



# **MODÈLE DE CALCUL DE BRUIT DU TRAFIC ROUTIER POUR ORDINATEUR**

## **1<sup>ère</sup> partie**

Manuel d'utilisation du logiciel StL-86

**EMPA Dübendorf**  
**Division acoustique et lutte contre le bruit**

**Téléchargement du fichier PDF**  
[www.environnement-suisse.ch/publications](http://www.environnement-suisse.ch/publications)  
(il n'existe pas de version imprimée)  
Référence: SRU-60-F

© OFE 1987

TABLE DES MATIERES

|                                                 | Page      |
|-------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Introduction</b>                          | <b>3</b>  |
| 1.1 Domaine d'application                       | 3         |
| 1.2 Modèle de calcul employé                    | 3         |
| 1.3 Conception                                  | 4         |
| <b>2. Equipement nécessaire</b>                 | <b>5</b>  |
| 2.1 Matériel                                    | 5         |
| 2.2 Logiciel                                    | 5         |
| <b>3. Installation</b>                          | <b>6</b>  |
| 3.1 Contenu de la disquette                     | 6         |
| 3.2 Copie de sécurité                           | 6         |
| 3.3 Organisation du travail                     | 6         |
| <b>4. Le programme DATAUF</b>                   | <b>8</b>  |
| 4.1 But                                         | 8         |
| 4.2 Description                                 | 8         |
| 4.3 Utilisation                                 | 10        |
| <b>5. Le programme DATWAHL</b>                  | <b>15</b> |
| 5.1 But                                         | 15        |
| 5.2 Description                                 | 15        |
| 5.3 Utilisation                                 | 16        |
| <b>6. Le programme STRASSE</b>                  | <b>20</b> |
| 6.1 But                                         | 20        |
| 6.2 Modèle acoustique                           | 20        |
| 6.3 Description                                 | 27        |
| 6.4 Utilisation                                 | 28        |
| <b>7. Conseils d'utilisation</b>                | <b>31</b> |
| 7.1 Introduction                                | 31        |
| 7.2 Précision                                   | 31        |
| 7.3 Construction de modèles                     | 32        |
| <b>Appendices</b>                               | <b>36</b> |
| Appendice 1: Liste des noms de fichier utilisés | 36        |
| Appendice 2: Structure des données              | 37        |
| Appendice 3: Messages d'erreur                  | 40        |
| <b>Bibliographie</b>                            | <b>42</b> |

---

**Liste des abréviations**

|         |                                                                        |
|---------|------------------------------------------------------------------------|
| Fig.    | Figure                                                                 |
| ex.     | Exemple                                                                |
| OFPE    | Office fédéral de la protection de l'environnement                     |
| dB(A)   | Décibels pondérés A                                                    |
| c.à.d.  | c'est-à-dire                                                           |
| DOS     | Disk Operating System, système d'exploitation d'ordinateurs personnels |
| EMPA    | Laboratoire fédéral d'essai des matériaux (LFEM)                       |
| ko      | Kilo-octet                                                             |
| Leq     | Niveau de pression acoustique continu équivalent                       |
| Mo      | Méga-octet                                                             |
| StL-86  | Logiciel bruit routier 86 (Strassen-Lärm-Programm 86)                  |
| EIE     | Etude de l'impact sur l'environnement                                  |
| cf.     | confer                                                                 |
| par ex. | par exemple                                                            |
| PC      | Personal computer (ordinateur personnel)                               |

**Liste des figures**

|         |                                                      |
|---------|------------------------------------------------------|
| Fig. 1: | Calcul de l'angle d'ouverture du secteur             |
| Fig. 2: | L'effet d'obstacle selon Reinhold                    |
| Fig. 3: | L'effet d'obstacle, obstacle hors de la zone d'ombre |
| Fig. 4: | L'effet de plusieurs obstacles                       |
| Fig. 5: | Effet d'obstacle maximal admissible                  |
| Fig. 6: | L'effet d'écran produit par un bâtiment (situation)  |

## 1. Introduction

### 1.1 Domaine d'application

Le logiciel StL-86 (Strassen-Lärm-86, bruit routier 86) mis au point par l'EMPA à la demande de l'Office fédéral de la protection de l'environnement (OFPE) permet de mesurer les immissions de bruit causées par le trafic routier. A chaque point de réception, on calcule une valeur de Leq (niveau de pression acoustique continu équivalent) en dB(A) (décibels pondérés A). Le présent logiciel permet de faire ces calculs en tenant compte directement de la topographie et des obstacles.

StL-86 sert à établir des prévisions de bruit, que ce soit aux fins d'études de l'impact sur l'environnement (EIE) ou dans le cadre de projets de protection contre le bruit aux alentours des routes existantes ou à construire.

### 1.2 Modèle de calcul employé

Le modèle de calcul employé ici se compose d'un modèle topographique et d'un modèle acoustique. Le premier utilise des tracés polygonaux comme vecteurs de l'information. Ces tracés contiennent les données de localisation de la source (la route), des obstacles et de la topographie. Pour décrire cette dernière le plus efficacement possible, on entre les lignes topographiques caractéristiques (toutes les ruptures de déclivité, les crêtes et les dépressions) mais pas nécessairement les courbes de niveau. Quant au modèle acoustique, il permet de segmenter un site donné. Une coupe topographique est établie pour chaque segment, sur laquelle le programme se base pour calculer une valeur de Leq. L'énergie des niveaux ainsi obtenus est additionnée (cf. description détaillée du modèle acoustique sous 6.2). On obtient en fin de compte le niveau de pression acoustique continu équivalent (Leq), c.à.d. la puissance acoustique intégrale perçue et non pas, comme cela était le cas auparavant, un niveau de pression acoustique statistique.

### 1.3 Conception

Le logiciel StL-86 se compose des trois programmes DATAUF, DATWAHL et STRASSE. En voici les principales applications:

- DATAUF (DATenaufbereitung, saisie des données): Saisie et mise en mémoire de données brutes (localisation de la route, d'obstacles éventuels, de particularités topographiques) sous la forme de tracés polygonaux. Chaque tracé correspond à un bloc de données, stocké dans un fichier. Il va sans dire que l'on entre les points de mesure (points de réception) dans ce programme. Toutes les données doivent être saisies sous forme de coordonnées orthogonales (cartésiennes).
- DATWAHL (DATenauswahl, sélection des données): Il faut sélectionner parmi les blocs de données constitués à l'aide de DATAUF ceux que l'on traitera avec le programme STRASSE. DATWAHL en établit la liste, stockée dans un fichier de sélection.
- STRASSE (route): Calcul acoustique à partir des blocs de données sélectionnés à l'aide du programme DATWAHL.

Cette tripartition du logiciel StL-86 a plusieurs fondements. D'une part, un logiciel bien structuré est plus clair et plus souple d'emploi (calcul des variantes au moyen de différents fichiers de sélection). D'autre part, chacun des programmes est plus court et occupe donc moins de place dans la mémoire de travail.

StL-86 permet de trouver des solutions de qualité car, les données étant conçues sous forme de tracés polygonaux, l'utilisateur peut entrer autant d'informations que nécessaire pour cerner le problème qui l'occupe. En effet, il peut multiplier les informations pertinentes au plan acoustique (par exemple les caractéristiques topographiques proches d'un point de réception) et laisser de côté les informations secondaires de ce point de vue. Le programme STRASSE, qui effectue les calculs acoustiques, divise un site donné en secteurs. Leur dimension est variable et dépend essentiellement de la position des points saisis. Pour chaque secteur, une coupe est établie, sur laquelle reposent les calculs acoustiques. Le modèle acoustique employé ici est sensiblement le même que celui qu'employait l'EMPA jusqu'alors (cf. [1]).

## 2. Equipement nécessaire

### 2.1 Matériel

Pour utiliser les programmes du StL-86, il faut le matériel suivant:

- Un ordinateur personnel compatible IBM avec une mémoire de travail de 256 ko au moins.
- Un écran couleurs de 25 lignes et 80 colonnes.
- Une carte graphique couleurs pour gérer l'écran (résolution: au moins 320\*200 points).
- Un lecteur de disquettes 5"25, 360 ko ou 1,2 Mo.

Si vous souhaitez travailler sur des projets d'importance, il est préférable d'installer un disque dur, ce qui réduit considérablement les temps de calcul.

### 2.2 Logiciel

Pour faire fonctionner le logiciel StL-86, il vous suffit d'un système d'exploitation DOS (Disk Operating System) version 2.0 ou ultérieure. Très répandu, ce système d'exploitation équipe par exemple les PC IBM et quelques compatibles.

Si vous vous souhaitez adapter le logiciel StL-86 à vos besoins, il vous faut la version source du programme et un compilateur de TURBO-Pascal. Vous pourriez ainsi améliorer par le programme votre définition graphique ou commander des saisies et des éditions sur d'autres terminaux.

### 3. Installation

#### 3.1 Contenu de la disquette

La disquette StL-86 contient les deux répertoires COM et QUELLE. Le premier contient les trois fichiers DATAUF.COM, DATWAHL.COM et STRASSE.COM, versions exploitables de chaque programme, qui peuvent être appelés directement depuis le système d'exploitation (DOS). Le second ne contient des fichiers que si vous avez acheté la version de la disquette comprenant le listing du programme (en turbo-pascal).

#### 3.2 Copie de sécurité

Avant de commencer à travailler, ne manquez pas de faire une copie de sécurité. Conservez la disquette originale en lieu sûr et NE TRAVAILLEZ QU'AVEC LA COPIE. Ainsi vous êtes protégé en cas de perte ou d'effacement par mégarde.

#### 3.3 Organisation du travail

StL-86 stocke les données saisies sur des fichiers. Tous ceux-ci sont mis en mémoire et recherchés dans le répertoire (directory) en cours d'utilisation. Cela oblige à avoir de l'ordre dans les fichiers.

Le système d'exploitation DOS est organisé de la manière suivante. Avec la commande DOS PATH, vous définissez le chemin de recherche du répertoire qui contient les trois fichiers <.COM>, DATAUF.COM, DATWAHL.COM et STRASSE.COM. Puis vous constituez un répertoire pour chaque projet sur lequel vous souhaitez travailler. Lorsque vous voulez reprendre un projet donné sous StL-86, vous devez vous assurer que le répertoire en cours d'utilisation correspond à celui du projet en question. Ainsi lorsque vous lancez l'un des trois programmes, vous êtes sûr que les données sont recherchées et stockées au bon endroit.

Bien entendu, d'autres formes d'organisation sont possibles mais il faut bien voir que les programmes DATAUF et DATWAHL créent des fichiers différents. Leur nom se compose toujours du nom de projet (8 caractères max.) et d'une extension (un point plus trois caractères). On utilise selon les cas les extensions suivantes: <.INH>, <.QUE>, <.HIN>, <.TOP>, <.EMP> et <.ARB>.



-----

Vous pouvez également créer les extensions <.HXD>, <.TX0>, <.TX1>...<.TX9> et <.AF0>, <.AF1>...<.AF9>. Vous devez donc vous assurer que le répertoire utilisé ne contient pas de fichier qui porte le même nom mais n'a pas été créé sous StL-86 sinon les fichiers existants seront effacés ou remplacés.

Chaque type de données est stocké dans un fichier portant une extension appropriée (par ex. les données du type SOURCE (Quelle) dans un fichier portant l'extension <.QUE>). D'autres extensions, <.HIN>, <.TOP>, <.EMP> ou encore <.INH>, caractérisent les fichiers. La liste des extensions possibles et leur signification figure à l'appendice 1.

**Attention:** il n'est possible de travailler dans les cinq fichiers portant les extensions <.QUE>, <.HIN>, <.TOP>, <.EMP> et <.INH> qu'avec les programmes de StL-86. N'effacez aucun de ces fichiers sous DOS car cela pourrait rendre l'ensemble des données inutilisable. Vous ne pouvez effacer ces fichiers sous DOS que si vous souhaitez effacer l'ensemble des données.

## 4. Le programme DATAUF

### 4.1 But

DATAUF signifie DATenAUFbereitung, saisie des données. L'utilisateur peut saisir les données de localisation des sources (routes), des obstacles et des points de réception ainsi que des données topographiques. Il faut en outre entrer, pour chaque source, des données sur le trafic (vitesse, intensité et proportion de poids lourds). Vous pouvez imprimer les données saisies (pour les vérifier par ex.).

### 4.2 Description

Comme les deux autres programmes, DATAUF utilise la technique des menus. Pour commencer, il faut donc entrer un nom de projet. Si sa syntaxe est correcte, le programme vérifie s'il existe déjà des données pour ce projet. Si oui, vous poursuivez vos travaux sur ces données. Dans le cas contraire, le programme vous ouvre les fichiers nécessaires.

Vous disposez de quatre types de données pour décrire un projet:

- SOURCE: tracé polygonal interprété par le programme comme source de bruit;
- OBSTACLE: tracé polygonal décrivant un obstacle (artificiel);
- TOPOGRAPHIE: tracé polygonal qui représente une ligne topographique caractéristique;
- RECEPTEUR: coordonnées localisant les points de réception.

Votre principal travail consiste à décrire un projet sur la base des informations dont vous disposez (plans, prévisions de trafic, etc.) en utilisant les quatre types de données indiqués ci-dessus. Après avoir indiqué un nom de projet, vous sélectionnez le type de données que vous souhaitez étudier sur le premier menu, le menu principal.

Une fois sélectionné un type de données, le sous-menu vous propose cinq modes de travail (CREER, REVISER, COPIER, EFFACER, IMPRIMER). En voici une brève description:

- CREER: Crée un nouveau bloc de données du type en cours d'utilisation (c.à.d. sélectionné dans le menu principal). A l'écran apparaît un tableau dans lequel vous inscrivez vos données.

- 
- **REVISER:** Rappelle des blocs de données déjà constitués, que vous pouvez réviser et remettre en mémoire. Il va de soi que cette fonction ne peut pas être utilisée s'il n'existe pas encore de blocs de données du type en cours d'utilisation. En revanche, s'il en existe déjà, leur liste apparaît et vous pouvez y choisir le bloc que vous souhaitez réviser. Celui-ci apparaît à l'écran et vous pouvez y apporter des corrections.
  - **COPIER:** Fait une copie du bloc de données choisi et la stocke avec les blocs de données du type en cours d'utilisation. Le programme vous demande en premier lieu où se trouve le bloc que vous désirez copier (vous indiquez d'abord le type de données puis vous sélectionnez le bloc voulu sur la liste qui s'affiche). La copie est toujours stockée dans la partie du menu où vous êtes en train de travailler. Par exemple, si vous avez choisi l'option SOURCE dans le menu principal, le bloc copié devient un bloc SOURCE même si l'original était du type OBSTACLE.
  - **IMPRIMER:** Demande une impression de contrôle à l'imprimante. Un nouveau menu s'affiche alors pour définir l'impression. Vous pouvez imprimer soit tous les blocs d'un type de données soit un ou plusieurs blocs déterminés. Dans le premier cas, l'imprimante se met immédiatement au travail; dans le deuxième cas, une liste des blocs de données apparaît, sur laquelle vous sélectionnez les blocs de votre choix.
  - **EFFACER:** Efface un bloc de données et décale la numérotation des blocs suivants. Une liste de tous les blocs du type de données en cours d'utilisation apparaît. Vous y sélectionnez le bloc de votre choix, qui est effacé. Simultanément, tous les blocs suivants sont renumérotés. Bien entendu, les fichiers de sélection sont également remis à jour (cf. description détaillée sous 5.2 et 5.3).

Avant de revenir au sous-menu (créer, réviser, etc.), le programme vous demande une confirmation (par ex. "Désirez-vous effacer définitivement ces données?"). C'est là votre dernière occasion de rattraper une fausse manoeuvre.

De retour dans le sous-menu, les options CREER, REVISER, COPIER, IMPRIMER, EFFACER, SORTIR DU SOUS-MENU s'offrent à nouveau. La dernière option vous permet de revenir au menu principal. Vous pouvez alors sélectionner un autre type de données (SOURCE, OBSTACLE, TOPOGRAPHIE ou RECEPTEUR) pour revenir au sous-menu et y choisir un nouveau mode de travail. De même que le sous-menu, le menu principal comporte une option "SORTIR" qui permet de sortir du programme à partir de ce menu.

#### 4.3 Utilisation

Mettez le programme DATAUF en marche puis suivez les instructions ci-dessous à l'écran.

Lancez le programme en tapant DATAUF. Une page de garde apparaît à l'écran. Le programme demande un nom de projet. Chaque information doit être entrée avec <Enter> (ou <Return> ou <New Line>).

- **Nom de projet:**

Sa longueur maximale est de huit caractères, lettres ou chiffres. Le premier caractère doit être une lettre. Comme ce nom de projet est le même dans les trois programmes, il importe de choisir un nom facile à retenir (l'habitude veut qu'il soit en rapport avec le projet). Dès que le système a confirmé le nom choisi, vous pouvez appeler le menu principal.

- **Menu principal:**

Comme nous l'avons déjà vu sous 4.2, ce menu sert à sélectionner un type de données. Pour ce faire, il faut entrer la lettre correspondant au type de données sur lequel vous voulez travailler (suivie du symbole <), c.à.d. A, B, C, D ou E. Vous pouvez écrire en majuscule ou en minuscule.

- **Sous-menu:**

Ce menu sert à sélectionner un mode de travail. Comme dans le menu principal, vous pouvez entrer la lettre correspondant au mode de travail de votre choix, soit A, B, C, D, E ou F.

- **Créer/réviser:**

Le type d'information demandé est précisé à l'écran. Par exemple, vous devez d'abord indiquer un titre. Celui-ci ne joue aucun rôle dans le calcul mais il vous permettra d'avoir une vue d'ensemble de vos blocs. Il se compose de 10 signes au choix. Il est recommandé de choisir un titre en rapport avec les données contenues dans le bloc concerné (par ex. <route princ.> s'il s'agit d'une source ou <mur sud> s'il s'agit d'un obstacle). Ces titres figurant sur les listes, ils servent d'aide-mémoire. Comme toujours, il faut entrer les informations en appuyant sur <Enter>. Si vous entrez une information dont la syntaxe est erronée, elle est effacée et le curseur reste à la même place. Si l'information est correcte, elle est mise en mémoire; le curseur se place alors dans le champ suivant et attend l'information demandée. Pour les données de type SOURCE, vous devez entrer les informations supplémentaires suivantes:

- + Intensité du trafic (nombre de véhicules à l'heure; nombres entiers seulement)
- + Proportion de poids lourds ((nombre de poids lourds)/(nombre de véhicules); nombres réels entre 0 et 1 seulement)
- + Vitesse moyenne (kilomètres/heure; nombres entiers seulement).

Pour tous les types de données, les données de localisation sont stockées comme suit:

- + Coordonnées x, y, z ainsi que h en nombres réels (nombres réels, exprimés en mètres). Les décimales sont précédées d'un point. Il est impossible de laisser des blancs. Là aussi, toutes les informations doivent être entrées avec <Enter>; si la donnée est correcte, le curseur se place dans le champ suivant sinon vous pouvez entrer une autre donnée.  
Les coordonnées x, y, z décrivent toujours un point au sol tandis que h donne la hauteur par rapport au sol (une valeur de  $h < 0$  n'est possible que pour les obstacles et les points de réception). Si vous voulez par ex. calculer l'immission au deuxième étage d'une maison, vous entrez  $h=6.5$  mètres.
- + Nature d'un bloc de données: Pour les données de type SOURCE, OBSTACLE et TOPOGRAPHIE, chaque bloc de données correspond à un tracé polygonal comprenant dix angles (et donc 9 côtés) au plus.

Si vous avez besoin de plus de 10 points, pour décrire une source par ex., faites simplement deux blocs. Vous devez vous assurer que les premières coordonnées de localisation du deuxième bloc correspondent aux dernières du premier bloc. Pour le programme, chaque bloc de données se compose de dix points, que vous les utilisiez tous ou non. Tous les points que vous n'utilisez pas (c.à.d. ceux pour lesquels vous n'entrez pas d'information) ont (0,0,0) comme coordonnées et une hauteur par rapport au sol  $h = -32.767$ . Cette hauteur négative indique au programme que la ligne correspondante ne contient pas de données pertinentes. Ce chiffre inhabituel n'apparaît à l'écran qu'en mode REVISER.

Pour les données du type RECEPTEUR, les points ne sont pas reliés pour former un polygone mais correspondent chacun à un point de réception.

- + Particularités du mode CREER: Si vous appuyez uniquement sur la touche <Enter> dans un champ de données où il faut entrer une information (c.à.d. que vous n'entrez pas d'information), DATAUF copie le nombre indiqué sur la ligne précédente. Cela est particulièrement utile lorsque, par ex., vous voulez calculer un niveau de bruit à plusieurs étages d'un même point de réception: vous copiez les coordonnées x, y et z à chaque ligne en appuyant sur <Enter>. Dans la rubrique h, vous indiquez la hauteur de chaque étage. Pour les données de type TOPOGRAPHIE et SOURCE, la hauteur par rapport au sol ne peut être que  $h=0$  (par définition). DATAUF n'attend donc pas d'information dans le champ h pour ces deux types de données (le programme attribue à h la valeur 0) et saute ce champ automatiquement. On peut donner une valeur à h seulement pour les données de type OBSTACLE et RECEPTEUR. Lorsque vous êtes en mode CREER, vous pouvez passer automatiquement en mode REVISER en appuyant sur la touche <E>. Vous pouvez ainsi réviser sans attendre le bloc de données que vous venez de créer.

- + Particularités du mode REVISER: Vous pouvez modifier le champ où se trouve le curseur. Si vous ne souhaitez pas apporter de modification, appuyez simplement sur la touche <Enter> et le curseur se place dans le champ suivant sans apporter de modification. Le curseur ne peut qu'avancer d'un champ à l'autre. Il faut attendre d'être dans le dernier champ de la dixième ligne pour revenir dans le premier champ de la première ligne. Deux options ajoutent néanmoins au confort du travail de révision: effacer la ligne du curseur, que l'on appelle en tapant </>; et insérer une ligne avant celle du curseur, que l'on appelle en tapant <E>.

- 
- + **Sortir du mode CREER/REVISER:** En tapant <\$>, vous pouvez à tout moment quitter le mode choisi. Il faut bien entendu entrer cette information avec <Enter>.
  
  - **Copier:**

Comme nous l'avons déjà dit sous 4.2, le programme demande d'abord quel est le type des blocs de données à copier. Pour entrer cette information, vous pouvez utiliser les mêmes lettres que dans le menu principal. DATAUF donne alors la liste de tous les blocs de données, indiquant le type qui leur a été attribué. Cette liste comporte les numéro et titre des blocs (cf. **Créer/réviser**). Vous entrez alors le numéro du bloc de données que vous souhaitez copier. La fonction COPIER est particulièrement utile si par ex. vous voulez calculer une paroi de protection contre le bruit et en trouver la hauteur optimale. Vous pouvez entrer les caractéristiques de la paroi avec la fonction CREER, copier ce bloc et adapter la hauteur de la paroi avec la fonction REVISER.

La fonction COPIER a la particularité d'ajuster les hauteurs. Par ex., si vous voulez copier un bloc du type OBSTACLE en le transformant en bloc du type TOPOGRAPHIE, la hauteur par rapport au sol doit passer de  $h < > 0$  à  $h = 0$  par définition. La fonction COPIER procède automatiquement à cet ajustement.
  
  - **Effacer:**

Lorsque vous appelez cette fonction, apparaît une liste des numéros des blocs de données accompagnés de leur titre. Vous pouvez effacer un bloc en entrant son numéro. Avant d'effacer définitivement le bloc sélectionné, DATAUF demande confirmation de la commande d'effacement. Il ne l'exécute (ou ne l'exécute pas) qu'après avoir obtenu une réponse. Le programme revient alors au sous-menu.

Vous ne pouvez effacer qu'un seul bloc à la fois. Lorsqu'un bloc est effacé, la numérotation des blocs suivants est automatiquement ajustée, c.à.d. décalée d'une unité. S'il existe déjà un fichier de sélection (cf. 5.2), toutes les corrections nécessaires y sont bien entendu apportées.

---

- **Sortir du programme:**

Comme nous l'avons déjà dit, l'utilisateur peut choisir de quitter chaque menu (par ex. en tapant <\$> pour sortir du mode réviser ou en tapant <F> pour sortir du sous-menu ou <E> pour sortir du menu principal).

Sous DOS, vous pouvez interrompre un programme en cours d'utilisation par <Ctrl-Break> et ainsi en sortir. Or si vous quittez DATAUF par <Ctrl-Break>, il n'est pas sûr que vous sortiez correctement de tous les fichiers de données. Ceux-ci risquent donc de subir des dommages irréparables. Pour sortir de DATAUF, évitez d'utiliser <Ctrl-Break> mais passez par le menu.



---

## 5. Le programme DATWAHL

### 5.1 But

Ce programme vous aide à sélectionner les données (DATenausWAHL) et sert de trait d'union entre les programmes DATAUF (saisie des données) et STRASSE (calculs acoustiques). Comme nous l'avons déjà évoqué sous 4.2, les blocs de données constitués sous DATAUF sont stockés sur des fichiers. Le programme DATWAHL vous permet d'y sélectionner les blocs dont vous avez besoin pour un calcul concret. A cet effet, vous créez un nouveau fichier, dit fichier de sélection, sur lequel vous stockez l'adresse des blocs sélectionnés. Le programme STRASSE a besoin de cette "liste d'adresses" (le fichier de sélection) pour trouver les blocs de données. En outre, il ne traite que les blocs de données sélectionnés sous DATWAHL et inscrits sur une "liste d'adresses".

### 5.2 Description

DATWAHL a pour base de travail les blocs de données constitués sous DATAUF. Ce programme utilise également la technique du menu. Le menu principal propose les options suivantes:

- **Créer un nouveau fichier de sélection:**  
Vous pouvez sélectionner sur une liste les blocs de données que vous souhaitez employer aux fins de calcul acoustique. Les "adresses" des blocs sélectionnés sont stockées sur un **fichier de sélection** créé sous DATWAHL. La sélection des adresses se fait à part pour chaque type de données.
- **Contrôler un fichier de sélection à l'écran:**  
Vérification d'un fichier de sélection existant.  
En principe, vous avez deux possibilités de contrôle:
  - + **Liste des blocs sélectionnés:** indique pour chaque bloc le type de données et les numéro et titre des blocs (cf. 4.3).
  - + **Plan de situation des blocs sélectionnés:** donne une projection horizontale des données saisies, avec des couleurs différentes selon le type de données.

-----

Vous pouvez demander un plan d'ensemble ou le secteur du plan de votre choix et choisir les types de données à représenter.

- **Effacer un fichier de sélection:**  
Vous pouvez effacer les fichiers de sélection devenus inutiles ou comportant des erreurs. Cette option est importante car vous ne pouvez avoir plus de dix fichiers de sélection à la fois.
- **Imprimer un fichier de sélection:**  
On peut imprimer la liste des blocs de données que contient un fichier de sélection déjà créé. Cette liste comporte les mêmes indications que dans l'option "Contrôler un fichier de sélection", c.à.d. le type de données et les numéro et titre des blocs.  
Sous DATWAHL, vous pouvez imprimer un fichier de sélection entier mais pas un unique bloc de données, ce que vous pouvez faire en revanche sous DATAUF ou STRASSE.
- **Sortir du menu principal:**  
Cette option permet de sortir du programme.

### 5.3 Utilisation

Il est conseillé de mettre en marche le programme DATWAHL et de suivre les instructions ci-dessous point par point. Mais il faut que vous ayez déjà étudié le programme DATAUF et constitué quelques blocs de données.

- **Nom de projet:**  
Le programme vous demande d'abord un nom de projet. Il va sans dire qu'il faut donner au projet le même nom que sous DATAUF; en effet, c'est la "clé" qui ouvre les fichiers contenant les blocs de données saisis sous DATAUF. DATWAHL vérifie qu'il existe bien des blocs de données sous le nom indiqué. Si ce n'est pas le cas, il ne l'accepte pas.

- 
- **Menu principal:**  
Il propose cinq options: créer un nouveau fichier de sélection, contrôler un fichier de sélection à l'écran, imprimer un fichier de sélection, effacer un fichier de sélection, sortir du menu principal. Comme précédemment, vous sélectionnez l'option de votre choix en tapant la lettre correspondante, dans ce cas A, B, C, D ou E.
  
  - **Créer un nouveau fichier de sélection:**  
En premier lieu, le programme vous indique le nom du nouveau fichier. Notez en particulier le dernier chiffre de son extension. C'est lui qui permet de distinguer les fichiers de sélection entre eux (numérotation de 0 à 9 par ordre croissant).  
Ensuite, la liste des blocs de données existants apparaît par type de données. Elle comporte comme sous DATAUF les numéro et titre des blocs. Vous pouvez faire votre choix sur cette liste. Pour faire votre sélection, vous avez les possibilités suivantes:
    - Demander un seul numéro: taper ce numéro, suivi de <Enter>.
    - Demander plusieurs numéros: les donner en ordre croissant, suivis à chaque fois de <Enter>.
    - Demander plusieurs numéros consécutifs: taper d'abord le numéro le plus bas, puis taper <-> et le numéro le plus haut. Syntaxiquement, ce signe donne une valeur négative à un nombre mais ici il signifie "jusqu'à".  
Ex.: Vous voulez sélectionner les blocs n° 2, 4, 5, 6, 7 et 10. Vous tapez: <2>, <Enter>, <4>, <Enter>, <-7>, <Enter>, <10>, <Enter>.
  
  - Demander tous les numéros des blocs d'un type de données: taper <A>.  
Si vous avez fait une erreur de sélection, vous pouvez recommencer la sélection à l'intérieur du type de données en cours d'utilisation en tapant la lettre <B>. Pour refaire la sélection dans tous les types de données, tapez <C>.  
Pour quitter le menu en cours d'utilisation, vous pouvez taper <\$>. Cependant, le programme quitte automatiquement le menu lorsque vous choisissez l'option <A>, lorsque vous tapez le numéro de bloc le plus haut (passe au menu de sélection suivant) ou encore lorsque vous tapez <C> (revient au premier menu de sélection).

Avant de mettre en mémoire un nouveau bloc, DATWAHL vérifie s'il contient au moins un bloc du type SOURCE et un bloc du type RECEPTEUR (sans route, pas de bruit routier et sans récepteur par de problème de bruit). En revanche, c'est à vous qu'il revient de contrôler la pertinence des coordonnées contenues dans les blocs.

- **Contrôler à l'écran un fichier de sélection:**

Tout d'abord apparaît la liste des fichiers de sélection existants. Vous pouvez sélectionner celui que vous voulez contrôler en tapant le numéro correspondant.

Cela fait, vous avez plusieurs possibilités de contrôle: vous pouvez vérifier la liste des blocs sélectionnés (qui comporte là aussi pour chaque type de données les numéro et titre des blocs). Vous pouvez aussi demander un plan général ou un secteur. Dans ce deuxième cas, vous devez fixer les limites du secteur, qui doivent être situées à l'intérieur du plan général. Si vous appuyez simplement sur la touche <Enter>, le programme reprend les valeurs établies lors du dernier passage (sinon celles ayant servi à définir le plan général lors du premier passage).

Le menu qui suit vous permet de choisir le type de données dont vous voulez obtenir une projection. Il peut s'agir d'un seul type ou d'une combinaison de plusieurs types (ainsi, pour obtenir une projection des sources et des récepteurs, vous tapez <BD>, <Enter>). Ce menu a également une particularité qui n'apparaît pas à l'écran. Sur certains écrans, l'image est un peu distordue car le rapport hauteur/largeur n'est pas correct. Vous pouvez corriger ce défaut en agissant sur les facteurs d'échelle. Pour ce faire, tapez <S> dans ce menu. Vous pouvez alors donner une nouvelle valeur au quotient des facteurs d'échelle. Celui-ci se définit comme le quotient du nombre de points par centimètre horizontal au nombre de points par centimètre vertical.

Sa valeur se situe habituellement aux alentours de 1.00.

- 
- **Effacer un fichier de sélection:**  
La liste des fichiers de sélection existants apparaît à l'écran. Vous sélectionnez celui que vous désirez effacer en tapant le numéro correspondant.  
Bien entendu, le programme demande confirmation avant d'effacer définitivement le fichier sélectionné.
  
  - **Imprimer un fichier de sélection:**  
La liste des fichiers de sélection existants apparaît. On peut y sélectionner le fichier voulu. En principe, les données sont imprimées telles qu'elles apparaissent à l'écran, c.à.d. avec leur type et leurs numéro et titre de bloc.
  
  - **Sortir du menu principal:**  
Cette option vous permet de sortir du programme dans les règles.

## 6. Le programme STRASSE

### 6.1 But

Le programme STRASSE est l'élément central du logiciel StL-86; il calcule pour chaque point de réception une valeur du Leq en dB(A) (décibels pondérés A). Il utilise à cet effet les blocs de données constitués sous DATAUF et l'un ou l'autre fichier de sélection créé sous DATWAHL.

### 6.2 Modèle acoustique

#### 6.2.1 Généralités

L'EMPA a mis au point ces dernières années un modèle de calcul du bruit routier particulièrement adapté au traitement informatique. Le modèle employé ici n'a pas subi de remaniement important et utilise des formules éprouvées par l'EMPA ces dernières années. Comme tout modèle acoustique, celui-ci décrit d'une part les propriétés de la source (cf. 6.2.2 et 6.2.3) et d'autre part les influences qui s'exercent sur la propagation du bruit (cf. 6.2.3 à 6.2.6). La première partie se compose pour l'essentiel d'une fonction qui donne un niveau de bruit à un mètre de la source. La seconde rassemble des fonctions qui décrivent l'atténuation géométrique (due à la propagation), l'atténuation par le sol, l'atténuation due à l'air et l'atténuation due aux obstacles.

#### 6.2.2 Fonction descriptive de la source

Le niveau acoustique que diffuse le trafic routier dépend du débit de ce dernier, de la proportion de poids lourds et de la vitesse. La formule employée a été mise au point à l'EMPA entre 1978 et 1981. De nature empirique, elle est décrite en détail sous [1] et [3].

Cette formule est la suivante:

$$L = A + 10 \cdot \log [(1 + (v/50)^3) \cdot (1 + B \cdot \text{Eta} \cdot (1 - v/150))] + 10 \cdot \log [M]$$

- L : niveau de pression acoustique continu équivalent en dB(A)  
 A, B : constantes empiriques; A=42, B=20  
 v : vitesse  
 Eta : proportion de poids lourds (par rapport à l'ensemble du trafic)  
 M : débit du trafic (nombre de véhicules à l'heure).

### 6.2.3 Correction en fonction de la pente

Le bruit routier dépendant de la sollicitation du moteur, le niveau acoustique est d'autant plus élevé que la pente de la route est forte.

On a donc introduit une "valeur de correction en fonction de la pente", fondamentale pour notre calcul.

Elle est décrite par la fonction suivante:

$$K = 0 \quad \text{si la pente est } \leq 3\% \\ K = (p-3) \cdot 0.5 \quad \text{si la pente est } > 3\%$$

p : pente de la route en % (p toujours  $\geq 0$ ).

### 6.2.4 Pertes dues à la distance et à l'angle d'ouverture du secteur

La loi relative à la distance pour une source linéaire, ce que représente une route pour StL-86, a la formule simple suivante:

$$\Delta L = 10 \cdot \log(s/s_0)$$

- s : distance la plus courte entre le récepteur et la source  
 s<sub>0</sub> : distance de référence; dans notre modèle, s<sub>0</sub>=1 mètre.

Cette formule n'est applicable que lorsque la source est infiniment longue et n'est cachée par aucun obstacle (angle d'ouverture du secteur  $\phi = 180^\circ$ ). Si l'angle d'ouverture du secteur  $\phi$  est limité, l'intensité du faisceau est réduite dans un rapport  $\phi/180$ .

La formule pour les pertes dues à la distance et à l'angle d'ouverture du secteur s'écrit donc comme suit:

$$\Delta_{L} = 10 \cdot \log((s \cdot 180) / (\phi \cdot s_0))$$

- s : distance la plus courte entre le récepteur et la source  
 phi : angle d'ouverture du secteur (en °, mesure angulaire), c.à.d. angle sous lequel le tronçon de route concerné est visible.  
 s<sub>0</sub> : distance de référence; ici s<sub>0</sub>=1 mètre.

Le programme STRASSE emploie cette formule pour calculer les pertes dues à la distance et à l'angle d'ouverture du secteur. L'angle d'ouverture du secteur et la distance la plus courte sont calculés dans l'espace (en trois dimensions). Ils ne correspondent donc pas toujours à ce que l'on lirait sur un plan.

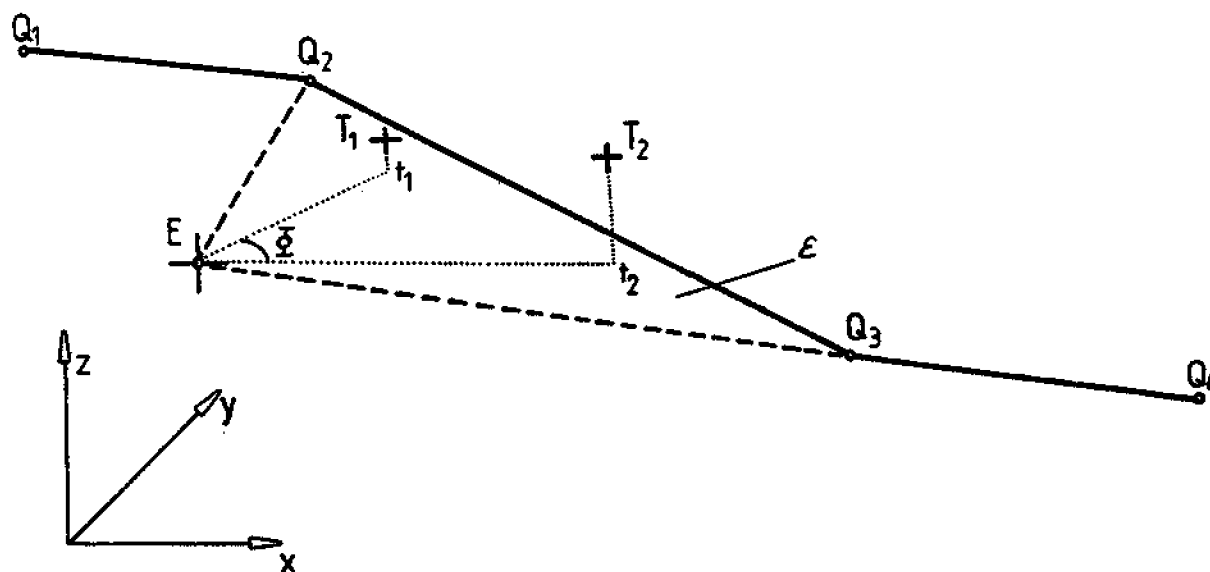


Fig. 1 Calcul de l'angle d'ouverture du secteur phi

- E : Point de réception  
 Q<sub>1</sub> ... Q<sub>4</sub> : Points-sources 1 à 4  
 T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> : Points topographiques 1 et 2  
 ε : Plan (Q<sub>1</sub>, E, Q<sub>2</sub>)  
 t<sub>1</sub> : Projection de T<sub>1</sub> sur ε  
 (direction de la projection || à l'axe z)  
 t<sub>2</sub> : Projection de T<sub>2</sub> sur ε  
 (direction de la projection || à l'axe z)



### 6.2.5 Atténuation due à l'air

L'atténuation due à l'air est l'atténuation qui résulte de l'absorption moléculaire du son. Elle dépend souvent de la fréquence de ce dernier. Or le bruit routier a un spectre assez constant et la formule suivante offre une bonne approximation:

$$\text{Atténuation}_L = 0.005 * r$$

r : parcours des ondes sonores en mètres.  
(distance source-récepteur)

Le modèle employé pour calculer l'atténuation due à l'air est décrit en détail sous [3].

### 6.2.6 Atténuation par le sol

Les interférences entre les ondes directes et celles réfléchies au sol entraînent une atténuation au voisinage du sol (cf. [3] et [4]).

Cet effet peut s'exprimer approximativement comme suit:

$$\text{Atténuation}_B = (C/(h+1)) * (1 - \exp(-r/D))$$

C, D : constantes qui dépendent du spectre; pour le bruit routier, C=20 et D=300  
h : hauteur moyenne de propagation par rapport au sol (en mètres)  
r : distance source-récepteur (en mètres).

### 6.2.7 L'effet d'obstacle

L'effet d'obstacle est calculé selon la formule (étendue) de Reinhold [6]. Dans la formule employée, l'atténuation due à l'obstacle dépend du détour  $w$  que fait le son.

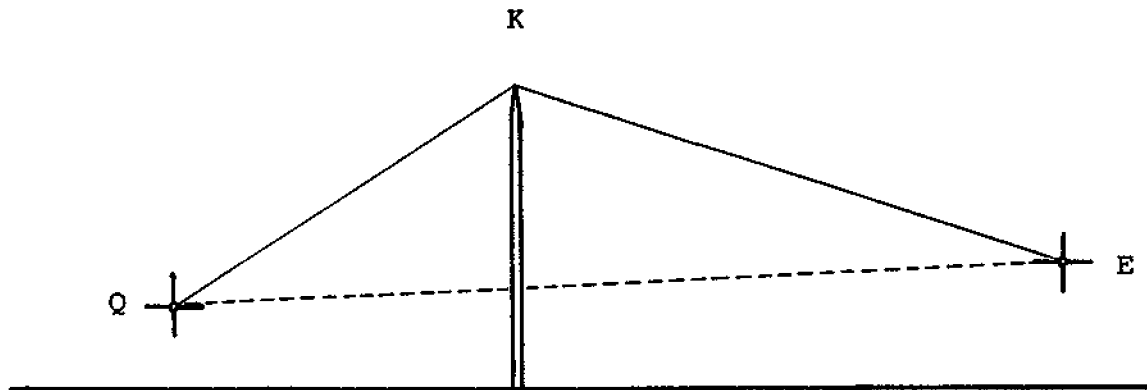


Fig. 2 L'effet d'obstacle selon Reinhold

La figure 2 montre bien le détour  $w$ :  $w = \overline{QK} + \overline{KE} - \overline{QE}$ .

Si  $w > 0.025$ , alors l'effet d'obstacle est le suivant:

$$H = 10 \cdot \log(5 + 80 \cdot w).$$

Même si la crête  $K$  est située sous la droite  $QE$  (cf. fig. 3), c.à.d. hors de la "zone d'ombre", l'obstacle diminue le niveau du bruit dans certains cas.

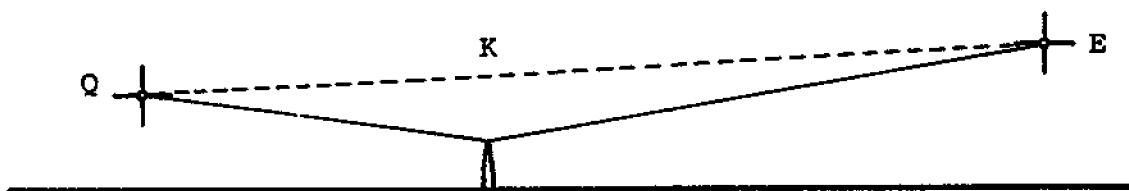


Fig. 3 L'effet d'obstacle, obstacle hors de la zone d'ombre

Si la crête  $K$  de l'obstacle se trouve hors de la zone d'ombre,  $w$  est négatif par définition:

$$w = \overline{QE} - \overline{QK} - \overline{KE}$$

Pour le domaine  $-0.0125 \leq w < 0.025$ , la formule applicable à l'effet d'obstacle est modifiée comme suit:

$$H = 10 \cdot \log(3 + 160 \cdot w).$$

Si la crête de l'obstacle est encore plus éloignée de la zone d'ombre ( $w < -0.0125$ ), l'effet d'obstacle est nul.

Par conséquent, la fonction de l'effet d'obstacle se divise en trois parties:

|                                      |   |                               |
|--------------------------------------|---|-------------------------------|
| $H = 0$                              | : | pour $w < -0.0125$            |
| $H = 10 \cdot \log(3 + 160 \cdot w)$ | : | pour $-0.0125 \leq w < 0.025$ |
| $H = 10 \cdot \log(5 + 80 \cdot w)$  | : | pour $w \geq 0.025$ .         |

Les formules de Reinhold ne décrivent qu'un site comportant un seul obstacle. Or le programme est capable de tenir compte de plusieurs obstacles (ou configurations topographiques ayant un effet d'obstacle) et il a fallu trouver un modèle adapté. Il est expliqué à la fig. 4. Partant de la source (et du récepteur), on dessine les demi-droites de plus forte inclinaison qui effleurent le relief (ou la crête d'un obstacle). A l'intersection de ces deux demi-droites, on place un obstacle imaginaire. Le calcul de l'effet d'obstacle se fait selon la règle énoncée ci-dessus en tenant compte de l'obstacle imaginaire.

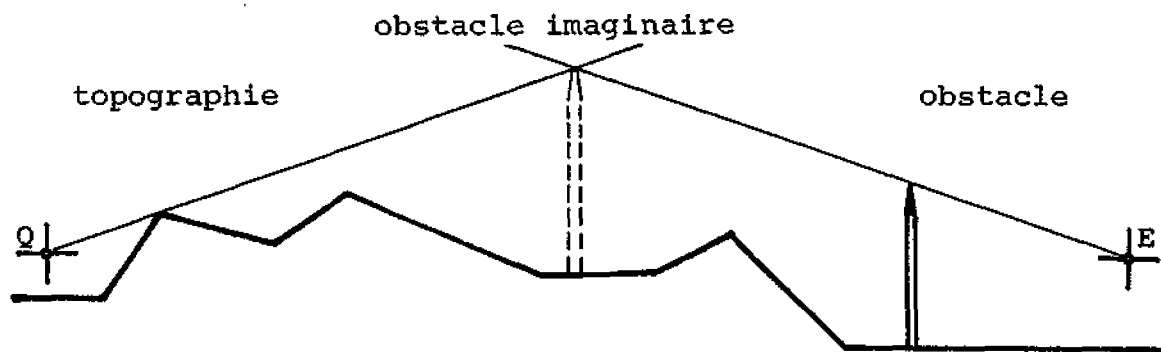


Fig. 4: L'effet de plusieurs obstacles

Ce mode de calcul a néanmoins un inconvénient; de très gros obstacles imaginaires risquent de surgir, entraînant une atténuation tout-à-fait improbable. On a donc introduit un effet d'obstacle maximal admissible, que décrit le diagramme suivant:

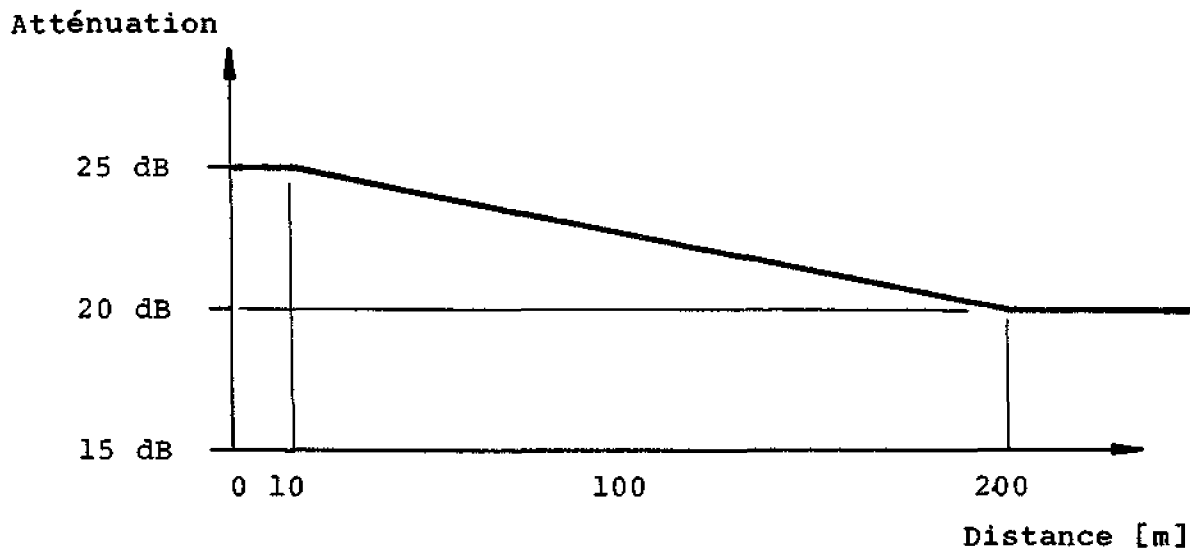


Fig. 5: Effet d'obstacle maximal admissible

Comme le montre le diagramme ci-dessus, la fonction exprimant l'effet d'obstacle maximal admissible dépend de la distance source-récepteur. Cette fonction est purement empirique. Elle tient compte du fait que l'effet d'obstacle est substantiellement plus important sur de courtes distances que sur de grandes distances (parce que le parcours des ondes sonores est courbe).

### 6.3 Description

Le programme STRASSE effectue les calculs acoustiques moyennant quelques "préparatifs" au plan de l'organisation et du calcul. Tout d'abord, le programme regarde dans un fichier de sélection quels blocs de données il va utiliser. Dès que les blocs nécessaires sont activés, le processus suivant se déroule pour chaque point de réception: tous les points définissant la topographie et les obstacles sont transformés de coordonnées cartésiennes (utilisées pour la saisie) en coordonnées cylindriques dans lesquelles le point de réception est une coordonnée zéro; ensuite, la première partie de la source (c.à.d. le tronçon de route entre les deux premiers points d'un bloc de données activé) est transformée dans les mêmes coordonnées cylindriques; ces deux points de la source délimitent le "secteur-source"; enfin, le programme cherche l'ensemble des points qui se trouvent dans le secteur-source et les ordonne par ordre croissant d'azimut (angle entre l'axe y et la demi-droite portant un point, mesuré dans le sens des aiguilles d'une montre). Ainsi triés, les points divisent le secteur-source en secteurs plus petits ou sous-secteurs. Dans chacun d'eux, les "conditions extérieures" (topographie, obstacles) sont désormais stables et il n'y a plus de discontinuités.

Afin que les rapports à l'intérieur d'un sous-secteur ne soient pas seulement stables mais constants, l'angle entre les limites d'un sous-secteur ne doit pas être trop grand. Pour le programme STRASSE, il est de  $9^\circ$  au plus. Il est calculé par projection des limites de secteur dans l'axe z sur le plan des sources (qui contient les tracés polygonaux des sources et le point de réception pertinents). Le programme mesure alors l'angle solide entre les deux demi-droites projetées (attention: cet angle ne correspond pas obligatoirement à la différence entre deux azimuts voisins car ceux-ci sont calculés dans le plan xy; cf. fig. 1). Si un sous-secteur fait plus de  $9^\circ$ , le programme le divise automatiquement jusqu'à obtenir une dimension acceptable. Dans chaque sous-secteur, on effectue alors une coupe le long de la médiane de l'angle. Cette coupe topographique est le point de départ du véritable calcul acoustique.

Sur la base des caractéristiques du trafic (vitesse, débit et proportion de poids lourds), la fonction descriptive de la source (cf. 6.2.2) permet d'obtenir une valeur de base du niveau de bruit. Le programme calcule ensuite les pertes dues à la propagation géométrique en appliquant la loi sur la distance et l'angle d'ouverture du secteur.

Pour avoir une idée exacte des influences qui s'exercent lors de la propagation du son, il faut des données supplémentaires (hauteur moyenne par rapport au sol du parcours des ondes sonores, position de l'obstacle le plus efficace ou de l'obstacle imaginaire). Le programme calcule automatiquement toutes ces

données à partir des coupes topographiques mentionnées plus haut. Puis les formules énoncées sous 6.2.4 à 6.2.6 s'appliquent pour le calcul de chaque atténuation. En soustrayant toutes les atténuations et pertes de la valeur de base du niveau de bruit, le programme obtient le niveau de bruit du sous-secteur étudié.

Les mêmes calculs ont ainsi lieu pour chaque sous-secteur d'un secteur-source. Les niveaux de bruit des sous-secteurs sont additionnés énergétiquement au fur et à mesure.

Pour obtenir le Leq du point de réception étudié, il faut faire les calculs décrits ci-dessus pour tous les secteurs-source. Alors, le programme STRASSE calcule le résultat (un niveau du Leq pondéré A) par addition énergétique des niveaux de bruit relevés dans chaque secteur-source.

#### 6.4 Utilisation

Il est recommandé ici aussi de mettre le programme STRASSE en marche et de suivre point par point les instructions ci-dessous.

- **Nom de projet:**

En premier lieu, STRASSE vous demande un nom de projet. Comme il faut un fichier de sélection pour y choisir les blocs de données à traiter, le programme vérifie d'abord s'il en existe un sous le nom de projet indiqué. Si ce n'est pas le cas, vous devez indiquer un autre nom.

Ne donnez donc que des noms de projet pour lesquels il existe au moins un fichier de sélection.

- **Menu principal (sélection des données):**

Une liste de tous les fichiers de sélection créés sous DATWAHL pour le projet indiqué apparaît à l'écran. Pour travailler sur un fichier donné, tapez simplement le numéro correspondant.

Bien entendu, vous pouvez sortir du programme à ce stade en tapant <A>.

- **Sortie des données:**

Comme nous l'avons dit à plusieurs reprises, STRASSE calcule à chaque point de réception le Leq, pondéré A. Cette valeur est toujours indiquée. Néanmoins, il est souhaitable de connaître ses données de départ. Ce menu vous permet d'appeler d'autres informations susceptibles de vous intéresser. Il s'agit tout d'abord des données de départ (données de localisation de tous types) mais aussi les caractéristiques du trafic (débit, vitesse et proportion de poids lourds).

Vous avez en outre la possibilité de contrôler ce que le programme calcule. Comme nous l'avons dit plus haut, STRASSE effectue ses calculs par secteur et établit une coupe de chacun d'entre eux. C'est à cette coupe que s'applique le modèle acoustique. L'option **Données de contrôle de chaque coupe** vous donne accès aux résultats intermédiaires obtenus pour chaque coupe. De plus, vous pouvez demander un graphique de l'une ou l'autre coupe à l'écran. Cela vous donne une possibilité de contrôle supplémentaire, notamment de la coordonnée z (qui n'apparaît pas sur le plan présenté sous DATWAHL et ne peut être vérifiée graphiquement).

**ATTENTION:** Sur le graphique, les hauteurs et les largeurs sont à la même échelle, qui peut varier d'une image à l'autre. Pour interpréter correctement chaque image, il faut avoir les "données de contrôle de chaque coupe" (par ex. distance récepteur/source --> D(Q)).

Ce menu a une particularité. Il vous permet à titre exceptionnel de sélectionner la combinaison d'options de votre choix et de l'entrer d'une traite. Par exemple, si vous voulez vérifier toutes les données concernant la source (options A et B) ainsi que les données de localisation des obstacles (option D), tapez <ABD>, <Enter>. Vous n'entrez l'information en appuyant sur <Enter> qu'après avoir indiqué toutes les options de votre choix.

Si vous choisissez l'option <H> (pas d'autres données), seule la valeur du Leq est calculée et indiquée. Bien entendu, cette option ne peut être combinée avec les autres car elle leur est contradictoire.

Il existe une autre option, qui ne figure pas à l'écran: vous pouvez sortir convenablement du programme en tapant <\$>.

- **Modes de sortie des données**

Il y en a trois: affichage à l'écran, impression, stockage dans un fichier. La dernière option vous permet de retravailler les résultats des calculs.

Si vous avez choisi dans le menu précédent l'option **graphique des coupes étudiées**, celles-ci apparaissent toujours à l'écran quel que soit le mode de sortie choisi. Si vous choisissez le mode de sortie à l'écran alors que vous aviez sélectionné l'option **données de contrôle de chaque coupe** dans le menu précédent, vous pouvez arrêter le défilement en appuyant sur n'importe quelle touche (attention: les "freins" entrent en action avec un certain décalage). Ainsi, vous pouvez étudier en toute tranquillité les données de contrôle de chaque coupe. Pour repartir, tapez <Enter>.

Pour que vous puissiez interpréter correctement les données supplémentaires ainsi obtenues (notamment les données de contrôle de chaque coupe), voici l'explication de quelques abréviations et concepts.

Si vous demandez l'impression des **données de contrôle de chaque coupe**, les mentions suivantes apparaissent:

**données de coupe:**

azimut ouvert. d/h(obst) hm bruit/base d&o aa ao as résultat

En voici la signification:

- azimut: angle entre l'axe y et l'axe de la coupe, mesuré dans le sens des aiguilles d'une montre (0 - 360 degrés).
- (angle de) ouverture: angle d'ouverture du sous-secteur considéré.  
ATTENTION: Cet angle est calculé par projection des limites de secteur sur le plan des sources (où figurent le segment source et le point de réception pertinent). Il correspond à l'angle solide entre les deux limites projetées. L'azimut, en revanche, est une projection de la coupe sur le plan xy. La différence entre deux azimuts ne correspond donc pas obligatoirement à l'angle (solide).
- d/h(obst): distance et hauteur de l'obstacle prépondérant. Le point de référence est le point au sol où se trouve le récepteur considéré (coordonnées x, y, z). Si la propagation du son n'est pas gênée par un obstacle, la distance a une valeur zéro. H(obst) indique la hauteur du point de réception par rapport au sol.
- hm: hauteur moyenne par rapport au sol du parcours supposé des ondes sonores.
- bruit/base: bruit mesuré à l'aide de la fonction source (cf. 6.2.2) et de la fonction de correction de la pente (cf. 6.2.3).
- d&o : pertes dues à la distance et à l'angle d'ouverture du secteur (cf. 6.2.4). Valeur constante pour tout le secteur-source.



- aa: atténuation de l'air (cf. 6.2.5); ao: atténuation due aux obstacles (cf. 6.2.6); as: atténuation par le sol (cf. 6.2.7); résultat: niveau de bruit d'un secteur. Toutes les pertes et atténuations sont déduites du bruit de base.

Lorsque vous appelez les données de contrôle à l'écran, vous obtenez les mêmes données mais sous une autre forme. Dans ce cas, la distance, c.à.d. la distance la plus courte entre le point de réception et la source, s'affiche en plus.

## 7. Conseils d'utilisation

### 7.1 Introduction

Le logiciel StL-86 est un instrument d'aide au calcul des immissions du bruit de la circulation routière. Ce programme informatique permet d'obtenir très facilement des résultats. Mais pour que ceux-ci aient une certaine justesse, vous devez connaître non seulement le mode de fonctionnement du modèle mais aussi ses limites et les erreurs de construction (issues de la transformation d'une réalité en modèle informatique). D'ailleurs, il faut escompter non seulement des erreurs de construction mais aussi des erreurs de données (par ex. erreur de saisie des coordonnées). Pour éliminer rapidement au moins les erreurs grossières, il est bon de demander la projection à l'écran d'un plan général (programme DATWAHL, pour découvrir les erreurs de localisation) voire la projection de chacune des coupes (programme STRASSE, pour découvrir les erreurs de hauteur).

Dans le paragraphe suivant, nous allons voir de plus près les limites du logiciel (précision!) puis nous présenterons quelques principes applicables à la construction de modèles. Cet exercice, qui consiste à transformer des plans en modèle informatique, est certainement l'aspect le plus délicat et le plus passionnant du travail sur StL-86.

En effet, la qualité d'une prévision de bruit ne dépend pas de l'imprimante utilisée mais bien de la sélection des données de travail.

### 7.2 Précision

Comme nous l'avons indiqué sous 6.2, le modèle acoustique comporte plusieurs éléments (fonction descriptive de la source, atténuation due à l'air, effet d'obstacle et atténuation par le sol). Tous ces éléments comportent des incertitudes et des erreurs dont certaines s'annulent mais d'autres s'ajoutent. En outre, le modèle ne tient pas compte de certains facteurs qui pourtant peuvent avoir une certaine influence sur la propagation des ondes sonores.

-----

Il s'agit par ex. des facteurs suivants:

- L'influence du vent (souvent considérable, attention lors des mesures comparatives!).
- La courbure du parcours des ondes sonores due au gradient thermique vertical.
- La réflexion sur les surfaces réverbérantes.
- La diffraction des ondes sonores sur les arêtes verticales (par ex. les pignons des maisons).

Comme le montrent des réflexions théoriques et des comparaisons entre divers sites de mesure, l'erreur du modèle représente en général 1 à 3 dB(A) (déviatión standard) selon les sites. Plus les distances sont grandes, plus les erreurs sont importantes.

### 7.3 Construction de modèles

#### 7.3.1 Source

Lorsque l'on caractérise une source, il y a quelques éléments à prendre en compte pour transformer au mieux la réalité (route) en modèle (tracé polygonal).

Dans quels détails faut-il caractériser une route? Il n'y a pas de réponse générale car cela dépend de l'énoncé du problème. Cependant, il importe de respecter les principes suivants:

- Plus le point de réception est proche de la source, plus il faut décrire celle-ci en détail.
- Plus un obstacle est proche de la source, plus il faut décrire source et obstacle en détail.

Pour décrire une source en détail, on peut par ex. la diviser en voies. Bien entendu, il faut répartir judicieusement le débit du trafic entre les différentes voies.

Le choix de la vitesse correcte est également essentiel pour rendre compte du site avec précision. Le niveau de base du bruit ne dépend pas de la limite de vitesse indiquée mais de la vitesse réelle!

En outre, il ne faut pas oublier que la fonction descriptive de la source ne s'applique qu'à l'asphalte sec.

-----

Pour les autres revêtements, il faut prendre en compte les éléments supplémentaires suivants selon [1]:

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| Béton brut | : | + 2 dB(A) |
| Pavés      | : | + 6 dB(A) |

Outre les propriétés du revêtement, les constructions sises le long d'une route peuvent avoir une certaine influence (réflexions). Vous devez prévoir ces facteurs dans votre modèle car le programme ne les prend pas en compte automatiquement.

Lorsque l'on définit une source, on se demande toujours comment délimiter le périmètre à étudier. On est souvent tenté de s'arrêter aux limites de la source. En réalité, cela n'est correct que lorsque la route sise hors du périmètre ainsi délimité n'est plus visible. Sinon il faut poursuivre la route jusqu'au point où elle disparaît de la vue.

### 7.3.2 Les points de réception

En général, l'emplacement des points de réception ressort de l'énoncé du problème. On s'intéresse en règle générale aux points les plus exposés au bruit, c.à.d. à ceux qui sont situés le plus en hauteur par rapport au sol (dernier étage) car c'est là que l'effet d'obstacle et l'atténuation par le sol se font le moins sentir.

Comme nous l'avons évoqué plus haut, les obstacles proches des sources ou des points de réception ont une plus grande influence que les obstacles situés au milieu (l'effet d'obstacle dépendant du détour qu'effectuent les ondes sonores). Par conséquent, lorsque l'on indique les sources et les obstacles, il faut regarder s'il existe à proximité des obstacles susceptibles d'exercer une influence sur le point de réception.

Exemple:

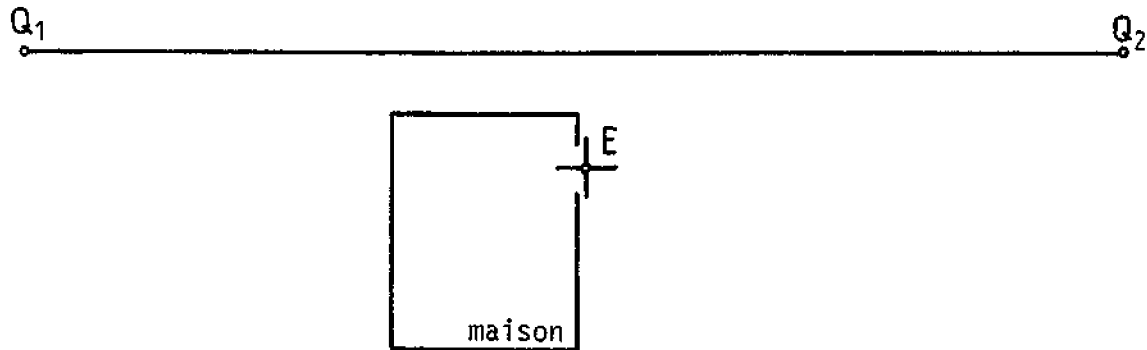


Fig. 6: L'effet d'écran produit par un bâtiment (situation)

L'exemple ci-dessus montre que la maison elle-même sert d'écran; seule la moitié de la source est visible (ce qui entraîne une différence de 3 dB(A)!) !

### 7.3.3 Topographie et obstacles

La topographie peut avoir une influence négative sur l'effet d'obstacle comme sur l'atténuation par le sol. En effet, elle produit un effet d'obstacle dès lors qu'elle coupe la droite récepteur/source. Or l'atténuation de sol dépend de la hauteur moyenne par rapport au sol du parcours présumé des ondes sonores, hauteur qui dépend elle-même directement de la topographie. Il faut donc avoir soin d'en tenir compte lors de la construction du modèle.

A l'instar des obstacles, la topographie au voisinage proche de la source ou du point de réception doit être minutieusement étudiée. En effet, toute imprécision peut prendre de l'importance si l'un des côtés du polygone produit un effet d'obstacle.

---

Pour transformer au mieux la réalité en modèle, et donc pour faire une sélection optimale des données, il ne faut jamais perdre de vue le fait que le logiciel élabore des coupes entre la source et le point de réception. On peut établir sans difficulté les principaux tracés polygonaux de la topographie en se demandant quelles informations sont pertinentes pour chacune de ces coupes (quelles en sont les "vallées" et les "montagnes"?). Ce procédé a l'inconvénient d'engendrer de fortes variations de tracé polygonal d'un point de réception à l'autre. Dans la pratique, on procède en deux fois pour décrire la topographie. Dans un premier temps, on définit sur un plan l'ensemble des lignes topographiques caractéristiques (crêtes, dépressions, ruptures de déclivité) entre les points de réception et les sources. Dans un deuxième temps, on détermine les lignes principales selon le procédé indiqué plus haut et, le cas échéant, on les complète. Alors, on saisit les lignes nécessaires uniquement.

En employant ce double procédé, on est assuré de pouvoir construire un modèle sensé qui donne une représentation correcte de la réalité acoustique.

**Appendice 1: LISTE DES NOMS DE FICHER UTILISES**

Chaque nom de fichier se compose d'un nom et d'une extension. Le nom est toujours identique à celui que vous avez attribué au projet. L'extension établit le type de données stocké dans chaque fichier.

| Extension | Description                                                                                                                                                                                     |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <.QUE>    | (QUElle = source) Contient les blocs de données localisant les sources (coordonnées x, y, z).                                                                                                   |
| <.HIN>    | (HINDernis = obstacle) Contient les blocs de données localisant les obstacles (coordonnées x, y, z et hauteur par rapport au sol de la crête des obstacles).                                    |
| <.TOP>    | (TOPographie) Contient les blocs de données localisant les lignes topographiques (coordonnées x, y, z).                                                                                         |
| <.EMP>    | (EMPfangspunkt = point de réception) Contient les blocs de données localisant les points de réception (coordonnées x, y, z et hauteur par rapport au sol).                                      |
| <.INH>    | (INHaltverzeichnis = liste) Contient la liste de tous les blocs de données comportant des informations supplémentaires, par ex. titres, débit du trafic, proportion de poids lourds et vitesse. |
| <.ARB>    | (ARBeitsfile = fichier de travail) Même structure que le fichier <.INH>.<br>En général, effacé après usage.                                                                                     |
| <.HXD>    | Fichier de travail servant à retravailler le fichier <.INH>.<br>En général, effacé après usage.                                                                                                 |
| <.AF0>    | (Auswahl-File = fichier de sélection) Fichiers de sélection n° 0 à 9 contenant les "adresses" de                                                                                                |
| ..        | tous les blocs de données retenus pour un projet.                                                                                                                                               |
| <.AF9>    | Ces fichiers ont la même structure que les listes.                                                                                                                                              |
| <.TX0>    | (Text-File = fichier de texte) Fichiers de texte n° 0 à 9; le programme STRASSE permet de sortir                                                                                                |
| ..        | des données sur un fichier dont l'extension comporte alors le même chiffre que le fichier de sélection qui sert de base de calcul.                                                              |
| <.TX9>    | Par ex.: Si vous entamez les calculs avec le fichier de sélection n° 3 (<.AF3>), l'extension <.TX3> est attribuée à votre fichier de texte.                                                     |

La modification du quotient des facteurs d'échelle entraîne, dans le répertoire en cours d'utilisation, la création d'un fichier intitulé <STL-86.SKA>, qui contient un seul nombre réel, le quotient des facteurs d'échelle.

Appendice 2: STRUCTURE DES DONNEES

Cet appendice est destiné aux utilisateurs qui souhaitent adapter la saisie des données à leurs besoins particuliers et ont donc besoin de quelques renseignements supplémentaires sur la structure attribuée aux données.

Comme nous l'avons mentionné en introduction, le logiciel StL-86 est rédigé en TURBO-Pascal (et en allemand) avec les déclarations suivantes:

```

const      Max_Anz_PP      = 10; { Maximale Anzahlk Polygonpunkte
                                pro Block }
                                (nb max de points de polygone
                                par bloc)

type       Datenart        = (QUELLE, HINDERNIS, TOPOGRAPHIE,
                                (type de données) EMPFAENGER);
                                (source, obstacle, topographie,
                                récepteur)

                                Koordinaten      = record
                                (coordonnées)
                                x : real      { x-Koordinate }
                                y : real      { y-Koordinate }
                                z : real      { z-Koordinate }
                                h : real      { Höhe über Grund }
                                (hauteur/sol)
                                end;

                                Polygonzug      = array [1..Max_Anz_PP] of
                                (tracé polygonal) Koordinaten;

                                Kopf            = record
                                (en-tête)
                                Nummer : integer; { Blocknummer }
                                Name : string[10]; { Stichwort }
                                Link : Datenart;
                                Art : char; { nicht verwendet }
                                Verkehrsmenge: integer; { Fz/h }
                                Geschwindigkeit: integer;
                                { km/h }
                                Lastwagenanteil: real; { 0..1 }
                                end;

(titre)
(débit trafic, véh/h)
(vitesse)
(propportion de camions)

```

Le fichier portant l'extension <.INH> est de type en-tête (file of Kopf) tandis que les fichiers portant les extensions <.QUE>, <.HIN>, <.TOP> ou <.EMP> sont de type tracé polygonal (file of Polygonzug). Les blocs de données doivent être stockés dans ces fichiers conformément à leur numéro, c.à.d. que le lieu où se trouve un bloc correspond exactement à son numéro mis en mémoire dans l'en-tête. Dans la liste (extension <.INH>), les blocs d'un type déterminé de données doivent avoir exactement la même séquence. En revanche, la séquence des types de données est sans importance.

Exemple:

Fichier LAUTDORF.INH

| N° | Name    | Link      | Type | Trafic | Vit. | Proport. poids<br>lourds |
|----|---------|-----------|------|--------|------|--------------------------|
| 1  | Südstr. | QUELLE    | -    | 500    | 50   | 0.11                     |
| 1  | Mur     | HINDERNIS | -    | --     | --   | --                       |
| 2  | Wall    | HINDERNIS | -    | --     | --   | --                       |
| 1  | Crête N | TOPOGR.   | -    | --     | --   | --                       |
| 2  | Crêt NO | TOPOGR.   | -    | --     | --   | --                       |
| 3  | Dépres. | TOPOGR.   | -    | --     | --   | --                       |
| 4  | Rupture | TOPOGR.   | -    | --     | --   | --                       |
| 1  | Maison  | RECEPTEUR | -    | --     | --   | --                       |



---

**Fichier LAUTDORF.QUE**

Il ne contient qu'un seul array [1..Max\_Anz\_PP] of Koordinaten (matrice de coordonnées), comprenant les coordonnées de la Südstrasse.

**Fichier LAUTDORF.HIN**

Il contient deux matrices de coordonnées; la première comprend les coordonnées de l'obstacle mur et la seconde celles de l'obstacle wall.

**Fichier LAUTDORF.TOP**

Il contient quatre matrices de coordonnées; la première contient les coordonnées du tracé polygonal topographique crête N, la seconde celles du tracé polygonal crête NO, la troisième le tracé dépression et la quatrième le tracé rupture.

**Fichier LAUTDORF.EMP**

Il contient une seule matrice de coordonnées, qui comprend les coordonnées du bloc maison.

### Appendice 3: MESSAGES D'ERREUR

Toute faute grave (par ex. une division par zéro) provoque une sortie anormale du programme. Celui-ci repère automatiquement les erreurs les plus évidentes et explique la raison de la sortie forcée.

En cas d'erreur non prévue par le programmeur, un message d'erreur en TURBO-Pascal apparaît. Leur explication figure ci-dessous. Les messages employés ont été tirés de [7].

#### 1. Erreurs d'exécution

Les erreurs d'exécution entraînent l'apparition du message suivant:

Run-time error NN, PC=addr  
Program aborted

NN représente le numéro (hexadécimal) de l'erreur et addr l'adresse de l'erreur dans le programme.

- 01 Dépassement de la virgule flottante.
- 02 Tentative de division par zéro.
- 03 Tentative d'extraction de la racine carrée d'un nombre négatif.
- 04 Tentative d'établissement du logarithme d'un nombre  $\leq 0$ .
- 90 Liste des matrices hors du domaine significatif.
- 91 Scalaire ou domaine partiel hors du domaine acceptable.
- 92 Attribution à un nombre entier d'une valeur entière hors du domaine acceptable (-32768..32767).
- FF Saturation de la mémoire dynamique ou statique (pas assez de place en mémoire vive).

---

## 2. Erreurs de saisie ou de sortie

Si vous commettez une erreur pendant les opérations de saisie ou de sortie, le message suivant apparaît:

**I/O error NN, PC=addr  
Program aborted**

**NN** représente ici aussi le numéro de l'erreur et **addr** l'adresse de l'erreur dans le programme.

- 01 Tentative d'accès à un fichier inexistant.
- 02 Tentative de lecture d'un fichier non préparé en lecture.
- 03 Tentative d'écriture dans un fichier protégé en écriture.
- 04 Tentative d'écriture dans un fichier non ouvert à des fins d'écriture.
- 10 Mise en mémoire d'une chaîne sous forme de variable numérique d'un format erroné.
- 99 Fin de fichier imprévue.
- F0 Ecriture sur disquette impossible: disquette ou mémoire-tampon pleine à la suite d'une tentative d'extension d'un fichier.
- F1 Répertoire (directory) plein: tentative d'ouvrir un nouveau fichier mais il n'y a plus assez de place dans le répertoire.
- F2 Fichier trop important.
- FF Disparition d'un fichier: tentative de refermer un fichier qui ne se trouve plus dans le répertoire (par ex. parce que vous avez changé de disquette).

---

**BIBLIOGRAPHIE**

- [1] : OFPE/LFEM: Documents du cours sur le bruit routier "Strassenlärm" des 18/19.6.84 et 3.9.84
- [2] : Herschel, Rudolf: Turbo Pascal, Oldenburg, 1985
- [3] : Hofmann, Robert: Lärmbekämpfung I, Vorlesungsscript ETHZ 1983
- [4] : Lauber, Anselm: Akustische Grundlagen, Vorlesungsunterlagen ETHZ 1980
- [5] : Rathe, E. J. et Meury, F.: Model 77: Computer Model for Noise Propagation Studies (User's Guide)
- [6] : Reinhold, Günter: Die Wirkung von Abschirmungseinrichtungen zur Lärminderung an Strassen, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft 157, 1974
- [7] : Turbo Pascal 3.0, Handbuch, Heimsoeth Software, 1985
- [8] : Wirth, Niklaus: Algorithmen und Datenstrukturen, Teubner, Stuttgart 1983.