications Archive Record / Notice des Archives des publications du CNRC :**  
<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=de0ce79b-a586-47f1-9637-96375beba110>  
<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=de0ce79b-a586-47f1-9637-96375beba110>

Access and use of this website and the material on it are subject to the Terms and Conditions set forth at  
<https://nrc-publications.canada.ca/eng/copyright>

READ THESE TERMS AND CONDITIONS CAREFULLY BEFORE USING THIS WEBSITE.

L'accès à ce site Web et l'utilisation de son contenu sont assujettis aux conditions présentées dans le site  
<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/droits>

LISEZ CES CONDITIONS ATTENTIVEMENT AVANT D'UTILISER CE SITE WEB.

**Questions?** Contact the NRC Publications Archive team at  
PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca. If you wish to email the authors directly, please see the first page of the publication for their contact information.

**Vous avez des questions?** Nous pouvons vous aider. Pour communiquer directement avec un auteur, consultez la première page de la revue dans laquelle son article a été publié afin de trouver ses coordonnées. Si vous n'arrivez pas à les repérer, communiquez avec nous à PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca.



---

# **NRC - CNRC**

---

## **Étude de Validation NEF: (3) Rapport Final**

**Bradley, J.S.**

**A-1505.6F**

[www.nrc.ca/irc/irepubs](http://www.nrc.ca/irc/irepubs)

# *Etudes de Validation NEF :*

## *(3) Rapport Final*

Rapport A-1505.6(Final)

Ce rapport etait appuye par:

Institut de recherche en construction du Conseil national de  
Recherche du Canada

et

Transports Canada

Ce rapport ne peut etre reproduit, en tout ou en partie, sans l' autorisation  
ecrite du client et du Conseil national de recherches du Canada

J.S.Bradley

Decembre 1996

## ÉTUDE DE VALIDATION NEF

### 3) RAPPORT FINAL

*Le présent rapport contient les résultats des analyses réalisées par le Laboratoire d'acoustique de l'Institut de recherche en construction du Conseil national de recherches Canada. Bien que l'on estime que ces analyses constituent la meilleure interprétation des données dont nous disposons, d'autres interprétations sont possibles et les analyses contenues dans le présent document peuvent ne pas refléter l'interprétation et les politiques de Transports Canada.*

#### RÉSUMÉ

Le présent document est un résumé du rapport final d'un projet visant à évaluer la validité de la mesure NEF du bruit des aéronefs. Le rapport final donne suite aux exigences particulières du projet original. Une base de données regroupant les références bibliographiques, ainsi que deux rapports techniques ont déjà été envoyés à Transports Canada dans le cadre du projet. Vous trouverez dans l'introduction du présent rapport des résumés des rapports techniques antérieurs. Voici les principaux éléments du présent rapport :

#### Recommandations générales

- Perfectionner le programme NEF\_1.7 (assurer le soutien continu du développement du programme).
- Déterminer et publier les critères de bruit se rapportant aux aéroports principaux du Canada en valeurs NEF, de même que les critères de bruit se rapportant aux épisodes de bruit isolés additionnels.
- Entreprendre une étude à l'échelle nationale sur la réaction des gens face au bruit des aéronefs, dans laquelle on traitera des points suivants : problèmes découlant des épisodes de bruit isolés, situations variées se produisant dans les petits aéroports, essais de différentes méthodes de pondération par heures du jour, évaluation de l'efficacité à long terme de l'isolation additionnelle des maisons, etc. Cette étude permettra l'étalonnage complet de la mesure NEF.
- Soutenir la mise à jour du document de la SCHL sur les nouveaux secteurs résidentiels et le bruit des aéronefs.
- Considérer l'adoption d'une mesure NEF pondérée A.

- Encourager tous les paliers de gouvernement à suivre une démarche nationale uniforme en ce qui a trait à la gestion des bruits que présentent les aéroports au Canada.

### **Critères des niveaux de bruit acceptables des aéronefs**

- On propose les seuils suivants pour les critères des niveaux de bruit. Ces critères sont essentiellement les mêmes que ceux qui figurent dans les recommandations actuelles, sauf qu'ils sont exprimés en valeurs  $NEF_{CAN}$ . Voici ces valeurs seuils :  $NEF_{CAN}$  25, valeur à laquelle les effets négatifs du bruit des aéronefs commencent à se faire sentir;  $NEF_{CAN}$  30, valeur à laquelle les maisons devraient comporter un isolant acoustique additionnel et  $NEF_{CAN}$  35, valeur à laquelle aucune autre maison ne devrait être construite (les valeurs  $NEF_{CAN}$  se rapportent aux valeurs  $NEF$  calculées dans le cadre du programme  $NEF_{1.7}$  de Transports Canada).
- D'autres critères relatifs aux épisodes de bruit isolés devraient également être adoptés pour enrayer les problèmes de bruit associés aux épisodes isolés peu nombreux mais particulièrement bruyants. La proposition initiale du projet était fondée sur des études antérieures portant sur la perturbation du sommeil et sur de nouvelles études relatives à l'interférence de la parole par le bruit des aéronefs.

### **Historique de la mise au point de la mesure NEF**

- La mesure NEF était à l'origine l'ancienne mesure CNR (indice composite de bruit, en anglais *Composite Noise Rating*) qui servait à évaluer les problèmes de bruit dans les centres urbains en général.
- Cette mesure est fondée sur une démarche pragmatique axée sur le sens commun d'après des études de consultation portant sur des cas particuliers de bruit dans les centres urbains.
- Les notions fondamentales n'étaient pas fondées sur des études systématiques et il n'y a jamais eu d'étude exhaustive visant à étalonner la mesure NEF en la convertissant en réactions négatives de la population.

### **Caractéristiques de la mesure NEF**

- Le principe de l'énergie uniforme, qui sert à additionner des épisodes multiples et qui est intégré à la mesure NEF est

largement accepté et est utilisé dans presque toutes les autres mesures du bruit des aéronefs.

- La mesure métrique EPNL, qui détermine la réponse en fréquence de la mesure NEF, constitue probablement un indice prévisionnel légèrement plus précis des différentes réactions humaines mais elle rend les valeurs NEF plus difficiles à mesurer et, pour cette raison, il est plus difficile de valider les calculs NEF.
- La mesure NEF comprend la plus grande pondération des heures nocturnes d'usage courant. Cependant, il existe de bonnes raisons venant appuyer l'adoption d'une pondération nocturne qui soit plus petite et d'une pondération des heures de soirée.
- La prévision du nombre d'activités pour les jours de circulation de pointe à venir pourrait être améliorée. Les erreurs qui surviennent au moment de la prévision des activités à venir pourraient mener à des erreurs pouvant atteindre 2 dB en valeurs  $NEF_{CAN}$  et jusqu'à 30 % dans les régions délimitées par les courbes. Habituellement, les erreurs qui surviennent sont plus petites.
- Il est nécessaire de valider entièrement le programme NEF\_1.7 qui est caractérisé par des procédures d'entrée et de sortie désuètes; il conviendrait également d'assurer un soutien continu à la fois aux améliorations techniques et à l'amélioration de la convivialité du logiciel, en coordonnant ces améliorations avec les améliorations du matériel informatique.

### **Évaluation par les utilisateurs**

- La plupart des utilisateurs semblent familiers et à l'aise avec la mesure NEF.
- Un grand nombre d'utilisateurs disent que le programme NEF\_1.7 n'est pas convivial et que la description des trajectoires de vol n'est pas suffisamment détaillée.
- Nous ne savons pas comment conjuguer l'incidence du bruit des aéronefs et d'autres types de bruits urbains, comme le bruit de la circulation routière.
- Il ne faut pas porter trop attention aux données relatives aux plaintes car cela pourrait nous écarter de la démarche rationnelle suivie dans la gestion du bruit des aéronefs.
- Comme tous les aspects du problème ne relèvent pas de Transports Canada, il est nécessaire de déployer des efforts coordonnés pour gérer les bruits que présentent les aéroports et la planification de l'utilisation des terrains s'y rapportant qui fassent intervenir tous

les paliers de gouvernement et qui soient déployés uniformément partout au Canada.

### **Changements et cas particuliers**

- Il est nécessaire de modifier les algorithmes d'atténuation par le sol en excès du programme NEF\_1.7 parce qu'ils surestiment la grandeur des courbes NEF calculées. Les nouvelles procédures doivent être fondées sur les atténuations mesurées du bruit des aéronefs, ou validées d'après ces dernières.
- Il est nécessaire de pouvoir définir des trajectoires d'approche et de départ plus complexes de manière à modéliser correctement les activités actuelles, de même que pour inclure la dispersion normale de la trajectoire de vol nominale dans le programme NEF\_1.7.
- Il n'existe que peu d'information dans les études européennes concernant les changements dans les réactions au bruit des aéronefs en fonction du temps. Dans ces études, on n'indique pas de changements des courbes dose/réaction en fonction du temps.
- Bien qu'il existe un grand nombre de petits aéroports au Canada, l'incidence négative de la présence de ces aéroports sur les résidents n'est pas bien comprise. On peut supposer logiquement que le dérangement près des petits aéroports est moins important que le dérangement près des aéroports où les activités générales d'aviation sont nombreuses.
- La planification de l'utilisation des terrains doit être établie en suivant des buts plus stables à plus long terme. Elle devrait se fonder sur des critères de niveaux de bruit standard et devrait être appliquée de manière coordonnée par tous les paliers de gouvernement.

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1.0</b>	<b>Introduction</b> .....	7
1.1	Le rapport final.....	7
1.2	Résumé du rapport A1505.3 intitulé «Étude de validation NEF : 1) Questions relatives au calcul des courbes isotoniques des aéroports» .....	9
1.3	Résumé du rapport A1505.5, «Étude de validation NEF : 2) Étude sur le bruit des aéronefs et ses effets» .....	11
<b>2.0</b>	<b>Historique de l'élaboration de la mesure NEF</b> .....	15
2.1	Historique des mesures CNR et NEF.....	15
2.2	Introduction de la mesure NEF au Canada .....	20
2.3	Développement d'autres mesures anciennes des bruits que présentent les aéroports .....	21
<b>3.0</b>	<b>Évaluation des caractéristiques de la procédure de calculs NEF</b> .....	25
3.1	Principe de l'énergie uniforme .....	25
3.2	Mesure métrique EPNL .....	27
3.3	Pondération des heures nocturnes.....	29
3.4	Prévision du nombre, du type et de la variété des aéronefs .....	31
3.5	Le programme NEF_1.7 .....	33
3.6	Comparaisons avec d'autres démarches.....	35
<b>4.0</b>	<b>Évaluation des expériences des utilisateurs de la procédure NEF</b> .....	39
4.1	Le programme informatique NEF_1.7 .....	39
4.2	Mesure NEF du bruit et son utilisation .....	40
4.3	Le processus de planification .....	42
4.4	Utilisation des données de plaintes.....	44
4.5	Coordination entre les divers paliers de gouvernement .....	44
4.6	Expériences dans d'autres pays.....	45
<b>5.0</b>	<b>Évaluation de l'incidence des changements et cas particuliers</b> .....	49
5.1	Atténuation au sol en excès .....	49
5.2	Caractéristiques de la trajectoire de vol.....	50
5.3	Changements du type d'aéronefs.....	51
5.4	Changements en fonction du temps.....	51
5.5	Aéroports plus petits .....	53
5.6	Sites plus tranquilles .....	53

5.7	Effets conjugués.....	54
5.8	Questions juridiques et questions relatives à la planification de l'utilisation des terrains .....	55
<b>6.0</b>	<b>Critères des niveaux de bruit des aéronefs .....</b>	<b>59</b>
6.1	Limites exprimées en valeurs NEF .....	59
6.2	Limites exprimées en mesures du bruit d'épisodes isolés .....	63
<b>7.0</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>65</b>
7.1	Composantes de l'ensemble du problème .....	65
7.2	Acceptabilité de la mesure NEF .....	66
7.3	Lacunes .....	68
7.4	Recommandations .....	69

## **1.0 INTRODUCTION**

### **1.1 Le rapport final**

Le présent document est le rapport final d'un projet visant à réévaluer l'emploi de la mesure de la prévision d'ambiance sonore (NEF) dans le but de gérer le bruit des aéronefs au Canada. Dans l'ébauche du projet, on indiquait que tous les aspects de l'emploi de la mesure NEF devraient être étudiés. Voici les quatre grands groupes de sujets traités dans le document :

- a) historique de l'élaboration de la mesure NEF;
- b) caractéristiques particulières de la mesure NEF;
- c) expériences des utilisateurs relatives à la mesure NEF;
- d) incidence des divers changements et cas particuliers.

Comme les travaux réalisés dans le cadre du projet dépassent largement la portée originale prévue, la majorité des résultats techniques ont été présentés à Transports Canada dans deux rapports techniques antérieurs [1,2]. Des résumés de chacun de ces rapports techniques sont présentés plus loin dans le présent chapitre. Le présent rapport vise à traiter directement des questions soulevées dans la proposition du projet suivant les quatre titres susmentionnés. Nous nous reportons souvent aux deux rapports techniques antérieurs afin d'éviter de répéter inutilement des renseignements.

Dans le cadre du présent projet, on a rassemblé des données bibliographiques, on a réalisé des analyses d'études portant sur les diverses réactions humaines, ainsi que des études approfondies accompagnées de programmes de calculs des bruits que présentent les aéroports. On a recueilli un grand nombre de données techniques relatives au bruit des aéronefs et à son incidence sur les êtres humains et créé une base de données techniques pour y inclure ces données. Un exemplaire de cette base de donnée, classée par auteurs et par sujets, a été remis à Transports Canada. Nous avons obtenu des renseignements plus récents en discutant directement avec des personnes qui travaillent sur divers aspects du problème global des bruits que présentent les aéroports dans un certain nombre de pays. Dans le cadre de l'évaluation du programme NEF\_1.7, on a réalisé des études de calculs approfondies qui comportaient des comparaisons avec deux programmes de calculs américains du bruit des aéronefs. Les résultats de ces études ont été présentés dans le premier rapport technique [1]. On a procédé à des analyses approfondies d'un grand nombre d'études pour évaluer l'état des connaissances actuel concernant les effets du bruit des aéronefs sur les

gens qui résident à proximité des aéroports. Ainsi, de nouvelles relations ont été établies entre le dérangement et le bruit des aéronefs, de même qu'entre l'interférence de la parole et le bruit des aéronefs. De nouvelles propositions relatives aux critères des niveaux acceptables de bruit des aéronefs ont été produites également et intégrées au deuxième rapport technique [2]. Ces nouvelles propositions apportent des précisions aux recommandations existantes mais ne les modifient pas de façon notable [3].

Le présent rapport final vise à répondre aux questions soulevées dans la proposition du projet et ce, de façon ponctuelle. Ainsi, les titres de chaque section sont principalement les mêmes que ceux qui figurent dans la proposition du projet. Dans certains cas, des titres additionnels ont été ajoutés de manière à refléter l'ensemble de la portée des travaux réalisés dans le cadre du projet. On résume également dans un chapitre additionnel les nouvelles propositions relatives aux critères des niveaux acceptables de bruit des aéronefs. Les détails techniques dont il est fait mention dans les deux rapports précédents ne sont habituellement pas répétés dans le présent rapport.

La proposition du projet se rapporte à «l'étalonnage du modèle NEF». Le «modèle» est un modèle hypothétique qui met en relation la réaction des gens et les niveaux de bruit des aéronefs mesurés en valeurs NEF. L'«étalonnage» de ce modèle laisse croire que les études portant sur les réactions des gens face au bruit des aéronefs ont servi à quantifier la réaction des êtres humains au bruit des aéronefs et à les exprimer en valeurs NEF. Tel que discuté au chapitre 2, il n'a jamais été question d'un tel «étalonnage» et le fait de se reporter à un tel «modèle» constitue une exagération quant à la nature réelle de l'historique de l'élaboration de la mesure NEF.

La nécessité d'un tel étalonnage se fait certainement sentir au Canada. Toutefois, il est important de reconnaître à la fois la valeur historique de l'élaboration de la mesure NEF et sa validité actuelle. Les trois rapports du projet visent à étudier de façon approfondie les divers aspects de la mesure NEF telle qu'utilisée aujourd'hui. Nous espérons qu'ils stimuleront l'élaboration d'une démarche améliorée, plus uniforme et plus adéquate sur le plan technique pour la gestion des bruits que présentent les aéroports au Canada.

## **1.2 Résumé du rapport A1505.3 intitulé «Étude de validation NEF : 1) Questions relatives au calcul des courbes isosoniques des aéroports»**

Le programme NEF\_1.7 est un élément important de la gestion des bruits que présentent les aéroports au Canada; pour cette raison, il est extrêmement important que sa validité et que sa précision soient aussi bonnes que possible. L'utilisation des terres valant des millions de dollars à proximité des aéroports est souvent déterminée en fonction des courbes des niveaux de bruit établies par ce programme. De même, le caractère résidentiel des terres à proximité des aéroports est déterminé d'après les courbes isosoniques calculées et produites par le programme NEF\_1.7. Les analyses contenues dans le présent rapport laissent croire qu'une description plus détaillée des trajectoires de vol et la mise au point d'une procédure de calcul plus exacte de l'atténuation au sol en excès amélioreraient considérablement le programme NEF\_1.7. Par conséquent, il est essentiel que l'élaboration continue requise pour le programme NEF\_1.7 reçoive le soutien financier et technique nécessaire.

Les analyses du rapport A1505.3 portaient principalement sur les erreurs associées au calcul des niveaux de bruit à proximité des aéroports. Les problèmes associés à la détermination des limites des niveaux de bruit acceptables et les applications pratiques de ces limites ont été traités dans le rapport A1505.5. Ces deux rapports constituent le fondement technique du rapport final dans lequel on évalue l'emploi de la mesure NEF pour quantifier les niveaux des bruits à proximité des aéroports canadiens.

Voici quelques-uns des principaux résultats techniques contenus dans le rapport A1505.3 :

- Le programme NEF\_1.7 est semblable aux autres modèles, comme l'*INM (Integrated Noise Model)* et le *NoiseMap* employés aux États-Unis. Comparativement à ces deux modèles, le programme NEF\_1.7 se sert de descriptions de trajectoires de vol plus simples et d'un calcul différent pour l'atténuation au sol en excès. On élabore des modèles de type simulé sophistiqués qui sont potentiellement plus précis.
- Les comparaisons des programmes NEF\_1.7, *INM* et *NoiseMap*, qui se servent des mêmes données d'entrée provenant de quatre aéroports canadiens, ont indiqué que les courbes NEF du programme NEF\_1.7 étaient plus grandes dans une proportion de 60 à 80 % et que les valeurs NEF à des endroits particuliers étaient plus élevée de 3 à 4 dB. Toutefois, nous ne savons pas quel modèle de calcul convient le mieux aux niveaux de bruit mesurés

des aéronefs. Lorsque la démarche canadienne entière de l'utilisation d'un jour de circulation de pointe avec le programme NEF\_1.7 a été comparée à la démarche américaine utilisant une journée de planification de la circulation moyenne et au modèle *INM*, les différences étaient encore plus grandes.

- Les erreurs qui surviennent dans l'estimation des opérations d'aéronefs totales à venir mènent habituellement à des erreurs en valeurs NEF de 1 dB et à des erreurs de 12 % dans les régions délimitées par les courbes. Les erreurs qui surviennent dans l'estimation des activités des heures de nuit sont habituellement plus grandes de 50 %. D'autres erreurs qui surviennent dans les données d'entrée pour des conditions ultérieures ont des effets globaux moins notables mais souvent des effets locaux plutôt importants.
- L'aspect détaillé de la description de la trajectoire horizontale au sol et du profil vertical de la trajectoire de vol ont une incidence sur la précision des calculs. Il est particulièrement important que la dispersion horizontale prévue de l'aéronef par rapport à la trajectoire de vol nominale soit incluse dans les calculs des courbes isosoniques pour les aéroports.
- Les différences qui surviennent dans le calcul de l'atténuation au sol en excès sont les principales causes des différences entre les courbes produites par le programme NEF\_1.7 et par les deux programmes américains. Les résultats des recherches européennes et les mesures limitées de l'aviation civile moderne laissent croire que l'atténuation au sol en excès la plus appropriée se situe quelque part entre la procédure NEF\_1.7 et la procédure SAE employée dans *INM* et *NoiseMap*. Les données recueillies dans le cadre d'études expérimentales plus approfondies doivent déterminer une procédure de calcul de l'atténuation au sol en excès.
- Les valeurs SEL pondérées A et les valeurs EPNL pondérées PNL peuvent être associées à des erreurs-types de moins de 2 dB. Nous avons constaté que les valeurs  $L_{dn}$  et les valeurs NEF mènent à des erreurs de moins de 1 dB.
- On a déterminé systématiquement des conversions approximatives entre les diverses mesures de bruits que présentent les aéroports. La plus grande dispersion dans ces relations est causée par différentes pondérations de fréquences et par des pondérations en heures du jour.

### **1.3 Résumé du rapport A1505.5 intitulé «Étude de validation NEF : 2) Étude sur le bruit des aéronefs et ses effets»**

Les aéroports présentent des avantages et des inconvénients pour les centres urbains à proximité. Une bonne partie de l'incidence négative d'un aéroport est directement causée par le bruit des aéronefs. Ainsi, les compromis entre les coûts et les retombées d'un aéroport sont très fortement liés aux caractéristiques de l'exposition au bruit des aéronefs.

Le rapport A1505.5 a porté sur :

- la réaction des gens face au bruit des aéronefs;
- la manière dont nous évaluons l'exposition au bruit des aéronefs;
- diverses contre-mesures visant à réduire les problèmes associés au bruit des aéronefs;
- les limites déterminées des niveaux acceptables du bruit des aéronefs.

Il s'agissait là du deuxième rapport visant à servir de référence technique pour évaluer l'emploi de la mesure NEF visant à quantifier le bruit des aéronefs au Canada. Le premier rapport, A1505.3, traitait des questions relatives au calcul des courbes de bruits que présentent les aéroports. Les rapports A1505.3 et A1505.5 sont les références techniques pour le présent rapport final présenté à Transports Canada et portant sur tous les aspects de l'emploi de la mesure NEF.

Voici certains des principaux résultats techniques du rapport A1505.5 :

- La forme actuelle de la mesure NEF et des limites des niveaux de bruit acceptées évolue principalement sur une argumentation intuitive fondée sur des études de cas de consultation pratiques.
- Il est très improbable que le bruit des aéronefs mène à une déficience auditive permanente causée par le bruit chez les gens qui vivent près des aéroports.
- Il n'existe que peu de cas où des effets sur la santé (système cardiovasculaire) ont été observés chez les gens qui vivent près d'un grand aéroport, mais ces cas ont été recensés dans des études réalisées par une équipe de recherche à un seul aéroport.
- Lorsque les niveaux extérieurs maximums dépassent 80 dBA, le sommeil des gens à l'intérieur des résidences peut être perturbé.
- De nouveaux calculs réalisés sur les survols des aéronefs mettent plus précisément en relation les niveaux de bruit extérieurs causés par des épisodes isolés, les valeurs SEL et les réductions du bruit grâce aux façades d'immeubles et l'intelligibilité de la parole. Lorsque la mesure SEL du bruit des aéronefs SEL dépasse 90 dBA,

il peut être difficile de comprendre une conversation courante à l'intérieur.

- La courbe Schultz de dose/réaction sous-estime considérablement le pourcentage de résidants qui sont dérangés par le bruit à proximité des grands aéroports.
- Le niveau de bruit perçu reflète davantage la réaction humaine face au bruit que la pondération A; cependant, la différence dans l'exactitude de la prévision est seulement de 0,5 dB.
- La somme des effets des combinaisons des niveaux et du nombre d'épisodes d'après l'énergie produite convient aussi bien que n'importe quelle autre démarche.
- La pondération des heures nocturnes de 12 dB intégrée à la mesure NEF est plus grande que dans d'autres mesures du bruit des avions. Des cas à l'appui laissent croire que les pondérations plus petites des heures nocturnes sont plus exactes et que les pondérations des heures en soirée ont également leur importance.
- Il n'existe aucun cas pour attester que les attitudes face au bruit des avions changent en fonction du temps, indépendamment du niveau sonore.
- Nous disposons de peu d'information concernant les effets négatifs du bruit des avions près des aéroports plus petits et les effets des activités de l'aviation générale. Dans les études antérieures, l'incidence de la taille de l'aéroport et des types d'activités d'aviation sont habituellement confondues.
- La réduction à la source du bruit des avions contrôle plus efficacement et universellement les problèmes liés aux bruits que présentent les aéroports. Bien que les réductions possibles au cours des prochaines années soient peu importantes, il demeure important de favoriser la mise au point continue d'avions moins bruyants.
- Diverses contre-mesures peuvent être employées pour assurer des réductions immédiates de l'ambiance sonore près des aéroports. De telles contre-mesures doivent être adaptées aux caractéristiques opérationnelles et géographiques de chaque aéroport.
- Il est nécessaire de mettre au point de meilleures techniques dans le but d'améliorer l'isolation acoustique des immeubles contre le bruit des avions et il faut évaluer de façon exhaustive les avantages perçus de telles opérations d'isolation.

- Presque tous les principaux pays développés ont leur propre mesure du bruit des aéronefs, leur propre ensemble de limites acceptables du bruit des aéronefs et leur propre démarche particulière visant à contrôler les problèmes liés aux bruits que présentent les aéroports.
- Un nouvel ensemble de limites des niveaux acceptables de bruit des aéronefs a été constitué d'après les meilleurs renseignements techniques dont nous disposons. Ces seuils correspondent aux mesures suivantes :  $NEF_{CAN} 25$  est la valeur pour laquelle les effets négatifs du bruit des aéronefs commencent à se faire sentir;  $NEF_{CAN} 30$ , la valeur pour laquelle les maisons devraient comporter un isolant acoustique additionnel et  $NEF_{CAN} 35$ , la valeur pour laquelle aucune autre maison ne devrait être construite (les valeurs  $NEF_{CAN}$  se rapportent aux valeurs NEF calculées par le programme NEF\_1.7 de Transports Canada). Ces nouvelles propositions sont essentiellement les mêmes que les recommandations existantes [3].

## **BIBLIOGRAPHIE**

1. Bradley, J.S., "NEF Validation Study: (1) Issues Related to the Calculation of Airport Noise Contours", NRC Contract Report to Transport Canada, A1505.3 (1993).
2. Bradley, J.S., "NEF Validation Study: (2) Review of Aircraft Noise and Its Effects", NRC Contract Report to Transport Canada, A1505.5 (1994).
3. Pilon, C., "Land Use in the Vicinity of Airports", rapport de Transports Canada, TP 1247, mars 1989



## **2.0 HISTORIQUE DE L'ÉLABORATION DE LA MESURE NEF**

La prévision d'ambiance sonore (NEF) est une mesure à nombre unique du bruit global produit par un aéronef. Elle conjugue les niveaux de bruit des aéronefs individuels et le nombre d'aéronefs pour déterminer une mesure à nombre unique représentative de l'incidence négative moyenne du bruit des aéronefs. La mesure NEF métrique actuelle était auparavant l'ancienne mesure CNR (indice composite de bruit) qui avait été mise au point à l'origine pour des cas se rapportant aux centres urbains en général; elle fut par la suite modifiée pour évaluer le bruit des aéronefs. Ces mesures étaient mises au point aux États-Unis; cependant, au même moment, d'autres mesures anciennes des bruits que présentent les aéroports étaient élaborées en Europe. Au Royaume-Uni, le *NNI* (*Noise and Number Index*) a été lancé au début des années 60. Peu après, le *Störindex* (Q) a été lancé en Allemagne, ainsi que l'indice psychologique ( $I_p$ ) en France. La mise au point de ces mesures du bruit des aéronefs au début des années 60 découlait directement de la réaction du public à l'introduction répandue de l'aéronef civil à moteur à réaction.

### **2.1 Historique des mesures CNR et NEF (voir également le chapitre 2 de [1])**

#### **a) Le CNR à titre de mesure du bruit urbain**

Depuis les versions initiales du CNR (Indice composite de bruit)[2], on dénombre cinq étapes principales de mise au point de la mesure NEF. Le CNR a été proposé la première fois par Rosenblith et Stevens en 1952. La notion originale visait à évaluer le bruit urbain global. La mesure a été quelque peu modifiée par la même équipe d'après Bolt Beranek et Newman en 1955. En 1957, une nouvelle démarche visant à considérer le bruit des aéronefs selon une mesure CNR a été proposée. Cette méthode CNR du bruit des aéronefs a été par la suite modifiée au début des années 60, de sorte qu'elle était fondée sur les niveaux de bruit perçu. La notion NEF complète a été proposée en 1967.

Ces anciennes mises au point constituaient des projets techniques qui ne faisaient pas systématiquement l'objet d'essais. Elles étaient fondées sur des notions proposées intuitivement par des expériences accompagnées de différentes études de cas de consultation. Les résultats étaient consignés en «réaction urbaine» qui comprenaient généralement les plaintes et les menaces d'actions en justice. Des telles notions ne comportaient pas d'études scientifiques sur le dérangement causé à la population et on comprend que les données relatives aux plaintes ne constituent pas une mesure fiable de la réaction urbaine.

La version originale du CNR pour le bruit urbain général a été proposée par Rosenblith et Stevens en 1952[3]. Elle était fondée sur des mesures de bruits de bandes d'octave auxquelles correspondait un niveau équivalent de pression acoustique (SPL) dans la bande d'octave des fréquences de 300 à 600 Hz (ancien système de bandes d'octave qui n'est plus utilisé aujourd'hui). Ce SPL équivalent était obtenu en représentant graphiquement le spectre de bande d'octave mesuré dans un système de courbes de classement de niveaux qui étaient semblables aux courbes isosoniques. Les courbes de classement de niveaux venaient par intervalles de 5 dB et, par conséquent, les valeurs résultantes CNR venaient également par intervalles de 5 dB. Un certain nombre de corrections ont alors été apportées pour mieux approximer la réaction urbaine négative prévue. Ces corrections se rapportaient à la présence ou à l'absence de composantes de sons purs, à des sons impulsifs ou non impulsifs, à la répétition du son, aux niveaux du bruit de fond, à l'heure du jour et à l'adaptation prévue des personnes au bruit. Les valeurs CNR étaient déterminées d'après les niveaux sonores et les corrections s'y rapportant pour les données des onze études de cas de problèmes liés au bruit urbain. Les valeurs CNR étaient alors comparées à une échelle de six éléments décrivant la réaction urbaine prévue. Cette échelle allait de la mention «aucun dérangement» à la mention «action en justice indiscutable». Le schéma était une première tentative sensée, mais il semble qu'il ne mettait pas très bien en relation les résultats des onze études de cas [2].

Le schéma CNR original du bruit urbain a été modifié par Stevens, Rosenblith et Bolt en 1955[4]. Les modifications apportées à la considération des bruits répétitifs a transformé la procédure en une démarche se rapprochant davantage des démarches d'énergie uniforme et on y a intégré des corrections relatives aux variations saisonnières. L'échelle descriptive de la réaction urbaine est passée de six à cinq articles et les mentions se rapportant à chaque étape ont été modifiées. Dans la nouvelle échelle, on se reportait seulement aux «plaintes» et à la «réaction urbaine». On a dit de la procédure révisée qu'elle réussissait bien à prévoir les changements dans la réaction urbaine mais qu'en général, elle était moins performante.

#### **b) Le CNR à titre de mesure du bruit des aéronefs**

À la fin des années 50, la U.S. Air Force a commencé à élaborer des procédures visant à évaluer les niveaux sonores et à planifier l'utilisation des terrains se trouvant près des bases aériennes. Cela a mené à une nouvelle version du la valeur CNR adapté particulièrement au bruit des aéronefs et au schéma associé de prévision des niveaux sonores des aéronefs. Le schéma proposé par Stevens et Pietrasanta en 1957[5]

évaluait le bruit des aéronefs suivant son niveau équivalent dans la bande d'octave de 300 à 600 Hz. Ce schéma ne comportait plus de correction des sons purs ni de correction de l'impulsivité, mais des répétitions corrigées selon le principe de l'énergie uniforme. On a retenu les corrections saisonnières et les corrections du niveau de bruit de fond. La correction jour/nuit a été étendue pour devenir une correction jour/soirée/nuit avec des ajustements relatifs de 5 dB et 10 dB pour les périodes de soirée et de nuit respectivement. L'échelle qui décrit la réaction urbaine est passée à trois étapes où les mentions des extrémités sont les suivantes : «aucun dérangement» et «indiscutablement inacceptable».

On a également élaboré une procédure visant à calculer les niveaux du bruit de fond des aéronefs au sol (bruit de point fixe au sol) et des aéronefs en cours de vol [6]. Dans la procédure, on utilisait la combinaison du niveau maximal de survol et la durée effective du survol pour estimer l'énergie totale reçue d'un survol unique d'aéronef. En fait, la contribution de chaque aéronef était essentiellement décrite en valeurs équivalentes au SEL (niveau d'exposition au son). Les calculs comprenaient des estimations de la directivité de l'aéronef, ainsi que des courbes de la hauteur de l'aéronef en fonction de la distance qu'il doit parcourir avant le début du décollage. Nous avons ajouté les contributions de nombreux aéronefs à titre énergétique. Nous n'avons pas tenu compte de l'atténuation au sol en excès.

La mesure CNR servant à évaluer le bruit des aéronefs a été par la suite modifiée en 1962 pour y inclure l'emploi d'un niveau de bruit perçu élaboré par Kryter[7]. Kryter a élaboré un ensemble de fonctions d'isotonie pour différentes bandes de fréquences d'une manière très semblable à celle suivie dans la procédure de calculs de la sonie de Stevens. À partir de l'ensemble du spectre de bruits, une valeur unique qui validait le niveau de bruit perçu, en PNdB, visait à classer le bruit selon la sonie perçue. Toutefois, les classements résultants étaient semblables au schéma des anciennes courbes de classement des niveaux.

À peu près à la même époque, un nouveau document portant sur la planification des bruits que présentent les aéroports a été produit pour la U.S. Air Force[8]. On y trouvait des courbes du bruit des aéronefs en PNdB ainsi que d'autres améliorations. Plusieurs simplifications y étaient également apportées. Des pondérations en fonction de l'heure du jour étaient réduites à une pondération unique des heures nocturnes de 10 dB. On n'y tenait plus compte des corrections des niveaux de bruit de fond ni de l'attitude de la collectivité. Encore là, en se servant des données des études de cas, les valeurs CNR résultantes étaient mises en relation avec l'échelle antérieure qui décrivait la réaction urbaine prévue

et qui comportait trois catégories. Ces trois catégories étaient essentiellement les suivantes : aucun dérangement, léger dérangement et dérangement important. Les limites entre les trois régions étaient déterminées d'après la somme du niveau maximal moyen de bruit perçu,  $\langle \text{PNL}_{\text{max}} \rangle$  et de dix fois le logarithme du nombre d'aéronefs (N).

$$\langle \text{PNL}_{\text{max}} \rangle + 10 \cdot \log(N)$$

Au début, la limite entre les catégories inférieure et supérieure était établie pour cette somme à 112 et la limite entre la région du milieu et la région supérieure était établie à 122. Afin d'accorder aux aéroports «le bénéfice du doute»[2], cette dernière valeur a été portée à 127. Comme on souhaitait obtenir des valeurs qui soient des multiples de 5 (on voulait obtenir des intervalles de 5 dB), les valeurs ont été normalisées par rapport à un cas de référence où se déroulaient entre 10 et 30 activités par jour en leur soustrayant 12 dB chacune. Les valeurs CNR résultantes obtenues de 100 et de 115 divisaient les trois régions de l'échelle de la réaction urbaine estimée. Un tableau semblable comportant des valeurs CNR plus faibles de 20 dB a été conçu pour les bruits de point fixe au sol.

### **c) La prévision d'ambiance sonore (NEF)**

Des rapports publiés en 1967[9,10] ont introduit la prévision d'ambiance sonore (NEF) comme étant un perfectionnement par rapport à l'ancien schéma CNR du bruit des aéronefs. La nouvelle procédure NEF comportait de nouvelles améliorations associées aux niveaux de bruit perçu, éliminait la limite qui consistait à faire tous les calculs par intervalles de 5 dB, mais ne comportait aucun nouveau renseignement sur la réaction urbaine au bruit des aéronefs. Au même moment, les procédures visant à calculer le bruit prévu des aéronefs en les exprimant sous la forme de la nouvelle mesure NEF ont également été améliorées.

La notion du niveau de bruit perçu avait été étendue pour comprendre les corrections des sons purs et pour tenir compte de l'incidence de la durée du survol de chaque aéronef. La combinaison de ces deux facteurs additionnels a créé une nouvelle mesure appelée niveau effectif de bruit perçu (EPNL). Le fait d'effectuer tous les calculs en intervalles de 5 dB visait à simplifier la démarche, mais donnait lieu à des erreurs qui auraient pu être évitées. Le calcul NEF comportait également une constante arbitraire, de sorte que les valeurs NEF résultantes étaient plutôt différentes des valeurs CNR correspondantes. Les valeurs NEF étaient associées aux trois niveaux de la réaction urbaine en supposant une équivalence d'approximation de NEF 40 pour CNR 115 et de NEF 30 pour CNR 100. Ces approximations ont été obtenues d'après les

comparaisons des valeurs CNR et NEF calculées[2]. Ainsi, les conversions provoquaient parfois des erreurs dans ces anciens calculs d'algorithmes.

La proposition de Bishop et Horonjeff[9] comportait une pondération d'heures nocturnes qui a donné lieu à des activités nocturnes plus importantes de 12,2 dB que les activités diurnes. La pondération a été choisie de manière à ce qu'avec le même nombre d'activités par jour pendant les heures nocturnes et pendant les heures diurnes, la valeur d'heures nocturnes NEF soit plus grande de 10 dB que la valeur d'heures diurnes NEF. Comme le nombre d'heures d'activités nocturnes s'élevait à 9 et que le nombre d'heures d'activités diurnes s'élevait à 15, le nombre d'activités nocturnes a été multiplié :  $10(15/9) = 16,67$ , ce qui est l'équivalent de 12,2 dB. Aucun cas n'a été présenté pour appuyer le choix de cette pondération particulière des heures nocturnes et aucune autre mesure du bruit des aéronefs n'a jamais utilisé cette pondération des heures nocturnes.

La NEF est définie comme suit; la somme tient compte de tous les types d'aéronefs et de toutes les trajectoires de vol :

$$NEF = \langle EPNL \rangle + 10 \cdot \log(N_d + 16,7 \cdot N_n) - 88$$

où  $\langle EPNL \rangle$  est la EPNL moyenne des survols d'aéronefs;  $N_d$  et  $N_n$  sont le nombre d'activités diurnes et nocturnes respectivement.

À la fin des années 60, la mesure NEF complète avait atteint la forme qu'on lui connaît aujourd'hui. En aucun temps il n'a été tenu compte dans la formulation d'aucune étude scientifique sur la réaction des résidents au bruit des aéronefs. (Bien sûr, il a été tenu compte de certaines études subjectives en laboratoire lors de l'élaboration de la mesure EPNL qui fait partie de la mesure NEF.) Le principe implicite de la somme d'énergie et de la pondération des heures nocturnes n'était fondé sur aucune étude systématique. La réaction urbaine prévue était décrite par le biais de plaintes très générales. Ces descriptions étaient fondées sur des expériences de consultation d'un nombre limité de cas particuliers de problèmes liés au bruit urbain. Bien que les résultats de l'ancienne étude de Borsky[11] aient déjà indiqué clairement que les données de plaintes ne constituaient pas une mesure fiable de la réaction urbaine, aucune tentative n'a été faite pour élaborer une mesure de bruit ou des critères des niveaux acceptables de bruit des aéronefs à partir de telles études systématiques de la réaction au bruit des aéronefs.

La mesure NEF est employée au Canada, en Australie, en Yougoslavie et à Hong Kong. Toutefois, en Australie, les pondérations des heures

diurnes ont été changées par suite d'une étude subjective importante sur les gens vivant près des aéroports australiens. La mesure NEF n'a pas été employée à l'échelle des États-Unis. Au début des années 70, les exigences politiques relatives à une mesure unique du bruit environnemental ont mené à l'adoption d'un niveau sonore jour/nuit  $L_{dn}$  aux États-Unis.

## **2.2 Introduction de la mesure NEF au Canada**

Le système CNR a d'abord été employé par Transports Canada comme outil de planification de l'utilisation des terrains à proximité des aéroports[13]. Les calculs sous forme de tableaux des valeurs CNR sont décrits suivant une pondération des heures nocturnes de 10 dB. Un tableau de la réaction urbaine prévue a également été présenté; il est semblable au tableau susmentionné. Ainsi, le système américain CNR pour le bruit des aéronefs a été adopté à l'origine sans modifications évidentes.

Dans le même rapport de Transports Canada[13], on décrit également le système NEF et on le compare avec l'ancienne méthode CNR. Les valeurs CNR critiques 100 et 115 étaient encore approximées à NEF 30 et NEF 40 respectivement. Dans ce rapport[13], le tableau de la réaction urbaine prévue comporte des données en valeurs NEF et on en trouve ici un exemplaire au tableau 2.1. Ce tableau est très semblable aux anciens tableaux américains sur lesquels il est fondé. Au tableau 2.1., on a incorporé les premières versions du document de la SCHL intitulé : «Nouveaux secteurs résidentiels et bruit des aéronefs»[14]. On utilise également ce tableau dans des documents plus récents de la SCHL et de Transports Canada [15,16].

Les documents de la SCHL portant sur les bruits que présentent les aéroports découlaient de la collaboration tripartite sur les problèmes liés aux bruits que présentaient les aéroports au début des années 70 au Canada. Le Conseil national de recherches Canada, la Société canadienne d'hypothèques et de logement et Transports Canada ont conjugué leurs efforts pour élaborer une démarche rationnelle concernant les problèmes liés aux bruits que présentent les aéroports. Le Conseil national de recherches a pris des mesures visant l'atténuation du niveau sonore pour une installation d'essais construite avec l'aide de la SCHL. Transports Canada a fourni les sources de bruit des aéronefs. Les trois parties ont travaillé de concert pour produire le tableau de données acceptables ci-dessus. Les détails qui figurent au tableau constituent un compromis qui dénote plusieurs incertitudes différentes. On y trouve notamment le désir de s'assurer que les gens soient protégés à un niveau élevé contre le bruit des aéronefs. On se préoccupait également de la

précision des calculs NEF pour des valeurs NEF moins élevées. Enfin, il y avait la question des limites excessivement restrictives empêchant la construction de nouveaux secteurs résidentiels à hypothèques gérées par la SCHL.

Intervalle NEF	Réaction prévue
> 40	Il est probable que l'on ait à traiter des plaintes individuelles répétées et vigoureuses. Des mesures de groupes concertées et des actions en justice sont à prévoir.
35 à 40	Les plaintes individuelles peuvent être vigoureuses. Des actions collectives et des appels contre les autorités sont possibles.
30 à 35	Plaintes isolées et plaintes collectives répétées. Action collective possible.
<30	Des plaintes isolées peuvent être déposées. Le bruit peut empêcher occasionnellement les résidents de vaquer à certaines occupations.

*Tableau 2.1. Relation entre la réaction urbaine prévue et les valeurs NEF (tiré de [13]).*

Les descriptions servant actuellement à dépeindre la réaction urbaine prévue sont déterminées d'après les descriptions originales CNR fondées sur les impressions générales de la réaction urbaine recueillies dans un petit nombre d'études de cas de consultation. Ces descriptions n'ont pas subi l'influence d'études systématiques plus modernes portant sur les gens vivant à proximité des aéroports. Elles n'ont pas subi l'influence d'aucune étude réalisée par un Canadien. Ainsi, aucune tentative sérieuse n'a été faite pour étalonner les valeurs de la mesure NEF par rapport aux effets négatifs sur les gens vivant près des aéroports canadiens.

### **2.3 Développement d'autres mesures anciennes des bruits que présentent les aéroports**

Le *Noise and Number Index (NNI)* a été déterminé d'après les résultats de la première grande étude portant sur les gens vivant à proximité de l'aéroport Heathrow de Londres. Alors que les systèmes CNR et NEF ont été élaborés sur le fondement d'une simple somme, le *NNI* a introduit la notion de différents compromis entre les niveaux de bruit des aéronefs individuels et le nombre d'aéronefs. Le *NNI* est défini comme suit :

$$NNI = \langle PNL_{\max} \rangle + 15 \cdot \log(N) - 80$$

où  $\langle \text{PNL}_{\max} \rangle$  est la moyenne des niveaux maximums de bruit perçu des survols d'aéronefs, en PNdB, et N est le nombre total de survols d'aéronefs.

Selon cette mesure du bruit, le fait de doubler le nombre d'activités a pour effet d'augmenter de 4,5 dB les valeurs *NNI*, ce qui représente une augmentation plus grande que l'augmentation de 3 dB qui résulterait d'une simple somme de l'énergie. On affirme [2] qu'une simple mesure de la somme d'énergie serait presque aussi réussie dans la relation des données de la réaction de l'étude originale de Londres que dans la mesure *NNI*. Au paragraphe 3.1, nous étudierons de façon plus approfondie la pertinence d'une simple somme d'énergie.

L'indice allemand Störindex (Q)[12], élaboré après le *NNI*, tient compte également du nombre pondéré d'activités plus que pour une simple somme d'énergie. La mesure Q est fondée sur le double des activités, ce qui entraîne une augmentation de 4 dB dans la mesure du bruit. Q est défini comme suit :

$$Q = 13,3 \bullet \log(\Sigma \tau \bullet 10^{(L_{\max}/13,3)}/T)$$

où  $\tau$  est la durée du survol,  $L_{\max}$  est le niveau sonore maximal pondéré A pendant le survol et T est la période de temps pendant laquelle la valeur Q est calculée. La sommation est calculée en fonction des valeurs  $\tau$  et  $L_{\max}$  de toutes les activités des aéronefs pendant la période de temps T. La mesure était fondée à l'origine sur les niveaux maximums PNdB.

L'indice psophique français ( $I_p$ ) a été élaboré vers la fin des années 60. Il s'agit simplement d'une mesure ayant la forme d'une simple somme d'énergie fondée sur les niveaux d'aéronefs en PNdB. Bien qu'à l'origine l'indice comprenait une correction d'heures nocturnes complexe en deux parties, il comporte aujourd'hui seulement une simple pondération d'heures nocturnes de 10 dB. Il est actuellement défini comme suit :

$$I_p = \langle \text{PNL}_{\max} \rangle + 10 \bullet \log(N_d + 10 \bullet N_n) - 32$$

où  $N_d$  et  $N_n$  sont le nombre d'activités pendant les périodes de jour et de nuit respectivement. Les valeurs de cette mesure étaient initialement associées aux réactions des résidents dans les résultats d'une vaste étude réalisée près de quatre aéroports français.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Bradley, J.S., "NEF Validation Study: (2) Review of Aircraft Noise and Its Effects", NRC Contract Report to Transport Canada, A1505.5 (1994).
2. Galloway, W.J. and Bishop, D.E., "Noise Exposure Forecasts: Evolution, Evaluation, Extensions, and Land Use Interpretations", FAA Report FAA-NO-70-9 (August 1970).
3. Rosenblith, W.A. and Stevens, K.N., "Handbook of Acoustic Noise Control, Vol. 2, Noise and Man", WADC TR-52-204, Wright Patterson Air Force Base, Ohio (1953).
4. Stevens, K.N., Rosenblith, W.A., and Bolt, R.H., "A Community's Reaction to Noise: Can It be Forecast?", Noise Control, Vol. 1, pp. 63-71 (1955).
5. Stevens, K.N. and Pietrasanta, A.C., "Procedures for Estimating Noise Exposure and Resulting Community Reactions from Air Base Operations", WADCTN-57-10, Wright Patterson Air Force Base, Ohio (1957).
6. Stevens, K.N., Galloway, W.J., and Pietrasanta, A.C., "Noise Produced on the Ground by Jet Aircraft in Flight", J. Acoust. Soc. Am., Vol. 28, 163 (1956).
7. Kryter, K.D., "Scaling Human Reactions to Sound from Aircraft", J. Acoust. Soc. Am., Vol. 31, pp. 1415-1429 (1959).
8. Galloway, W.J. and Pietrasanta, A.C., "Land Use Planning Relating to Aircraft Noise", Technical Report No. 821, Bolt Beranek, and Newman Inc. (October 1964).
9. Bishop, D.E. and Horonjeff, R.D., "Procedures for Developing Noise Exposure Forecast Areas for Aircraft Flight Operations", FAA Report DS-67-10, Washington (August 1967).
10. SAE Research Committee R.2.5, "Technique for Developing Noise Exposure Forecasts", FAA Report DS-67-14 (August 1967).
11. Borsky, P.N., "Community Reactions to Air Force Noise", WADD Technical Report 60-689, Wright Patterson Air Force Base (March 1961).
12. Brück, W., Grützmacher, M., Meister, F.J., and Müller, E.A., "Flüglarm", Göttingen (May 1965).
13. Kingston, R.J., Beaton, J.F. and Rohr, R.J.J., "A Description of the CNR and NEF Systems for Estimating Aircraft Noise Annoyance", Report R-71-20, Canadian Air Transportation Administration, Ottawa (October 1971).
14. "New Housing and Aircraft Noise", NHA 5059, Central Mortgage and Housing Corporation (1972).
15. «Nouveaux secteurs résidentiels à proximité des aéroports», Société canadienne d'hypothèques et de logement, Ottawa (1981).
16. Pilon, C., "Land Use Planning in the Vicinity of Airports", Transport Canada Report TP-1247 (March 1989).



### 3.0 ÉVALUATION DES CARACTÉRISTIQUES DE LA PROCÉDURE DE CALCULS NEF

Dans le présent chapitre, on revoit plusieurs questions spécifiques se rapportant à la mesure NEF. Parmi celles-ci, mentionnons notamment la démarche de l'énergie uniforme, la mesure métrique EPNL et les pondérations fondées sur l'heure du jour qui sont l'essence même de la mesure NEF. Nous traiterons également de l'évaluation de la prévision des activités d'aéronefs et nous présenterons une analyse critique du programme NEF\_1.7, ainsi que des comparaisons avec d'autres types de mesures du bruit des aéronefs.

#### 3.1 Principe de l'énergie uniforme (voir également paragraphe 4.2 [1])

Les gens qui résident à proximité des aéroports sont exposés à divers types d'aéronefs, chacun d'eux produisant des niveaux sonores différents auxquels sont exposés les maisons. Un grand nombre de mesures du bruit ont été conçues pour prévoir la perturbation conjuguée des multiples épisodes de bruits d'aéronefs. L'hypothèse la plus courante concernant la combinaison des niveaux sonores et des nombreux épisodes de bruit est que le dérangement est proportionnel à l'énergie totale des épisodes de bruit d'aéronefs. Ainsi, un grand nombre de mesures de bruit ont une forme qui est semblable à la forme suivante :

$$\% \text{ dérangement important} \propto \langle \text{SEL} \rangle + K \cdot \log(N) \quad (3.1)$$

où  $\langle \text{SEL} \rangle$  est le niveau d'exposition au son intégré d'un aéronef moyen et  $N$  est le nombre total de tels épisodes.

Si  $K$  est exactement égal à 10, alors la somme  $\langle \text{SEL} \rangle + 10 \cdot \log(N)$  correspond à l'énergie totale des épisodes de bruit d'aéronefs.

D'autres valeurs de  $K$  ont été intégrées aux mesures du bruit des aéronefs. La valeur de  $K$  pour le *Noise and Number Index*, *NNI*, est de 15. L'indice allemand *Störindex*,  $Q$  (appelé aujourd'hui «niveau équivalent de bruit d'aéronef»,  $L_{eq}(FLG)$ ) comporte une valeur  $K$  égale à 13,3. Ces deux valeurs ont été déterminées d'après des études anciennes portant sur les bruits d'aéronefs et sont largement utilisées. Ces valeurs de  $K$  supérieures à 10 laissent croire que le nombre d'activités est relativement plus important que les niveaux sonores de chaque aéronef.

La relation susmentionnée [expression (3.1)] et la valeur exacte de  $K$  ont été considérées d'après des études sur le terrain et des études subjectives en laboratoire. Les expériences en laboratoire peuvent permettre des évaluations plus précises que les études sur le terrain, mais ne peuvent

reproduire tous les effets de la situation réelle dans une maison. Ainsi, le niveau de dérangement peut ne pas être tout à fait exact. Alors que les études sur le terrain peuvent comprendre des paramètres réalistes, elles sont reconnues pour produire des données relatives aux réactions qui ne sont que faiblement liées aux mesures du bruit. À l'aide de ce type de données, il est très difficile d'établir une distinction fiable entre les deux mesures de bruit qui comportent deux valeurs K différentes et de les considérer comme des indicateurs prévisionnels du dérangement.

Rice[2] a examiné les études de laboratoire qui avaient été réalisées sur le sujet aux États-Unis et au Royaume-Uni. Il a conclu qu'une démarche d'énergie uniforme pourrait expliquer de manière satisfaisante un grand nombre de résultats, bien qu'elle ne puisse pas toujours constituer l'explication exacte.

Rylander *et al.*[3] a publié les résultats d'études les plus controversés concernant les compromis entre les niveaux et le nombre d'épisodes. Toutefois, une nouvelle analyse de ces données [1] laisse croire qu'une mesure d'énergie uniforme comme  $L_{dn}$  constituait un indicateur prévisionnel satisfaisant des réactions.

Fields[4] a examiné les résultats de 14 études portant sur divers types de bruits. Il a calculé les valeurs K optimales à partir des résultats de chaque étude. Ses calculs ont permis en général d'obtenir une grande variété de valeurs K avec de grandes erreurs-types. Fields a obtenu une valeur moyenne K de 5 d'après ces études. Toutefois, les données n'étaient pas assez précises pour conclure qu'une valeur K de 10 n'était pas optimale.

La mesure *NNI*, qui comprend une valeur K de 15, a été employée en Suisse pendant un certain nombre d'années, bien que dans l'étude portant sur le bruit des aéronefs réalisée en 1971[5] on ait indiqué qu'une valeur K de 8 serait optimale. L'utilisation par les Suisses du *NNI* semble être fondée sur l'emploi du *NNI* au Royaume-Uni. Toutefois, dans une étude plus récente réalisée au Royaume-Uni [6] visant spécifiquement à évaluer les mérites relatifs des mesures *NNI* et  $L_{eq}$ , on a conclu qu'une valeur K de 9 ou 10 serait optimale.

Les études originales qui ont mené à des mesures comme le *NNI* ne sont plus considérées comme représentatives. Les études en laboratoires ne peuvent permettre de prévoir une valeur absolue pour le dérangement parce qu'on n'y reproduit pas les conditions réalistes de l'expérience à long terme de la vie au quotidien dans une maison exposée au bruit des aéronefs. Il est improbable que les études sur le terrain puisse être assez exactes pour définir avec précision une valeur optimale pour K. Ainsi, la

solution pratique consiste à utiliser une valeur K de 10 parce que cette valeur se situe dans l'intervalle des valeurs optimales possibles et parce que la simplicité de la démarche d'énergie uniforme présente des attraits particuliers.

Il est important de remédier à ce manque de connaissances précises concernant la valeur correcte de K en raison des changements prévus des activités dans les aéroports canadiens au cours des prochaines années. On prévoit que les niveaux moyens du bruit des aéronefs et le nombre des activités changeront. Avec l'introduction des aéronefs moins bruyants dont il est question au chapitre 3, les niveaux sonores moyens des aéronefs diminueront. Toutefois, l'augmentation prévue du nombre d'activités mènera inévitablement à une augmentation globale des niveaux sonores. L'acceptabilité de la combinaison résultante des niveaux sonores d'aéronefs réduits et du nombre accru d'activités dépend de la nature véritable des compromis entre le nombre d'épisodes et les niveaux sonores d'aéronefs. Avec les connaissances dont nous disposons actuellement, nous pouvons seulement emprunter la démarche d'énergie uniforme ( $K = 10$ ) en supposant qu'elle sera suffisamment représentative de la manière dont les gens réagissent au bruit des aéronefs.

### **3.2 Mesure métrique EPNL (voir aussi paragraphe 4.1[1])**

L'oreille humaine n'est pas également sensible à toutes les fréquences des sons. Lorsque vient le temps d'évaluer un son qui est composé d'un amalgame de fréquences, il est par conséquent nécessaire de pondérer l'importance relative des différentes composantes de la fréquence du son. On y parvient à l'aide de schémas de calcul et de réseaux de pondération électronique des fréquences. Les divers schémas ont été conçus de manière à approximer un des ensembles de courbes de perception égale qui peuvent être considérés comme étant la réponse en fréquence de l'organe de l'ouïe.

Le système des courbes isosoniques peut servir à évaluer la sonie d'une fréquence unique [7]. Des systèmes plus complexes ont été mis au point par Stevens[8,9] et Zwicker[10] pour déterminer la sonie d'un bruit qui est composé d'un mélange de différentes fréquences. Ces schémas de sonie nécessitent des calculs relativement compliqués à partir des niveaux sonores individuels des bandes de tiers d'octave pour déterminer la sonie globale d'un bruit.

Kryter[11] a conçu un système semblable pour évaluer la «bruyance» des sons complexes. Ce système est fondé sur un ensemble de courbes d'égalité de bruyance qui sont assez semblables aux courbes isosoniques. D'après les niveaux de bandes de tiers d'octave et les courbes de bruyance égale, on

détermine la bruyance de chaque bande et d'après eux, on calcule le PNL (niveau global de bruit). Certains ont proposé de déterminer des ensembles de courbes de perception égale pour chaque adjectif décrivant le son. Par exemple, les courbes de gêne sonore égale seraient-elles semblables aux courbes de bruyance égale?

Les corrections des sons purs sont habituellement ajoutées aux niveaux de bruit perçu pour tenir compte de la gêne sonore additionnelle prévue pour les sons comportant des composantes importantes de son pur. La correction des sons purs ajoute à la complexité des mesures du bruit calculées.

Une démarche plus simple pour la pondération de la fréquence des sons consiste à utiliser un réseau de pondération des fréquences simples pour filtrer électroniquement les sons. Le plus ancien de ces réseaux de pondération est la pondération A qui date des années 30 et qui était une approximation de la courbe isosonique. Les pondérations D et E visaient à approximer les courbes isosoniques. Dans la pratique actuelle, la pondération A est presque universellement employée à titre de valeur simple à nombre unique de tous les types de sons et les autres réseaux de pondération sont rarement utilisés.

La principale différence entre les schémas de calcul et les réseaux de pondération est que la forme des réseaux de pondération ne varie pas en fonction du niveau sonore. L'isotonie et les courbes isosoniques ne sont pas parallèles mais se rapprochent à des fréquences plus basses. Cela permet d'approximer à juste titre la réaction de l'organe de l'ouïe et représente la réponse en fréquence face au niveau sonore changeant. Les réseaux de pondération ne sont pas des indicateurs prévisionnels de la réaction négative face aux sons aussi précis justement parce qu'ils ne tiennent pas compte de cette réaction changeante en fonction du niveau sonore.

Les mérites relatifs des divers réseaux de pondération de fréquence et des schémas de calcul font l'objet d'un grand nombre d'études. Le niveau de bruit perçu, calculé d'après les courbes isosoniques, est une procédure beaucoup plus complexe mise au point spécifiquement pour évaluer la bruyance des sons produits par les aéronefs. On estime qu'il permet de prévoir avec plus de précision les réactions négatives face au bruit des aéronefs. Par contre, les réseaux de pondération sont beaucoup plus simples à utiliser mais permettent d'obtenir des valeurs moins précises des réactions négatives prévues face aux sons. Pour ce qui est de l'évaluation de groupes de sons dont les spectres et les niveaux sonores sont semblables, les réseaux plus simples de pondération de fréquences devraient convenir davantage.

Il subsiste toujours quelque incertitude à savoir quelle mesure constitue l'indice prévisionnel le plus précis pour ce qui est des réactions en général, et des réactions au bruit des aéronefs en particulier. Les résultats de diverses études laissent croire que les niveaux de bruit perçu sont légèrement plus précis que les niveaux pondérés A, mais que les corrections des sons purs n'améliorent pas la prévision des réactions subjectives. On ne sait pas exactement si cette petite amélioration de l'exactitude de la prévision pour ce qui est des niveaux de pondération A est d'une quelconque importance pratique, ni si la complexité accrue des calculs des niveaux de bruit perçu qui en résulte en vaut vraiment la peine.

Il est intéressant de constater que les niveaux sonores pondérés A et les niveaux de bruit perçu de l'aéronef du chapitre 3 s'avèrent reliés l'un à l'autre avec un écart-type de seulement 1,6 dB[12]. Ainsi, si on limitait la question à la considération de l'aéronef civil moderne à réaction, la similitude des spectres de bruits permettrait probablement d'obtenir des différences plus petites en ce qui a trait à l'exactitude de la prévision pour les divers schémas de pondération des fréquences.

Pour la certification de précision de l'aéronef, la précision accrue du système de pondération de fréquences du niveau de bruit perçu est discutable, bien que les corrections des sons purs ne seraient probablement pas incluses. Pour l'évaluation des niveaux sonores dans les régions à proximité des aéroports, on estime que les niveaux sonores intégrés pondérés A sont suffisamment précis. La différence d'exactitude de la prévision entre les niveaux pondérés A et les niveaux de bruit perçu est de moins de 0,5 dB et seulement d'environ 0,3 dB pour les valeurs PNL corrigées pour les sons purs. Cette erreur est beaucoup moins grande que les erreurs de précision relatives à la prévision des niveaux de bruit à proximité des aéroports et plutôt faible comparativement aux erreurs de prévision de la gêne sonore prévue causée aux gens qui vivent à proximité des aéroports. L'importance de l'erreur peut constituer une surestimation en ce sens que s'il s'agissait seulement de bruits d'aéronefs modernes à réaction, les différences dans l'exactitude de la prévision seraient plus petites.

### **3.3 Pondération des heures nocturnes (voir aussi paragraphe 4.3 de [1])**

On suppose généralement que les bruits qui surviennent en soirée et pendant la nuit perturbent davantage et causent un plus grand dérangement que les bruits qui se font entendre pendant le jour. L'historique de l'ajout de pondérations arbitraires des heures diurnes pour mesurer le bruit des aéronefs est long (voir également le chapitre 2).

Bien que dans certaines des anciennes mesures on utilisait une pondération des heures nocturnes de 5 dB, on emploie le plus souvent une pondération de 10 dB. Dans certaines mesures également on intègre une pondération particulière des heures en soirée qui est le plus souvent de 5 dB. En supposant arbitrairement que l'exposition intégrée pendant les neuf heures de nuit devrait être plus grande que l'exposition intégrée pendant les 15 heures de jour de 10 dB, la mesure NEF a permis d'obtenir une pondération des heures nocturnes de 12,2 dB. Aucune pondération d'heures diurnes n'a été déterminée d'après des études scientifiques rigoureuses des réactions subjectives face au bruit.

Les pondérations par heures du jour actuelles constituent simplement un consensus obtenu pour les divers arguments du type «bon sens» exprimés par des groupes responsables de l'élaboration de diverses mesures de bruit. Par exemple, on suppose que des niveaux sonores plus faibles sont tolérés la nuit parce que le sommeil est plus facilement perturbé par le bruit que la plupart des activités pendant le jour. Bien que certains aient contesté ces arguments de type «bon sens», le cas qui est présenté dans la documentation n'est pas irréfutable.

Les résultats des études sont limités par les données d'entrée. En particulier, à presque tous les endroits, les niveaux sonores pendant les heures nocturnes sont fortement associés aux niveaux sonores des heures diurnes. En réalité, les endroits les plus bruyants pendant la journée sont également ceux qui sont les plus bruyants le soir. Par ailleurs, la relation entre les réactions et les mesures du bruit n'est habituellement pas proportionnelle. Ainsi, il n'a pas été possible de déterminer avec précision quelle combinaison des niveaux sonores du jour et de la nuit prévoit le mieux les réactions subjectives.

Divers arguments pragmatiques et des arguments de type «bon sens» laissent croire qu'il est nécessaire de disposer de certaines pondérations par heures du jour. Les résultats des études actuelles tendent à confirmer qu'une forme quelconque de pondération par heure du jour est nécessaire. Par suite d'une importante étude australienne, la mesure NEF a été modifiée de manière à inclure une pondération des heures de soirée et une pondération réduite des heures nocturnes [13]. Dans plusieurs autres études, on laisse croire qu'une pondération des heures de soirée est plus importante qu'une pondération des heures nocturnes. Les efforts faits pour soutenir une pondération additionnelle des heures de soirée et une pondération réduite des heures nocturnes vont à l'encontre de la mesure NEF qui comporte la plus grande pondération des heures nocturnes d'usage courant.

### **3.4 Prédiction du nombre, du type et de la variété des aéronefs (voir aussi chapitre 3[12])**

Afin de prévoir les niveaux sonores à venir des aéronefs, il est d'abord nécessaire de prévoir de façon détaillée les activités à venir des aéronefs. Il est nécessaire de connaître le nombre total d'activités pour chaque type d'aéronef, la proportion des opérations effectuées pendant les heures nocturnes, la longueur d'étape de chaque départ de vol, l'utilisation des pistes et les trajectoires de vol suivies. Des erreurs qui surviendraient dans l'une de ces variables d'entrée auront une incidence sur les valeurs NEF résultantes et sur la région délimitée par les courbes. Dans certains cas, les valeurs moyennes NEF changeront, alors que dans d'autres cas, les effets locaux pourraient être plus importants là où on dénote des augmentations par endroit et des réductions ailleurs. L'importance des différentes erreurs possibles est examinée de façon approfondie aux chapitres 3 et 5 de [12].

Le groupe des Statistiques et des prévisions aériennes de Transports Canada détermine les activités totales prévues à venir pour la plupart des aéroports. En analysant l'exactitude de leurs prévisions, nous avons constaté une erreur moyenne de l'ordre de 11 % sur une période de dix ans et une erreur atteignant jusqu'à 21 % sur une période d'une seule année. Ces estimations étaient des moyennes se rapportant aux 77 plus grands aéroports canadiens [14]. Pour les aéroports plus grands, des erreurs plus importantes dans le nombre totale d'activités prévues pourraient se produire.

À Transports Canada, on calcule des valeurs NEF pour le nombre d'activités qui surviennent pendant un PPD (jour de circulation de pointe) qui est approximativement un 95<sup>e</sup> jour centile. D'autres erreurs surviennent lors de l'estimation du nombre d'activités des PPD à venir d'après les activités totales prévues. Les valeurs du nombre d'activités d'un PPD sont approximées en déterminant le nombre d'activités pour les sept jours les plus achalandés des trois mois les plus occupés. Ces estimations du nombre d'activités par PPD à partir de données recueillies pendant plusieurs années à un aéroport en particulier sont extrapolées pour prévoir les valeurs à venir du nombre d'activités par PPD. On a trouvé qu'il s'agissait d'une procédure inexacte et peu pratique sujette aux erreurs [12]. On a trouvé des erreurs-types atteignant jusqu'à 40 activités par jour. En conjuguant des données recueillies pendant un certain nombre d'années à plusieurs aéroports, on a formulé une équation unique. Elle prévoit de façon plus simple et plus fiable le nombre d'activités pour un PPD à venir.

Les effets des différentes erreurs dans les données d'entrée ont été déterminés à l'aide du programme NEF\_1.7 [12] et sont résumés au tableau 3.1. Les changements moyens des valeurs NEF à l'intérieur de chaque courbe NEF pour trois aéroports plutôt différents ont été évalués et on peut voir au tableau 3.1 l'intervalle des changements qui ont été trouvés. Les erreurs relatives au nombre total d'activités sont celles qui produisent le plus d'effets. Il est très probable qu'un changement de 1 dB dans les valeurs NEF et que des changements de 10 à 15 % dans les régions délimitées par les courbes surviennent par suite des erreurs survenues dans le nombre total estimé d'activités. Les procédures actuelles visant à prévoir le nombre d'activités pour le PPD à venir pourraient mener à d'autres erreurs pouvant atteindre 0,4 dB dans les valeurs NEF moyennes et entre 4 et 7 % dans les régions délimitées par les courbes. Comme ces deux sources d'erreurs pourraient être multiplicatives, l'erreur totale dans le nombre estimé des activités pour un PPD à venir pourrait être plus grande. Il semble peu probable que la combinaison de ces deux erreurs dépasse 40 % pour ce qui est du nombre total prévu d'activités correspondant à une erreur moyenne de 1,5 dB dans les valeurs NEF et de 13 à 26 % dans les régions délimitées par les courbes.

Modification des données d'entrée	Modification de la NEF moyenne (dB)	Modification de la région délimitée par la courbe (%)
±20% des activités totales	±1 dB	de ±10 à 15 %
±40% des activités totales	±1,5 dB	de ±13 à 26 %
±10% de l'estimation du PPD	0,4 dB	de ±4 à 7 %
+20% des activités nocturnes	de 0,3 à 0,5 dB	de +4 à +7 %
+1 de la longueur d'étape	de -0,3 à 0 dB	±4 %
+20% de l'aéronef du chapitre 3	de -0,3 à 0 dB	de -4 à +2 %
+20% de l'utilisation d'une piste	de -0,1 à +0.5 dB	de -3 à +9 %

*Tableau 3.1. Résumé des erreurs prévues dans les valeurs NEF et les régions délimitées par les courbes pour différentes modifications des données d'entrée*

Des modifications à d'autres données d'entrée qui figurent au tableau 3.1 tendent à produire de plus petites modifications moyennes dans les

valeurs NEF mais provoquent parfois de grands effets locaux. Généralement, les valeurs NEF moyennes varient jusqu'à 0,5 dB et les régions délimitées par les courbes, entre 4 et 7 %. Les erreurs pour chacune de ces autres variables d'entrée sont habituellement indépendantes les unes des autres. Ainsi, il est improbable que plusieurs erreurs s'orientent toutes dans la même direction. Toutefois, à certains endroits, des erreurs dans l'utilisation prévue des pistes et dans la longueur d'étape des aéronefs ont déplacé les régions délimitées par les courbes jusqu'à 1 500 pieds (460 m) et ont changé des valeurs NEF particulières jusqu'à 1,5 dB.

Dans le pire des cas, des erreurs pouvant atteindre 2 dB dans les valeurs moyennes NEF et jusqu'à 30 % dans les régions délimitées par les courbes semblent très possibles.

### **3.5 Le programme NEF\_1.7 (voir chapitres 3 et 5 de [12])**

Le programme NEF\_1.7 est le principal outil de gestion du bruit des aéronefs près des aéroports canadiens. On s'en sert pour gérer l'utilisation des terrains qui valent quelques millions de dollars. Par conséquent, il est essentiel que ce programme soit précis sur le plan technique et que son utilisation soit la plus efficace possible. Toutefois, son interface utilisateur désuète le rend peu pratique à utiliser et sa précision n'a pas été encore vérifiée adéquatement. Il n'existe pas beaucoup de documentation ni sur ses algorithmes ni sur son exactitude et il conviendrait d'y apporter un plus grand soutien pour continuer la mise au point de cet outil essentiel.

#### **a) Précision technique**

On estime que les sous-programmes d'atténuation au sol en excès faisant partie du programme NEF\_1.7 conduisent à des surestimations des régions délimitées par les courbes NEF. Des études expérimentales approfondies portant sur la propagation du bruit des aéronefs sont requises pour élaborer et valider les algorithmes améliorés relatifs à l'atténuation au sol en excès.

Les trajectoires de vol ne sont pas modélisées de façon assez détaillée pour représenter avec exactitude les conditions actuelles. Le nombre de segments de surveillance des vols horizontaux et du profil vertical du décollage sont trop limités. La dispersion normale de l'aéronef autour de la trajectoire de vol n'est pas comprise dans le programme NEF\_1.7.

Il n'existe pas de documentation concernant les algorithmes sur lesquels est fondé le programme. Il conviendrait de disposer d'une documentation plus vaste sur ces derniers de manière à ce que la validité du programme

actuel puisse être mieux évaluée et pour qu'il soit plus facile de les améliorer.

Certains groupes européens s'emploient à l'élaboration de modèles de bruits produits par les aéronefs simulés plus sophistiqués qui illustrent avec plus de précision le mouvement des aéronefs et la propagation des sons qu'ils produisent. Des travaux visant à inclure les effets de la directionnalité de chaque type d'aéronef, l'irrégularité des terrains et les effets des phénomènes météorologiques sont en cours.

Le programme NEF\_1.7 pourrait très bien tomber en désuétude sur le plan technique et ce, dans un avenir rapproché.

#### **b) Efficacité de l'utilisation**

L'interface utilisateur désuète du programme NEF\_1.7 semble être le résultat direct d'une conversion rapide entre la version originale de l'ordinateur central qui comprend l'entrée de carte. L'utilisation du programme est inutilement peu pratique et longue. Il serait avantageux d'équiper le programme d'une interface frontale qui aiderait l'utilisateur à procéder à la saisie des données.

Les données d'entrée relatives au bruit des aéronefs ne sont pas comprises dans des fichiers externes, mais plutôt combinées avec le programme compilé. Ainsi, l'utilisateur n'a pas accès à ces données et il lui est impossible d'ajouter facilement des données révisées du bruit des aéronefs.

Les sous-programmes de traçage des courbes du programme ne sont pas suffisamment perfectionnés. Ces sous-programmes devraient être inclus et devraient produire des représentations graphiques destinées à des imprimantes modernes, comme des imprimantes laser postscript.

Aux États-Unis, de nouvelles versions du programme *INM* ont été annoncées. Elles comprendront une interface utilisateur perfectionnée et pourront combiner les courbes et d'autres renseignements graphiques.

#### **c) Soutien**

Bien que les employés de Transports Canada aient déployé tous les efforts possibles pour soutenir le programme NEF\_1.7, l'entretien et la mise au point du logiciel nécessitent davantage de soutien. La base technique des calculs, l'interface utilisateur et la fourchette de caractéristiques que comporte le programme nécessitent un entretien et une mise au point continus. Il ne s'agit pas d'une modification unique,

mais de modifications théoriques importantes relatives à la nécessité de reconnaître l'importance de ce programme informatique.

À titre d'exemple des problèmes actuels, une version expérimentale du programme s'est avérée fonctionner plusieurs fois plus rapidement que la version standard. Tous les utilisateurs pourraient bénéficier d'une telle augmentation notable de la vitesse si nous disposions d'un soutien accru pour ce logiciel.

Voici les secteurs qui nécessitent un soutien à temps plein, ainsi que quelques exemples d'activités :

- 1) développement technique du programme : les sous-programmes d'atténuation au sol en excès mis au point dans divers pays doivent être évalués et il faut intégrer un nouvel algorithme dans le programme NEF\_1.7;
- 2) mise au point du logiciel : l'interface utilisateur, la vitesse et l'efficacité du programme doivent être mis au niveau pour satisfaire aux normes des logiciels modernes commerciaux et pour correspondre aux capacités du matériel informatique actuel;
- 3) soutien technique aux utilisateurs : les personnes qui élaborent le logiciel devraient pouvoir apporter une aide aux utilisateurs du logiciel pour s'assurer que les résultats sont corrects et qu'on les obtient efficacement;
- 4) nouvelles mises au point : le processus visant à estimer le nombre d'activités pour le PPD à venir devrait être entièrement automatisé. Pour ce faire, il faudrait disposer de procédures visant à acquérir électroniquement les statistiques opérationnelles et d'un logiciel permettant d'estimer les activités des PPD à venir;
- 5) vérification : l'exactitude du programme actuel et toutes les modifications à venir doivent être expérimentalement validées.

### **3.6 Comparaisons avec d'autres démarches (voir également chapitre 6[1])**

Presque tous les pays possédant de grands aéroports emploient différentes mesures du bruit des aéronefs pour gérer les problèmes liés au bruit à proximité des aéroports. Bien que ces différentes mesures du bruit semblent très différentes, elles conjuguent toutes les niveaux sonores des aéronefs individuels et le nombre d'épisodes de bruit pour obtenir une mesure intégrée globale du bruit des aéronefs. Bon nombre de ces mesures sont comparées de façon détaillée dans un rapport

précédent [12] et des procédures ont été mises au point pour convertir les valeurs en valeurs NEF et  $L_{dn}$  en chacune des autres mesures.

Seuls trois éléments de base diffèrent dans les mesures du bruit des aéronefs. Ce sont :

- la pondération de fréquences des sons;
- les niveaux en fonction du compromis relatif au nombre d'épisodes;
- les pondérations fondées sur les heures du jour.

Mesure	Pays	Pondération de la fréquence	K, pour les compromis énergie/niveaux	Pondération de soirée	Pondération de nuit
NEF <sub>CAN</sub>	Canada	PNL	10	1	16,7
ANEF	Australie	PNL	10	4	4
$L_{dn}$	É.-U.	A	10	1	10
$L_{den}$	Danemark	A	10	3,2	10
$L_{eq}$ (FLG)	Allemagne	A	13,3	1	5
$I_p$	France	PNL	10	1	10
NNI <sub>UK</sub>	RU	PNL	15	1	aucune
NNI <sub>S</sub>	Suisse	A	15	1	aucune
WECPNL <sub>J</sub>	Japon	A	10	3	10

*Tableau 3.2. Résumé des principales composantes des mesures du bruit des aéronefs employées dans différents pays*

Au tableau 3.2, on résume la façon dont chaque composante fondamentale varie suivant neuf mesures différentes du bruit des aéronefs.

### **a) Pondération de la fréquence**

La pondération de la fréquence des bruits des aéronefs se fait selon une pondération A ou une pondération PNL. Aucune autre pondération de fréquence n'est employée couramment. Au Royaume-Uni, on a récemment cessé d'utiliser la mesure NNI<sub>UK</sub> qui comportait une pondération PNL. Il ne reste donc que le Canada, l'Australie et la France qui se servent d'une mesure du bruit des aéronefs qui comprend des niveaux pondérés PNL. Au Japon et en Suisse, on utilise des approximations équivalentes pondérées A pour les niveaux PNL dans les mesures du bruit des aéronefs. Pour l'aéronef moderne du chapitre 3, les niveaux de bruit pondérés A et pondérés PNL sont très étroitement liés, avec une erreur-type de seulement 1,6 dB[12]. Un inconvénient

important de l'utilisation de mesures du bruit des aéronefs pondérées PNL est qu'il est très difficile de mesurer les niveaux PNL et, par conséquent, très coûteux de valider les calculs NEF avec les mesures.

**b) Les niveaux en fonction du compromis relatif au nombre d'épisodes**

Au tableau 3.2, on trouve la liste des valeurs du paramètre K de l'expression 3.1. Une valeur de 10 correspond à un compromis d'énergie uniforme. En fait, lorsque  $K = 10$ , les effets des niveaux et du nombre d'épisodes sont additionnés conformément à l'énergie totale du bruit. La plupart des mesures du bruit qui figurent au tableau 3.2 suivent une démarche de somme d'énergie pour une valeur de K égale à 10. Comme nous l'avons vu plus tôt, la mesure  $NNI_{UK}$  n'est plus employée. Bien qu'en Suisse on se serve encore d'une mesure  $NNI_s$  où  $K = 15$ , on peut croire d'après leurs propres données qu'une démarche de somme d'énergie conviendrait mieux. On continue à employer la valeur de  $K = 13,3$  dans la mesure allemande du bruit davantage parce qu'elle est partie intégrante des dispositions législatives que parce qu'elle s'appuie sur des raisons techniques bien fondées.

**c) Pondération en fonction des heures du jour**

Les pondérations en fonction des heures du jour indiquées au tableau 3.2 sont des pondérations linéaires équivalentes et ne sont pas exprimées en décibels. La valeur 16,7 de la mesure NEF est la plus grande pondération des heures nocturnes d'usage courant. Cette pondération ne s'appuyait sur aucun argument technique valable lorsqu'elle a été introduite et n'a jamais été soutenue par des études de réactions subjectives au bruit des aéronefs. Une pondération des heures nocturnes de 10 est couramment utilisée et à certains endroits, on trouve également une pondération des heures de soirée d'environ 3. Ces pondérations sont fondées sur des arguments plus pragmatiques que les résultats des évaluations scientifiques des réactions au bruit des aéronefs. Seules les pondérations australiennes par heures du jour résultent d'une étude approfondie portant sur le bruit urbain. L'étude australienne et d'autres études publiées laissent croire qu'il est nécessaire de procéder à des pondérations d'heures de soirée substantielles et des pondérations des heures nocturnes réduites.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Bradley, J.S., "NEF Validation Study: (2) Review of Aircraft Noise and Its Effects", NRC Contract Report to Transport Canada, A1505.5 (1994).
2. Rice, C.G., "Trade-Off Effects of Aircraft Noise and Number of Events", Proceedings of Third International Congress on Noise as a Public Health Problem, Freiburg, pp. 495-510 (1978), (ASHA Report No. 10 (1980)).
3. Rylander, R., Björkman, M., Ahrlin, U., "Aircraft Noise Annoyance Contours: Importance of Overflight Frequency and Noise Level", J. Sound Vibr., Vol. 69, No. 4, pp. 583-595 (1980).
4. Fields, J.M., "The Effect Of Numbers of Noise Events on People's Reaction to Noise: An Analysis of Existing Survey Data", J. Acoust. Soc. Am., Vol. 75, No. 2, pp. 447-467 (1984).
5. Anon, "Sozio-psychologische Fluglärmuntersuchung in Gebiet der drei Schweizer Flughäfen: Zurich, Geneva, and Basel", Arbeitsgemeinschaft für sozio-psychologische Fluglärmuntersuchung, Bern (June 1973).
6. Brooker, P., Critchley, J.B., Monkman, D.J., and Richmond, C., "United Kingdom Noise Index Study: Main Report", DR Report 8402, Civil Aviation Authority, London (January 1985).
7. International Standards Organization, "Normal Equal-loudness Contours for Pure Tones and Normal Threshold of Hearing Under Free Field Listening Conditions", Recommendation R 226 (1961).
8. Stevens, S.S., "Procedures for Calculating Loudness: Mark VI", J. Acoust. Soc. Am., Vol. 33, No. 11, pp. 1577-1585 (1961).
9. Stevens, S.S., "Perceived Level of Noise by Mark VII and Decibels (E)", J. Acoust. Soc. Am., Vol. 51, No. 2, pp. 575-601 (1972).
10. Zwicker, E., "Ein Verfahren zur Berechnung der Lautstärke", Acustica, Vol. 10, No. 1, pp. 304-308 (1960).
11. Kryter, D., "Scaling Human Reactions to the Sound from Aircraft", J. Acoust. Soc. Am., Vol. 31, No. 11, pp. 1415-1429 (1959).
12. Bradley, J.S., "NEF Validation Study: (1) Issues Related to the Calculation of Airport Noise Contours", NRC Contract Report to Transport Canada, A1505.3 (1993).
13. Bullen R.B., and Hede, A.J., "Time of Day Corrections in Measures of Aircraft Noise Exposure", J. Acoust. Soc. A., Vol. 73, No. 5, pp. 1624-1630 (1983).
14. Anon, "Transport Canada Aviation Forecasts, 1990-2003", Transport Canada Report TP 7960 (1990).

#### **4.0 ÉVALUATION DES EXPÉRIENCES DES UTILISATEURS DE LA PROCÉDURE NEF**

Afin d'évaluer les expériences qu'ont les utilisateurs de la procédure NEF et d'autres procédures, un grand nombre de personnes ont été approchées personnellement au Canada et dans d'autres pays. Les noms des principaux experts techniques sont indiqués dans le rapport A1505.5. Les personnes qui sont considérées comme étant des «utilisateurs» de valeurs NEF sont nombreuses. Parmi celles-ci, mentionnons notamment des employés de Transports Canada à Ottawa et dans les régions, les autorités des aéroports, les autorités de planification environnementale locales et provinciales, ainsi que les experts-conseil. Bien que la plupart des utilisateurs aient quelques commentaires à formuler concernant la procédure NEF, ils sont peu nombreux à avoir une grande expérience de la mesure NEF et très peu nombreux à avoir l'expérience d'autres mesures du bruit des aéronefs. Toutefois, les divers commentaires sont indiqués à titre de renseignements pratiques additionnels et peuvent aider à combler les lacunes dans les études techniques approfondies visant à évaluer la procédure NEF [1,2].

Les commentaires sont regroupés par sujets dans chacun des paragraphes suivants.

##### **4.1 Le programme informatique NEF\_1.7**

Le programme NEF\_1.7 fait souvent l'objet de critiques formulées par les utilisateurs. Voici ces critiques : les utilisateurs manifestent le besoin de pouvoir disposer d'une interface frontale informatisée; ils estiment que les descriptions des trajectoires de vol ne sont pas assez détaillées; selon eux, il est difficile d'obtenir certaines des données d'entrée requises; ils estiment qu'il faudrait valider expérimentalement le programme existant et y apporter ultérieurement des modifications.

Les descriptions limitées des trajectoires de vol dans le programme NEF\_1.7 font en sorte qu'il est impossible de modéliser avec précision un grand nombre de situations actuelles dans les aéroports. Par exemple, les trajectoires des départs de la piste orientée nord-sud de l'aéroport Pearson comporte plus de segments que ceux que le programme NEF\_1.7 peut modéliser. De même, le programme permet seulement des trajectoires d'arrivée d'approche directe avec une descente à 3 degrés. Il est impossible de modéliser la procédure d'un aéronef approchant en parcours vent arrière, effectuant un virage et atterrissant vent debout.

L'interface utilisateur reçoit les qualificatifs de désuète et de non conviviale. On dit qu'elle est une conversion brute d'un programme

d'ordinateur central qui comprend encore des variables accessoires qui étaient apparemment seulement employées dans l'ancienne version de l'ordinateur central. Dans le projet qui consiste à ajouter des descriptions de trajectoires de vol plus complexes, on a également proposé que ces descriptions soient accompagnées d'une interface frontale informatisée qui aiderait les utilisateurs à consulter les données plus complexes relatives aux trajectoires de vol. Le programme devrait également comprendre les types les plus sophistiqués d'interface utilisateur qui accompagnent souvent les logiciels modernes commerciaux.

On a également formulé des critiques concernant les problèmes liés à l'acquisition de certaines des données d'entrée nécessaires. La prévision des détails à venir concernant la variété des aéronefs allant jusqu'à spécifier le type d'aéronef et le type de moteur devient une tâche aléatoire, parce qu'on ne peut se procurer les renseignements relatifs aux cas à venir. Toutefois, il est difficile d'imaginer comment on pourrait prévoir de manière plus exacte la variété de types d'aéronefs à venir. Les estimations des effets des erreurs relatives aux types d'aéronefs [1] laissent croire que cela mènerait normalement à des erreurs plutôt faibles dans les valeurs NEF calculées.

Les comparaisons faites par les utilisateurs avec le programme *INM* ont suscité des propositions voulant que l'algorithme d'atténuation au sol en excès soit révisé et que les nouvelles caractéristiques perfectionnées, comme la capacité d'inclure les effets météorologiques et l'incidence des terrains, soient considérées.

Plusieurs personnes ont indiqué la nécessité de vérifier expérimentalement le programme NEF\_1.7 et les courbes isosoniques d'aéronefs calculées résultantes.

La plupart de ces critiques sont étroitement liées aux résultats de notre propre étude du programme NEF au paragraphe 3.5.

#### **4.2 Mesure NEF du bruit et son utilisation**

La plupart des gens qui utilisent la mesure NEF se sentent «à l'aise» avec elle et comprennent bien la signification des divers niveaux NEF. Il s'agit d'un argument très fort qui vient contrer l'idée de changer la mesure NEF. Bien qu'un commentaire ait voulu que la mesure NEF soit une mesure désuète, le nombre d'utilisateurs qui possèdent les connaissances techniques leur permettant d'évaluer si la mesure NEF est supérieure ou inférieure à d'autres mesures du bruit des aéronefs est peu élevé.

Nous avons reçu certaines critiques voulant que les courbes NEF, telles que calculées actuellement, n'illustrent pas les pires cas. Quelqu'un a proposé qu'au lieu du jour de circulation de pointe, les données d'entrée pourraient être représentative de la pire heure. Une proposition s'y rapportant consistait à créer un système de courbes composites. Les courbes seraient calculées pour chacune des configurations opérationnelles de l'aéroport couramment utilisées. Le résultat final serait une courbe composite de tous les maximums de ces ensembles de courbes. Nous ne savons pas si de telles valeurs maximales globales seraient plus représentatives du dérangement urbain moyen.

Certaines personnes ont affirmé que les problèmes découlaient du fait que les résidents ne croyaient pas que les trajectoires de vol employées dans les calculs des courbes NEF étaient les mêmes que celles employés dans les activités actuelles des aéronefs. Cela peut être en partie dû à l'incapacité du programme NEF\_1.7 de modéliser des trajectoires de vol plus complexes et à la dispersion normale de l'aéronef autour de la trajectoire de vol nominale. De telles préoccupations peuvent seulement être traitées dans des analyses approfondies des données de surveillance du bruit et des données radar de surveillance des vols conjuguées.

Un expert-conseil a soulevé les problèmes de l'estimation de l'incidence conjuguée du bruit des aéronefs et d'autres sources de bruit environnemental. Cette situation est compliquée davantage par le fait qu'on ne peut pas vraiment ajouter directement des valeurs NEF aux valeurs pondérées A d'autres bruits, comme le bruit de la circulation routière. Toutefois, le vrai problème est que nous ne savons pas réellement quelle est l'incidence de la conjugaison des différentes sources de bruit sur les personnes et il est très probable que la perturbation causée par des niveaux égaux de différentes sources de bruit ne soit pas la même. Une étude approfondie sur le sujet [2] laisse croire qu'il existe une tendance selon laquelle le bruit des aéronefs cause un dérangement plus grand que celui causé par des niveaux équivalents de bruit de circulation routière, qui à leur tour causent habituellement un dérangement moins grand que des niveaux équivalents de bruits de trains ne le feraient. Ainsi, il ne convient pas de procéder à une simple addition des énergies des différents types de sources de bruits. Le fait d'employer une mesure très différente du bruit des aéronefs, comme la mesure NEF, accentue ces différences. Toutefois, nous ne savons pas comment conjuguer correctement les effets des différentes sources pour estimer l'incidence totale du bruit sur les gens. Il est nécessaire de procéder à des travaux ultérieurs pour résoudre ce problème.

Un grand nombre d'utilisateurs ont expliqué que nous serions confrontés à de graves problèmes si le Canada cessait d'employer la mesure NEF au

profit de quelque autre mesure. Il faudrait alors rééduquer bon nombre de personnes qui comprennent bien la mesure NEF et l'importance des différentes valeurs NEF. Le fait de changer pour une autre mesure du bruit des aéronefs nécessiterait une coordination importante entre les personnes concernées par les problèmes découlant du bruit des aéronefs aux paliers de gouvernement fédéral, provinciaux et municipaux, ainsi qu'entre d'autres personnes, comme les sociétés d'experts-conseil qui oeuvrent dans ce domaine.

On a proposé l'emploi d'une mesure pondérée A, comme la mesure  $L_{dn}$  car elle est plus simple à comprendre. Peut-être que la raison la plus importante pour passer à une mesure pondérée A est qu'il pourrait être plus facile de vérifier expérimentalement les calculs informatisés des niveaux de bruit des aéronefs.

### **4.3 Le processus de planification**

Un des principaux problèmes associés à la démarche actuelle faisant intervenir les courbes NEF dans le processus de planification de l'utilisation des terrains est qu'elle change constamment. Une planification sensée ne peut permettre la construction de nouveaux secteurs résidentiels pendant une année en particulier et l'interdire l'année suivante. Les planificateurs doivent de quelque manière prévoir un scénario du pire cas à l'avenir. La procédure la plus réussie pour la gestion des problèmes associés au bruit des aéronefs est la démarche suivie en Alberta qui vise à déterminer des zones de protection à proximité des aéroports. Dans le cadre de ce processus, on délimite des parcelles de terrain pratiques à proximité des aéroports qui laissent à l'aéroport de l'espace pour s'agrandir de manière à satisfaire aux besoins urbains, mais qui empêchent la construction de nouveaux secteurs résidentiels dans les régions où les niveaux sonores sont supérieurs à  $NEF_{CAN}$  35.

À l'aéroport de Calgary, la gestion du bruit est effectuée par consultation et on tente vraiment d'éduquer les résidents en ce qui a trait aux questions relatives au bruit des aéronefs, particulièrement dans les zones où les valeurs  $NEF_{CAN}$  varient entre 25 et 30. À Calgary, le département de la planification urbaine donne aux gens qui emménagent dans des maisons situées dans des régions où la valeur de  $NEF_{CAN}$  varie entre 25 et 30 une brochure dans laquelle on traite des questions se rapportant au bruit des aéronefs.

En Ontario, les différentes directions du gouvernement provincial recommandent des limites différentes quant à la construction de nouveaux secteurs résidentiels près des aéroports. Le ministre du

Logement de l'Ontario recommande encore que la construction de nouvelles habitations soit permise jusqu'à  $NEF_{CAN}$  35 alors que le ministère de l'Environnement recommande une limite de  $NEF_{CAN}$  30. Dans plusieurs municipalités près de l'aéroport Pearson, on trouve des limites de planification pour les nouveaux secteurs résidentiels qui s'élèvent à  $NEF_{CAN}$  35. Ainsi, la démarche de toutes les municipalités à proximité de cet aéroport n'est pas uniforme, et à plus forte raison elle ne sera pas uniforme d'un aéroport à un autre.

Dans d'autres provinces, il ne semble pas y avoir de réglementation qui limite de façon générale la construction de nouveaux secteurs résidentiels dans des régions bruyantes près des aéroports.

Divers utilisateurs affirment que les planificateurs et d'autres personnes qui se servent des courbes  $NEF_{CAN}$  ont besoin de lignes directrices concernant l'interprétation des courbes  $NEF_{CAN}$ . Il est particulièrement important que les utilisateurs portent attention au degré d'imprécision dans les courbes publiées de sorte qu'elles soient employées de façon plus intelligente dans le processus de planification. Une personne a également proposé que Transports Canada produise un document visant à expliquer ces questions et à aider les utilisateurs de courbes  $NEF_{CAN}$  publiées.

Un problème particulier du processus de planification est la question du remplissage. Lorsqu'il y a des terrains vacants entre des maisons déjà en place, la construction de nouvelles habitations est habituellement permise, même dans les régions où les niveaux sonores sont élevés. Une étude plus à long terme du problème laisserait croire que cela n'est pas souhaitable, mais il existe d'autres possibilités, comme l'utilisation de ces terrains à des fins industrielles, qui constitue également une mesure très acceptable. Chaque région de remplissage potentiel sera différente des autres et il conviendrait de mettre au point des lignes directrices relatives au processus de décision à savoir si la construction de nouvelles habitations devrait être permise.

Un des consultants a mentionné que le document de la SCHL sur le bruit des aéronefs [3] était sérieusement désuet et que de nombreuses mises à jour du document étaient nécessaires. Ce document est fondé sur des spectres du bruit des aéronefs qui ne sont plus représentatifs des aéronefs d'aujourd'hui et ne comprend pas de nombreux types de façades d'immeubles modernes.

#### **4.4 Utilisation des données de plaintes**

Les aéroports au Canada et partout dans le monde sont particulièrement exposés aux plaintes. Des employés se consacrent à l'étude des plaintes relatives au bruit des aéronefs et répondent à ces plaintes. Des systèmes automatiques de surveillance des bruits, comportant des panneaux d'affichage publics sont souvent très suffisants aux fins des bonnes relations avec le public et pour aider à réduire au minimum les plaintes.

Malheureusement, il est souvent difficile d'établir une relation entre les données de plaintes et les niveaux de bruit. Ainsi, les causes des plaintes dépendent d'un grand nombre de facteurs qui revêtent une importance plus grande que les niveaux sonores actuels. On voit que les plaintes subissent l'incidence du statut socio-économique des plaignants et de leur capacité générale à se plaindre efficacement. Si l'on met l'accent sur la réponse rapide aux plaintes, il est difficile de mettre en place un programme de gestion de bruit rationnel et cette situation mène à un manque de crédibilité à l'égard des courbes de bruits que présentent les aéroports. En fait, on peut conclure que si les gens qui vivent bien à l'extérieur des courbes isosoniques se plaignent aussi souvent que les gens qui vivent dans des régions très bruyantes, on serait tenté de croire que les courbes isosoniques sont mauvaises ou même inutiles.

Bien sûr, ce n'est pas le cas. Des études portant sur le dérangement causé par le bruit menées adroitement au sein de la collectivité donnent des résultats qui montrent qu'il existe une relation importante entre les réactions des gens et les niveaux des bruits que présentent les aéroports. De telles études peuvent donner des résultats représentatifs pour toute la collectivité. Les données de plaintes ne sont habituellement pas représentatives de l'ensemble de la collectivité. Bien qu'il puisse être aisé d'enquêter sur les plaintes, les préoccupations relatives aux plaintes ne devraient pas nuire à une démarche rationnelle de gestion des problèmes liés aux bruits que présentent les aéroports.

#### **4.5 Coordination entre les divers paliers de gouvernement**

La gestion efficace des bruits que présentent les aéroports et la planification de l'utilisation des terrains s'y rapportant doit faire intervenir les trois paliers de gouvernement : fédéral, provincial et municipal. L'autorité de Transports Canada est limitée. Sans des efforts concertés des trois paliers de gouvernement, il ne peut y avoir de démarche uniforme pour tous les aéroports principaux. Le fait que la démarche relative aux problèmes liés au bruit des aéronefs au Canada varie beaucoup d'un aéroport à un autre indique clairement qu'on se trouve en présence d'un manque d'efforts concertés.

Bien que la mise en place d'une telle collaboration partout au pays représente une tâche colossale, Transports Canada devrait au moins prendre l'initiative d'amorcer la démarche. Transports Canada devrait d'abord produire des lignes directrices claires révisées concernant l'utilisation acceptable des terrains à proximité des aéroports en fonction du niveau sonore. Ces lignes directrices devraient comprendre une explication des courbes NEF et de leur utilisation à l'intention des experts qui oeuvrent dans un autre domaine que l'acoustique. On recommande que les nouvelles lignes directrices comprennent des estimations révisées des critères d'acceptabilité du chapitre 6 du présent rapport, qui sont essentiellement les mêmes que les recommandations actuelles [4].

Il serait très souhaitable que toutes les municipalités à proximité des grands aéroports se servent du même système de courbes de niveaux sonores pour déterminer l'utilisation des terrains dans les régions bruyantes à proximité des aéroports. Transports Canada devrait tout mettre en oeuvre pour promouvoir et favoriser une telle démarche nationale uniforme. Il existe plusieurs façons d'en arriver à une gestion plus uniforme et coordonnée des bruits que présentent les aéroports. L'une de ces démarches consiste à suivre un schéma semblable à celui des États-Unis. Selon ce schéma, le gouvernement fédéral récupère des sommes découlant des activités des aéroports et les consacre au financement des schémas d'atténuation des bruits que présentent les aéroports approuvés. En insistant sur le fait que de tels plans comprennent un schéma de planification acceptable de l'utilisation des terrains, présenté sous la forme de courbes approuvées des niveaux sonores, une démarche nationale cohérente est assurée.

#### **4.6 Expériences dans d'autres pays**

Au chapitre 6 de [2], nous étudions les démarches visant à gérer les bruits que présentent les aéroports employées dans un certain nombre de pays développés. La plupart des pays développés semblent prendre plus au sérieux les problèmes liés aux bruits que présentent les aéroports que le Canada, en ce sens qu'ils ont consacré des sommes plus importantes et des efforts plus grands à la gestion des bruits que présentent les aéroports. Un certain nombre de pays ont : 1) une démarche nationale unifiée concernant la gestion des bruits que présentent les aéroports, 2) leurs propres programmes informatisés de calculs des bruits que présentent les aéroports, 3) des systèmes de surveillance du bruit perfectionnés et 4) des programmes de financement de l'isolation acoustique accrue et d'autres procédures d'atténuation.

Un grand nombre de pays développés possèdent une démarche nationale plus exhaustive de gestion des bruits que présentent les aéroports. En Allemagne, les critères des bruits que présentent les aéroports et même les procédures de calcul sont spécifiées de façon détaillée dans une loi nationale. En Australie, on a élaboré une norme qui précise de façon détaillée la mesure du bruit et les limites de la planification de l'utilisation des terrains pour tous les aéroports australiens. Bien que la plupart des pays possèdent leur propre démarche nationale plus uniforme, dans certains pays comme au Danemark, en France et au Royaume-Uni, on met l'accent sur les problèmes qui surviennent aux principaux aéroports près des capitales nationales. Bien sûr, dans ces pays les aéroports comptent pour un grand pourcentage de la circulation aérienne totale.

La plupart des pays développés ont leurs propres programmes de calcul des bruits que présentent les aéroports. Bien que certains pays aient un programme officiel, d'autres pays comptent un certain nombre de programmes différents. En Allemagne, la procédure entière des calculs est spécifiée par une loi nationale. En Australie, on se sert d'une version légèrement modifiée du programme américain INM, comme le font certains autres pays. Des groupes danois et suisses sont en train de mettre au point une génération plus perfectionnée de modèles informatisés fondés sur des techniques de simulation.

Bon nombre de pays possèdent des systèmes de surveillance des bruits informatisés pour les principaux aéroports. Toutefois, dans de nombreux cas, ces derniers ne sont pas intégrés aux données radar des trajectoires de vol. Lorsque les données des niveaux sonores et les données de trajectoires de vol sont conjuguées, comme en Australie et en Suisse, les systèmes de surveillance du bruit deviennent un outil de gestion des bruits beaucoup plus utile. Les plaintes particulières peuvent être résolues; on peut concevoir des procédures opérationnelles modifiées et les mettre à l'essai, de manière à réduire l'incidence négative du bruit des aéronefs. Sans les données de trajectoire de vol, les systèmes de surveillance du bruit peuvent devenir un outil de relations publiques et une façon d'acquérir d'énormes quantités de statistiques.

Dans les pays plus développés, il existe des schémas visant à financer l'isolation acoustique additionnelle des maisons et d'autres immeubles comme des écoles. De très grandes sommes d'argent sont consacrées à ce financement au Japon. Au Danemark, en France et au Royaume-Uni, ces schémas portent surtout sur les régions se trouvant à proximité de quelques grands aéroports. Ces schémas sont souvent financés par les frais d'atterrissage pondérés suivant le bruit. Au États-Unis, le programme FAR 150 (*Federal Aviation Regulation*) assure le financement

de l'isolation acoustique additionnelle dans le cadre des plans globaux d'atténuation des bruits que présentent les aéroports (plus de 200 millions de dollars américains en 1994).

Bien que dans un grand nombre de pays on finance l'isolation acoustique additionnelle, il n'en reste pas moins qu'on ne passe pas beaucoup de temps à évaluer son efficacité. Des mesures objectives de l'isolation acoustique des façades d'immeubles sont parfois prises et il existe une méthode normalisée pour ce faire dans les pays scandinaves. On dispose de très peu de données sociales pour vérifier l'évaluation par les résidents de l'efficacité à long terme d'une telle isolation acoustique additionnelle. En fait, nous ne savons pas dans quelle mesure la gêne sonore globale est réduite par l'isolation acoustique additionnelle.

### **BIBLIOGRAPHIE**

1. Bradley, J.S., "NEF Validation Study: (1) Issues Related to the Calculation of Airport Noise Contours", NRC Contract Report to Transport Canada, A1505.3 (1993).
2. Bradley, J.S., "NEF Validation Study: (2) Review of Aircraft Noise and Its Effects", NRC Contract Report to Transport Canada, A1505.5 (1994).
3. Anon, «Nouveaux secteurs résidentiels à proximité des aéroports», Société canadienne d'hypothèques et de logement, No. LNH 5185 81/05 (1976).
4. Pilon, C., "Land Use in the Vicinity of Airports", rapport de Transports Canada, TP 1247, mars 1989.



## 5.0 ÉVALUATION DE L'INCIDENCE DES CHANGEMENTS ET CAS PARTICULIERS

Dans le présent chapitre, on étudie l'incidence des divers changements dans les activités des aéroports, ainsi que certains cas spéciaux et certains aspects des problèmes généraux liés aux bruits que présentent les aéroports. Dans les calculs des courbes NEF, divers changements ont une incidence sur les résultats. Parmi ceux-ci, mentionnons notamment les calculs d'atténuation au sol en excès, les détails des trajectoires de vol, les descriptions des types d'aéronefs, ainsi que les changements dans les activités en fonction du temps. Dans le présent chapitre, nous discuterons également des questions particulières relatives aux aéroports plus petits, aux sites plus tranquilles et aux procédures de planification de l'utilisation des terrains.

### 5.1 Atténuation au sol en excès (voir également le paragraphe 6.6 de [1])

Le calcul de l'atténuation au sol en excès a une incidence majeure sur la taille des courbes isosoniques résultantes. Un cas tiré de [1] met en lumière que la procédure de calcul du programme NEF\_1.7 sous-estime grandement l'atténuation au sol en excès réelle et que la procédure SAE employée dans le programme américain *INM* surestime l'atténuation au sol en excès. Plusieurs nouvelles estimations de l'atténuation au sol en excès, ainsi que des données restreintes de mesure confirment qu'une procédure donnant des résultats intermédiaires entre les résultats du programme NEF\_1.7 et du programme américain *INM* serait plus près de l'atténuation au sol en excès réelle.

Les changements visant à améliorer les calculs d'atténuation au sol en excès modifieraient considérablement les courbes NEF résultantes. Il semble que pour certains types d'aéronefs, le programme NEF\_1.7 produit des courbes qui sont à peu près le double de la région de celles produites par le programme *INM*, principalement en raison des différences dans l'atténuation au sol en excès. Les courbes complètes calculées pour les aéroports de Windsor, St. John's, Ottawa et Montréal indiquent qu'avec les mêmes données d'entrée, le programme NEF\_1.7 produit des courbes dont les régions sont de 60 à 80 % plus grandes que celles des courbes du programme *INM*. Encore ici, on croit que ces différences sont presque entièrement dues aux différences dans l'atténuation au sol en excès.

Il est extrêmement important que les algorithmes d'atténuation au sol en excès soit modifiés pour modéliser avec exactitude les conditions réelles. En raison de la complexité de la source de bruit des aéronefs, les

algorithmes d'atténuation au sol en excès peuvent être déterminés au mieux d'après les mesures étendues des niveaux de bruit des aéronefs à diverses distances et élévations. De telles mesures doivent constituer une priorité et faire partie de la première étape de la détermination de procédures de calculs améliorées.

## **5.2 Caractéristiques de la trajectoire de vol (voir aussi chapitre 6[1])**

La description plus ou moins détaillée des trajectoires de vol a une incidence sur certaines portions des courbes isosoniques plutôt que sur leur allure générale, comme la région délimitée par la courbe [1]. Ainsi, la région délimitée par la courbe peut demeurer presque inchangée, tout en présentant par endroits des variations ponctuelles de plusieurs milliers de pieds, de même que des changements des niveaux sonores de plusieurs décibels. Le programme NEF\_1.7 possède des capacités plutôt limitées en ce qui a trait à la description exacte des trajectoires de vol sur les plans horizontal et vertical. Le programme NEF\_1.7 décrit seulement les trajectoires suivantes : jusqu'à deux virages dans la trajectoire de départ, jusqu'à trois segments dans le profil vertical et seulement des trajectoires d'approche directes. Les descriptions limitées de la trajectoire au sol ne conviennent pas pour décrire de nombreuses procédures opérationnelles dans les aéroports canadiens. Les profils verticaux en trois segments ne peuvent pas approximer de manière satisfaisante les profils plus détaillés employés dans le programme *INM* dont on estime qu'ils représentent de façon plus précise les profils de décollage réels d'aéronefs.

Dans le programme NEF\_1.7, on ne tient pas compte de la dispersion normale des trajectoires d'aéronefs par rapport à la trajectoire nominale. Encore ici, on a indiqué [1] que des changements locaux dans les courbes isosoniques surviennent en déplaçant la courbe de plusieurs milliers de pieds et en changeant les niveaux sonores de plusieurs dB. À plusieurs aéroports, il faudrait une analyse des données radar de la trajectoire de vol pour modéliser avec précision la dispersion réelle horizontale et verticale des trajectoires d'aéronefs.

Les virages peuvent être exprimés en rayons de virage ou en taux de virage. Les deux démarches n'apportent pas les mêmes précisions détaillées aux trajectoires de vol et changent les courbes résultantes NEF.

Habituellement, les changements apportés aux caractéristiques des spécifications des trajectoires de vol n'ont qu'une faible incidence sur les valeurs NEF moyennes et les régions délimitées par les courbes. Par

endroits, ces changements peuvent déplacer les courbes de plusieurs milliers de pieds et modifier de 1 ou 2 dB les valeurs NEF.

### **5.3 Changements du type d'aéronefs**

Les anciennes versions du programme NEF\_1.7 comprennent les données d'entrée du bruit pour environ vingt catégories d'aéronefs. La version actuelle se sert de données spécifiques à 81 combinaisons d'aéronefs et de types de moteurs. La nouvelle démarche décrit de façon plus exacte les niveaux sonores à la source pour chaque type d'aéronef et doit mener à une précision accrue des courbes résultantes.

Il est difficile d'estimer avec précision les erreurs possibles introduites par l'ancien système qui utilisait des données relatives à seulement vingt catégories d'aéronefs. En examinant les données d'entrée du programme *INM*, nous avons constaté que les groupes qui comptaient des aéronefs semblables avaient des niveaux sonores de sortie entre 1 et 2 dBA. Ainsi, les niveaux sonores d'un type d'aéronef particulier peuvent différer de 1 ou 2 dBA par rapport à la moyenne du groupe, mais lorsqu'on calcule la moyenne pour plusieurs types d'aéronefs, les erreurs sont beaucoup plus petites.

Les calculs ont été effectués pour une augmentation de 20 % du type d'aéronefs du chapitre 3 pour trois aéroports de taille différente [1]. Les valeurs NEF moyennes ont changé de jusqu'à 0,3 dB et les régions délimitées par les courbes n'ont pas changé de plus de 4 %. Dans la plupart des cas, les changements étaient inférieurs. Ces effets sont probablement représentatifs de l'importance des effets des changements en spécifiant des types particuliers d'aéronefs. Ainsi, l'amélioration qui visait à spécifier des données d'entrée, passant de 20 à 81 types d'aéronefs particuliers a probablement mené à des améliorations relativement petites dans la précision des valeurs NEF calculées ne dépassant pas une petite fraction d'un décibel.

### **5.4 Changements en fonction du temps**

Le dérangement causé par le bruit des aéronefs peut changer en fonction du temps en raison des changements qui surviennent dans le milieu sonore, des changements dans les attitudes ou d'une combinaison des deux facteurs. Les données expérimentales qui décrivent ces effets sont restreintes.

Les études (paragraphe 4.4 de [2]) portant sur l'aéroport Heathrow de Londres, pendant une période de 17 ans et sur des aéroports principaux en Suisse, pendant une période de vingt ans, n'ont indiqué aucun changement des attitudes face au bruit des aéronefs. En fait, pour les

niveaux de bruits que présentent des aéroports semblables, le degré de gêne sonore était essentiellement le même avant et après les intervalles de 17 et de vingt ans. Il est possible que d'autres populations réagissent différemment mais nous ne disposons pas de données semblables pour le Canada.

Nous avons remarqué que des changements importants dans les niveaux de bruit des aéronefs ont causé des changements correspondants dans les réactions des gens dérangés par le bruit (paragraphe 4.4 de [2]). Il existe également des cas qui attestent de variations brusques des niveaux sonores ayant causé des changements importants transitoires dans le degré de gêne sonore, supérieurs à ceux prévus d'après les variations des niveaux sonores. Ainsi, les augmentations du niveau sonore tendent à produire un dérangement additionnel quelconque et les réductions des niveaux sonores semblent mener à une réduction additionnelle temporaire de la gêne sonore. Bien que l'on suppose que ces correspondances soient représentatives de changements à court terme, nous ne connaissons pas exactement leur durée.

Les niveaux sonores environnementaux dans les régions à proximité des aéroports changent également en fonction du temps. Les changements dans le bruit des aéronefs sont bien connus d'après les statistiques des activités qui ont cours à chaque aéroport et d'après les calculs antérieurs des courbes NEF. Les Statistiques et prévisions aériennes de Transports Canada [3] laissent supposer qu'il y aura une augmentation approximative de 10 % par année dans les activités à venir aux 77 plus grands aéroports du Canada. Cela correspondrait à une augmentation moyenne d'environ 0,4 dB des valeurs NEF par année si la sortie de bruit des aéronefs individuels était constante. L'introduction graduelle de l'aéronef moins bruyant du chapitre 3 mènera à une tendance opposée jusqu'à ce que tous les aéronefs soient du type présenté au chapitre 3.

Les cas présentés dans les études britanniques et suisses pourraient laisser croire que la bruyance changera graduellement à mesure que les niveaux sonores changeront. Il est improbable que ces changements graduels causent des effets transitoires dans les réactions face à la bruyance constatées pour des variations brusques des niveaux sonores.

L'autre source la plus courante de bruit environnemental est le bruit de la circulation routière. De façon générale, les niveaux sonores de la circulation routière augmentent en fonction du temps en raison de l'augmentation de la circulation routière. Toutefois, les effets du bruit de la circulation routière sont circonscrits aux endroits situés tout près de la route et les résidents sont généralement indisposés par le bruit provenant de la circulation routière sur le chemin près duquel se trouve

leur habitation. Bien que nous ne disposions pas de données venant appuyer les changements graduels qui surviennent dans le bruit de la circulation routière près des aéroports canadiens, il semble improbable que de tels changements graduels mènent à de grands changements dans les réactions subjectives. Il est beaucoup plus probable que l'introduction de variations brusques dans les niveaux sonores découlant de changements importants des modèles d'activités d'un aéroport soit une cause d'inquiétude additionnelle pour les gens qui vivent à proximité.

### **5.5 Aéroports plus petits**

Les aéroports plus petits sont différents des grands aéroports parce qu'en général la circulation aérienne y est moins importante et parce qu'on y trouve habituellement une variété de différents types d'aéronefs. Plusieurs études indiquent que la circulation de l'aviation générale est plus bruyante que la circulation aérienne commerciale [2]. Les résultats obtenus au Royaume-Uni et aux États-Unis laissent croire que la bruyance accrue causée par les activités de l'aviation générale des grands aéroports est à peu près équivalente à une augmentation de 5 dB pour ce qui est des niveaux sonores. Par ailleurs, on peut constater également que le bruit des aéronefs près des aéroports plus petits tend à être moins bruyant que les mêmes niveaux sonores près des grands aéroports. Bien que le cas venant appuyer cet effet soit faible, il aide à expliquer les comparaisons entre la bruyance à proximité des aéroports Oshawa et Pearson [4]. Ainsi, le degré réel de gêne sonore près d'un aéroport plus petit peut être une combinaison de la bruyance accrue causée par la quantité d'activités de l'aviation générale et de la bruyance réduite causée par d'autres facteurs liés au voisinage près des aéroports plus petits.

### **5.6 Sites plus tranquilles**

Dans plusieurs études, on s'est penché sur la question de l'incidence des niveaux du bruit de fond et du bruit en provenance d'autres sources sur la gêne sonore associée au bruit des aéronefs. Des études portant sur des bruits plus constants, comme ceux produits par des appareils de conditionnement de l'air résidentiels [5] indiquent clairement que le dérangement causé par ce bruit particulier est lié au degré de dépassement de ce bruit par rapport au niveau du bruit ambiant. Des résultats semblables existent pour le bruit des aéronefs [2], mais ce ne sont pas toutes les études qui démontrent clairement l'effet du bruit ambiant général. Cela est probablement dû principalement au caractère unique du bruit des aéronefs qui est de comporter de grandes fluctuations du niveau sonore en fonction du temps. Ainsi, pour une grande variété de

niveaux de bruit ambiants, le bruit des aéronefs serait encore assez perceptible et potentiellement dérangent.

Il est possible que le bruit des aéronefs perturbe davantage les gens à des endroits où les niveaux de bruit ambiants sont très faibles. Comme de tels effets n'ont pas été quantifiés sans ambiguïté, il n'existe pas de preuves irréfutables qui laisseraient croire que la mesure NEF ne s'applique pas à ces endroits très tranquilles. Le cas que nous connaissons laisse croire que si des problèmes surviennent, le fait d'ajouter une mesure du niveau sonore ambiant constituerait une solution satisfaisante.

### **5.7 Effets conjugués**

Au tableau 5.1, on trouve un résumé des effets maximums probables causés par divers changements et erreurs possibles. Chaque entrée constitue l'effet maximal probable estimé d'après les valeurs moyennes NEF et les régions délimitées par les courbes NEF. De tels pires cas ne sont pas censés se produire souvent.

Les effets des changements sur les calculs d'atténuation au sol en excès produisent les changements les plus importants aux courbes NEF. Au tableau 5.1, les effets maximums sont estimés d'après les différences entre le programme NEF\_1.7 et une version expérimentale du programme comportant une atténuation au sol en excès réduite. L'atténuation au sol en excès dans le programme expérimental est intermédiaire entre celle du programme NEF\_1.7 et celle de la procédure SAE employée dans le programme *INM* et semble mieux approximer l'atténuation au sol en excès réelle prévue. Les différences entre le programme NEF\_1.7 et le programme *INM*, ou entre le programme NEF\_1.7 et les programmes sans atténuation au sol en excès seraient beaucoup plus grandes.

La précision avec laquelle on spécifie les caractéristiques des trajectoires de vol mène à des changements locaux dans les courbes NEF et ne provoque habituellement pas de changements importants dans les régions totales délimitées par les courbes ni dans les valeurs NEF moyennes.

Des erreurs ou des changements dans le nombre total d'activités et dans le nombre des activités nocturnes a une incidence globale moins grande. Il semble que les changements apportés à la méthode de spécification des types d'aéronefs et de la longueur d'étape des aéronefs mènent à des effets moyens plutôt faibles, mais pourraient mener à des changements locaux importants dans les courbes NEF.

La pire combinaison possible d'effets serait la somme des divers maximums du tableau 5.1. Toutefois, les facteurs qui figurent au tableau 5.1 tendent à varier de façon non proportionnelle et il serait très improbable que l'effet maximal de plusieurs d'entre eux se produise au même moment. Ainsi, les effets des divers changements possibles peuvent fréquemment se rattacher à une moyenne pour donner des erreurs maximales qui ne sont pas plus grandes que celles données pour l'atténuation au sol en excès. Bien sûr, dans certains cas, de plus grands changements moyens dans les courbes NEF se produiront.

Facteur	Changement moyen de la valeur NEF	Changement moyen de la région délimitée par la courbe	Effets locaux
Atténuation au sol	3 dB	35 %	
Détails de la trajectoire de vol	-	-	Oui
Nombre d'activités	1,5 dB	14 %	
Nombre d'activités nocturnes	0,4 dB	7 %	
Type d'aéronef et longueur d'étape, etc.	0,3 dB	4 %	Oui

*Tableau 5.1. Résumé des changements probables maximums aux courbes NEF. Les effets locaux sont habituellement des déplacements des courbes NEF de 1 000 à 3 000 pieds et des changements des valeurs NEF entre 1 et 2 dB*

## **5.8 Questions juridiques et questions relatives à la planification de l'utilisation des terrains**

La planification de l'utilisation des terrains conformément aux niveaux de bruit prévus dans les régions à proximité des aéroports est essentielle pour une démarche rationnelle de la gestion des problèmes liés au bruit des aéronefs. Les changements des niveaux du bruit des aéronefs en fonction du temps constituent un facteur qui complique le processus de planification de l'utilisation des terrains. Malheureusement, le zonage des terres en fonction des niveaux prévus du bruit des aéronefs n'est pas effectué uniformément à proximité de tous les grands aéroports canadiens.

Il existe un certain nombre de problèmes liés à la situation actuelle :

- Les courbes NEF futures calculées peuvent constituer une cible mobile, de sorte qu'elles sont loin d'être idéales pour la planification à long terme.
- La mesure NEF et les critères d'acceptabilité publiés [6,7] ne sont pas uniformément acceptés pour la planification près de tous les grands aéroports canadiens.
- La précision et l'importance des courbes NEF calculées ne sont pas bien comprises par les planificateurs et les experts qui n'oeuvrent pas dans le domaine de l'acoustique.
- La gestion du bruit des aéronefs n'est pas bien coordonnée entre les trois paliers de gouvernement.
- Il est nécessaire de consulter des critères d'acceptabilité révisés et des critères supplémentaires des épisodes isolés.

Il est nécessaire de lancer quelques nouvelles initiatives et d'apporter des modifications à la situation actuelle pour produire une démarche exploitable qui puisse être appliquée à la planification près de tous les aéroports principaux.

À chaque aéroport, la planification devrait être fondée sur un pire cas ou sur un ensemble de courbes de la pire année. Ces pires cas seraient calculés pour la capacité maximale de l'aéroport, ou pour quelque autre définition d'un pire cas. Il faudrait déterminer les régions de planification de l'utilisation pratique des terrains d'après les courbes calculées pour les pires cas, de manière semblable aux zones de protection à proximité des aéroports employées en Alberta. De cette manière, les aéroports et les municipalités à proximité pourraient croître d'une façon planifiée et harmonieuse.

De telles régions seraient développées d'après les courbes NEF des pires cas mais comporteraient des limites pratiques, comme des routes. L'engagement des municipalités dans le développement de ces zones de planification est important, parce qu'elles tirent profit de la présence de l'aéroport et en subissent les effets. De telles zones de planification de l'utilisation des terrains pourraient demeurer inchangées pendant des années. Pour réaliser des agrandissements importants sur le site d'un aéroport, il faudrait que les autorités de cet aéroport renégocient les zones de planification avec les municipalités.

Des critères d'acceptabilité clairs sont requis pour encourager l'élaboration de normes uniformes concernant les nouveaux secteurs résidentiels près de tous les aéroports canadiens. Au chapitre 6, on indique que les critères NEF peuvent être essentiellement les mêmes que

les recommandations actuelles [7]. Il existe un certain nombre de cas pour lesquels un petit nombre d'épisodes particulièrement bruyants peuvent occasionner le plus de perturbations. Ainsi, il faut également disposer d'un système permettant de déterminer le niveau des critères de bruit supplémentaires des épisodes isolés. Pour la mise en oeuvre d'une démarche plus uniforme, il faudrait déployer de grands efforts pour éduquer la population et lui expliquer l'utilisation des nouvelles procédures et de limites recommandées, ainsi que pour les encourager.

En outre, il est nécessaire de se pencher sur certains problèmes techniques. L'un de ces problèmes se rapporte à la construction de maisons pour combler les vides entre des maisons déjà construites dans des régions bruyantes. En ce qui a trait à ce «remplissage», il est nécessaire de formuler des lignes directrices détaillées concernant l'acceptabilité de différents cas de remplissage. Un autre problème important est celui de la détermination de l'impact total des bruits dans des régions assujetties à des niveaux importants de plusieurs types de bruits environnementaux. Il est nécessaire de procéder à de nouvelles recherches et à de nouvelles études pour élaborer des lignes directrices relatives à de telles régions.

## **BIBLIOGRAPHIE**

1. Bradley, J.S., "NEF Validation Study: (1) Issues Related to the Calculation of Airport Noise Contours", NRC Contract Report to Transport Canada, A1505.3 (1993).
2. Bradley, J.S., "NEF Validation Study: (2) Review of Aircraft Noise and Its Effects", NRC Contract Report to Transport Canada, A1505.5 (1994).
3. Anon, "Transport Canada Aviation Forecasts, 1990-2003", Transport Canada Report TP 7960 (1990).
4. Taylor, S.M., Hall, F.L., and Birnie, S.E., "A Comparison of Community Response to Aircraft Noise at Toronto International and Oshawa Municipal Airports", J. Sound Vibr., Vol. 77, No. 2, pp. 233-244 (1981).
5. Bradley, J.S., "Disturbance Caused by Residential Air Conditioner Noise", J. Acoust. Soc. Am., Vol. 93, No. 4, pp. 1978-1986 (1993).
6. Anon, 14. «Nouveaux secteurs résidentiels à proximité des aéroports», Société canadienne d'hypothèques et de logement, Ottawa (1981).
7. Anon, "Land Use Planning in the Vicinity of Airports", document de Transports Canada TP-1247 (mars 1989.)



## 6.0 CRITÈRES DES NIVEAUX DE BRUIT DES AÉRONEFS

### 6.1 Limites exprimées en valeurs NEF

Les anciennes estimations des niveaux acceptables de bruit des aéronefs ont été déterminées d'après des expériences de consultation accompagnées d'études de cas restreintes sur divers types de bruits urbains. Au chapitre 2, nous avons discuté de ces anciennes limites. Transports Canada [1] et la Société canadienne d'hypothèques et de logement [2] se sont servis de ces anciennes limites à titre de directives recommandées relatives à la planification de l'utilisation des terrains.

On peut établir des limites acceptables aux valeurs pour lesquelles divers effets négatifs non souhaités du bruit des aéronefs commencent à se produire. Ces effets non souhaitables ont fait l'objet d'une étude approfondie dans un rapport précédent [3]. Parmi les effets non souhaitables, mentionnons notamment les déficiences auditives, la perturbation du sommeil, les effets sur la santé, le niveau d'interférence de la parole et les réactions face à la gêne sonore. En outre, les limites acceptables de la planification de l'utilisation des terrains pour d'autres pays ont été considérées à des fins de comparaison.

Tous les critères sont exprimés en valeurs  $NEF_{CAN}$ . Il s'agit des valeurs NEF calculées par le programme NEF\_1.7 de Transports Canada. Des comparaisons tirées d'un rapport précédent [4] indiquent que les valeurs NEF calculées par le programme NEF\_1.7 de Transports Canada pourraient être différentes des calculs réalisés à l'aide d'autres programmes. On a estimé que les valeurs  $NEF_{CAN}$  étaient plus élevées d'à peu près 4 dB que les valeurs mesurées moyennes correspondantes.

À la figure 6.1, on résume les niveaux seuils approximatifs du bruit des aéronefs pour lesquels les divers effets non souhaitables commencent à se faire sentir. Les méthodes permettant d'obtenir chacun de ces résultats et les techniques

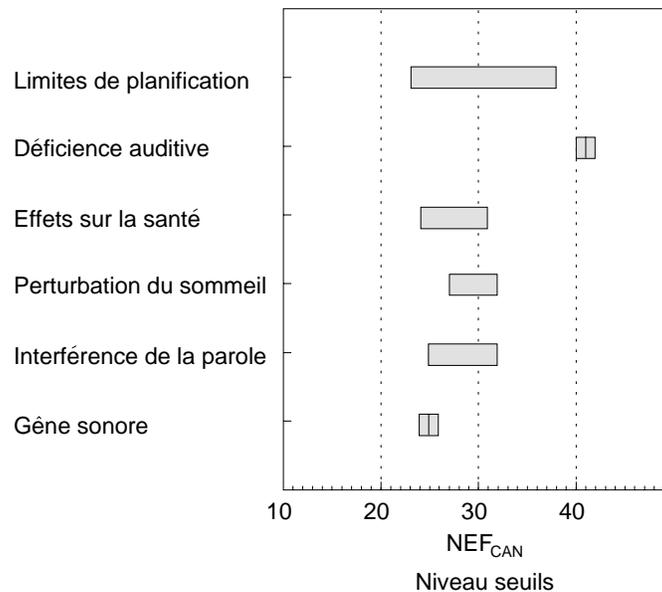


Figure 6.1. Résumé des niveaux seuils où se manifestent les divers effets négatifs du bruit des aéronefs (en valeurs  $NEF_{CAN}$ ).

permettant de convertir les niveaux critiques en valeurs  $NEF_{CAN}$  seront expliquées pour chaque bande du graphique de la figure.

La première bande horizontale de la figure 6.1 résume l'intervalle des limites de planification pour divers pays. Ces données sont tirées du tableau 6.1 de [3] et représentent le niveau en deçà duquel le bruit des aéronefs n'est pas considéré comme un problème sérieux. Les limites inférieures de  $NEF_{CAN}$  23 et 24 proviennent du Danemark et de l'Australie respectivement. La limite la plus élevée, qui équivaut à  $NEF_{CAN}$  38, provient de l'Allemagne et est élevée en raison du fait qu'au-dessus de cette limite, des mesures doivent être prises conformément à une loi allemande.

On affirme qu'une déficience auditive peut se produire au-delà d'une exposition de 24 heures à une valeur  $L_{eq}$  de 70 dBA. Cette mesure équivaut à peu près à  $NEF_{CAN}$  41. Au-dessus de cette exposition de 24 heures à l'extérieur, il est possible que des dommages permanents soient causés à l'organe de l'ouïe. Bien que peu de personnes (si ce n'est aucune) sont exposées à de tels niveaux de bruit des aéronefs 24 heures par jour, il arrive que les gens passent une bonne partie de la journée à l'extérieur sur un patio ou sur un balcon.

Divers problèmes, autres que les effets sur l'organe de l'ouïe ou que les problèmes de santé sont associés aux études de Knipschild portant sur le bruit des aéronefs auquel sont exposées les populations vivant près de l'aéroport Schiphol d'Amsterdam et laissent croire qu'au-dessus d'environ  $L_{dn}$  55 à 62 dBA, divers effets non souhaitables sur la santé sont possibles. Cet intervalle correspond à des valeurs  $NEF_{CAN}$  se situant entre 24 et 31.

Il est plus facile de trouver de la documentation sur la perturbation du sommeil, mais plus difficile de convertir ces données en valeurs  $NEF$  équivalentes. Dans l'étude de Griefahn (voir figure 3.5 de [3]), on affirme que sous les niveaux maximums intérieurs d'environ 54 dBA, il est improbable que les gens se réveillent. Pour une construction de type courant en bois isolée toutes fenêtres fermées, cela correspondrait à une valeur extérieure  $L_{max}$  d'environ 80 dBA. Ainsi, les crêtes de bruit à l'extérieur au-dessus 80 dBA pourraient réveiller les gens. Cette donnée a été estimée pour la mettre en relation avec une valeur  $NEF_{CAN}$  d'environ 32, dans un cas où se produisent cent activités par jour. Pour les climats plus doux où on laisse généralement les fenêtres ouvertes, une valeur limite moins élevée serait requise.

Bien sûr, il n'y a pas qu'une seule conversion entre les valeurs  $L_{max}$  et les valeurs  $NEF_{CAN}$ . Par exemple, si l'on suppose que le nombre d'activités

qui ont cours chaque jour est moins élevé, on obtient une valeur  $NEF_{CAN}$  moins élevée. D'autres conversions entre les valeurs  $L_{max}$  et les valeurs  $NEF_{CAN}$  pourraient être faites selon le nombre d'activités. Toutefois, l'équivalence d'approximation pour  $NEF_{CAN}$  32 est satisfaisante aux fins du présent rapport.

Dans l'étude portant sur la perturbation du sommeil réalisée sur les lieux par Ollerhead, on indique une hausse attribuable au bruit des aéronefs si les valeurs  $L_{max}$  dépassent l'intervalle de 75 à 80 dBA. On y conclut, après avoir converti ces données en valeurs équivalentes  $NEF_{CAN}$  et en tenant compte de l'atténuation des façades types des maisons canadiennes, que l'intervalle  $NEF_{CAN}$  27 à 32 représente au mieux l'intervalle où la perturbation du sommeil commence à se produire.

On a fondé une nouvelle procédure d'estimation de l'effet du bruit des aéronefs sur l'interférence de la parole sur le diagramme d'évolution du survol type des aéronefs [3]. On a calculé que le bruit des aéronefs SEL entendu à l'intérieur ne devrait pas dépasser 64 dBA afin d'éviter des interférences importantes de la parole. Encore ici, pour une maison bien isolée de type courant avec les fenêtres fermées, on obtient une valeur maximale extérieure du bruit des aéronefs SEL de 90 dBA. Ainsi, le bruit des aéronefs à l'extérieur qui produit une valeur SEL supérieure à 90 dBA causera des interférences importantes de la parole à l'intérieur de la maison. Dans les cas où les fenêtres sont ouvertes, il faudrait établir une limite moins élevée. Bien qu'il soit impossible de convertir ces données en une valeur unique  $NEF_{CAN}$ , une SEL de 90 dBA et cent activités par jour correspondraient à une valeur  $NEF_{CAN}$  d'à peu près 32. Ces calculs étaient fondés sur un niveau sonore «normal» de la voix. Si les calculs étaient reproduits pour un niveau de voix «intermittent», qui constitue le niveau le plus couramment employé dans les maisons, la valeur  $NEF_{CAN}$  équivalente résultante passerait de 32 à 25.

En établissant les limites du FAR 150 américain pour une valeur  $L_{dn}$  de 65 dBA, on se reporte souvent à la courbe Schultz. À l'aide de la courbe Schultz, une valeur  $L_{dn}$  de 65 correspond à un seuil qui est environ 15 % de la population qui subit une grande gêne sonore. Une analyse des études plus récentes portant sur les bruits que présentent les aéroports [3] a permis d'obtenir une courbe moyenne de la tendance qui fait état d'un dérangement plus grand que celui indiqué par la courbe Schultz. À l'aide de cette nouvelle courbe moyenne, on détermine un seuil qui est 15 % de la population qui subit une gêne sonore importante à une valeur  $L_{dn}$  de 56 dBA. Cela correspond à une valeur  $NEF_{CAN}$  de 25 et on l'indique également à la figure 6.1.

À la figure 6.1, presque tous les seuils des effets négatifs se situent dans l'intervalle des valeurs  $NEF_{CAN}$  entre 25 et 30. La majorité des limites de planification débutent également dans le même intervalle. Ainsi, c'est seulement en-deçà de cet intervalle qu'on peut éviter les effets négatifs du bruit des aéronefs. On devrait considérer la valeur  $NEF_{CAN}$  25 comme étant la valeur seuil des effets négatifs du bruit des aéronefs.

À la valeur  $NEF_{CAN}$  30, les divers effets négatifs se manifestent et continuent de croître. À  $NEF_{CAN}$  35, les effets négatifs du bruit des aéronefs sont très importants. Ces comparaisons laissent croire qu'il ne convient pas du tout de construire des développement résidentiels là où les niveaux sonores sont supérieurs à  $NEF_{CAN}$  35. En outre, dans les régions où on atteint la valeur  $NEF_{CAN}$  30, toutes les nouvelles maisons doivent comporter une isolation acoustique additionnelle. Sans isolation acoustique substantielle, les effets négatifs commenceraient à se faire sentir à des niveaux du bruit des aéronefs beaucoup plus bas. Dans le seuil calculé de la perturbation du sommeil et de l'interférence de la parole, on considère une réduction du bruit de 26 dBA grâce à une façade d'immeuble. Si des maisons bien isolées qui comportent une isolation acoustique additionnelle ne sont pas acceptables, alors il faudrait établir des limites plus basses.

Pour une valeur d'environ  $NEF_{CAN}$  41 et une valeur encore plus élevée à l'extérieur, il est possible de commencer à constater des déficiences auditives, en plus des autres effets non souhaitables du bruit des aéronefs. Pour une valeur  $NEF_{CAN}$  de 40, l'interférence de la parole et la perturbation du sommeil seront très importantes et presque la moitié de la population ressentira une très grande gêne sonore. De toute évidence, de telles régions bruyantes ne conviennent pas à des fins résidentielles.

Ces divers seuils d'acceptabilité sont tous présentés à la figure 6.2. Ils sont semblables à ceux acceptés dans un grand nombre de municipalités aujourd'hui. Ils sont légèrement plus limitatifs que certaines limites acceptables, mais les limites à la figure 6.2 sont fondées sur des analyses très approfondies des connaissances actuelles sur les effets du bruit des aéronefs sur les personnes.

Bien que l'on estime que les limites recommandées au tableau 6.2 constituent une interprétation équilibrée des données que l'on peut se procurer, il est possible de tirer d'autres conclusions. Deux arguments en particulier sont réfutables et peuvent mener à des limites plus restreintes de la planification de l'utilisation des terrains. Premièrement, comme nous l'avons mentionné plus tôt, les calculs qui ont permis d'obtenir les renseignements de la figure 6.2 étaient fondés sur l'hypothèse que les maisons étaient au nord et que leurs fenêtres étaient fermées. Dans les

régions où les maisons gardent leurs fenêtres habituellement ouvertes, on pourrait directement supposer que des limites plus restrictives devraient être établies pour les niveaux acceptables de bruit des aéronefs. Deuxièmement, les avantages supposés de l'isolation acoustique additionnelle n'ont pas été démontrés. En réalité, l'isolation acoustique n'améliore pas les espaces extérieurs habitables. Toutefois, il n'existe pas de cas fiable à l'effet que l'isolation acoustique additionnelle accroisse l'acceptabilité

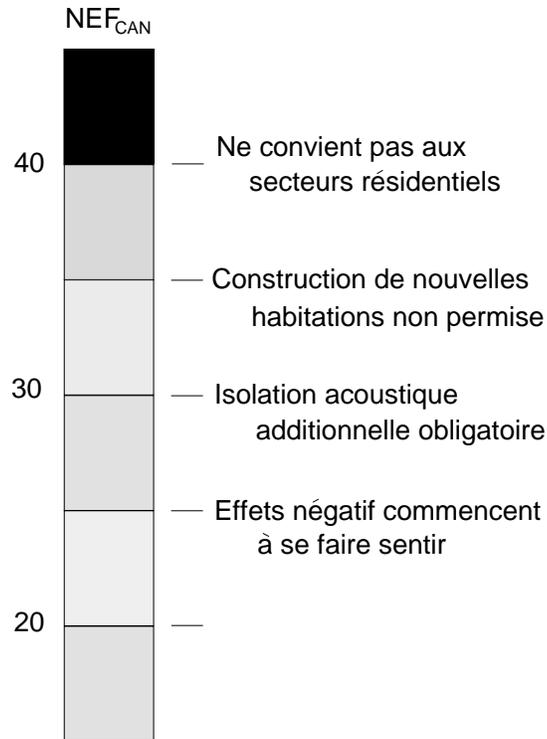


Figure 6.2. Résumé des seuils d'acceptabilité du bruit des aéronefs.

générale des bruits de l'aviation. Ainsi, une démarche prudente pourrait consister à accepter des limites plus limitatives jusqu'à ce qu'il puisse être démontré que l'isolation acoustique additionnelle n'améliore pas l'acceptabilité du bruit de l'aviation.

## 6.2 Limites exprimées en mesures du bruit d'épisodes isolés

Dans certains cas, les perturbations sont liées à l'intensité de chaque épisode de bruit et ne sont pas directement liées à des mesures moyennes à long terme comme la NEF. Cela est vrai pour la perturbation du sommeil et l'interférence de la parole par le bruit des aéronefs. Ainsi, il n'est pas entièrement satisfaisant de considérer seulement des mesures intégrées, comme les valeurs NEF. Cela est particulièrement vrai dans certains cas extrêmes, comme lorsque le nombre d'épisodes très bruyants est relativement peu élevé. Pour ces cas, la parole ou le sommeil pourraient être plutôt gravement perturbés même si les valeurs NEF sont plutôt faibles.

Par conséquent, il est nécessaire de considérer des limites acceptables du bruit lors d'épisodes isolés, outre celles de la figure 6.2 en valeurs NEF. On propose que les limites se rapportant à des épisodes isolés devraient restreindre les niveaux maximum aux petits aéroports et à d'autres cas spéciaux, de manière qu'ils ne dépassent pas les niveaux des épisodes

isolés qui surviennent près des aéroports de plus grande taille. D'après l'analyse des études de perturbation du sommeil à l'intérieur, les niveaux maximums à l'extérieur la nuit ne devraient pas dépasser 80 dBA afin d'éviter que le sommeil soit perturbé. Dans des analyses de l'interférence de la parole, on propose une limite de 90 dBA pour les valeurs SEL des survols d'aéronefs individuels afin d'éviter des interruptions importantes de la communication orale.

L'emploi de ces limites d'épisodes isolés, conjuguées aux limites NEF, devrait permettre de s'assurer que le milieu sonore global, y compris dans les pires cas, soit acceptable et que les effets négatifs du bruit des aéronefs sur les personnes soit minimal.

## **BIBLIOGRAPHIE**

1. Anon, "Land Use in the Vicinity of Airports", Transport Canada Document, TP-1247 (1989).
2. Anon, «Nouveaux secteurs résidentiels à proximité des aéroports», Société canadienne d'hypothèques et de logement (version révisée en 1981).
3. Bradley, J.S., "NEF Validation Study: (2) Review of Aircraft Noise and Its Effects", NRC Contract Report to Transport Canada, A1505.5 (1994).
4. Bradley, J.S., "NEF Validation Study: (1) Issues Related to the Calculation of Airport Noise Contours", NRC Contract Report to Transport Canada, A1505.3 (1993).

## **7.0 CONCLUSION**

### **7.1 Composantes de l'ensemble du problème**

#### **a) Théorie**

La gestion des bruit de l'aviation au Canada doit suivre une théorie claire pour atteindre les buts visés et la démarche menant à ces buts. L'une des démarches les plus efficaces de gestion des bruits que présentent les aéroports consiste à planifier l'utilisation des terrains et à élaborer des normes de construction visant les régions à proximité des aéroports. Une telle planification de l'utilisation des terrains doit viser des objectifs à long terme pour ce qui concerne l'aéroport et les municipalités avoisinantes. L'acceptabilité de l'utilisation des terrains et les normes de construction requises doivent être déterminées par des critères d'ambiance sonore clairement établis, qui s'appliquent uniformément dans toutes les régions près des aéroports canadiens. Il est important de travailler à mettre en place une telle démarche.

#### **b) Critères**

Des critères d'ambiance sonore universels exprimés en mesures du bruit normalisées qui peuvent s'appliquer à tous les aéroports canadiens sont nécessaires. Les critères fondamentaux devraient être exprimés en valeurs de bruit intégrées, comme la valeur NEF, et devraient être essentiellement les mêmes que les recommandations actuelles [3]. Il est également souhaitable d'établir des limites d'épisodes isolés supplémentaires pour s'assurer que les conditions sont acceptables dans toutes les régions près des aéroports. Ces critères d'épisodes isolés devraient s'appliquer universellement et uniformément à tous les grands aéroports canadiens. Bien qu'ils ne soient requis que pour divers cas particuliers, ils peuvent plus facilement s'appliquer universellement parce qu'ils entreront en vigueur naturellement dans les aéroports plus grands où les critères exprimés en valeurs NEF seraient plus limitatifs.

#### **c) Outils**

L'outil fondamental de gestion des bruits que présentent les aéroports est le programme de calcul NEF\_1.7. La planification fondée sur des critères rationnels d'ambiance sonore ne peut être atteinte que par un programme de calculs des bruits que présentent les aéroports qui soit crédible. Les améliorations nécessaires au programme existant et la mise en oeuvre continue de cet outil essentiel nécessitent un engagement nouveau et continu des ressources pour maintenir la crédibilité du programme.

## 7.2 Acceptabilité de la mesure NEF

On a proposé de remplacer la mesure NEF par une mesure pondérée A, comme  $L_{dn}$ . Les deux types de mesures présentent des avantages. Elles peuvent être comparées d'après trois composantes fondamentales des mesures suivantes : la pondération de la fréquence, la pondération fondée sur les heures du jour et les niveaux en fonction du nombre de compromis des activités.

La mesure NEF est calculée d'après des valeurs EPNL qui comprennent une pondération PNL de la fréquence et des corrections des sons purs. Bien que les procédures de correction des sons purs n'améliorent pas l'exactitude de la précision de la prévision, les mesures du bruit pondérées PNL tendent à être plus précisément liées aux jugements subjectifs du bruit des aéronefs. Un des principaux inconvénients de la pondération PNL est toutefois qu'elle complique la mesure des valeurs NEF. De telles mesures sont essentielles pour valider la précision des programmes de calculs des bruits que présentent les aéroports et pour aider à leur développement continu. Par contre, l'avantage des mesures pondérées A, comme  $L_{dn}$ , est qu'elles sont plutôt faciles à mesurer. En fait, on peut directement comparer les niveaux sonores mesurés et calculés pour des activités effectuées un jour en particulier.

La mesure NEF comprend une pondération des heures nocturnes beaucoup plus élevée que d'autres mesures intégrées d'usage courant des bruits que présentent les aéroports. Il est clair qu'une pondération plus petite des heures nocturnes serait plus appropriée et qu'une pondération des heures en soirée devrait être ajoutée. Les cas présentés pour des pondérations des heures diurnes sont non équivoques et de tels changements pourraient seulement être justifiés s'il étaient soutenus par les résultats de nouvelles études canadiennes.

Les mesures NEF et  $L_{dn}$ , ainsi que la plupart des autres mesures intégrées des bruits que présentent les aéroports comprennent un compromis d'énergie uniforme entre les niveaux du bruit des aéronefs et le nombre d'activités d'aéronefs. Il n'y a pas d'argument fondé à l'appui d'un changement de cette mesure contre quelque autre relation.

Le désir de disposer d'une quantité facilement mesurable pourrait se concrétiser en créant une mesure NEF pondérée A semblable aux démarches entreprises en Suisse et au Japon. Dans ces deux pays, les mesures du bruit des aéronefs, qui étaient à l'origine fondées sur des mesures pondérées PNL, ont été converties en équivalents pondérés A. Une telle mesure NEF pondérée A a été considérée [1] et on démontre qu'elle est étroitement liée à la mesure NEF actuelle. Les différences

seraient attribuables aux très petites différences entre les valeurs EPNL et SEL pour chaque type d'aéronef. Avec une valeur NEF pondérée A, il n'y aurait que des changements peu importants dans les courbes isosoniques résultantes, mais ces changements se rapporteraient à une quantité qui pourrait être mesurée plus facilement. Ils ne seraient alors pas nécessaire de former les utilisateurs pour leur permettre d'apprécier une nouvelle mesure du bruit car les valeurs NEF pondérées A seraient presque identiques aux valeurs de la mesure NEF originale.

Le fait de changer la pondération par heures du jour créerait plus de problèmes. Cela entraînerait des changements substantiels aux courbes des niveaux sonores et les changements pourraient varier entre les trajectoires de vol ainsi qu'entre les aéroports. Il faudrait que de nombreuses études canadiennes approfondies soient réalisées pour justifier de tels changements.

On dénombre quatre démarches possibles concernant la question de la conversion d'une mesure pondérée allant de la conservation de la mesure NEF, jusqu'à l'acceptation d'une autre mesure existante. Voici les quatre possibilités et les avantages et inconvénients qu'elles présentent :

1. **Aucun changement.** Le principal inconvénient de cette démarche est qu'il est impossible de valider des calculs informatiques en se fondant sur des mesures convenables.
2. **Changement pour la  $L_{dn}$ .** Bien que cette démarche permette d'obtenir une mesure du bruit qui peut être mesurée directement, il n'y a pas de preuve que les valeurs  $L_{dn}$  constituent des indicateurs prévisionnels plus précis de la réaction humaine au bruit des aéronefs que les valeurs NEF. Le fait de changer pour la  $L_{dn}$  modifierait considérablement les courbes isosoniques et nécessiterait des efforts considérables pour former les utilisateurs et pour élaborer de nouvelles procédures prévisionnelles.
3. **Changements importants à la NEF.** Des changements importants nécessiteraient de nouveaux travaux de recherche au Canada mais on prévoit qu'ils résulteraient en prévisions plus précises de la réaction des Canadiens face au bruit des aéronefs. Il faudrait probablement faire des efforts additionnels considérables pour modifier les procédures prévisionnelles et pour rééduquer les utilisateurs.
4. **Mesure NEF pondérée A.** Cette démarche permettrait de compenser la grande faiblesse de la NEF en créant une mesure qui serait facile à mesurer pour la validation des calculs. On devrait obtenir alors des calculs plus précis, mais on n'apporterait pas à l'origine des changements importants aux courbes des niveaux

sonores. On pourrait introduire un tel changement en même temps que les améliorations au programme NEF\_1.7.

### **7.3 Lacunes**

Il existe un certain nombre de questions particulières au Canada, pour lesquelles cependant nos connaissances sont limitées. Parmi celles-ci, mentionnons notamment la réaction des gens de la municipalité face au bruit des aéronefs à proximité des petits aéroports, l'activité de l'aviation générale, les épisodes isolés particulièrement bruyants, les changements dans les niveaux de bruits que présentent les aéroports et les avantages à long terme de l'isolation acoustique additionnelle.

Il est clair que le niveau de gêne sonore causée par le bruit des aéronefs varie suivant la taille de l'aéroport et le type d'activités d'aviation. Pour un niveau sonore donné, le niveau de gêne sonore semble moins important dans les aéroports de plus petite taille et plus élevé chez les résidents exposés au bruit de l'aviation générale. Pour un grand nombre de petits aéroports, ces deux effets peuvent avoir une incidence contraire sur les réactions face à la gêne sonore. Il n'y a pas eu d'étude exhaustive portant sur les effets conjugués de ces deux facteurs.

Un problème connexe concerne le dérangement causé par les épisodes de bruit isolés. De tels épisodes pourraient être causés par un petit nombre d'activités d'aéronefs à réaction pour des aéroports très petits. Il est nécessaire d'introduire des limites de bruit lors d'épisodes isolés supplémentaires de manière à s'assurer que ces problèmes sont surveillés.

La combinaison des différents facteurs qui ont une incidence sur la réaction des gens près des petits aéroports n'a pas fait l'objet d'aucune étude exhaustive. Ces problèmes sont liés aux activités des aéronefs pour des aéroports plus petits qui sont très nombreux au Canada. Les résultats des études antérieures près des divers grands aéroports internationaux peuvent s'appliquer seulement à quelques grands aéroports spéciaux au Canada.

Lorsque les aéronefs du type décrit au chapitre 3 feront leur apparition, les niveaux sonores intégrés, comme les valeurs NEF chuteront au début. Toutefois, à long terme, le nombre croissant d'aéronefs devrait faire augmenter éventuellement les niveaux sonores. Nous n'avons pas déterminé hors de tout doute l'effet de ces changements lorsque les niveaux sonores d'aéronefs individuels diminueront, mais que les niveaux intégrés globaux demeurent les mêmes ou augmentent par la suite. Nous nous voyons obligés de nous fier à l'hypothèse d'un compromis d'énergie

uniforme entre les niveaux des aéronefs individuels et le nombre d'activités. Les renseignements concernant les effets prévus des grands changements causés par le développement des grands aéroports sont peu nombreux.

L'isolation additionnelle des maisons est très largement recommandée pour ce qui concerne les maisons situées dans des zones où les niveaux de bruit des aéronefs sont élevés. Dans un grand nombre de pays, on a réalisé des programmes spéciaux financés par le gouvernement ou les aéroports permettant d'effectuer une telle isolation acoustique additionnelle. Il existe très peu de renseignements permettant de vérifier objectivement le succès des différentes constructions, et il n'y a pratiquement pas de données des effets à long terme de l'isolation sur le dérangement causé par le bruit des aéronefs.

#### **7.4 Recommandations**

##### **a) Comblé les lacunes**

D'autres travaux de recherche sont requis pour aider à combler les lacunes dans nos connaissances en ce qui a trait aux effets négatifs du bruit de l'aviation énumérés au paragraphe 7.3. Il est nécessaire de réaliser une vaste étude sur les gens qui vivent à proximité des grands aéroports canadiens. Cette étude devrait comprendre des aéroports de tailles diverses, divers types d'aéronefs et comprendre des sites où se déroulent différentes activités nocturnes. L'étude pourrait ainsi aider à mettre au point la forme de la mesure NEF et à étalonner la mesure NEF par rapport aux réactions subjectives; il faudrait également s'assurer qu'elle soit pertinente pour tous les cas se rapportant à des aéroports de plus petite taille au Canada. Cette étude devrait comprendre la validation de nouvelles limites relatives aux épisodes isolés et décrire les avantages à long terme de l'isolation acoustique additionnelle.

##### **b) Perfectionner le programme NEF 1.7**

On a constaté que le programme NEF\_1.7 nécessitait des algorithmes d'atténuation au sol en excès améliorés, des descriptions de trajectoires de vol plus complexes et un soutien et un développement continus. Les améliorations des sous-programmes d'atténuation au sol en excès nécessiteraient des mesures étendues du bruit des aéronefs à titre de fonction de la position par rapport à divers types de sols, ou la collaboration entre des groupes qui disposent de ce type de données.

##### **c) Considérer l'adoption d'une mesure NEF pondérée A**

Cette recommandation permettrait de résoudre l'une des principales faiblesses de la mesure NEF en créant une quantité qui pourrait

facilement être mesurée pour la validation des calculs. Une mesure NEF pondérée A rendrait possible l'amélioration continue du programme de calculs NEF\_1.7 sans apporter d'importants changements à l'allure des courbes calculées.

**d) Établir des critères clairs**

Il est essentiel de disposer de critères clairs pour l'utilisation acceptable des terrains pour divers niveaux de bruit des aéronefs. Une analyse des renseignements que l'on peut se procurer actuellement dans le cadre de ces travaux laisse croire que la construction de nouveaux secteurs résidentiels ne devrait pas être permise dans les régions où  $NEF_{CAN}$  est supérieure à 35 et que l'isolation additionnelle des maisons devrait être requise dans les régions où  $NEF_{CAN}$  est inférieure à 30.

Les critères de bruit devraient également comprendre d'autres limites relatives aux épisodes isolés pour s'assurer que les cas spéciaux où se produisent des épisodes de bruit occasionnels sont acceptables. On propose dans [2] une nouvelle démarche pour déterminer les limites d'épisodes isolés exprimées en interférence de la parole, mais elle nécessite quelques mises au point.

**e) Publier les critères et les solutions recommandées**

Des efforts devraient être faits pour publier une version révisée du document de la SCHL sur les nouveaux secteurs résidentiels et sur le bruit des aéronefs.

**e) Encourager la mise en place d'une démarche uniforme**

La gestion des bruits que présentent les aéroports poserait beaucoup moins de problèmes s'il existait une démarche nationale acceptée dans les régions situées près des grands aéroports. Comme Transports Canada peut seulement recommander des directives relatives à l'utilisation des terrains, les différentes municipalités peuvent adopter ou non ces lignes directrices. Une démarche uniforme exigerait des trois paliers de gouvernement qu'ils acceptent un système courant de mesure du bruit et des critères de bruit. Même si la mise en oeuvre de la collaboration nécessaire représente une tâche considérable, l'uniformité mènera à long terme à une plus grande acceptabilité et à une démarche plus stable de gestion des bruits que présentent les aéroports.

**BIBLIOGRAPHIE**

1. Bradley, J.S., "NEF Validation Study: (1) Issues Related to the Calculation of Airport Noise Contours", NRC Contract Report to Transport Canada, A1505.3 (1993).

2. Bradley, J.S., "NEF Validation Study: (2) Review of Aircraft Noise and Its Effects", NRC Contract Report to Transport Canada, A1505.5 (1994).
3. Pilon, C., "Land Use in the Vicinity of Airports", rapport de Transports Canada , TP 1247, March (1989)