

Logiciel d'analyse
et de gestion du bruit
OUIE 2000
Développement et intégration
d'un modèle d'acoustique
prévisionnelle

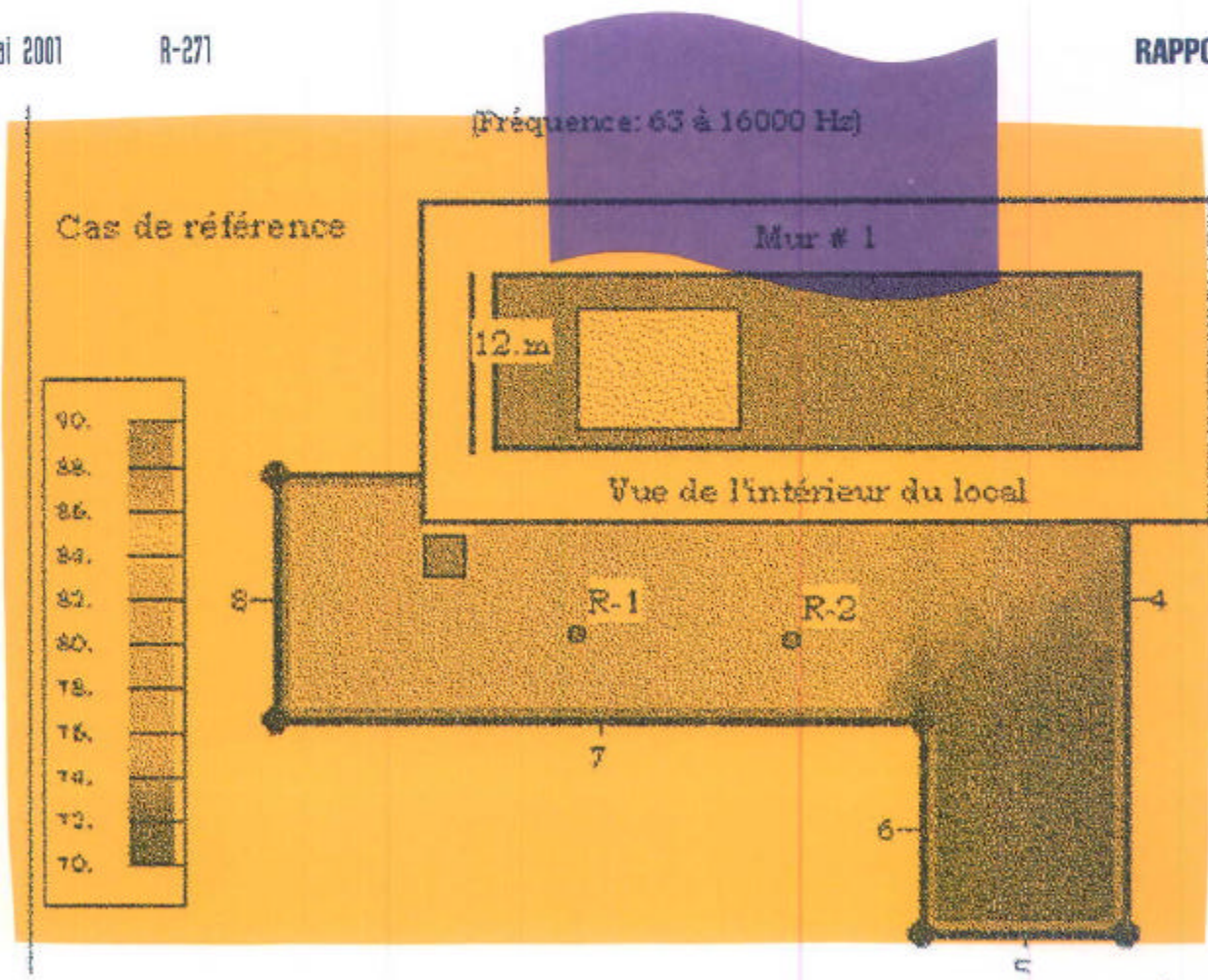
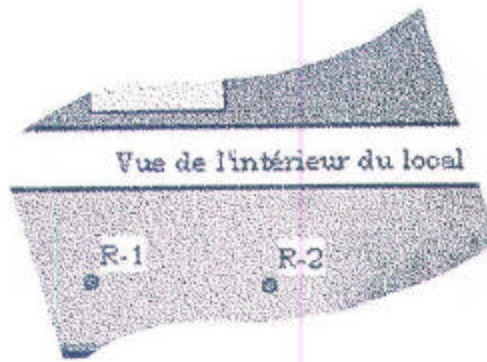
ÉTUDES ET RECHERCHES

André l'Espérance

Mai 2001

R-271

RAPPORT



La recherche, pour mieux comprendre

L'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST) est un organisme de recherche scientifique voué à l'identification et à l'élimination à la source des dangers professionnels, et à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes. Financé par la CSST, l'Institut réalise et finance, par subvention ou contrats, des recherches qui visent à réduire les coûts humains et financiers occasionnés par les accidents de travail et les maladies professionnelles.

Pour tout connaître de l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par la CSST et l'Institut.

Les résultats des travaux de l'Institut sont présentés dans une série de publications, disponibles sur demande à la Direction des communications.

Il est possible de se procurer le catalogue des publications de l'Institut et de s'abonner à *Prévention au travail* en écrivant à l'adresse au bas de cette page.

ATTENTION

Cette version numérique vous est offerte à titre d'information seulement. Bien que tout ait été mis en œuvre pour préserver la qualité des documents lors du transfert numérique, il se peut que certains caractères aient été omis, altérés ou effacés. Les données contenues dans les tableaux et graphiques doivent être vérifiées à l'aide de la version papier avant utilisation.

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec

IRSST - Direction des communications
505, boul. de Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1 551
Télécopieur: (514) 288-7636
Site internet : www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche en santé
et en sécurité du travail du Québec,

**Logiciel d'analyse
et de gestion du bruit
OUIE 2000
Développement et intégration
d'un modèle d'acoustique
prévisionnelle**

André L'Espérance
Soft dB

**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

RAPPORT

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca



Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site internet de l'IRSST.

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles de l'auteur.

SOMMAIRE

Le bruit est un des principaux problèmes de santé et de sécurité au travail, mais le manque d'outils d'analyse rend la planification et la mise en œuvre de programmes d'intervention difficiles à réaliser. Pour répondre à ce besoin, le développement d'un logiciel d'analyse et de gestion du bruit a été entrepris. Pour être complet et efficace, un modèle d'acoustique prévisionnelle spécialement adapté devait cependant être mis au point. Le présent projet de recherche et développement visait à développer ce modèle et à développer les fonctionnalités graphiques et les fonctionnalités d'analyse en vue de réaliser un outil complet pouvant être accessible aux intervenant en milieu de travail.

Le modèle d'acoustique prévisionnelle mis au point est une extension de la méthode de Sabine, appelé Sabine d'ordre n . Elle consiste à déterminer les contributions du champ direct et des premières réflexions sur les parois, puis à répartir l'énergie résiduelle non considérée dans ces contributions. L'algorithme élaboré pour déterminer les trajets réfléchis sur chacune des parois, et ce, pour chaque ordre de calcul, utilise l'approche proposée par Borish (Expansion of the image model to arbitrary polyhedra, JASA 75,(6)). Ce modèle d'acoustique prévisionnelle a été présenté au Congrès canadien d'acoustique en octobre 2000.

Une interface graphique très conviviale a été développée sous environnement Windows afin de faciliter la mise en œuvre du modèle. Les fonctionnalités développées permettent à l'utilisateur de créer, en très peu de temps, un modèle du local à étudier à l'aide de la souris et d'une série de boutons d'action disponibles pour faciliter cette construction et la définition des paramètres acoustiques, tel que les sources, les écrans acoustiques, les panneaux absorbants, etc.

Les résultats obtenus sont les cartes de bruit du local, l'évaluation de la contribution de chaque source à chaque fréquence, ainsi que les doses de bruit perçues par les groupes de travailleurs, s'il y a lieu. L'efficacité de traitements acoustiques spécifiques (traitements de sources, traitements acoustiques du local, ajouts d'écrans et/ou de panneaux absorbant) peut également être facilement évaluée. De plus, ce logiciel permettra de consigner de façon pratique toutes les caractéristiques acoustiques d'une installation industrielle ainsi que les doses d'exposition sonore des travailleurs.

Grâce à ce projet de recherche et développement, les intervenants dans le domaine du bruit auront accès à un outil d'analyse et de gestion du bruit novateur. Ce logiciel devrait faciliter l'analyse du bruit en industrie et l'établissement de plans d'intervention structurés en vue de réduire de façon efficace les niveaux sonores et doses d'exposition des travailleurs.

Note : Les figures sont en couleur sur le site Web de l'IRSST : www.irsst.qc.ca .
--

TABLE DES MATIÈRES

1. CONTEXTE	1
2. RAPPEL DES OBJECTIFS DU PROJET.....	2
3. RÉSUMÉ DE LA MÉTHODE DE CALCUL DÉVELOPPÉE.....	3
4. INTERFACE GRAPHIQUE	7
5. AIDE CONTEXTUELLE	10
6. RÉSULTATS.....	12
6.1 CARTE DE BRUIT.....	12
6.2 COMPARAISON AVEC DES RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX	14
6.3 NIVEAU SONORE À DES ENDROITS SPÉCIFIQUES	15
6.4 DOSE DE BRUIT PERÇU PAR DES GROUPES DE TRAVAILLEURS.....	15
6.5 ÉVALUATION DE TRAITEMENT ACOUSTIQUE	18
6.6 CARTE D'ATTÉNUATION	19
7. AVANTAGES ET LIMITATIONS	20
8. CONCLUSION	21

1. CONTEXTE

Le bruit est un des principaux problèmes de santé et sécurité au travail. Au Québec, les statistiques de la CSST démontrent que près de 23 % des maladies professionnelles sont reliées au bruit, ce qui représente 15 % des coûts d'indemnisation. Les employeurs, les travailleurs et les responsables d'hygiène industrielle sont conscients de ce problème, mais le manque d'outils d'analyse rend la planification et la mise en œuvre de programme d'intervention difficiles à réaliser.

En effet, les niveaux de bruit auxquels sont exposés les travailleurs dans un local industriel sont fonction de plusieurs paramètres: la position des travailleurs dans ce local, les positions et le nombre de sources acoustiques, leur puissance et leurs contenus spectraux, la géométrie, la grandeur et les paramètres d'absorption acoustique du local. Il est donc difficile a priori de déterminer la contribution d'une source à chaque poste de travail et, par conséquent, de prévoir la réduction de bruit et la réduction des doses de bruit que peuvent apporter des mesures d'atténuation implantées sur l'une ou l'autre des sources et/ou l'ajout de traitement acoustique dans le local.

À la demande de l'Alcan, en janvier 1999, le développement d'un logiciel d'analyse et de gestion du bruit a été entrepris. Ce logiciel porte le nom de *OUIE2000*. Pour être complet et efficace, un module d'acoustique prévisionnel spécialement adapté devait cependant être développé.

2. RAPPEL DES OBJECTIFS DU PROJET

En janvier 2000, l'IRSST, ALCAN et Soft dB inc. ont jugé opportun de combiner leurs efforts pour concevoir un module d'acoustique et l'intégrer au logiciel *OUIE2000* afin d'obtenir un outil d'analyse le plus complet, efficace et convivial possible.

Ce projet de recherche et développement comprenait 3 objectifs spécifiques :

1. Développement d'un modèle de calcul d'acoustique prévisionnelle simple et efficace.
2. Développement d'une interface graphique pour l'entrée de la configuration géométrique du local et des principaux équipements.
3. Développement d'une aide contextuelle détaillée et conviviale.

Outre ces objectifs prévus à l'origine, de nombreuses fonctionnalités ont été élaborées afin de faciliter l'utilisation du logiciel et d'améliorer la précision ainsi que la présentation des résultats. Entre autres, les éléments suivants ont été mis au point :

- Développement et implantation d'une méthode de calcul des contributions réfléchies d'**ordre N** (seul le calcul de la première réflexion était envisagé au départ);
- Développement et implantation d'outils graphiques facilitant la modélisation du local (ex. : boutons ajout, déplacement et suppression de murs, de sources, d'écrans et de postes- récepteurs) et la compréhension des résultats (ex. : visualisation des rayons sonores réfléchis, génération d'une légende automatisée, calcul de carte d'atténuation etc.).
- La possibilité d'ajouter des sections de panneaux absorbants facilitant la simulation de traitements acoustiques partiels dans le local.

L'ajout de ces éléments a conduit à une refonte quasi complète du logiciel, ce qui en fait aujourd'hui un outil d'analyse et de gestion du bruit des plus efficaces et des plus conviviales.

Les sections 3 et 4 qui suivent présentent la méthode d'acoustique prévisionnelle développée dans le cadre de ce projet, ainsi que les principales fonctionnalités du logiciel. La section 5 présente les résultats obtenus, de même que les avantages et limites du logiciel.

3. RÉSUMÉ DE LA MÉTHODE DE CALCUL DÉVELOPPÉE

La méthode de calcul utilisée pour déterminer les niveaux de bruit dans le local est une extension de la méthode de Sabine. Elle consistera à déterminer les contributions du champ direct et des premières réflexions sur les parois, puis à répartir l'énergie résiduelle non considérée dans ces contributions. Selon l'approche de Sabine, le champ sonore à un endroit i d'un local est la combinaison du champ direct et du champ réfléchi, soit :

$$Lp = Lw + 10 \log [1/(4\pi r^2) + 4/R] \quad (1)$$

où r représente la distance par rapport à la source, le terme $4/R$ représente la contribution du champ diffus et vaut $S\alpha/(1-\alpha)$, α étant le coefficient d'absorption moyen du local. Cette contribution du champ réfléchi repose sur l'hypothèse qu'en champ diffus et régime permanent, l'énergie après la première réflexion, soit $Wa = W(1-\alpha)$, doit être en équilibre avec l'énergie absorbée par l'ensemble des parois, ce qui en champ diffus correspond à (*Fundamentals of Acoustic, John Wiles & Sons*):

$$Wa = W(1-\alpha) = \langle P^2 \rangle S\alpha / (4\rho c) \quad (2)$$

où $\langle P^2 \rangle$ est le champ sonore, S la surface du local et ρc la densité et la célérité de l'air.

Méthode de Sabine d'ordre n

Si l'on détermine non seulement la contribution du champ direct, mais également les contributions des trajets ayant subi une première réflexion sur chacune des parois du local, l'équation (1) devient :

$$Lp = Lw + 10 \log [1/(4\pi r^2) + C_1 + 4/R_1] \quad (3)$$

$$\text{où} \quad C_1 = \sum (Q_i / 4\pi r_i^2) \quad (4)$$

Où C_1 représente la contribution d'ordre 1, soit la somme des contributions associées aux i trajets (r_i) ayant subi une première réflexion sur chacune des m parois du local. Ces trajets sont pondérés suivant le coefficient d'absorption Q_i associé à la réflexion sur chaque paroi. Le dernier terme de éq. (3) correspond pour sa part à la contribution du champ résiduel, excluant la première réflexion.

Par extension, sachant la contribution des trajets ayant subi 1, 2 ou N réflexions sur chacune des parois du local, le niveau sonore à un récepteur j donné peut s'évaluer avec:

$$Lp(j) = Lw + 10 \log [1/(4\pi r_j^2) + C_1(j) + \dots + C_n(j) + 4/R_n] \quad (5)$$

Similairement à l'éq.(2), le champ résiduel à l'ordre n Rn (i.e. le champ résiduel existant après avoir considéré tous les trajets n fois réfléchis) peut être évalué à partir de l'équilibre entre énergie résiduelle après la n+1ième réflexion et l'énergie absorbée par l'ensemble des parois, soit :

$$Wa' = W(1-\alpha)^{n+1}. \quad (6)$$

$$\text{d'où} \quad Rn = S\alpha / (1-\alpha)^{n+1} \quad (7)$$

• **Détermination des trajets réfléchis**

L'algorithme développé pour déterminer les trajets réfléchis sur chacune des parois, et ce, pour chaque ordre de calcul, utilise l'approche proposée par Borish (*Expansion of the image model to arbitrary polyhedra, JASA 75,(6) p.1827-1836 (1984)*). Cet algorithme consiste à déterminer la position d'une source-image d'ordre supérieur $Sim(i+1)$ au travers d'une paroi p à partir de la normale de cette paroi $N(p)$ et de la position de la source image d'origine $Sim(i)$.

$$Ds(p) = Do(p) - Sim(i) \bullet N(p) \tag{8}$$

et
$$Sim(i+1) = Sim(i) + 2 Ds(p)N(p) . \tag{9}$$

où $Do(p)$ est la distance de cette paroi à l'origine et $Ds(p)$ est la distance de la source image d'origine à la paroi p considérée. Après avoir effectué ce calcul pour les m parois du local, le processus est répété en utilisant la position des nouvelles sources-images comme sources d'origine, et ainsi de suite. À titre d'exemple, la figure 1 ci-dessous décrit comment est trouvée la position d'une source image issue de 2 réflexions sur les parois $p1$ et $p2$ respectivement (source image d'ordre 2).

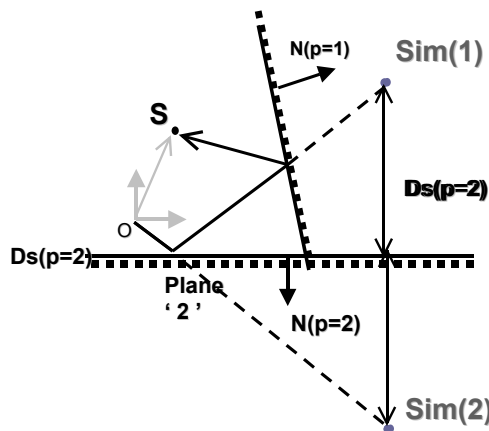


Figure 1 Détermination de la position d'une source image

Le nombre de sources-images potentielles Nbi ainsi créées à chaque ordre de réflexion n devient élevé :

$$Nbi = p^n \tag{10}$$

À titre d'exemple, la Figure 2 suivant illustre le nombre de source image considéré pour un local de 6 parois (4 murs, avec plancher et plafond).

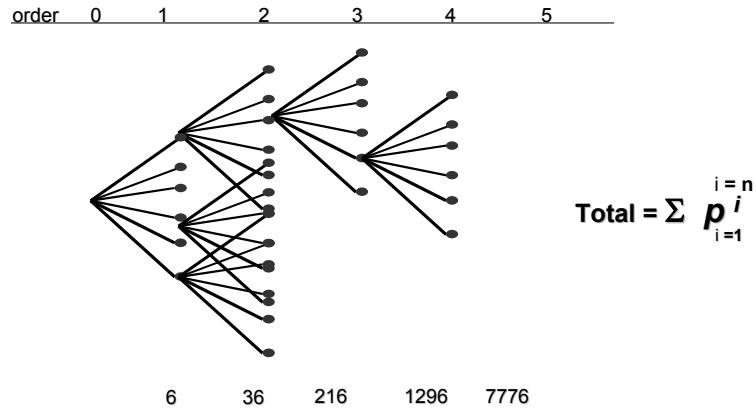


Figure 2 Croissance du nombre de sources images en fonction de l'ordre

• **Détermination de la contribution d'ordre n, C_n**

Sachant la contribution des trajets ayant subi 1, 2 ou n réflexions sur chacune des parois du local, le niveau sonore à un récepteur j donné peut s'évaluer avec:

$$Lp(j) = Lw + 10 \log \left[\frac{1}{4\pi r_j^2} + C_1(j) + \dots + C_n(j) + \frac{4}{Rn} \right] \quad (11)$$

où les contributions à chaque ordre de réflexion, appelé ici ordre de calcul, équivalent à :

$$C_n = \sum_{i=1}^{i=Nb(n)} \left(\frac{Q_i}{4\pi r_i^2} \right) \quad (12)$$

où Q_i correspond au coefficient d'absorption global résultant des différentes réflexions de chaque rayon i sur l'une ou l'autre des parois.

L'analyse des contributions en fonction de l'ordre de calcul pour différents récepteurs j montre que, dans des locaux de forme régulière (et sans écran), les contributions $C_n(j)$ deviennent relativement indépendantes de la position du récepteur, typiquement à partir des ordres 4-5 (Figure 3).

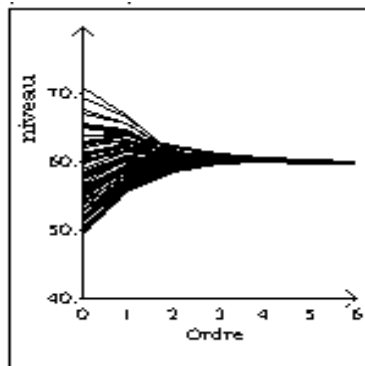


Figure 3 Contributions $C_n(j)$ en fonction d'ordre n

Ce résultat s'explique par le fait qu'aux ordres de réflexion élevés, les distances r_i des différents trajets et leur coefficient d'absorption associés $Q_n(j)$ deviennent relativement indépendants de la position du poste-récepteur. Combiné au fait qu'il y a de nombreux trajets réfléchis pour chaque ordre et position de postes, il en résulte que les contributions de l'ensemble des trajets réfléchis à chaque ordre de réflexion $C_n(j)$ deviennent indépendantes de la position du récepteur j . Ce résultat correspond au fait que le champ sonore résiduel devient relativement uniforme.

Répartition du champ sonore résiduel, $4/Rn$

- **La répartition uniforme du champ sonore résiduel**

La répartition uniforme du champ sonore résiduel sur tous les postes-récepteurs peut être réalisée en utilisant directement la valeur $4/Rn$ dans l'équation 5. Selon cette équation le champ résiduel est indépendant de la position du point récepteur considéré. C'est l'approche correspondant directement à celle utilisée par Sabine et elle est acceptable pour les locaux relativement réverbérant (i.e. ayant peu de matériaux acoustiques absorbants) et de forme régulière (i.e. sans écran) ou les postes-récepteurs ne sont pas dans des zones d'ombre acoustique d'une ou plusieurs sources.

- **Répartition proportionnelle à la contribution à l'ordre n**

Dans le cas de locaux de forme complexe, ou encore lorsque des écrans sont considérés, certaines position du récepteur j pourront avoir des contributions $C_n(j)$ différentes même à des ordres de réflexions élevés dû au fait que ces récepteurs se trouvent dans des zones d'ombre par rapport à des murs ou des écrans, i.e. des zones où plusieurs trajets réfléchis n 'atteignent pas le récepteur dû à des caractéristiques géométrique du local et/ou position d'écrans. Pour considérer ce phénomène, il apparaît plus approprié de répartir l'énergie résiduelle proportionnellement à la répartition du champ sonore au dernier ordre de calcul considéré.

Dans ce cas, la contribution du champ résiduel à un poste-récepteur (j) est évaluée à partir du rapport entre la contribution reçue à ce récepteur à l'ordre n $C_n(j)$ et la moyenne des contributions reçues à Np postes-récepteurs à l'ordre n , CMn :

$$Rn(j) = C_n(j) / CMn * 4 S\alpha / (1-\alpha)^{n+1} \quad (13)$$

$$CMn = \sum C_n(j) / Np \quad (14)$$

Note : Il est à noter que dans le cas de locaux de type réverbérant et de forme régulière (i.e. sans écran, la contribution à l'ordre n devenant identique aux ordres de calcul supérieurs), cette méthode de répartition du champ résiduel devient équivalente à la méthode de répartition uniforme et les résultats en accord avec la méthode de Sabine applicable à ce type de locaux.

4. INTERFACE GRAPHIQUE

Une interface graphique conviviale sous environnement *Windows* permet de définir ou de modifier en tout temps les données nécessaires à la modélisation. Les fonctionnalités sont regroupées sous 7 menus principaux, dont les menus *Construction du local*, *Paramètres*, *Résultats* et le menu *Option*. Une barre d'outil (bouton) permet également à l'utilisateur d'avoir directement accès aux principales fonctionnalités du logiciel.

À titre d'exemple, le menu *Construction du local* (Figure 4) permet à l'utilisateur de tracer le local en sélectionnant les onglets de traçage de murs, de murs à angle droit, d'écran, de panneaux absorbants, etc.

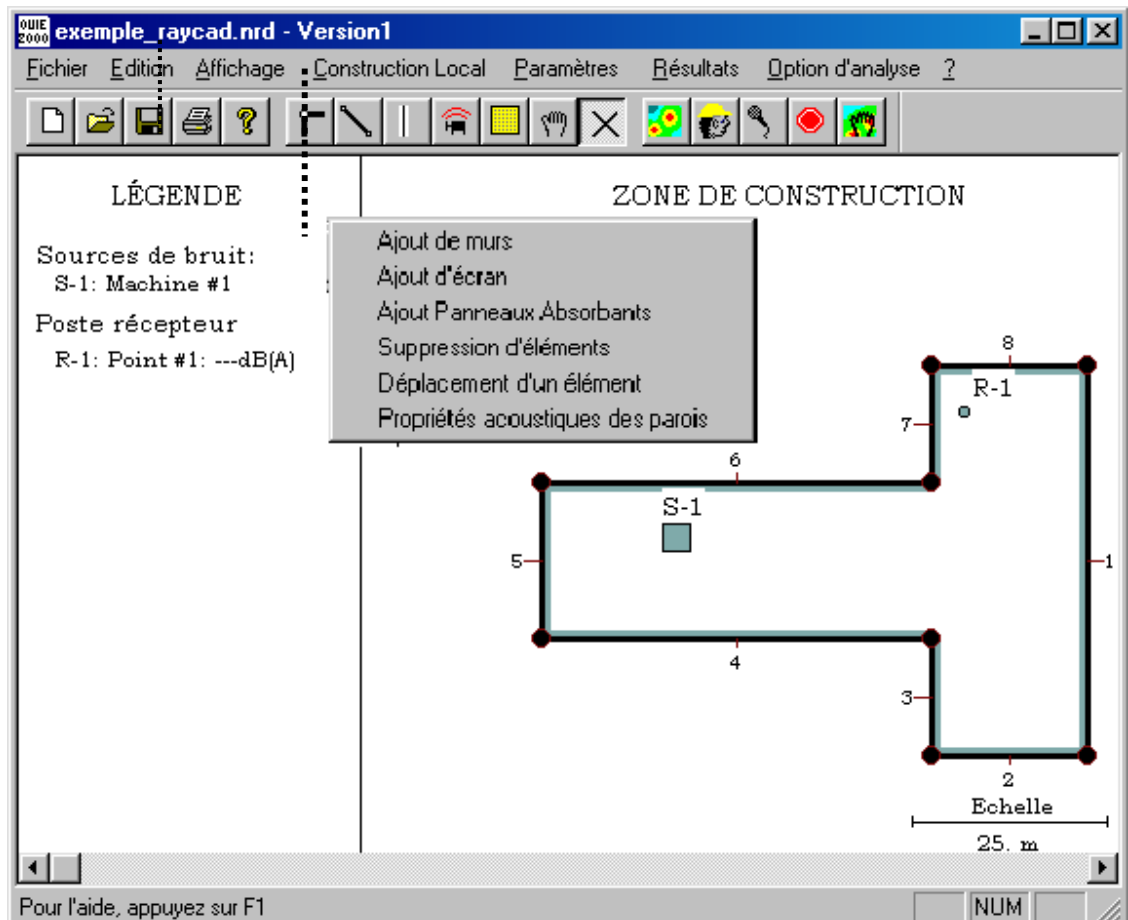


Figure 4 Menu principal de l'interface graphique

Après avoir sélectionné l'item désiré, à l'aide de la souris, l'utilisateur peut tracer les droites qui définiront le plan du local à étudier. Une série de boutons d'action sont également disponibles pour faciliter cette construction ainsi que la définition des paramètres acoustiques. Par exemple, des écrans acoustiques peuvent être placés à des endroits spécifiques dans le local à l'aide de l'outil *Écrans*.

Pour positionner des panneaux absorbants, l'utilisateur peut sélectionner l'outil *Panneau absorbant* (Figure 5) et positionner le curseur sur le n° d'identification d'une paroi. En cliquant sur le bouton de droite de la souris, une vue d'élévation de cette paroi apparaît, permettant de positionner un panneau absorbant à l'endroit désiré.

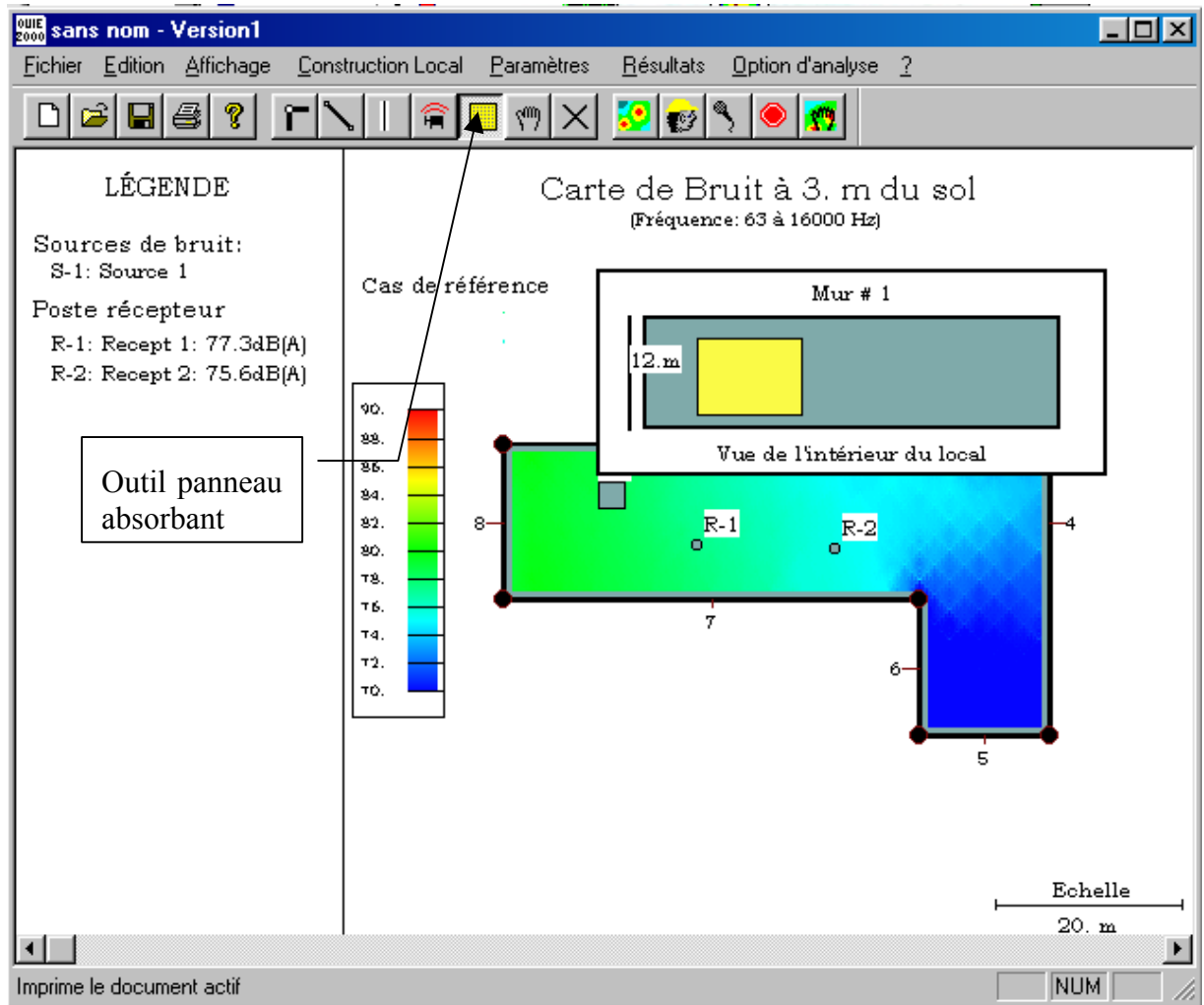


Figure 5 Ajout de panneaux absorbants sur les parois du local à l'aide de l'outil *Panneau absorbant*.

En sélectionnant l'onglet *Propriétés acoustique des parois* ou en double-cliquant sur une droite représentant une paroi du local, la boîte de dialogue permettant de définir les paramètres acoustiques associés à cette paroi apparaît(Figure 6).

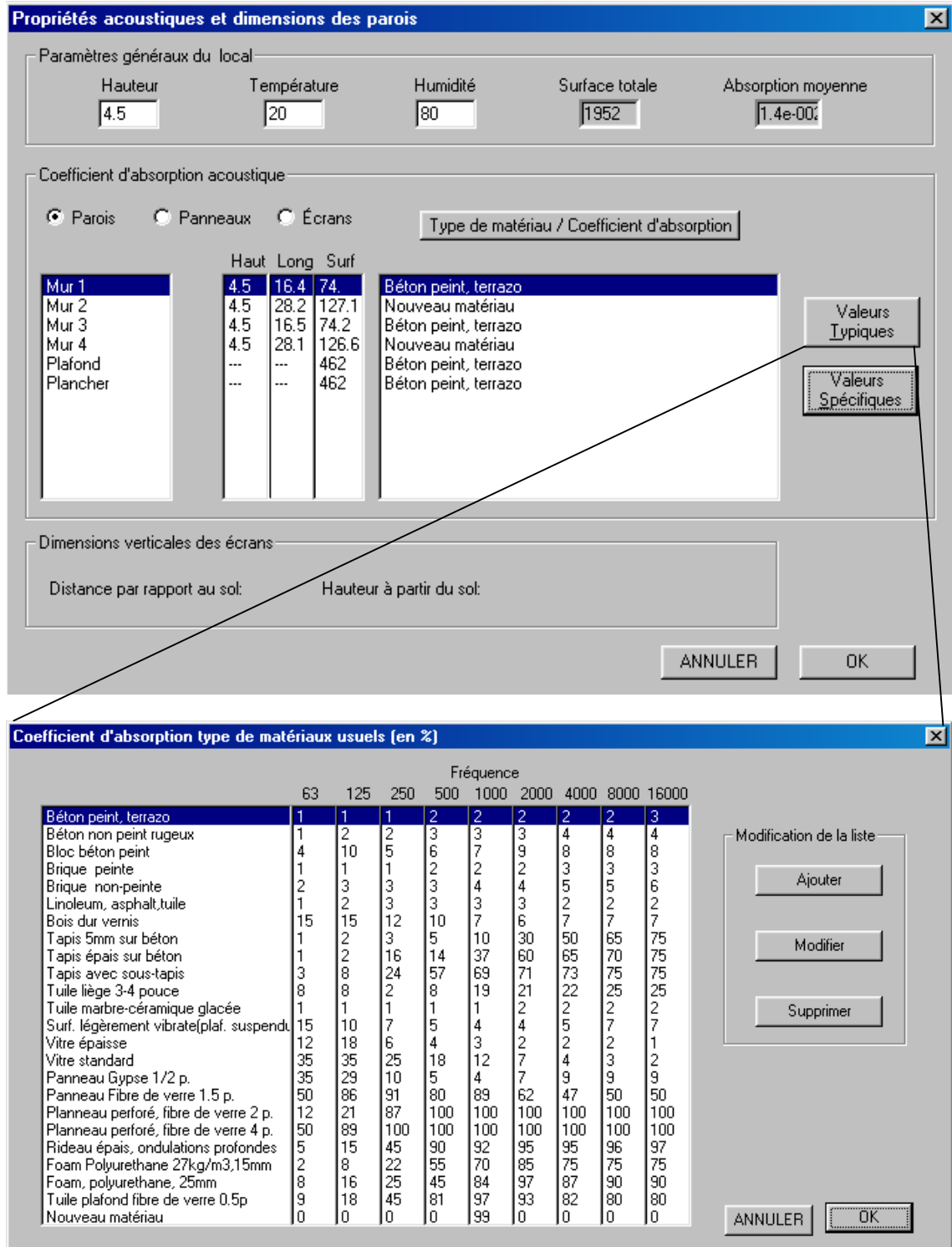


Figure 6 Définition des propriétés acoustiques des parois, écrans et panneaux absorbants du local.

5. AIDE CONTEXTUELLE

Pour faciliter l'utilisation du logiciel, une aide contextuelle détaillée a été conçue. Cette aide contextuelle comprend plus d'une centaine de pages d'information reliées par hyperliens.

Cette aide contextuelle est subdivisée en 3 types de rubriques, Fonctionnalité, Assistant OUIE2000 et Méthode de calcul. Outre ces éléments prévus à l'origine du projet un *film démonstration* a également été réalisé.

1) Fonctionnalité du logiciel

Cette rubrique donne une description complète du logiciel et du fonctionnement de chaque boîte de dialogue. Cette rubrique est accessible à partir du menu Aide, mais également à partir de la touche F1 du clavier. Dans ce cas, les sous-rubriques associées à chaque boîte de dialogue sont directement appelées selon la boîte de dialogue apparaissant à l'écran.

2) Assistant OUIE2000

L'assistant OUIE2000 permet de faire l'apprentissage de OUIE 2000. Conçu en 10 étapes, cet assistant explique à l'utilisateur les différentes étapes à suivre pour l'étude d'un cas type. Ces étapes sont :

1. Préparation des informations
2. Construction du local
3. Définition des propriétés des parois
4. Définition des sources
5. Calcul de carte de bruit
6. Définition de postes-récepteurs
7. Définition des groupes de travailleurs
8. Traitements acoustiques
9. Analyse des résultats
10. Carte de bruit de combinaisons de traitements

Après avoir suivi ces 10 étapes, l'utilisateur saura utiliser toutes les fonctions de OUIE 2000.

3) Méthode de calcul.

Cette rubrique donne des explications détaillées et des références sur les méthodes de calcul utilisées dans le logiciel.

4) Film démonstration

La nouvelle technologie *SCREEN-SCAN* de *Lotus Note* a été mise à profit pour réaliser un court film illustrant le fonctionnement du logiciel. Ce film, d'une durée d'environ 5 minutes, peut être reproduit directement à l'écran de l'ordinateur à la demande de l'utilisateur (menu *Option*, onglet *Film démonstration*)

Ce film illustre les principales fonctionnalités du logiciel à l'aide d'un exemple concret, soit :

- 1) Le calcul d'une carte de bruit (construction d'un local, définition et positionnement de sources de bruit, calcul);
- 2) Le calcul de doses de bruit (définition et positionnement de postes-récepteurs et de groupes de travailleurs);
- 3) L'évaluation de l'efficacité de traitements acoustiques.

Si une image vaut mille mots, ce court film donne rapidement et efficacement un aperçu très utile du fonctionnement du logiciel à tout nouvel utilisateur.

6. RÉSULTATS

6.1 Carte de Bruit

Le logiciel permet d'obtenir les cartes de bruit (isophones) du local. Cet élément graphique est intéressant non seulement pour l'analyse et la prise de décision concernant l'ajout de sources ou de traitements, mais aussi pour les fins de présentation et de suivi de projets.

Les figures 7 et 9 comparent, pour un local de forme irrégulière, les isophones obtenus avec le modèle proposé et avec la méthode de tir-de-rayons¹.

Comme on peut le constater, les prédictions sont très similaires pour les deux modèles, la répartition du champ sonore étant respectée partout dans le local. Moins de quelques minutes de calcul sont nécessaires pour obtenir la carte de bruit à l'aide du modèle proposé par *OUIE2000*.

À titre indicatif, la figure 8 présente également la carte de bruit obtenue à l'aide du modèle classique de Sabine, cas où le champ sonore est calculé à partir du volume et du coefficient d'absorption moyen du local, sans égard à la forme du local, à la position des panneaux absorbants par rapport à la position de la source, etc. Comme on peut le constater, dans ce cas la distribution du bruit dans le local est passablement différente de celle de la méthode développée et de la méthode de tir-de-rayon.

Finalement, la figure 10 donne le résultat de la simulation pour le cas où le coefficient d'absorption de 4 des 6 murs du local a été changé de 0,04 à 0,05 %, soit une très légère variation. On peut constater qu'une très légère variation de coefficients d'absorption se traduit par des écarts de prédiction plus importants que les écarts obtenus entre les 2 modèles théoriques. Or, l'estimation des coefficients d'absorption de matériau est très rarement précise à 1 %. L'élément déterminant de la représentativité des prédictions obtenues ne sera donc pas la précision des calculs théoriques, mais la représentativité des valeurs des coefficients d'absorption utilisées.

¹ Acoustique Prévisionnelle: Logiciel Rayscat, Les notes notes scientifiques et techniques de l'INRS, no 67 (1987).

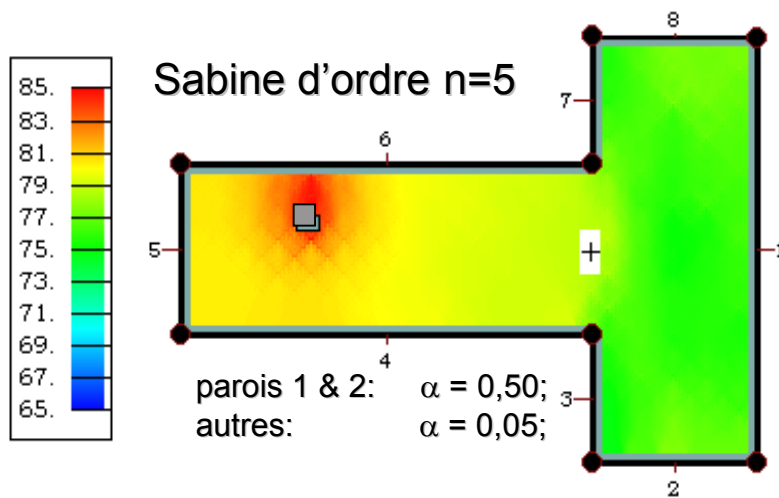


Figure 7 Isophone calculé par le modèle de OUIE2000

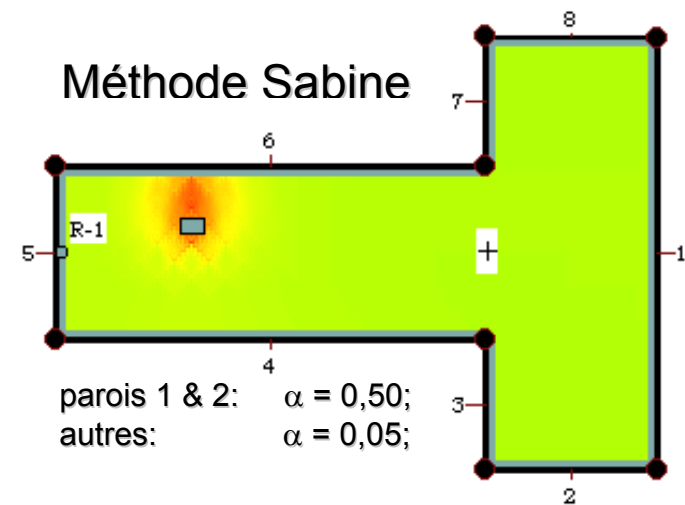


Figure 8 Modèle de Sabine

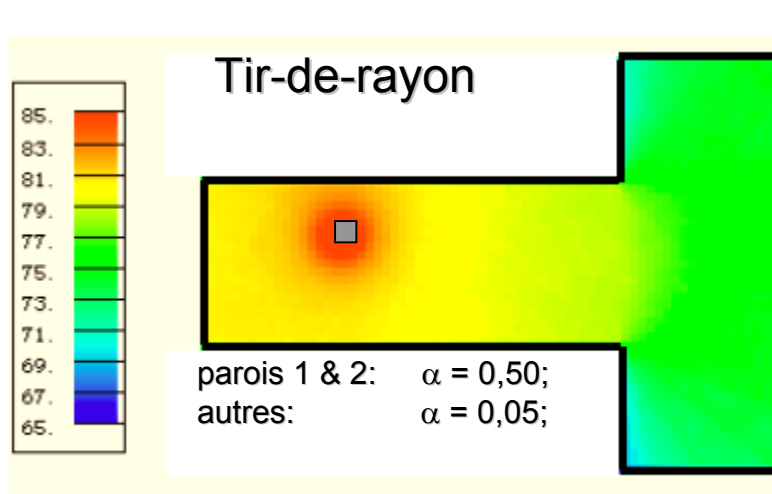


Figure 9 Isophone calculé par la méthode du tir de rayon.

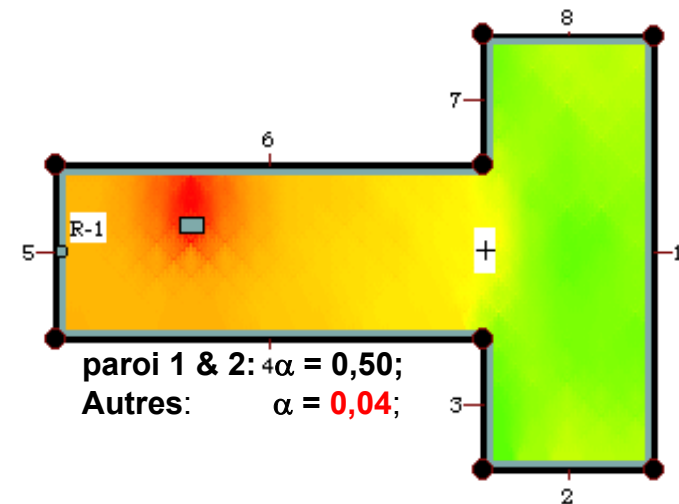


Figure 10 Effet d'une légère variation de coefficient d'absorption.

6.2 Comparaison avec des résultats expérimentaux

À l'automne 2000, une étude d'acoustique prévisionnelle a été réalisée dans une centrale hydro-électrique. Le plancher principal de cette centrale fait environ 235 m de long sur 26 largeur et 25 de hauteur. Cette centrale comprend 12 groupes turbines alternateurs, dont les puissances acoustiques ont été mesurées. Cette centrale a été modélisée à l'aide du modèle proposé. Dans cette simulation, les coefficients d'absorption considérés ont été ceux du béton peint pour toutes les parois, à l'exception du plafond, dont les coef. d'absorption utilisés sont ceux d'un « plafond léger légèrement vibrant ». De plus, pour un des 2 murs latéraux dont la moitié de la surface est recouverte de fenêtre, le coefficient d'absorption typique à des fenêtres a été considéré pour une surface équivalente.

Les niveaux effectifs mesurés dans la centrale sont de $L_p(R-1)=84,3$, $L_p(R-2)=84,9$ et $L_p(R-3)=85.1$ dB(A). La figure 11 présente l'isophone obtenu. Les niveaux sonores prédits sont de l'ordre de 85 dB(A), soient en excellent accord avec l'expérimentation, les écarts étant inférieurs à 1 dB.

Cas de référence

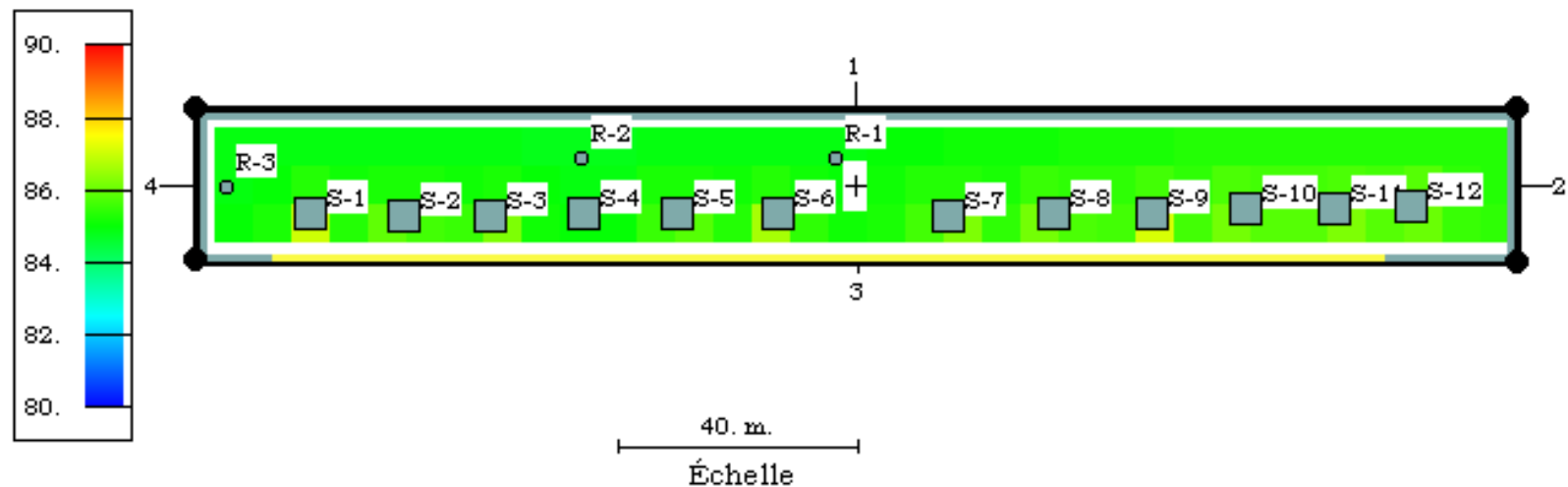


Figure 11 Isophone de la salle des alternateurs (235x26x25 m) d'une centrale hydro-électrique.

Remarque : Il est à noter que les niveaux sonores mesurés et expérimentaux dans la centrale sont relativement uniformes, le champ sonore étant assez réverbérant (peu absorbant) et les sources distribuées uniformément dans le local.

6.3 Niveau sonore à des endroits spécifiques

Le logiciel permet de déterminer non seulement les niveaux sonores à des positions spécifiques dans le local, positions spécifiques appelées Postes-récepteurs, mais également d'établir la contribution de chaque source à ces endroits, ainsi que le spectre de bruit de ces contributions.

La Figure 12 donne un exemple des résultats obtenus.

6.4 Dose de bruit perçu par des groupes de travailleurs

Les doses de bruit auxquelles sont exposés des groupes de travailleurs peuvent être obtenues après avoir défini ces groupes de travailleurs et leur temps d'exposition respectif aux différents postes-récepteurs (ces définitions peuvent être réalisées à l'aide des différentes boîtes de dialogue du menu *Paramètres*).

La Figure 13 présente des résultats types de doses de bruit perçues par différents groupes de travailleurs (travailleurs définis ici comme étant *Mécanicien* et *Électricien*). Les doses de bruit perçu par poste de travail et par source de bruit peuvent également être obtenues.

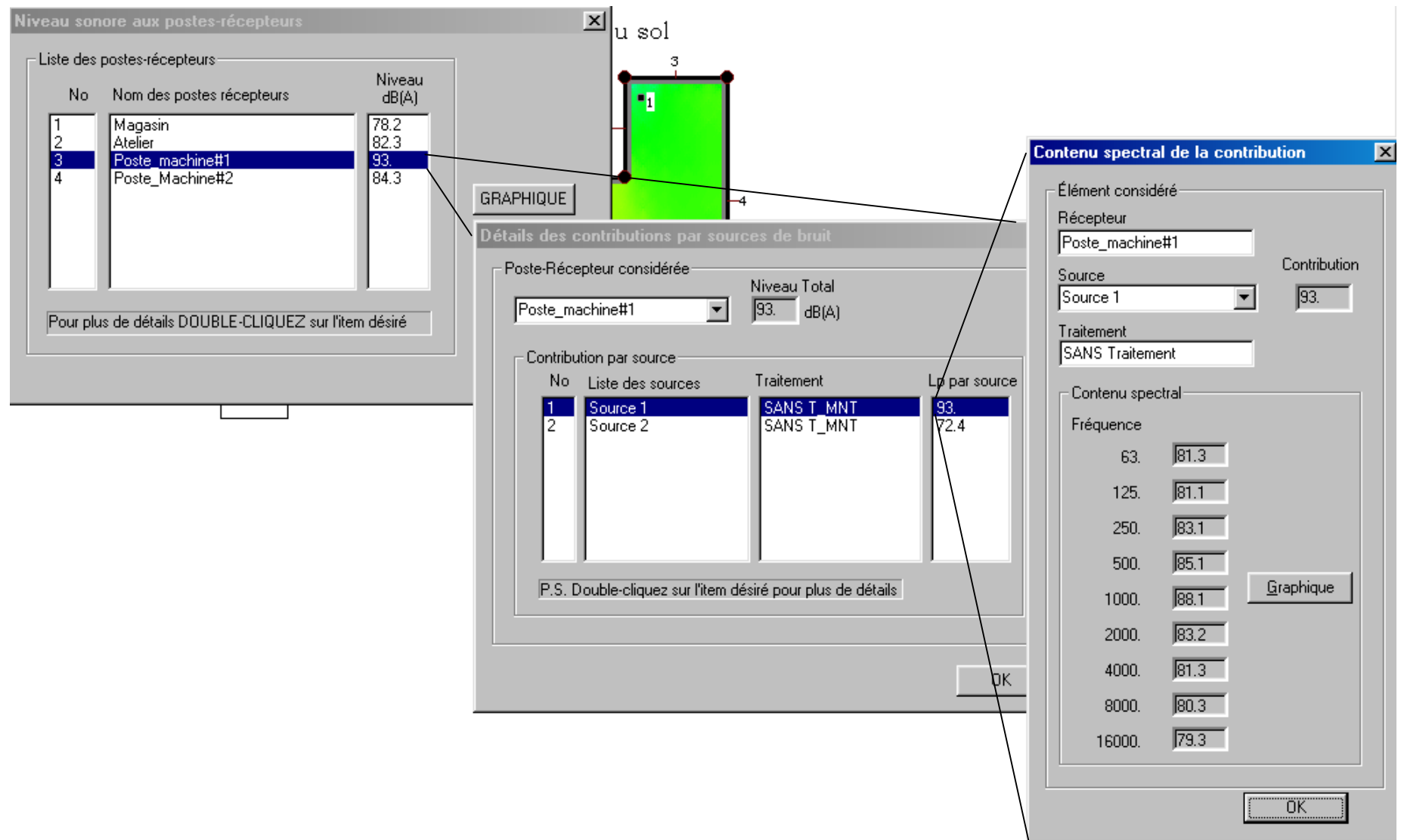


Figure 12 Niveaux sonores aux postes-récepteurs : Contribution par source et par fréquence

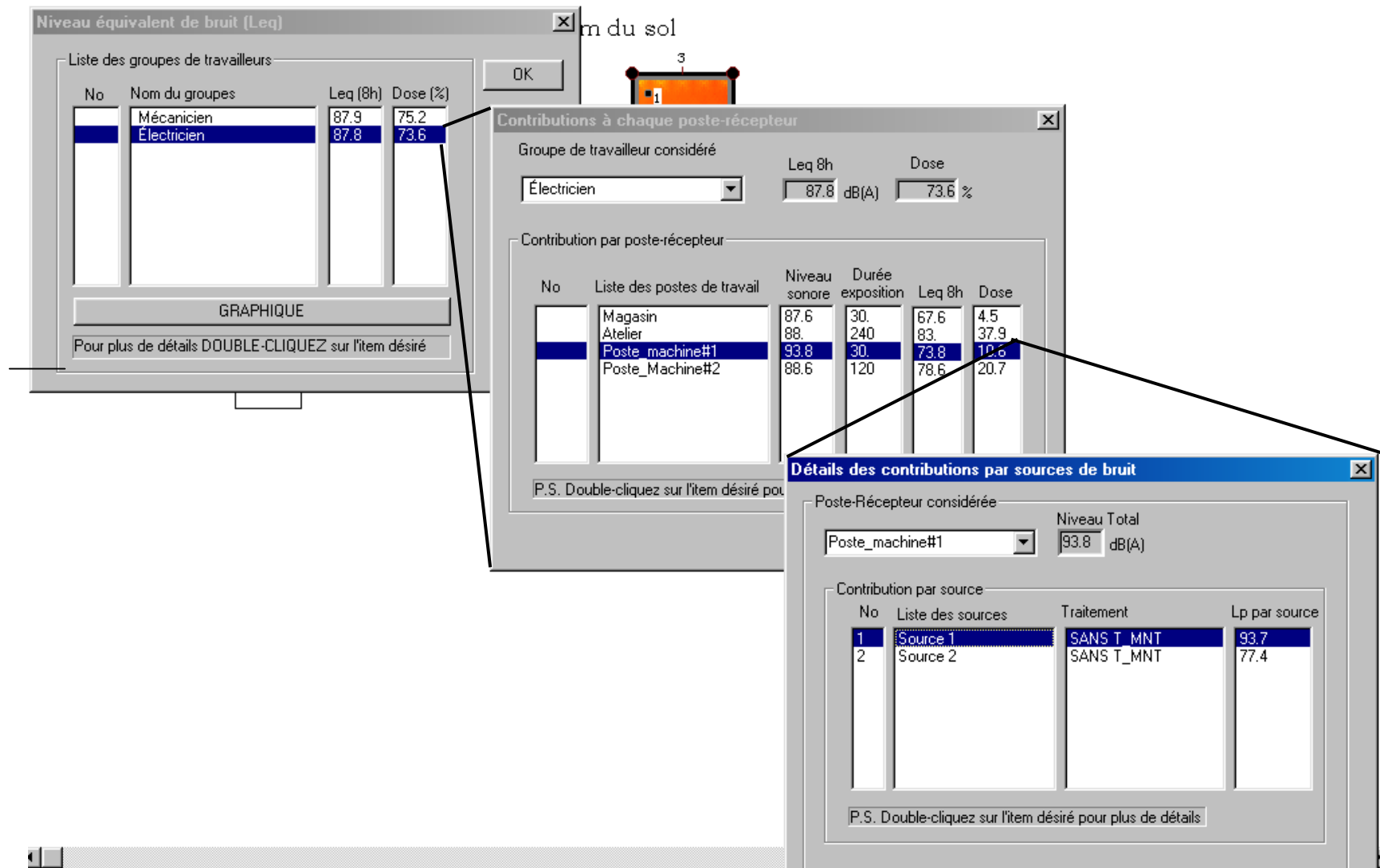


Figure 13 Doses de bruit perçu par les groupes de travailleurs à chaque poste-récepteur (poste de travail).

6.5 Évaluation de traitement acoustique

Définissant le cas de référence comme étant le cas où aucun traitement acoustique du local ou des sources n'a été apporté, si des changements sont apportés à la configuration du Cas de référence (ex. : ajout ou suppression de murs, d'écrans, de panneaux absorbants ou modification des propriétés acoustiques et dimensions des surfaces), les nouvelles configurations pourront être considérées comme étant des configurations de traitement.

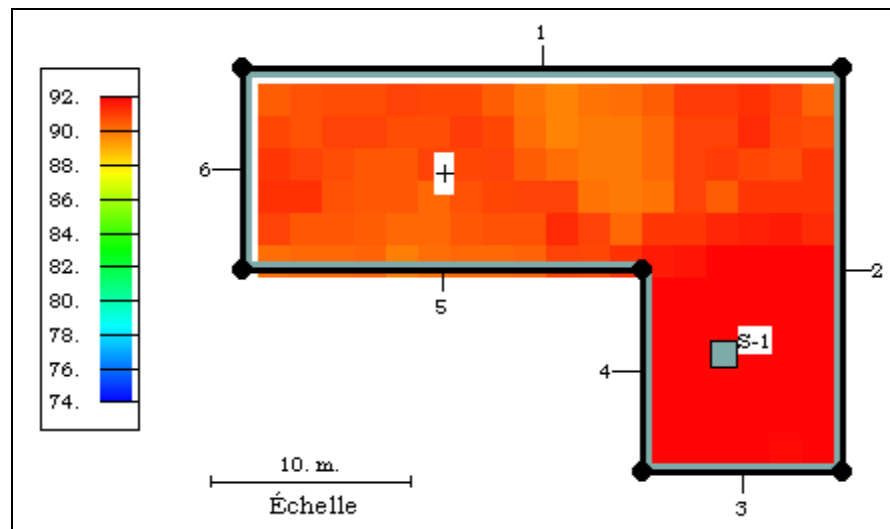


Figure 14 Isophone du cas de référence (ex. : situation d'origine)

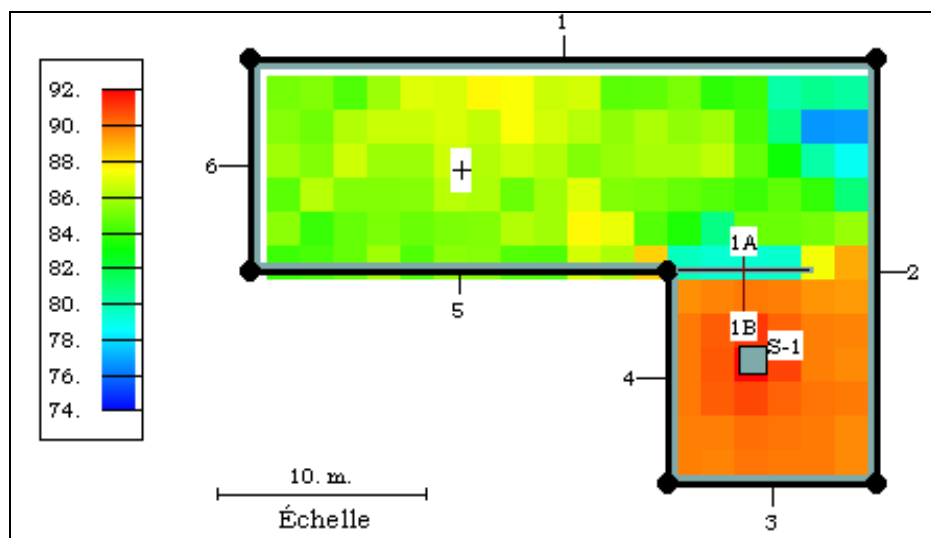


Figure 15 Isophone avec écran absorbant

L'utilisateur pourra obtenir et sauvegarder les paramètres et cartes de bruit de chacune de ces nouvelles configurations de traitement et ces résultats pourront être rappelés à l'écran au moment opportun.

6.6 Carte d'atténuation

Finalement, mentionnons que lorsqu'une carte de bruit avec traitements acoustiques est obtenue, il est également possible d'afficher la carte d'atténuation, i.e. la carte des réductions de bruit obtenues par rapport au cas de référence.

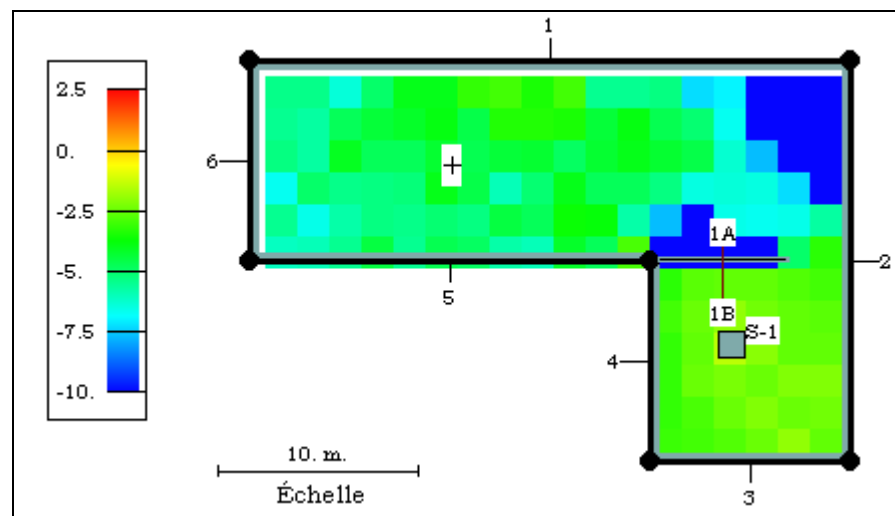


Figure 16 Atténuation apportée par l'écran

7. AVANTAGES ET LIMITATIONS

Avantages

Ce projet a permis le développement d'un modèle d'acoustique prévisionnelle original à la fois simple d'utilisation et précis. Grâce à l'intégration de ce modèle, à l'ajout d'une interface graphique dédiée de modules de pré et post-traitement, le logiciel OUIE2000 est devenu un outil d'analyse et de gestion du bruit novateur de premier plan.

Grâce à ce développement, les intervenants en santé et sécurité disposent maintenant d'une méthodologie et d'un outil facilitant l'analyse de l'acoustique d'un local, l'évaluation de la contribution des différentes sources, ainsi que l'évaluation de l'effet de traitements acoustiques sur les murs du local.

De plus, ce logiciel permettra de consigner de façon pratique toutes les caractéristiques acoustiques d'une installation industrielle, les doses d'exposition des travailleurs, les sources de bruit importants et l'efficacité des traitements acoustiques optimum.

Limitation

Une version DÉMO du logiciel a été présentée les 23 et 24 novembre 2000 à environ 20 intervenants du secteur hygiène industrielle chez Alcan (région de Jonquière) afin de recueillir leurs impressions, commentaires et idées d'amélioration. Les commentaires des intervenants ont été globalement positifs, notamment en ce qui concerne la facilité d'utilisation, la convivialité de l'interface et la présentation des résultats (carte de bruit).

Le point plus faible noté par les intervenants concernait la nécessité de connaître et/ou de mesurer la puissance acoustique de toutes les sources du local avant d'obtenir un résultat, un aspect qui allait vraisemblablement décourager certains utilisateurs.

Les discussions et réflexions subséquentes ont permis d'identifier des éléments qui permettraient d'aplanir cette difficulté, à savoir :

1. Détermination de la carte de bruit à partir de mesures expérimentales.
2. Détermination de la puissance acoustique de sources communes à partir d'une base de données et/ou de modèles empiriques.

Soft dB, IRSST et l'ALCAN évalue actuellement l'intérêt et la faisabilité de ces ajouts.

8. CONCLUSION

Ce projet a permis de développement d'un modèle d'acoustique prévisionnelle original à la fois simple d'utilisation et précis. Grâce à l'intégration de ce modèle, à l'ajout d'une interface graphique dédiée, de modules de pré et post-traitement, le logiciel OUIE2000 est devenu un outil d'analyse et de gestion du bruit novateur de premier plan.

Grâce à ce développement, les intervenants en santé et sécurité disposent maintenant d'une méthodologie et d'un outil facilitant l'analyse de l'acoustique d'un local, l'évaluation de la contribution des différentes sources, ainsi que l'évaluation de l'effet de traitements acoustiques sur les murs du local.

De plus, la structure du logiciel permet une sauvegarde de toutes les données acoustiques du local, des postes de travail, des temps d'exposition et des groupes de travailleurs, ce qui en fait un outil pouvant aider les intervenants, non seulement à concrétiser des plans d'intervention de réduction de bruit, mais également à effectuer les suivis acoustiques de façon systématique.

Ce projet de recherche et développement permet aux intervenants dans le domaine du bruit d'avoir accès à un outil d'analyse et de gestion du bruit novateur. Ce logiciel devrait faciliter l'analyse du bruit en industrie et l'établissement de plans d'intervention structurés en vue de réduire efficacement les niveaux sonores et les doses d'exposition des travailleurs.