



Prise en compte de la performance acoustique en phase d'avant-projet-sommaire de bâtiment dans un contexte de conception assistée par ordinateur

Khaldoun Zreik

► To cite this version:

Khaldoun Zreik. Prise en compte de la performance acoustique en phase d'avant-projet-sommaire de bâtiment dans un contexte de conception assistée par ordinateur. Acoustique [physics.class-ph]. Ecole nationale des ponts et chaussées - ENPC PARIS / MARNE LA VALLEE, 1986. Français. NNT : . pastel-00574141

HAL Id: pastel-00574141

<https://pastel.hal.science/pastel-00574141>

Submitted on 7 Mar 2011

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

NS 13448(3)

Année 1986

THESE

présentée à

l'ECOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSEES

en vue de l'obtention du diplôme de

DOCTORAT de l'ENPC

par

Khaldoun ZREIK

Prise en compte de la performance acoustique en phase
d'Avant-Projet-Sommaire de Bâtiment dans un contexte
de Conception Assistée par Ordinateur.

Soutenue le 24 Novembre 1986 devant la commission d'examen

Jury

J. DUFAU

Président

J. MAURETTE

M. MIRAMOND

C. PINGEON

J. RILLING

J. ZEITOUN

Année 1986.

THESE

présentée à

L'ECOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSEES

en vue de l'obtention du diplôme de

DOCTORAT de l'ENPC

par

Khaldoun ZREIK

**Prise en compte de la performance acoustique en phase
d'Avant-Projet-Sommaire de Bâtiment dans un contexte
de Conception Assistée par Ordinateur.**

Soutenue le 24 Novembre 1986 devant la commission d'examen:

Jury :

J.DUFAU**Président.****J.MAURETTE****M.MIRAMOND****C.PINGEON****J.RILLING****J.ZEITOUN**

E.N.P.C.



DOC05179

AVANT-PROPOS

Ce travail, préparé dans le cadre de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées (ENPC), sous l'égide de Monsieur Claude PINGEON Directeur du Centre d'Etudes et de Recherche en Informatique Appliquée, a été réalisé au sein du Centre d'Informatique et de Méthodologie en Architecture (CIMA), dans le cadre du projet X2A (qui réunit, outre celui-ci, le Laboratoire Méthodes à l'Institut National des Sciences Appliquées (INSA) de LYON, le Laboratoire Génie-Civil Habitat (LGCH) à l'Université de SAVOIE, le Laboratoire de Communication Visuelle de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines (ENSM) de ST-ETIENNE), sous la direction de Monsieur Jean ZEITOUN. Qu'ils soient tous deux remerciés de leur accueil et de leurs recommandations.

J'exprime ma très vive reconnaissance à Monsieur Marcel MIRAMOND Directeur du Laboratoire Méthodes à l'INSA de LYON, pour son assistance, ses encouragements et ses conseils tout au long de cette étude.

J'adresse également mes sincères remerciements à Monsieur le Professeur Jacques DUFAU de l'université de SAVOIE à CHAMBERY, à Monsieur le Professeur Jean MAURETTE de l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures, qui ont eu la tâche difficile de rapporter et de juger cette recherche.

J'exprime aussi ma sincère reconnaissance à Monsieur le Professeur Jacques RILLING de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Directeur Adjoint du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), qui a accepté de faire partie de ce jury.

Mes profonds remerciements vont enfin à toutes les personnes du CERIA et du CIMA auprès desquelles j'ai toujours trouvé aide, compréhension et encouragements.

RESUME

L'objectif de cette recherche est la définition, la réalisation et l'intégration de la maquette d'un système d'aide à l'évaluation de la performance acoustique. Cette évaluation est considérée en phase d'avant-projet dans un contexte de conception appliquée au bâtiment.

Le processus de développement de l'étude exige:

a- La définition d'une méthodologie de conception globale prenant en compte les différentes composantes de conception.

b- La construction d'un modèle d'évaluation acoustique permettant de déterminer le niveau sonore, l'isolement réglementaire, l'isolation produite et l'indice de qualité correspondant pour chaque composant du bâtiment.

c- La recherche d'une sorte de compromis entre la méthodologie de la conception choisie et la technologie de la mise en oeuvre proposée. Ce qui permet de développer un système répondant au maximum des exigences et des contraintes d'évaluation acoustique en phase d'avant projet.

Trois réponses informatiques ont marqué les différentes étapes d'évolution de la recherche :

- 1 - ECHO : outil d'évaluation automatique de type conversationnel.
- 2 - SONARE : système d'évaluation automatique qui s'insert dans un environnement de CAO spécialisé en bâtiment.
- 3 - SONO : système expert d'aide à l'évaluation implanté dans un environnement de CAO spécialisé en bâtiment.

L'ensemble de ces travaux a permis enfin de proposer une architecture d'un système d'évaluation intelligente intitulé Delta-DIALOG qui favorisera la relation Homme-Système.

ABSTRACT

The object of this research is to define, implement and to integrate the model of an acoustic performance evaluation aided system. The evaluation will be carried out during the preliminary design stage in relation to a Computer Aided Design process applied to building.

The different steps of development involve :

a - The definition of a global design methodology which takes into account the different design components.

b - The elaboration of an acoustic evaluation model which would determine the sound level, the prescribed insulation, the achieved insulation and the level of quality attributed to each component of the building.

c - The search for compromise between the selected design methodology and the proposed implementation technology. This approach will allow to elaborate a system obeying the implementation constraints and meeting at best the acoustic evaluation requirements during the preliminary design stage.

The following realisations corresponding to the different stages of the research are to be emphasized :

ECHO a conversational automatic evaluation tool.

SONARE an evaluation system elaborated in an environment of specialized Computer Aided Design applied to building.

SONO evaluation aided Expert System implemented in an environment of specialized Computer Aided Design applied to building.

The research work allowed us to propose the architecture for an intelligent evaluation system named DELTA-DIALOG through which a more advanced Man/System relationship can be established.

SOMMAIRE

Introduction

PREMIERE PARTIE

Chapitre I : DOMAINE DE L'ETUDE LE PHENOMENE ET LA CONCEPTION ACOUSTIQUE.

- La conception acoustique en phase d'avant-projet-sommaire(P.6).
- Problématique de l'évaluation de la performance acoustique au stade de l'A.P.S du bâtiment(p.12).
- La conception acoustique dans l'habitat(p.14).
- Problématique de L'utilisation de l'informatique pour l'évaluation acoustique dans le bâtiment(p.21).

Chapitre II : VERS UN MODELE D'EVALUATION ACOUSTIQUE.

- L'approche méthodologique proposée pour l'évaluation de la performance acoustique en phase d'A.P.S(p.28).
- La dépendance des choix(p.30).
- Les critères du choix d'un système d'évaluation acoustique(p.35).
- Modèle du sous-système acoustique(p.38).

DEUXIEME PARTIE

VERS UN SYSTEME DE CAO

Chapitre III : SCENARII DE DEVELOPPEMENT.

- La manipulation des données(p.94).
- Manipulation des procédures de calculs(p.97).

Chapitre IV : 1er DEVELOPPEMENT UN OUTIL AUTOMATIQUE POUR L'EVALUATION DE LA PERFORMANCE ACOUSTIQUE EN AVANT-PROJET.

- L'adaptation du modèle bâtiment(p.102).



- L 'architecture du programme ECHO(p.106).
- ECHO est un outil automatique interactif spécialisé en acoustique(p.112).

2ème DEVELOPPEMENT SONARE : UN SYSTEME DE CONCEPTION ASSISTEE PAR ORDINATEUR POUR L'EVALUATION ACOUSTIQUE EN AVANT PROJET SOMMAIRE DU BATIMENT.

Chapitre V : CONTEXTE ET ENVIRONNEMENT DE L'ETUDE, LE SYSTEME "X2A".

- Le contexte de la recherche(p.125).
- Présentation du système de CAO adopté(p.129).

Chapitre VI: DESCRIPTION ET FONCTIONNALITEE DU SYSTEME SONARE

- Introduction vers une nouvelle stratégie(p.140).
- Architecture de SONARE(p.140).
- La technique d'interaction entre SONARE et les BD(s) du système X2A(p.154).
- Scénario du fonctionnement de SONARE(p.158).
- Les relations HOMME-SYSTEME(p.160).
- Les limites et les contraintes du système(p.162).
- Les apports du système SONARE(p.164).

TROISIEME PARTIE

L'INTEGRATION DES CONCEPTS DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE DANS UN SYSTEME DE CAO-BATIMENT.

Chapitre VII : VERS UNE EVALUATION EXPERTE DE LA PERFORMANCE ACOUSTIQUE EN A.P.S DE BATIMENT BASEE SUR LES CONCEPTS DES TECHNIQUES DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE.

- La notion des processus intuitifs de conception(p.175).
- Synthèse de la recherche(p.176).
- La relation Evaluation acoustique - Expertise(p.179).
- Le propos de l'expert acousticien(p.180).
- Les modalités de l'expertise en matière d'évaluation acoustique(p.183).
- Les expertises en matière d'évaluation acoustique ... (p.183).
- L'intégration de la notion de l'expertise dans un système de CAO(p.184).

Chapitre VIII : 3ème DEVELOPPEMENT : CONTRIBUTION A LA REALISATION
D'UNE MAQUETTE D'UN SYSTEME EXPERT POUR
L'EVALUATION DE LA PERFORMANCE ACOUSTIQUE EN A.P.S
DU BATIMENT.

- Problématique de l'utilisation de la technique des systèmes experts pour l'évaluation acoustique(p.191).
- Méthodologie de développement proposée(p.197).
- KRIS est le moteur d'inférence d'ordre 1 adopté pour le développement du S.E - SONO(p.198).
- Présentation d'un S.E pour l'évaluation de la performance acoustique en A.P.S du Bâtiment : SONO(p.206).
- La mise en oeuvre du SE-SONO(p.227).
- Validité et limitation du système(p.233).
- Conclusion et extension(p.234).

INTRODUCTION

Faciliter les processus de l'évaluation de la performance de l'isolation acoustique c'est encourager sa prise en compte dès les premières phases de conception.

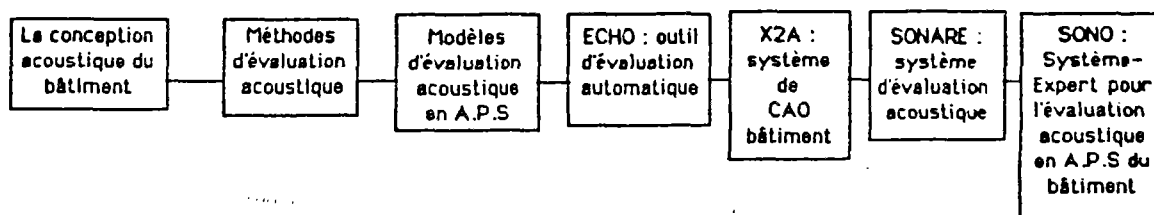
Notre approche fait partie d'une stratégie de recherche en Conception du Bâtiment Assistée par Ordinateur permettant des évaluations et des études de variantes sur les plans architecturaux, techniques et économiques.

Notre intervention consiste à établir les moyens de la prise en compte effective de la performance acoustique en phase d'Avant Projet Sommaire.

L'énoncé précédent nous conduisent à définir une démarche d'évolution de l'étude permettant d'appréhender les trois approches fondamentaux du développement, à savoir :

- . Définir la méthodologie de la prise en compte des différentes aspects intervenus lors de la conception du bâtiment;
- . Etablir le modèle d'évaluation de la performance acoustique correspondant aux exigences réglementaires et conceptuelles manifestées;
- . Choisir la technologie du développement informatique correspondant au contexte général.

Pour ce faire nous avons suivi une démarche d'évolution progressive de type horizontale schématisée comme suit :



Cette représentation révèle les deux axes principales de la recherche :

- 1 -L'établissement, à partir de l'existant, d'un outil homogène et intégrale permettant aux concepteurs d'évaluer la qualité acoustique d'un projet;
- 2 -La recherche d'un type de compromis qui rend la reproductivité du couplage Méthodologie-Technologie en CAO-bâtiment, dans son état optimal.

En effet, le choix du composant d'évaluation acoustique a caractérisé néanmoins la logique et la technique d'évolution de cette recherche.

Le phénomène acoustique dans le bâtiment a des impacts multiples: physique, psychologique, technique, économique, esthétique etc. Or les organismes de recherche scientifique qui s'y intéressent sont parallèlement nombreux et variés, à savoir les centres d'études et de recherches en transports et circulations urbains, en sciences et techniques du bâtiment, en urbanisme et aménagement du territoire, les laboratoires des ponts et chaussées outre les centres et les organismes chargés d'étudier les effets et l'importance du bruit sur la physiologie et la psychologie des habitants. Chaque intéressé présente le phénomène acoustique différemment, il localise des pôles et des moyens d'action compatibles avec ses concepts.

La conception acoustique dans le bâtiment est il, donc, une question du confort ou de nécessité? comment est il vu par la réglementation? comment procédons nous pour la résoudre? quels sont les outils de résolutions disponibles?. Le chapitre I présente l'essentiel des analyses et des travaux explicatifs établis autour de ces points d'interrogations.

Le fait que le champ d'action choisi est l'avant projet sommaire du bâtiment et que l'objectif se situe dans un contexte de CAO-bâtiment nous serons obligés de définir une approche méthodologique spécifique soutenue par un modèle d'évaluation respectant les exigences et les contraintes de conception. Au chapitre II nous présenterons: l'ensemble de critères qui ont participé à définir la méthodologie, la modélisation du bâtiment retenue et les modèles de calculs et des données correspondants.

La définition d'une méthodologie suivie de l'établissement d'un modèle d'évaluation nous permettent de confronter la deuxième partie de ce travail concernant les développements informatiques.

Le passage d'un monde de raisonnements naturels à un monde de raisonnements automatique fait apparaître de nouveaux discours de manipulation et de traitement des connaissances. Les procédures d'évaluation déduites de la première partie sont entièrement extraites du monde des praticiens dans un esprit sélectif prenant en compte autant que possible les exigences qu'un système de CAO-Bâtiment impose. Dans le chapitre 3 nous proposons une suite de scénarii concernant les différentes étapes du processus d'évaluation acoustique.

Le nombre de produits informatiques abordant le domaine d'évaluation acoustique est très limité par rapport aux autres domaines de la conception du bâtiment. Ce nous oblige à respecter une hiérarchie du développement, dit académique, au début du processus.

ECHO : outil d'évaluation automatique de la performance acoustique en Avant Projet Sommaire du Bâtiment dont l'objectif est de démontrer la faisabilité, la fiabilité et la validité de la méthodologie, des modèles et des scénarii proposés. ECHO fait l'objet du chapitre IV.

Les résultats escomptés par ECHO permettent de valider les concepts algorithmiques d'évaluation, mais ils ne remplissent pas les besoins et les exigences d'un système de CAO. Or, nous nous retrouvons en face d'une nouvelle étape de réflexion et de conception qui consiste à définir la maquette d'un système d'aide à l'évaluation acoustique intégré à un environnement évolutif de CAO-Bâtiment spécialisé. Dans le chapitre V nous tâcherons de présenter l'architecture, la structure, le fonctionnement et la manipulation d'un tel environnement de conception.

Le système "X2A" constitue une première réponse mettant à la disposition du concepteur des outils d'évaluation et d'aides à la décision multicritères ou pluridisciplinaires, activables à un stade précoce de la conception.

Le système SONARE est censé satisfaire une grande partie des contraintes de la conception acoustique, et permettre d'appréhender rapidement et correctement les conséquences de décision tout au long du processus. SONARE présente une mise en oeuvre concrète des différents concepts adoptés en X2A. Dans le chapitre VI nous trouverons une présentation complète du SONARE : l'architecture du système, la structure des données, les interactions avec les bases de données associées à l'environnement X2A, les relations Homme-Système, la précision, les limites et les apports du SONARE au domaine de conception.

SONARE met en évidence le besoin indiscutable d'un SGBD et d'un Langage de Requêtes adéquats pour faciliter les processus d'intégration .

Au cours de ce développement nous avons constaté que si l'adaptation effective du système était possible elle ne pourrait pas être accessible directement à l'utilisateur . Cette limitation est simplement afférente à l'architecture de gestion informatique du système (gestion procédurale).

Les limitations et les contraintes manifestées, lors de la réalisation et de la mise en oeuvre du SONARE , nous autorisent de considérer qu'à l'heure actuelle les préoccupations principales de la conception d'un système de CAO sont :

- 1 - La définition d'une stratégie de modélisation transparente de l'objet bâtiment ,
- 2 - La restitution fonctionnelle de la notion du dialogue dans un système de CAO : il s'agit de substituer l'esprit de

conversation interrogatif-sélectif par un dialogue dynamique où l'utilisateur pourra intervenir "où" et "quand" il le voudra.

Malgré la réussite relative de SONARE nous constatons que les attentes d'un système de CAO sont toujours plus ambitieuses. Or l'intégration des techniques de l'Intelligence Artificielle nous paraît inévitable pour parvenir au contexte souhaité.

La technique des Systèmes Experts est l'un des domaines les plus avancés et le plus prometteur en I.A (Réf:109). Les compétences acquises en adoptant ce type de technologie favorisent son intégration à notre structure de travail. Pourquoi un SE? qu'est-ce qu'un processus intuitif? qu'est-ce que l'expertise et comment est-elle présentée dans les processus d'évaluation acoustique? Ce sont des questions que nous essayons d'y répondre dans le chapitre VII.

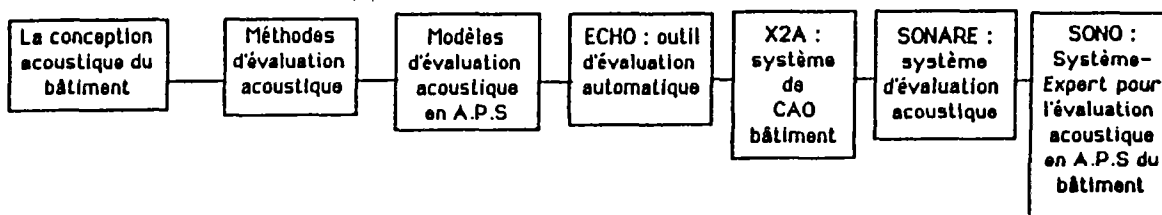
La réalisation d'un SE s'effectue en deux phases ordonnées, la première concernant les processus d'acquisition, de préparation et d'expression des connaissances. La seconde porte sur la transmission de ces connaissances à un support informatique.

SONO contient un ensemble de connaissances en matière d'évaluation acoustique, accumulées puis représentées sous forme de règles de production utilisant un langage d'expression de haut niveau. SONO est censé aider le concepteur à évaluer la performance acoustique du projet, donner des explications sur ses raisonnements, acquérir de nouvelles informations (création d'objets, des relations ou l'écriture des nouvelles règles), permettre une éventuelle intervention de l'utilisateur afin de modifier ou supprimer un fragment de connaissance, être lisible et accessible par tout type d'utilisateur, etc.. Le chapitre VI présente SONO et les différentes étapes de sa réalisation notamment la conception de la Base de Connaissances, ainsi que la description des moyens adoptés pour la mise en oeuvre (le Moteur d'Inférence KRIS, le SGBD PROJET, le Langage de Requêtes etc.).

SONO a révélé d'une part, l'importance logique et fonctionnelle d'une architecture d'un système de CAO-Bâtiment intégrant les techniques de SE. D'autre part, il a permis de repérer des aspects favorables à développer, à savoir :

- . l'utilisation d'une interface de représentation orientée objet associée au système;
- . l'adoption de la notion de méta connaissances;
- . l'intégration d'un outil d'aide à la saisie de connaissances;
- . l'optimisation des procédures de la mise au point de la base de connaissances;
- . la définition d'une nouvelle architecture du système de CAO privilégiant les relations Homme-Système.

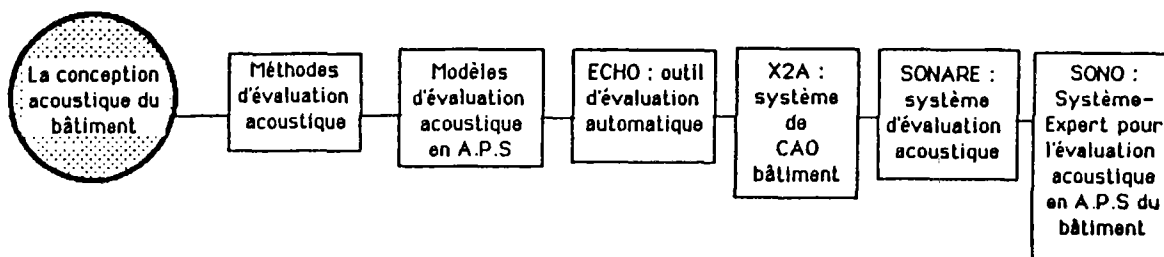
L'architecture du système Delta DIALOG proposée à la fin de ce travail a pour but définir d'arriver un environnement compatible capable de simuler au plus près, les processus intuitifs et algorithmiques de l'évaluation de la performance acoustique en Avant Projet Sommaire du Bâtiment.



L'esprit scientifique nous interdit d'avoir une opinion sur des questions que nous ne comprenons pas, sur des questions que nous ne savons pas formuler clairement.

Gaston Bachelard (Réf 1).

Première PARTIE



Chapitre 1

Dans ce chapitre nous passerons rapidement en revue les divers éléments intervenant dans la conception acoustique du bâtiment. La nécessité d'un environnement modal en CAO s'impose sitôt que nous cherchons à développer des techniques d'évaluation acoustique.

- Introduction

Depuis quelques années, le bruit commence à faire beaucoup de bruit et à provoquer de sérieuses préoccupations chez les pouvoirs publics. Il demeure impertubablement le souci n° 1 des Français qui le classent au premier rang des nuisances modernes (Réf :2). Aussi le Ministère de l'Équipement, du Logement, de l'Aménagement, du Territoire et des Transports s'est-il emparé de ce problème difficile à cerner.

Le bruit est un cas à part dans le bâtiment, il dispose d'une identité physique difficile à modéliser qui est souvent traduite par les contrôles et les analyses expérimentales menées par les techniciens ou les chercheurs en acoustique, et qui englobent, d'autre part, un ensemble d'échos psychologiques variés concernant essentiellement la perception des bruits.

Ce simple formalisme de l'entité bruit fait l'objet de recherches multiples réalisées par des regroupements de spécialistes des différents domaines concernés, acousticiens, sociologues, médecins, architectes, ingénieurs, urbanistes et psychologues, afin de pouvoir déterminer les paramètres de la fonction d'appréciation de la gêne. Les résultats actuels démontrent la complexité du problème et la multiplicité des relations interactives entre celui-ci et les environnements physiques, sociaux et psychologiques impliqués.

Tant que nous avons pour objectif d'aider les concepteurs à évaluer la performance acoustique d'un avant projet de bâtiment, nous allons nous intéresser davantage à la révélation des rapports entre l'acoustique et l'urbanisme et aux exigences en acoustique dans le bâtiment vues par les réglementations qu'aux problèmes d'appréciation des nuisances.

- Un rapport entre l'acoustique et l'urbanisme

Nous allons rappeler succinctement quelques relations d'interdépendance entre l'acoustique et l'urbanisme que nous considérons importantes pour nos analyses.

Les paysages sonores reflètent la structure et le fonctionnement d'un espace urbain. Les révolutions technologiques et morphologiques apparues ces dernières années ont déformé la relation entre les paysages sonores et l'espace urbain. Les problèmes de protection et de diminution des bruits produits dans l'espace extérieur au bâtiment demeurent l'unique préoccupation des concepteurs.

Or, l'origine et la nature de la nouvelle génération de bruits urbains se sont multipliées. Nous distinguons dans la suite deux types de bruits produits dans l'espace urbain comprenant le bâtiment:

1- les bruits produits par des sources mobiles. Ceux-ci sont dûs en général aux moyens de circulation terrestre, ferroviaire ou aérienne. Les expériences ont montré que 80 % de l'intensité acoustique générée dans un site, provient de l'activité motorisée exercée, ce qui explique que la plupart des mesures prises pour contrôler l'environnement sonore, jusqu'à récemment, n'avaient concerné que la fabrication et la circulation des engins motorisés. Ces bruits font le seul objet de l'arrêté du 6 octobre 1978 (voir annexe 1).

2- les bruits produits par des sources immobiles tels que les établissements industriels, les engins des chantiers, les discothèques, les foires ... etc. Ces bruits, étant bien souvent différents les uns des autres, sont réglementés par une série de règlements s'appliquant à chaque type de bruit séparément. (Réf:3).

La dégradation de l'ambiance sonore est aussi liée à l'urbanisation du site. Celle-ci est la seule responsable de l'installation, de l'organisation et de l'harmonisation des multiples aspects urbains au sein d'une zone d'habitation. Les exemples illustrant ce phénomène sont nombreux, tel le cas d'un immeuble construit au pied d'une autoroute.

En effet, la gravité d'un tel procédé d'urbanisation s'accroît au moment du rattrapage de cette défaillance acoustique dont la solution n'est pas toujours évidente et se révèle souvent très coûteuse.

La prise en compte de l'identité sonore d'un tissu urbain dès la conception primaire des plans d'aménagement demeure indispensable car il a été constaté que le remède est infiniment plus cher que la prévention. Cela dit, l'urbaniste est invité à prendre en compte ce phénomène et à protéger les constructions (réclamant du calme), des infrastructures et des installations bruyantes, surtout dans les cas où la coexistence est inévitable.

En fait, il a été démontré par des maîtres d'ouvrages et des architectes tels que Watel, Lana, Chemetov qu'il était possible de respecter les réglementations (arrêté de 1978, voir ci-après) et de proposer aux habitants des logements habitables avec un surcoût nul ou négligeable si la contrainte bruit est prise en compte au moment de l'élaboration du plan-masse.

- Nature des exigences acoustiques considérées lors de la conception des habitations

Nous verrons au cours de ce travail que, d'une part, la question du confort acoustique est souvent évoquée à la fin des processus de conception du bâtiment, et d'autre part, les exigences réglementaires en matière d'isolation acoustique sont les seules références pour contrôler les processus d'évaluation de la performance acoustique en Avant-Projet du Bâtiment collectif .

En effet l'exigence d'un confort acoustique minimal dans le bâtiment n'est entrée en vigueur qu'à la suite d'une réglementation imposant son respect.

De même l'habitat équipé de composants assurant un niveau de protection sonore n'a pu voir le jour qu'après l'arrêté du 14 juin 1969 définissant les niveaux d'intensité sonore à ne pas dépasser dans les logements et les valeurs minimales d'isolement à respecter entre les différents locaux à l'intérieur du bâtiment.

Depuis, le concepteur prend en compte ces exigences et plus particulièrement quand il s'agit d'une construction située dans une zone estimée bruyante dont l'arrêté du 06 octobre 1978 (modifié le 23 février 1983), fixent l'isolement minimal à respecter, dans les différents locaux, au moment de la délivrance du permis de construire.

Cette relation unilatérale entre les exigences réglementaires en acoustique et l'évolution de sa prise en compte dans les processus de conception a été ressenti par le pouvoir public ces trente dernières années et la cadence d'édition des réglementations concernant les différents types de bruit s'est remarquablement accélérée (voir chapitre suivant).

En résumé, nous avons remarqué que la partie de la conception concernant l'audibilité en local à usage d'habitation se réduit à vérifier la performance de l'isolation acoustique des éléments constructifs en fonction des exigences les plus contraignantes imposées par la réglementation, exception faite pour des cas de traitement acoustique des salles particulières.

LA CONCEPTION ACOUSTIQUE EN PHASE D'AVANT-PROJET-SOMMAIRE

I.1 Les exigences en acoustique dans le bâtiment

Les procédés de protection contre les bruits varient en fonction de la localisation de la source productrice par rapport au bâtiment.

Les bruits extérieurs au bâtiment

La réglementation insiste sur la protection de l'habitation contre la gêne causée par l'environnement extérieur notamment contre celle causée par les bruits de transports terrestre et aérien.

L'appréciation de la gêne est un fait entièrement personnel et difficile à appréhender; beaucoup de concepteurs formalisent ce problème de la façon suivante :

"Atténuer les bruits n'est pas la solution du problème, il faudrait au contraire qualifier l'ambiance sonore en faisant ressortir certains bruits clairement identifiables".

Il semblerait que le procédé le plus simple pour exprimer la gêne soit le niveau du bruit donné en dB(A) (voir annexe 2) quelle que soit la composition spectrale du bruit régnant.

La Norme Française (S31 010 d'avril 1969) a fait la distinction entre le bruit d'ambiance et le bruit perturbateur (voir annexe 2) qui sont définis par leur niveau acoustique équivalent.

C'est le niveau énergétique équivalent (voir annexe 2) "leq" défini par l'équation suivante :

$$Leq = 10 \text{ LOG } \left((1/T) * \int_0^T \frac{L(t)}{10} dt \right)$$

où :

L(t) : le niveau de pression acoustique à l'instant "t"

T : la durée d'observation prise en compte.

que nous allons adopter comme référence pour l'évaluation de la gêne causée par les bruits extérieurs.

Les bruits intérieurs au bâtiment

Les exigences à ce propos sont déterminées par les limites imposées par les règlements de construction en fonction des bruits émis à l'intérieur du bâtiment. Il s'agit de trois types de bruits : aérien, chocs ou marche (impact), équipements. Les expériences acquises par certains centres de recherche comme le C.S.T.B. ont montré que les règlements sont satisfaisants en ce qui concerne les bruits aériens ou les bruits d'équipement mais qu'ils ne le sont pas pour les bruits de chocs ou de marche. Le problème le plus difficile à appréhender lors de la définition de la réglementation se situe au niveau de l'évaluation de la gêne qui dépend de facteurs suivants :

- les caractéristiques du bruit : niveau, spectre et durée
- les caractéristiques de l'individu : son âge et son état physique
 - l'activité exercée au moment de la gêne
 - l'adaptation au bruit considéré
- la signification du bruit (un bruit ayant une signification est beaucoup plus gênant)
- les rapports de l'individu avec l'auteur du bruit
- les rapports de l'individu avec son habitat (l'insatisfaction à l'égard de l'habitat provoque une grande sensibilité aux bruits).

Les exigences en matière d'isolation acoustique doivent être prévues et vérifiées dès l'A.P.S., de même la possibilité d'appliquer des mesures de renforcement de l'isolation acoustique si nécessaire contre les bruits de chocs et d'équipement.

I.2 Le confort acoustique vu par la réglementation

La prise en compte de l'aspect confort acoustique de l'habitat dans la réglementation est un phénomène assez récent et peu développé par rapport aux autres exigences relatives à la qualité de l'habitat.

Ceci est dû à des raisons multiples parmi lesquelles l'aspect économique joue le rôle principal.

Ce n'est que dans le circulaire n° 72-110 du 29 juin 1972 relative au "Label Confort Acoustique", suite à l'arrêté du 1^{er} février 1972, que le facteur économique est pris en compte comme élément essentiel de la détermination de la qualité du confort acoustique du logement : "Les efforts entrepris pour l'amélioration de la qualité des logements ont surtout porté, jusqu'à présent, sur les composantes visibles de cette qualité et notamment, sur la surface habitable et la qualité des équipements et revêtements.

Au moment où le public devient de plus en plus sensible à ce qui conditionne l'intimité de son cadre de vie et contribue à le protéger contre les nuisances de toutes sortes, il importe de s'attacher davantage à l'amélioration des composantes moins directement perceptibles telles que le confort acoustique.

En ce qui concerne ce dernier il s'est avéré nécessaire d'encourager les constructions à dépasser les niveaux d'isolation acoustique fixés par le règlement de construction du 14 juin 1969, par une rémunération spécifique liée à l'amélioration du confort acoustique".

En "annexe 3 " se trouve une présentation panoramique de l'histoire de l'évolution de la réglementation en matière de confort acoustique dans l'habitat .

I.3 La conception acoustique dans le contexte de conception en phase d'études préliminaires et en phase d'avant-projet du bâtiment

La présentation panoramique des exigences en acoustique dans le bâtiment et de leurs relations avec les règlements de construction (annexe 3) avait pour but d'explicitier le manque remarquable d'études réflexives et de travaux approfondies dans le domaine par rapport aux autres composants technico-économiques dans le bâtiment.

L'intégration de cette composante dans la démarche de conception d'un bâtiment restera mal définie tant que celle-ci sera soumise à des contraintes de type urbain, architectural, technique et économique dont l'enchaînement n'est souvent pas évident et dont l'harmonisation représente l'obstacle majeur pour les planificateurs des systèmes de conception actuelle.

Le contexte du critère acoustique dans les processus de conception

Un projet est confié au concepteur par le maître d'ouvrage. Ce dernier définit, préalablement et globalement, ce que pourrait être l'action à entreprendre, il s'interroge sur son contenu, sa localisation, son opportunité, sa rentabilité et son mode de financement (Réf :5).

Le concepteur est chargé d'établir une étude de l'ouvrage correspondant aux exigences extérieures au projet à réaliser (voir ci-dessus) et également à celles liées aux besoins des futurs utilisateurs et aux règlements de construction . Il tentera de mener cette étude en assurant un rapport qualité-prix optimum selon les moyens disponibles. (Réf :6,7).

La composante acoustique s'impose à tous les stades de la conception et notamment au niveau de l'A.P.S . Elle est concernée, directement ou implicitement, aussi bien par les procédures d'aménagement urbain que par l'architecture et l'ingénierie.

L'identification de la qualité acoustique du projet dans la charte de conception est établie en premier lieu par l'urbaniste lors de la définition des plans d'aménagement (tracés des voiries et des lotissements) puis par l'architecte lors de la définition des plans d'occupation du sol et des différents plans architecturaux (l'esquisse) en A.P.S. et en dernier lieu par l'ingénieur qui doit évaluer la validité des propositions et éventuellement négocier des modifications concernant les plans urbains ou architecturaux avec ses prédécesseurs.

Au stade de l'A.P.D, le rôle du concepteur en matière d'acoustique n'est pas négligeable, notamment lors de l'évaluation du niveau de la performance des composants choisis. Il peut prendre des mesures de protection supplémentaires concernant les éléments constructifs du projet ou concernant ses équipements, d'une façon assez détaillée.

Au stade du projet, la mise en oeuvre doit être strictement suivie afin d'assurer la fiabilité des conceptions.

La préoccupation acoustique ne s'arrête pas à ce niveau d'évolution des travaux de construction, car des mesures de contrôle doivent être prises sur place lors de la mise en service de l'ouvrage.

De ce fait le problème du traitement acoustique dans un habitat reste posé du moment du lancement du projet jusqu'à la livraison de ce dernier.

Place de l'aspect acoustique dans les fonctions de conception

L'identité sonore d'une construction est déterminée par un compromis artificiel entre deux univers représentant l'environnement extérieur et l'environnement intérieur du logement.

L'évaluation de la qualité acoustique d'une construction dépend aussi bien de contraintes de type architectural ou économique que de contraintes purement techniques. Nous avons souvent tendance à classer cet évaluation parmi les sous-fonctions techniques de la conception. Cette attitude n'est valable que dans les cas où les plans d'aménagement concernant l'objet conçu sont à priori définis. Il est à noter par ailleurs qu'une démarche de traitement de l'aspect acoustique dans sa globalité ne peut pas accepter l'indépendance des environnements extérieurs et intérieurs du bâtiment; au contraire elle implique un dialogue entre eux dès

l'énoncé du projet. Ceci étant, nous pouvons schématiser la partition de la composante acoustique entre ces deux types d'environnement comme suit :

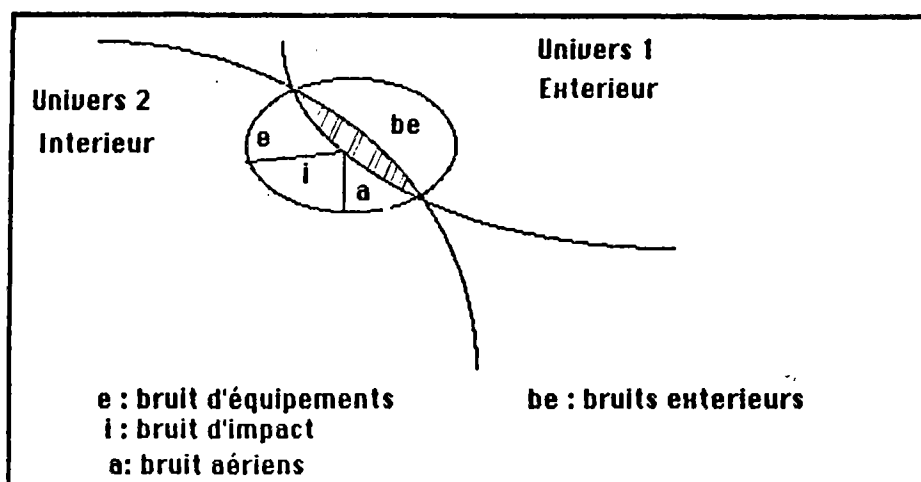


Schéma de la partition de la composante acoustique entre les deux univers de conception.

La partie hachurée représente la zone d'intersection entre l'univers extérieur et l'univers intérieur du bâtiment, elle concerne plus particulièrement la conception de l'enveloppe extérieure du bâtiment (les façades).

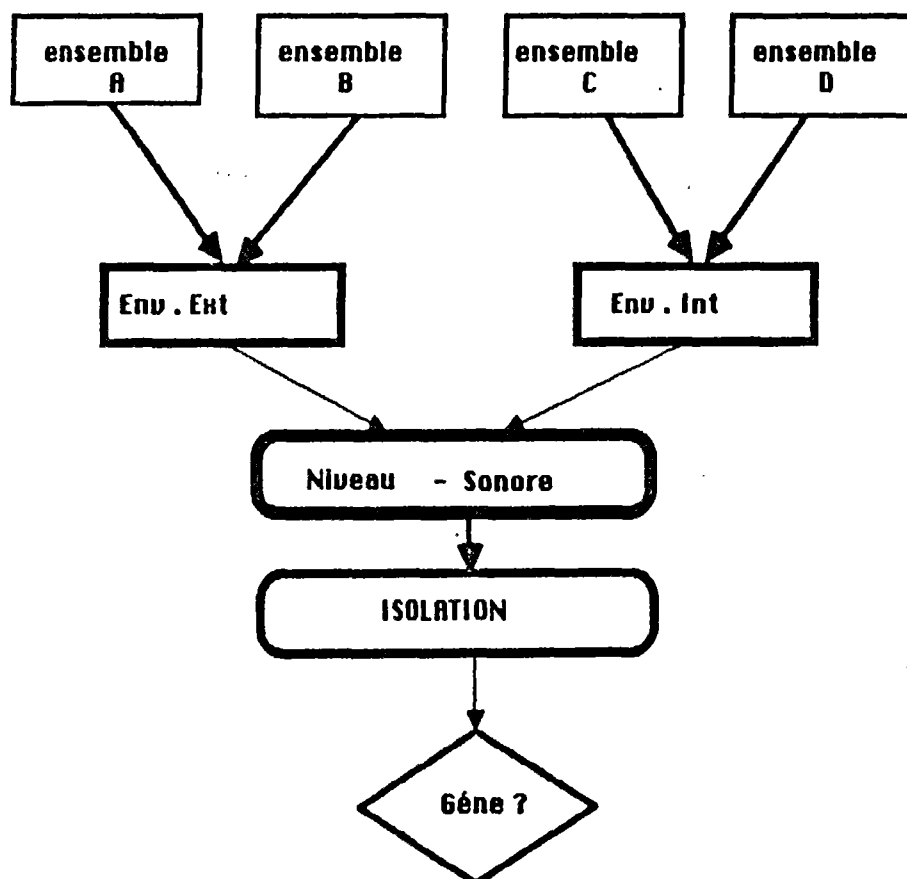
De ce schéma, nous pouvons déduire que nous risquons d'avoir des impasses techniques quand nous envisageons des contraintes urbaines sophistiquées.

Importance d'agir dès les premières phases de conception

Nous constatons que l'aspect substantiel correspondant au sous-système acoustique est le niveau sonore régnant dans les locaux qui pourrait provoquer des sensations de gêne chez les occupants.

Le schéma (2) a pour objet de regrouper les différentes sources génératrices des nuisances sonores dans les locaux d'habitation .

N.B. Etant donné la difficulté à définir un indice de gêne assez précis, nous nous sommes référés aux réglementations.



A : Activités extérieures au bâtiment
B : Compositions Urbaines
C : Activités Intérieures au bâtiment
D : Organisation des espaces

Ainsi l'évaluation du niveau sonore n'est possible qu'après avoir eu défini les environnements extérieurs et intérieurs du bâtiment. Or, nous risquons, dans quelques cas particuliers correspondant à l'orientation ou à l'aménagement architecturale du projet, d'envisager des impasses techniques et financières, qui obligent le concepteur, situé en partie aval de la conception, de se remettre plus en amont.

En outre, pour des raisons techniques et économiques, nous avons intérêt à assurer, dès le début de la conception du bâtiment, le maximum de mesures de protection gratuite (voir annexe 2) . Ce procédé, permet entre autres :

- d'éviter en cas d'échec (isolation insuffisante) de redéfinir les environnements extérieurs et intérieurs du bâtiment;
- de limiter les modifications au niveau de la description des composants .

I.4 Problématique de l'évaluation de la performance acoustique au stade de l'A.P.S du bâtiment

Il est entendu par problématique l'art d'élaborer et de poser clairement un problème, en prenant en compte les multiples contraintes et les objectifs globaux.

Position du problème

le problème de l'évaluation de la performance acoustique d'un A.P.S de bâtiment, n'est en fait qu'un sous-problème du contexte général des études de conception. Celles-ci répondent à trois fonctions principales: la fonction architecturale, la fonction technique et la fonction économique, qui sont nécessairement complémentaires et interdépendantes.

La fonction architecturale correspond à l'étude de la qualité architecturale de l'ensemble. La fonction technique correspond à l'étude de la fiabilité technique et réglementaire de l'ouvrage. La fonction économique correspond à l'étude du coût de l'ouvrage en considération des données économiques, architecturales et techniques et implique l'étude des répartitions des dépenses en vue de faciliter les choix des solutions de mise en oeuvre.

L'importance des études de conception, n'est plus mise en question depuis bien longtemps. Il a été démontré dans une étude américaine (Réf:66) que 75 % à 95 % du coût du cycle de vie d'un bâtiment sont déterminés pour la qualité des études de conception dont le coût ne représente que 1 % du coût total.

Nous avons vu que la qualité de la conception dépend largement de celle des différentes composantes et de la nature des interactions entre elles.

La qualité acoustique de l'habitat demeure une exigence réglementaire dont la satisfaction dépend étroitement de la disposition relative des locaux, de la nature des parois qui les séparent, des équipements qui y sont ancrés et de leur émissivité de bruit (Réf:34). Ces éléments concourent conjointement pour déterminer la qualité acoustique du projet. Or une erreur de conception aura des répercussions sur les plans architecturaux, techniques et économiques. Nous traitons cet aspect plus en détail et en deux étapes dans les paragraphes qui suivent :

- la première étape consiste à définir un outil permettant l'évaluation de la qualité sonore d'un projet selon la phase de conception choisie.

- la deuxième étape consiste à intégrer cet outil dans un outil de conception globale.

Il s'agit donc de concevoir un système qui vérifie , en phase d'A.P.S, l'efficacité de l'isolation acoustique vis-à-vis des bruits extérieurs et intérieurs au bâtiment selon des critères réglementaires techniques et économiques qui sont en relation directe avec les autres sous-problèmes traités ou à traiter (la conception architecturale, le calcul thermique, le calcul de structures, le calcul des fondations, etc.).

Domaine d'action retenu

L'instabilité associée aux intenses interactions entre les parties techniques de la conception du bâtiment, a conduit la profession à décomposer le processus de conception en plusieurs niveaux (Réf :8). IL s'agit des études préliminaires, des études d'avant-projet sommaire, des études d'avant-projet détaillé et du projet. (Réf :7)

Or, pour parvenir à un produit conçu dans sa globalité, il faut tenir compte aussi bien du principe de définition homogène et précise par niveau de conception que des options prises en début de processus , qui ont une influence capitale sur le résultat final.

Nous pouvons situer notre intervention par rapport aux deux types d'actions possibles :

- Celles concernant la disposition des locaux et des équipements sur les plans architecturaux;
- celles concernant le dimensionnement et la composition des parois, des revêtements, des percements, des dispositions antivibratiles etc., sur les plans techniques.

Niveaux de conception retenus

Deux niveaux de conception interviennent à ce stade de l'étude,

- la conception primaire dont l'objet est le choix de l'esquisse architecturale qui sera le point de départ pour le niveau de conception secondaire. Compte tenu de la forte relation entre l'urbanisme (plans d'aménagement et plans de masses) et l'acoustique, et en raison de l'importance prépondérante de l'organisation des espaces lors de la définition de la qualité acoustique du bâtiment, ce niveau se réserve une certaine importance.

- la conception secondaire dont l'objet est le choix de la partie technique.

Notre intervention sera située au deuxième niveau mais les répercussions des résultats pourraient remettre en cause le premier niveau.

A cette fin, il faudrait disposer de moyens de résolution et de maîtrise des interactions adaptés.

Notre objectif correspondra donc à une contribution à la création de ces moyens.

I.5 La conception acoustique dans l'habitat

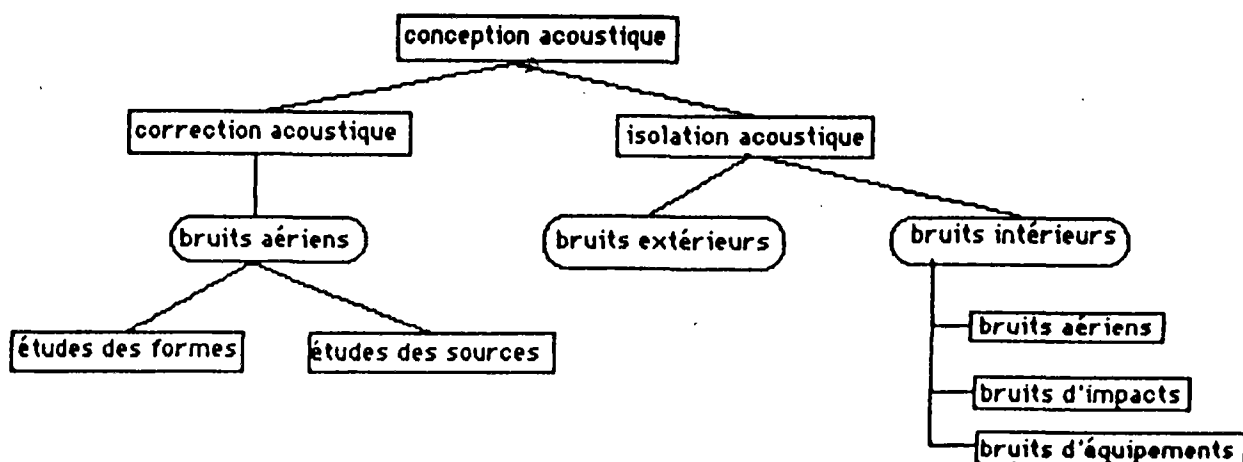
Concevoir un logement satisfaisant du point de vue acoustique c'est organiser les espaces et mettre en oeuvre les ouvrages permettant de respecter, au moins, les normes imposées par la réglementation.

En tout état de cause, les exigences se répartissent en quatre groupes qui se rapportent à la perception et qui concernent les bruits extérieurs au bâtiment, les bruits aériens internes au bâtiment, les bruits des impacts ou des chocs et les bruits des équipements.

La détermination de l'origine des bruits permettra généralement de faciliter leur rattachement à l'un de ces groupes (Réf :9).

Les fonctions acoustiques

Lors de la conception acoustique d'un projet d'habitation il faut distinguer les principales fonctions acoustiques, l'isolation acoustique et la correction acoustique (voir schéma 3) (Réf:10,11)



La correction acoustique

La correction acoustique d'un local consiste à traiter les bruits dont la source et les points d'écoute sont placés dans le même local.

Cette fonction a pour but de faciliter l'audition de la source de réduire le bruit produit, d'adapter ou de corriger l'acoustique de la salle en fonction de l'usage prévu.

Les moyens d'action possibles sont nombreux. Ce traitement nécessite l'intervention dès la conception du bâtiment; il comprend l'étude des formes du local et la connaissance de ses éléments constructifs, et il consiste souvent à exploiter la propriété de réflexion ou d'absorption sélective des matériaux et des revêtements utilisés.

L'isolation acoustique

L'isolation acoustique consiste à réduire le bruit transmis d'un local par une source placée dans un local voisin, c'est-à-dire que la source et le point d'écoute sont situés dans deux locaux différents ou dans deux espaces séparés par une paroi. Nous distinguons l'isolation aux bruits extérieurs, l'isolation au bruit aérien, l'isolation aux bruits d'impact et l'isolation aux bruits des équipements.

Trois grandes lignes d'action peuvent être envisagées afin d'assurer une certaine isolation :

l'action sur l'urbanisme, l'action sur le bâtiment et l'action sur les sources de bruit. (Réf :12).

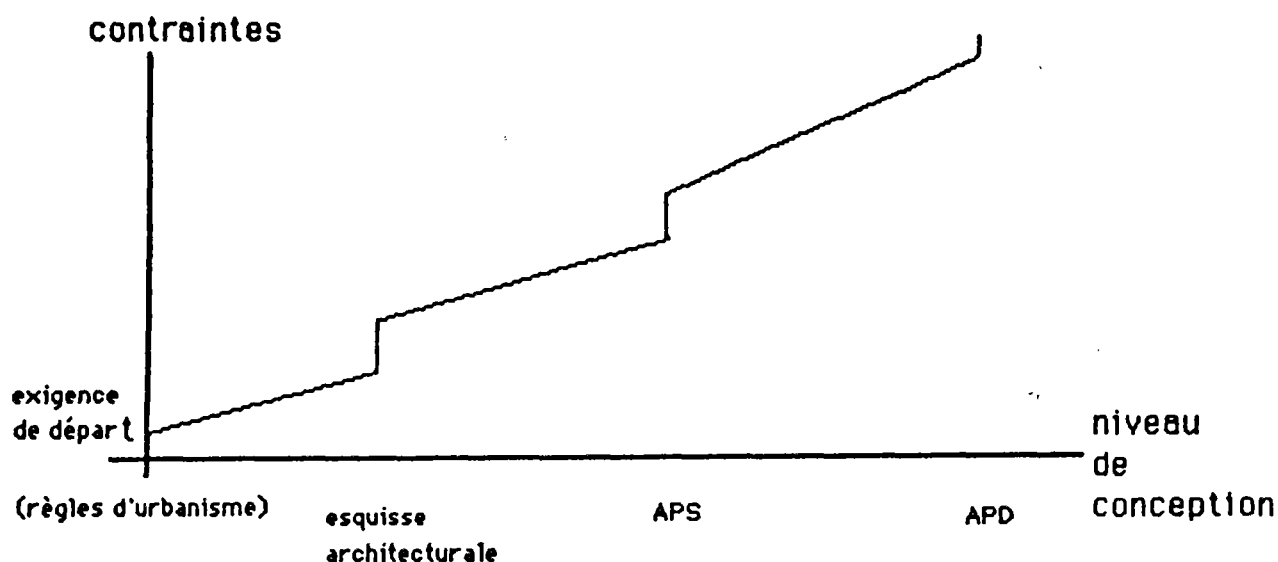
Aux deux fonctions de correction et d'isolation acoustique correspondent des solutions différentes par leur principe et par les procédés de leur mise en oeuvre. Dans la suite de cet étude nous traitons de préférence les aspects concernant l'isolation acoustique du bâtiment et plus particulièrement ceux qui portent sur l'objet bâtiment proprement dit.

Les contraintes de conception

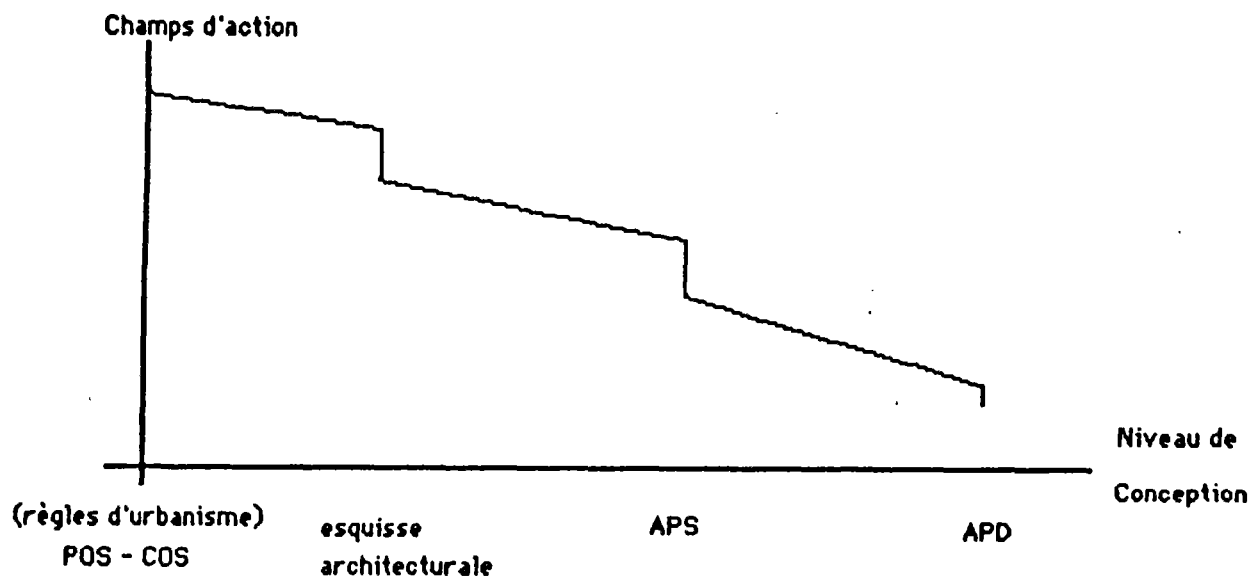
La conception acoustique est soumise comme d'autres domaines des contraintes multiples qui varient selon le niveau de conception choisi et selon l'ordre d'intervention des différents concepteurs.

En général, ces contraintes sont de nature urbaine architecturale, technique et bien évidemment économique.

L'ampleur de ces contraintes s'accroît en fonction de la phase de conception, par contre les champs d'action sur lesquels l'acoustique peut agir diminuent (voir figures 4,5).



(la courbe représentant les relations contrainte-niveau de conception)



(la courbe représentant les relations champs d'application-niveau de conception).

I.6 Types et Méthodes d'évaluation acoustique

Nous rencontrons, dans le monde de la conception et de la construction, plusieurs interprétations de la notion "évaluation acoustique", à savoir :

. La conception acoustique qui est souvent faite par des acousticiens et qui est commandée directement par le concepteur dès le début du processus de conception.

. L'étude et l'évaluation de la qualité acoustique d'un projet, qui sont effectuées par des bureaux d'étude et de contrôle spécialisés.

. La vérification de la validité d'une construction, qui consiste en des mesures de contrôle prises soit directement par l'administration (C.E.T.E., U.O.C.), soit par des organismes de contrôle agréés.

Cette dernière a pour but, d'une part de vérifier la conformité du bâtiment aux règlements de construction et d'autre part de donner le nombre de points qui permettent d'obtenir le label confort acoustique ou les prêts complémentaires ou partiels. Ce procédé permet entre autre d'évaluer la qualité de la mise en oeuvre par rapport à ce qui était prévu.

N.B Nous sommes concernés par les deux premières approches l'exclusion de la troisième relative aux problèmes soulevés par les techniques de contrôle .

Les moyens d'établissement des méthodes d'évaluation acoustique

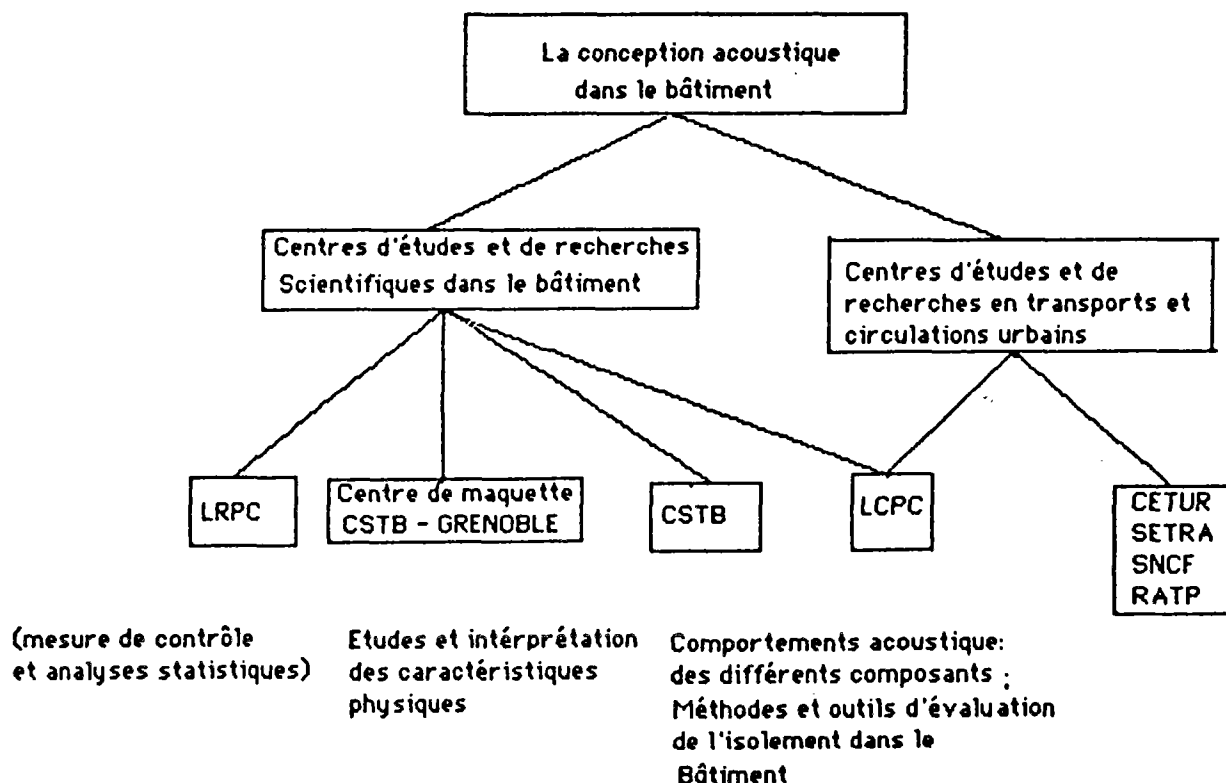
Les avis sur les méthodes d'évaluation acoustique varient également selon les exigences du demandeur et selon le profil de l'organisme qui les fournit.

Nous distinguons deux catégories d'organismes, intéressés par la recherche de méthodes d'évaluation acoustique; ceux-ci sont à leur tour composés de sous-catégories plus ou moins spécialisées (voir figure 6).

Cette structure, n'est qu'un reflet de la situation actuelle du problème lié à la conception acoustique dans le bâtiment. La science acoustique étant toujours confrontée à des phénomènes dont l'interprétation physique et la formulation mathématique ne sont souvent pas très précises, l'appel à des laboratoires de recherche fournissant des résultats expérimentaux s'avère inévitable.

Mais le problème ne s'arrête pas là, car la perception acoustique dépend fortement des environnements qui entourent la source et le récepteur et qui correspondent à plusieurs paramètres de nature différentes, à savoir : La température, le vent, la pluie, le débit de circulation, les fêtes, les marchés, le.

vacances etc, qui sont parfois assez loin d'être assimilés dans les laboratoires de recherche.



Un autre problème qui risque de s'ajouter à ce propos peut être le comportement des matériaux utilisés dans les laboratoires qui dépend énormément des circonstances dans lesquelles se déroulent les expérimentations .

Les travaux portés sur des mesures de contrôle et de vérifications acoustiques ont permis aux statisticiens et aux probabilistes de mener des analyses assez approfondies qui permettent de représenter certains comportements acoustiques sous forme d'équations mathématiques ou empiriques fournissant des résultats approximatifs.

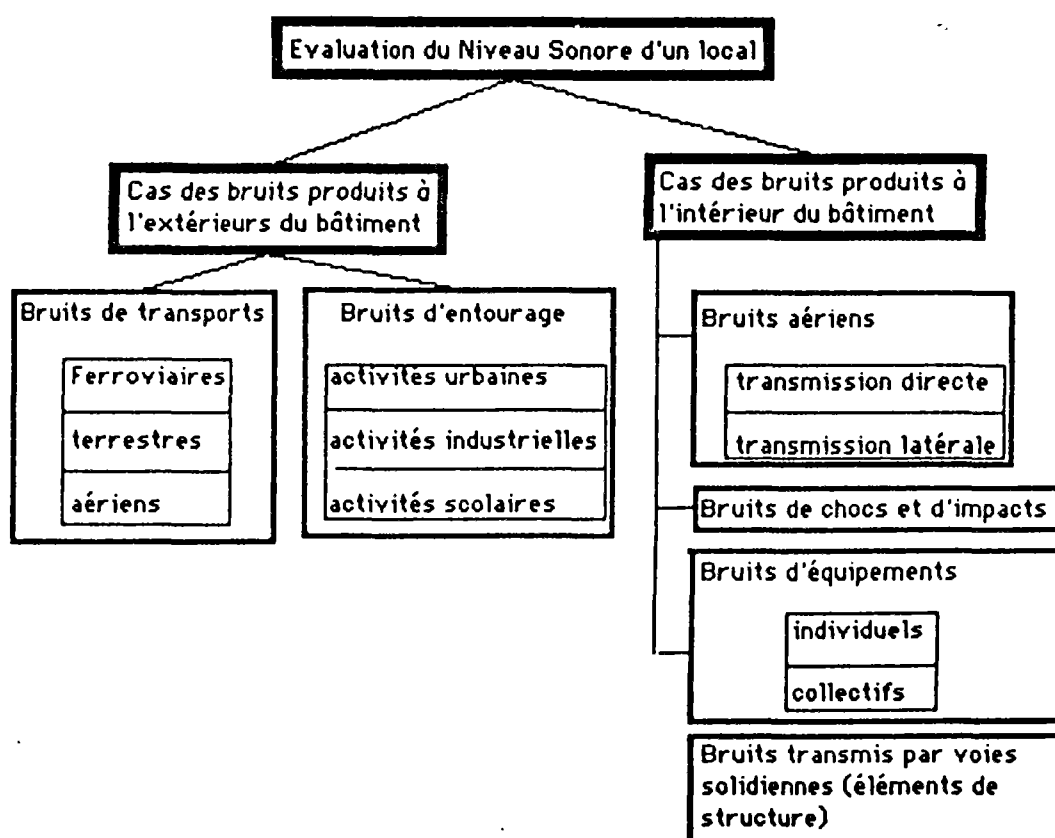
La classification des méthodes d'évaluation acoustique

De façon habituelle, chaque organisme tient à adopter ses propres approches lors de la conception acoustique. Peu nombreux sont ceux qui font appel à des concepts de provenance variée.

A cette fin, le concepteur est sensé selon son profil (architecte, urbaniste, ingénieur, maître d'ouvrage, etc.) utiliser parmi ces méthodes celle qui lui paraît la plus compatible avec ses exigences.

Les concepteurs attendent de leurs collaborateurs chargés de fournir les outils d'évaluation l'établissement d'un outil méthodologique de conception intégral ou, au moins, la mise en oeuvre d'un ensemble d'algorithmes et de modes d'évaluation homogènes et pertinents pour toutes les parties de conception envisagées.

La répartition des tâches selon le type et la localisation des sources qui peuvent toucher aux habitations est donnée dans le schéma (7). Où chaque rubrique citée constitue en soi un domaine dont la complexité n'est pas négligeable.



I.7 Des méthodes de conception acoustique dans le bâtiment

Nous tâcherons de présenter dans ce paragraphe les différents points de vue adoptés pour la conception acoustique d'un projet d'habitation.

L'organigramme général de la démarche du traitement

Il a été constaté que toutes les études, concernant les problèmes de conception sonore d'un habitat, possédaient souvent le même organigramme d'évolution du développement, voir ci-après.

I - Définir la situation globale de l'objet traité
II - Localiser les sources de bruit par rapport à l'objet traité
III - Identifier les caractéristiques des sources de bruit
IV - Evaluer les niveaux sonores résultant
V - Déterminer l'isolement réglementaire exigé
VI - Evaluer l'isolation assurée
VII - Comparer
VIII - Valider - ou - modifier

Conventionnellement, l'ingénieur acousticien est censé évaluer le niveau sonore (IV), l'isolement (V), examiner la performance des composants (VI) et donner le bilan final sur la qualité acoustique du projet (VII). Au-delà de cette étape le rôle du concepteur acousticien devient à la fois délicat et limité, notamment en cas d'échecs, ou lorsque la configuration suggérée ne correspond pas aux réglementations. Alors, la mise en oeuvre d'une modification apparaît indispensable. Mais, le degré de liberté d'action dont dispose le concepteur dépend de nombreux paramètres fonctionnels et conceptuels; de ce fait, l'intervention de ce dernier nécessite parfois la discussion entre différents concepteurs (voir chapitre 1 et 3).

Pour cette raison, nous préférons ne présenter dans ce chapitre que les procédés concernant les étapes IV, V, VI et VII du schéma précédent.

Les critères de base de la recherche de méthodes d'évaluation acoustique

Nous sommes à la recherche de méthodes d'évaluation qui sont la fois manipulables en phase de conception préliminaire, et automatisables.

Les principes de base qui ont guidé les analyses critiques de références bibliographiques et professionnelles consultées, ont été les suivant :

- le cadre d'utilisation
- les principes algorithmiques
- la complexité des modules de calcul
- le type et la nature des objets manipulés
- les moyens d'acquisition des données
- la certitude des résultats obtenus.

En annexe 4 nous trouvons une présentation générale de différentes méthodes d'évaluation acoustique dans l'habitat qui nous ont semblé intéressantes pour notre application.

Nous présentons au (chapitre 2) les différentes méthodes choisies et leurs intégrations dans le modèle d'évaluation acoustique proposé.

I.8 Problématique de l'utilisation de l'informatique pour l'évaluation acoustique dans le bâtiment

Il est entendu par projet de conception l'ensemble des objets produits et des procédures mises en jeu dans les diverses phases donnant lieu à une succession de décisions à critères multiples. Ces produits partiels sont le fait de concepteurs qui interviennent à plusieurs niveaux du processus (maîtres d'ouvrage et techniciens assistants, maîtres d'œuvre et techniciens de la conception, techniciens de la réalisation etc.).

A l'occasion des décisions prises, les exigences et les contraintes à respecter qui appartiennent à des champs de préoccupations hétérogènes mettent en jeu tour à tour des connaissances issues d'univers de savoir en continuelle interférence.

L'ensemble des exigences portées par les concepteurs se traduit par des performances techniques et architecturales assignées au projet. Le projet est ainsi considéré dans son histoire faite d'une succession d'arbitrages, de compromis entre des exigences de natures hétérogènes.

Nous nous attachons à justifier la solution retenue parmi l'ensemble des solutions possibles, comme recherche du "meilleur équilibre" entre des exigences parfois contradictoires, liées à la formulation et à la représentation des prescriptions à atteindre, ce "meilleur équilibre" lui-même dépendant d'un état du savoir dans chaque univers.

Dans la phase préalable à la réalisation, nous admettons donc que le projet n'est qu'une "interprétation" d'un ensemble d'exigences; sa formalisation est une des représentations de ce même ensemble; la réalisation est quant à elle une des réponses possibles à ce "paquet" de contraintes et de critères.

Dans tous les cas, le concepteur est conduit à considérer l'ensemble des actions possibles, susceptibles de satisfaire les conditions retenues; dans le meilleur des cas, il est censé spécifier la solution ou l'action la meilleure parmi les actions possibles.

Nous remarquerons que la philosophie de démarche de la conception d'un bâtiment ne diffère, en gros, de celle qui est suivie dans le processus de conception d'un sous-problème, tel que l'évaluation acoustique, qu'au niveau de l'ampleur et de la complexité de la résolution et de la gestion des cohérences lors de la circulation des informations entre les différents postes de conception.

Utilité de l'informatique dans le domaine

La qualité de conception d'un élément ne justifie pas la qualité de l'ensemble. Ainsi, une paroi parfaitement isolante dans une pièce ne suffit pas pour juger bon l'isolement de la pièce et ainsi de suite (appartement, étage, bâtiment, ensemble de bâtiments : projet). Ou encore un ensemble bien adapté acoustiquement ne l'est pas obligatoirement thermiquement ou structurellement. Il paraît donc primordial de mettre en oeuvre un système d'aide à la prise de décisions et à l'appréhension rapide et correcte de leurs conséquences .

"Le moniteur des travaux publics et du bâtiment" (Réf :16) a publié les résultats d'une enquête, réalisée en avril 1984, révélant l'accélération récente de l'informatisation dans le secteur (architectes, bureaux d'études, entreprises de bâtiments ou de travaux publics):

"75% des établissements qui déclarent être équipés en matériel informatique, ont acquis au moins un équipement durant les deux dernières années" (1985, 1984).

Dans un ouvrage publié par l'agence de l'informatique (construction informatique et formation), on affirme que cette accélération va s'accroître dans les prochaines années en s'appuyant sur une nouvelle enquête réalisée par le Moniteur dans le cadre des journées "informatiques et Constructions" des 26, 27 et 28 mars 1985 où "62% des interviewés envisagent d'acquiescer du matériel informatique dans les deux années à venir...".

Mais ces utilisations consistent souvent en applications spécifiques spécialisées, en activités de gestion, ou en assistance au dessin .

Les nombre de travaux de réflexion et de réalisation dans ce domaine sont remarquablement limités, nous allons citer brièvement quelques applications dont nous parlerons plus en détail par la suite.

- . Le simulateur pour le projet acoustique en architecture développé par le C.S.T.B. de Grenoble.
- . Le programme "bruit" développé par le CETUR à Paris.
- . Un programme d'aide à l'établissement des "cartes de bruits" pour les études acoustiques en milieu industriel développé par le SMAC-ACIEROID
- . Les fichiers FACABA, CABA...etc développés aux LCPC (voir annexe 5).

Il semble à priori qu'aucun logiciel en acoustique ne soit prévu pour aider le concepteur à évaluer entièrement un projet (par contre, nombreux sont ceux qui sont capables d'effectuer de sous-tâches de calcul ou de gestion, par exemple calculer l'indice d'affaiblissement ou l'isolation d'un élément à partir d'un ensemble de données). Par ailleurs, il n'existe pas sur le marché de système d'évaluation acoustique intégré à un environnement hétérogène de conception globale assistée par ordinateur.

I.9 La C.A.O dans le secteur bâtiment

Actuellement, l'utilisation de systèmes de C.A.O. dans le secteur devient un atout substantiel pour l'augmentation de la productivité des études.

Les enquêtes et les études réalisées ont permis de faire ressortir trois facteurs explicatifs de l'évolution de ce phénomène

- 1- Le développement de la micro-informatique professionnelle;

- 2- L'évolution des processus de conception et de réalisation des constructions;
- 3- La multiplication des actions d'information, de diffusion et de sensibilisation à l'informatique qui est un facteur non négligeable du changement d'attitude des professionnels.

La demande potentielle est largement attentiste, à la fois par manque de capacités d'investissement et par des interrogations, légitimes, sur l'adéquation des logiciels aux besoins. Il est évident que l'introduction de l'informatique dans le secteur B.T.P., mis à part quelques grands bureaux d'études et entreprises, se fait aujourd'hui par l'utilisation de logiciels ciblés fonctionnant sur des micro-ordinateurs professionnels.

Les tableurs, les traitements de texte, les logiciels de gestion, les modules techniques comme les bilans thermiques et les calculs de génie civil, enfin les logiciels de dessin assisté des plans et des visualisations perspectives, constituent le gros de l'informatique du secteur B.T.P. en France.

Un des aspects les plus importants de la situation actuelle est l'absence d'intégration des différents logiciels; elle se traduit par exemple par la nécessité de saisies multiples des données pertinentes d'un projet pour un bilan thermique, un calcul de métré ou un logiciel de dessin de plan. Au delà des logiciels à fonctionnalité unique, il est donc possible de caractériser les logiciels de CAO par l'existence, ou la volonté d'existence, d'une intégration des fonctions.

En fait, nous ne pouvons pas dissocier le problème de calcul acoustique du contexte général, tant que ce n'est qu'une partie intégrante d'un système de C.A.O bâtiment global.

Les fonctions d'un système de C.A.O

De nombreuses réflexions ont été faites sur la description fonctionnelle de systèmes de conception assistée J.FOISSEAU, R.JACQUART, F.R.VALETTE décomposent le système en plusieurs fonctions (Réf :17) :

- La fonction de communication qui devrait permettre la définition et la résolution du problème par un langage interactif compréhensible aussi bien par l'utilisateur que par le système.
- La fonction de mémorisation qui consiste à stocker des informations jugées intéressantes par l'utilisateur et à "sauvegarder des informations reflétant l'évolution de la conception à des fins d'historique" (Réf :18).

- La fonction de calcul qui est représentée par l'ensemble de programmes d'application associés au système (calcul techniques, économiques, dessins graphiques etc...).
- La fonction de résolution, (Réf :19) "offrant un mécanisme qui, à partir d'un problème spécifié par l'utilisateur en termes déclaratifs, utilise les connaissances mémorisées (informations ponctuelles, lois générales, programme de calcul) et éventuellement l'avis du concepteur pour dériver une solution". En effet Latombe voulait attirer l'attention sur les techniques de l'intelligence artificielle et plus particulièrement celles des systèmes experts.

Il est à signaler que la performance de chacune de ces fonctions dépend fortement de la structuration et de la représentation d'informations manipulées.

Le problème de l'intégration dans les systèmes de C.A.O est une préoccupation majeure

D'une façon habituelle les systèmes de C.A.O représentent l'univers des ensembles des utilitaires (Réf :20) de fonctionnement (saisie de données, calculs, édition...) étant assistés par des logiciels opérant sur un ensemble de données (Réf :18). Le problème se pose ainsi, sur la validité, la logique et la pratique d'enchaînement des différents utilitaires.

Pour ce faire plusieurs possibilités sont proposées :

- 1- laisser à la charge de l'utilisateur de la gestion de conversions des données.
- 2- Charger le système de le faire automatiquement, alors que cette manipulation reste invisible à l'utilisateur.
- 3- Permettre à l'utilisateur, à l'aide d'un mécanisme de composition d'utilitaires offert par le système, de choisir le type d'enchaînement.

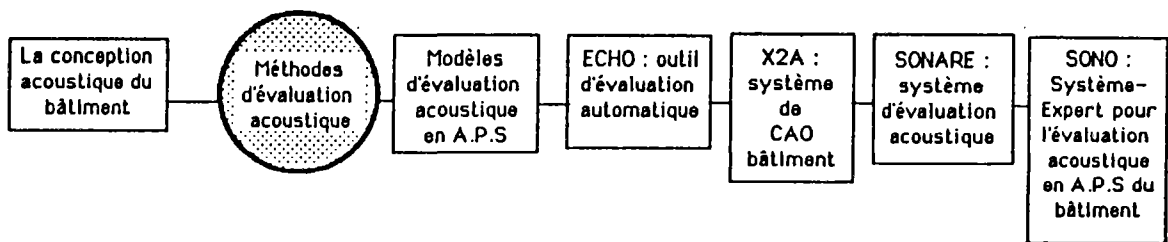
En tout état de cause, les données manipulées par les utilitaires sont généralement noyées dans les programmes d'applications qui manipulent les données sous des formes qui leur sont propres et très souvent différentes d'un programme à l'autre et où des interfaces pour traduire et restructurer ces données sont indispensables. Deux conséquences peu favorables peuvent être déduites de ce schéma de fonctionnement .

- L'extensibilité du système est trop limitée : une modification de la structure d'une donnée peut entraîner de nombreuses conséquences non favorables.

- La disponibilité et l'accessibilité des données sont aussi bien gérées par leur intégration dans les programmes d'application.

"Le but de la réflexion scientifique n'est pas de connaître un phénomène mais bien simplement d'en expliquer son comportement dans des circonstances données".

(Le comte de NOUI - Réf :21).



CHAPITRE - II

VERS UN MODELE D'EVALUATION ACOUSTIQUE

Dans ce chapitre nous faisons un parcours des diverses méthodes d'évaluation acoustique dans le bâtiment. Il n'apparaît pas de méthode générale d'approche de ce problème, nous avons donc choisi de proposer un modèle général d'évaluation adapté au stade d'avant-projet. Le détail des méthodes présentées est rapporté en annexe.

INTRODUCTION

La description de quelques phénomènes et leur interprétation constituent déjà la base du modèle.

Un modèle est une représentation d'une réalité probable ou concrète, équivalente dans son expression à un ensemble de variables et de relations entre ces variables. Cette représentation doit être prévue dans un langage sans ambiguïté au moyen d'objets et de rapports entre ces objets. Admettant que les modèles sont d'abord des représentations rationnelles, abstraites de la réalité, tous les modèles sont donc descriptifs et leurs éléments sont souvent quantifiés (Réf :22).

En fait la notion de système ne peut se passer de celle de modèle (Réf :23). En conséquence la réalisation d'un système d'aide à la conception acoustique en avant projet du bâtiment exige une identification structurelle de ce système assisté par un contexte de sous-modèles représentant l'ensemble d'éléments simples (manifestés dans les processus de conception) et leur organisation topologique.

II.1 L'approche méthodologique proposée pour l'évaluation de la performance acoustique en phase d'A.P.S

Nous nous contentons de répartir la tâche de conception d'un bâtiment entre l'architecte et "l'ingénieur de système" ce dernier " fait l'office d'architecte dans l'élaboration et l'exécution d'un grand projet technique" selon H.W.BODE (Réf :24).

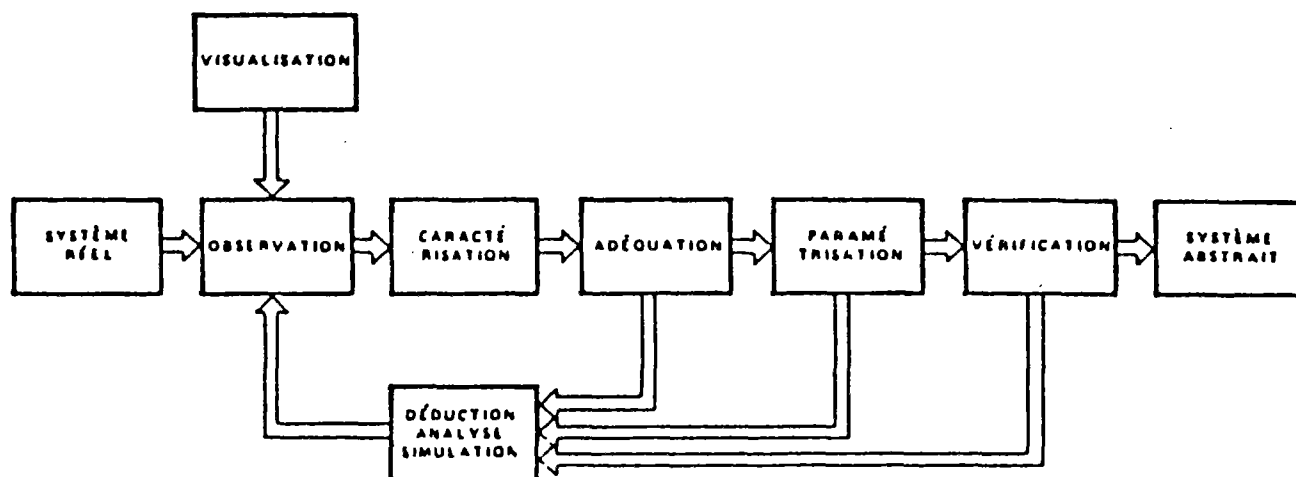
Nous plaçons notre action dans un contexte identique, après les premières interventions de l'architecte . Or, nous devons :

- être concernée par chaque action menée par l'architecte;
- être au courant en permanence de l'état des développements techniques;
- mettre le système au courant, de toutes les décisions, les conséquences et les mesures qui doivent être envisagées.

Nous considérons la tâche de la conception du bâtiment comme un ensemble de sous-systèmes complexes et chaque sous-système à son tour est constitué d'un ensemble des procédures etc... .

A ce propos, il nous est apparu que l'approche la plus convenable pour développer nos analyses est l'approche systématique (Réf:25,26) qui est basée sur la notion de réflexion scientifique et de morphologie de la problématique globale.

La figure (8) présente les diverses activités de la réflexion systémique (Réf :27).



Représentation de la réflexion systémique.

D'abord, à partir de l'observation, l'effort de synthèse fait une première caractérisation du problème : considération des limites, des structures, et des variables selon les étapes de la solution.

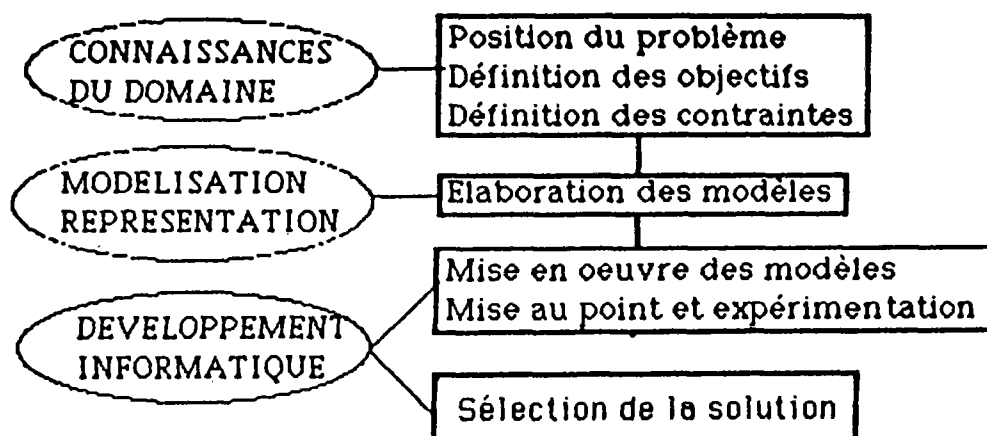
Ce premier jet est immédiatement soumis à l'adéquation ou des tests, des objections logiques simples viennent vérifier les hypothèses initiales.

C'est une phase déductive avec des rétro-actions itératives.

La paramétrisation concerne les activités analytiques et expérimentales qu'il faut faire pour regrouper les données et les expériences utiles au calcul des paramètres pertinents.

Enfin, la vérification permet d'évaluer les qualités et les défauts de notre modèle.

Nous pouvons présenter la morphologie de la démarche systématique selon le schéma (9) :



II.2 La dépendance des choix

L'analyse de notre propos par rapport à la démarche systémique proposée implique deux stades de connaissance du phénomène.

1- La connaissance approfondie du problème de la définition de l'identité sonore d'un bâtiment.

2- La connaissance précise des relations entre le phénomène étudié et les autres phénomènes manifestés dans l'univers conceptuel du bâtiment.

L'objectif de cette étude consiste également à harmoniser en quelque sorte, la manipulation des connaissances du 1er stade dans le contexte du deuxième.

Ces deux niveaux de connaissance sont associés respectivement au sous-système "qualité acoustique" et au système bâtiment.

Types des relations de dépendance

Il est actuellement, reconnu que l'objet bâtiment est distingué par la multiplicité des intervenants et par la complexité des relations d'interaction entre ces derniers. Or, la définition complète des relations de dépendance, à prendre en compte dans les processus de conception, dépend largement de la pertinence et de l'homogénéité des différents modèles considérés (modèle en urbanisme, modèles architecturaux, modèles de calculs, modèles en sociologie, en économie... etc).

Nous avons choisi pour notre étude une approche de modélisation plus globale que celle liée à l'évaluation de la performance acoustique, en prenant en compte de manière privilégiée trois types de relations de dépendance, à savoir :

- les relations avec l'environnement (relations entre l'univers du bruit, le système constructif et le bâtiment).
- les relations entre les différents éléments de l'évaluation acoustique (relations entre l'isolement réglementaire, l'isolation procurée et la notation correspondante)
- les relations dues au processus qui fait évaluer ce problème dans le temps (processus de conception du bâtiment, processus de conception acoustique) (Réf :28).

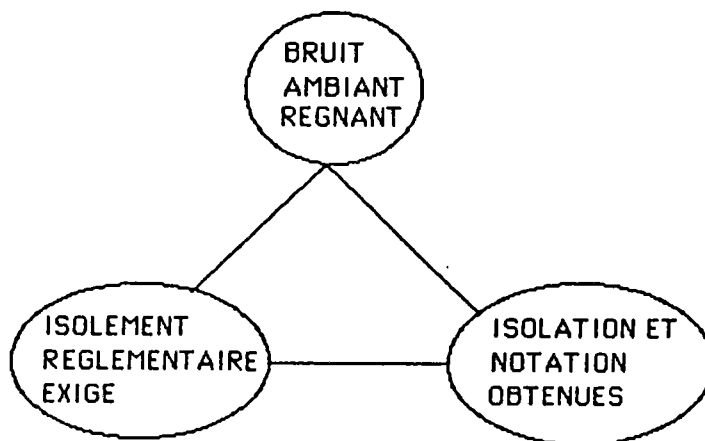
Situation du problème

Il est à noter que notre action s'inscrit dans un contexte de recherche multidisciplinaire associant plusieurs équipes et destinée à définir un prototype de système permettant de recueillir des évaluations technico-économiques après avoir défini une solution architecturale.

Par l'étude de la performance acoustique il est entendu l'évaluation de l'isolation acoustique procurée et de la notation correspondante.

Ce problème est représenté sous forme de trois sous-problèmes interactifs, à savoir :

- . Evaluations quantitatives et qualitatives des bruits ambiants (zone de bruit, niveau du bruit).
- . Détermination d'isolement réglementaire
- . Evaluation de l'isolation et de la notation obtenue.



sachant que le domaine d'action retenue est toujours le bâtiment collectif .

Le système bâtiment

Nous situons notre intervention au moment où se formulent les premières réponses architecturales du problème posé. Autrement dit, l'objet de départ du processus de la conception est l'esquisse architecturale.

l'objet bâtiment à ce stade est peu défini techniquement . Il est considéré comme un système dans un milieu extérieur représentant le cadre du milieu du bâti .

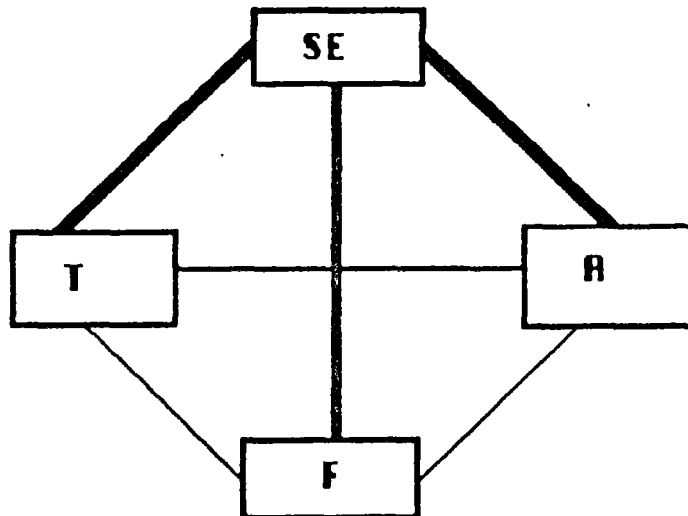
Ce système, "le bâtiment", est censé protéger ses utilisateurs du milieu extérieur auquel il est lié par des relations qui sont d'ordre sociologique, climatique, géologique, environnement ...etc.

Les composantes techniques du système bâtiment et leurs relations de dépendance

La décomposition du système, objet à concevoir, est prévue en trois sous-rubriques: architecturale, technique, économique . Notre action est située sous la sous-rubrique technique qui est, à son tour, décomposée en quatre composantes :

- la structure (éléments verticaux et horizontaux porteurs) et les équipements (structure non porteuse et équipements intérieurs) /SE/, (Réf:29);
- la thermique /T/;
- les fondations et la préparation des plateformes /F/;
- l'acoustique /A/;

dont les relations d'interaction peuvent être schématisées comme suit :



Or, dans les études de conception, les choix techniques faits sur ces quatre composantes figent pratiquement la solution du bâtiment. Ces interdépendances proviennent du double au triplé rôle joué par certains éléments, par exemple :

-Les éléments verticaux jouent un rôle de séparateur vis-à-vis de l'extérieur et de l'intérieur, ils participent aussi à l'isolation acoustique et à l'isolation thermique du bâtiment, mais ils ont, également, une fonction porteuse.

-De même, les éléments horizontaux, jouent d'une part le rôle de séparateur entre les zones habitables et les zones non habitables (planchers bas) et entre les zones habitables elles-mêmes (planchers courants), et d'autre part ils participent à la résistance mécanique de la structure, ainsi qu'à la performance de l'isolation acoustique ou thermique (Réf:6,7).

D'où trois types de relations de dépendance :

Dépendance acoustique-thermique
 Dépendance acoustique-structure
 Dépendance structure-thermique

Il est à noter également que la pratique courante est de ne concevoir les fondations qu'une fois les choix de partis de structure faits, mais il faut signaler que les fondations participent également à l'isolation acoustique (contre les vibrations transmises par le sol) et à l'isolation thermique (pour la thermique, transmission de l'humidité du sol aux éléments de la structure). Ce qui veut dire que de nouvelles relations de dépendance vont s'imposer :

la dépendance fondations-acoustique
la dépendance fondations-thermique
la dépendance fondations-structure.

Le sous-système acoustique

Dans les analyses de conception de ce sous-système, nous avons défini des objectifs compatibles avec le niveau de l'évolution de l'étude :

1er niveau : le système bâtiment n'existe pas.
objectif : Définition du plan masse

2ème niveau : le plan masse est établi
objectif : définition de l'esquisse architecturale
(organisation des espaces)

3ème niveau : évaluation du choix technique

Les relations entre le sous-système acoustique et le système bâtiment varient d'un niveau à l'autre.

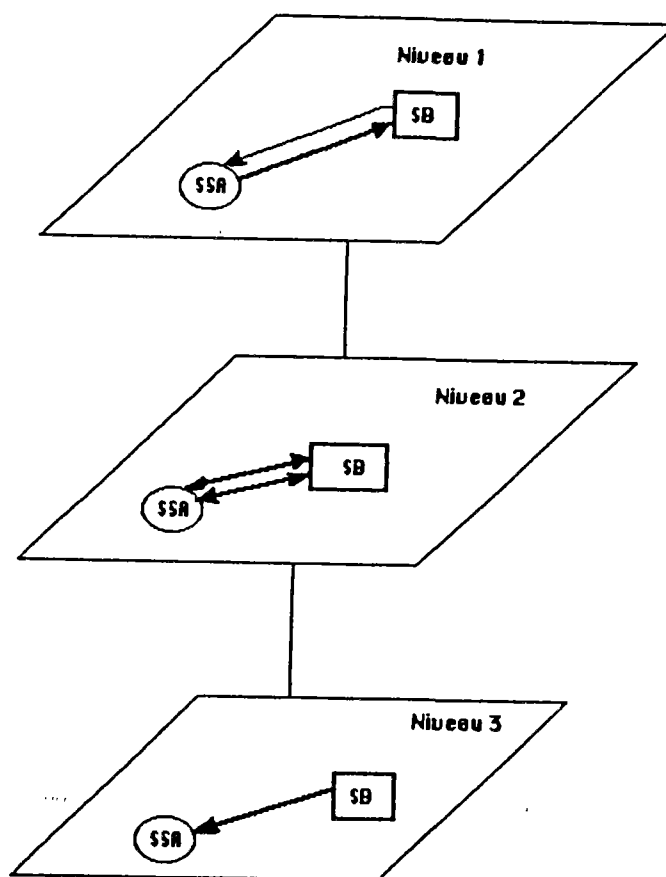
Elles doivent être de type dominant au 1er niveau où le choix dépend de la résolution des contraintes (juridique, d'urbanisme, technique, financière, topographique,...) qui à son tour va limiter le champ de solutions possibles. Mais malheureusement cet aspect est peu considéré dans la pratique des professionnels, sauf dans le cas où la réglementation est remarquablement stricte (aéroport dans la zone de construction). Or, des relations de type dominé peuvent être envisagées.

Par contre, il est pleinement logique de retrouver ces deux types de relation au moment de la définition de l'esquisse architecturale et de l'établissement de l'avant-projet, sommaire, bien que les relations de type dominé soient souvent majoritaires (le choix des partis structure et fondation sont souvent prioritaires à celui de l'acoustique).

Au 3ème niveau, les relations entre le sous-système acoustique et le système du bâtiment sont entièrement de type dominé.

Cette représentation de l'évolution de l'étude sous forme des niveaux permet de mieux expliciter ce que nous avons mentionné à propos de l'importance des mesures de protection gratuite, et des conséquences coûteuses lorsque les évaluations (effectuées en 3ème niveau) conduisent à un échec.

Nous résumons sur le schéma (12) des types de relation entre les différents niveaux et celles entre le sous-système acoustique et le système bâtiment.



où :
 SB : Système Bâtiment
 SSA : Sous Système Acoustique
 ---> Dominance-forte
 <--- Dominance-faible
 <---> Dominance-dominée

II.3 Les critères du choix d'un système d'évaluation acoustique

Le système prévu est destiné à aider l'utilisateur à la prise de décision technique. Cet énoncé révèle implicitement la présence de plusieurs solutions techniques possibles parmi lesquelles le concepteur choisit celle qui lui convient le plus selon des critères de jugement respectant les contraintes liées à l'environnement extérieur et celles engendrées par des choix techniques, économiques ou architecturaux effectués et jugés irrévocables. (Réf :28).

Le recensement de tous les critères d'aide à la prise de décision lors de la conception d'un bâtiment est toujours considéré fastidieux vu le nombre des intervenants impliqués et la diversité des préoccupations manifestées.

La gravité de ce problème est réduite en partie de conception technique où les critères traditionnels (économiques, techniques et de sécurité) sont les plus contraignants. Mais malheureusement ce n'est pas tout à fait le cas en évaluation acoustique où les critères archi-urbains sont souvent dominants.

1 Le critère économique

Ce critère intervient à tout moment de l'évolution de la conception du bâtiment. Il apparaît lors de l'élaboration du programme où le maître-d'ouvrage s'engage sur un coût objectif à respecter.

L'évaluation de ce critère est déterminée par la fonction économique dont les paramètres sont : les ratios, les qualités assorties de coûts unitaires, le coût de construction global et détaillé poste par poste.

Notre action consiste entre autre à donner au concepteur les moyens d'estimer et d'optimiser la partie du coût ou du surcoût qui revient au poste acoustique dès l'APS.

D'une manière générale, quand il s'agit de l'isolation acoustique, les concepteurs s'intéressent à deux aspects :

- . L'importance du coût de renforcement lié à l'isolation phonique.
- . La possibilité de l'obtention du label confort acoustique et éventuellement, sa rentabilité.

L'impact économique du renforcement acoustique des logements a été étudié au CSTB (Réf :30), les résultats de cette étude (voir tableau ci-dessous) permettent d'avoir une idée sur le saut que représente financièrement l'isolement de 35 dB(A) par rapport à un isolement de 30 dB(A).

	Dn = 30 dB(A)		Dn = 35 dB(A)		Dn = 40 dB(A)	
	NEUF	EXISTANT	NEUF	EXISTANT	NEUF	EXISTANT
Individuel	700 F	11 000 F	14 500 F	35 000 F	26 000 F	44 000 F
Collectif	400 F	6 000 F	3 100 F	14 000 F	6 500 F	15 000 F

Tableau : coût du renforcement acoustique des logements (e F.H.T par Logement, valeur décembre 1982).

N.B : Il est à noter que les deux champs d'actions les plus importants sont les occultations et les dispositions d'entrée d'air auxquels l'isolement est fortement lié.

2 Le critère technologique

En fait, ce critère que les concepteurs prétendent cerner l mieux, fait objet de recherches permanentes. Dans l'univers de l conception, ce critère est traité implicitement par les autres critères (économiques et de sécurité).

3 Le critère de sécurité

Ce thème peut être à l'origine de différentes définitions. E.BOREL (Réf:31) définit la sécurité de l'utilisateur par la "certitude pratique" tandis que CROSS (Réf :28) l'a schématisé en disant : "La sécurité du bâtiment est quelque chose d'essentiel mais à part cela cela n'a aucune importance". Quant à la sécurité au niveau du concepteur, elle se limite, dans notre action, aux règlements de construction.

L'effet de ce critère sur la composante acoustique est, en fait, minime et restreint aux cas des choix extrêmes qui peuvent menacer la stabilité structurelle du bâtiment (choix d'une paroi de fort épaisseur, remplacement d'une paroi porteuse par une autre non porteuse etc...).

4 Les critères architecturaux-urbains

A part des règles d'urbanisme et de construction à respecter, ce problème paraît difficile à définir surtout quand il s'agit d'un critère architectural.

Nous admettons ainsi que les plans d'aménagement et l'esquisse architecturale, qui servent comme support d'informations au départ du processus, sont des contraintes fixes en partie amont de la conception et éventuellement discutables en partie plus en aval (selon les résultats escomptés).

II.4 Proposition pour un sous-système d'évaluation acoustique

Cette proposition sera insérée dans le contexte d'un système de conception de bâtiment collectif en A.P.S. dont le point de départ est l'esquisse architecturale.

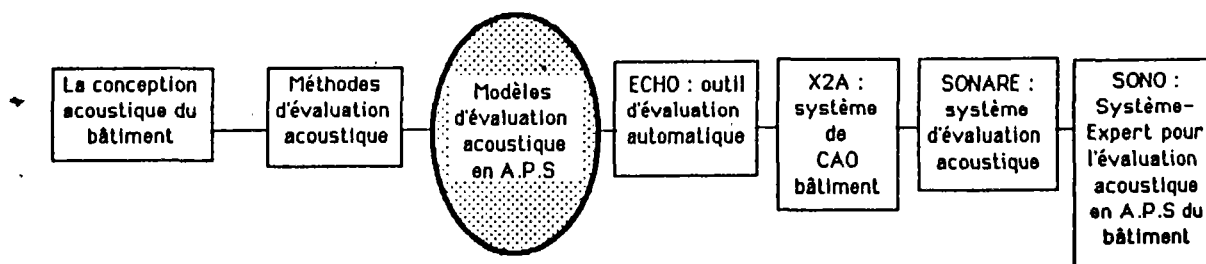
Le but principal de celle-ci est l'autorisation de l'évaluation de la performance acoustique d'un projet.

La démarche à suivre consiste à :

- définir une structure de système de C.A.O autour duquel sont articulées les différentes composantes de conception de façon à ce qu'aucune d'elles ne devienne prépondérante par rapport à l'autre.
- adopter l'approche "niveau de conception" pour le développement des analyses en décomposant toujours la tâche d'évaluation acoustique en trois sous-tâches (voir II.2.1). (Définition précise de l'ambiance sonore, détermination d'isolement réglementaire, évaluation de l'isolation assurée).

Les moyens de développement seront des supports matériels et logiciels informatiques qui devraient assurer :

- . la communication visuelle
- . la saisie d'informations
- . la gestion d'informations
- . le traitement algorithmique de ces informations (calcul automatique).



II.5 Modèle du sous-système acoustique

L'objet de base du développement est le bâtiment dont l'état descriptif au départ représente les premières réponses architecturales et quelques contraintes de type administratif liées au terrain et à la nature de la construction.

Les données disponibles au moment de la délivrance de cette esquisse sont les suivantes (Réf:6) :

. Nombre et implantation des divers bâtiments éventuels:

- pour chaque bâtiment :
 - . forme extérieure, position par rapport au terrain naturel (en plan et en cote d'altitude)
 - . schéma d'organisation des enveloppes
 - . choix de parti des circulations
- position et nombre des entrées
- organisation des circulations verticales et horizontales
- principes de répartition et estimation des grandeurs pour des bâtiments à usage d'habitation par exemple affectation des types de cellules par niveau et ordre de grandeur des surfaces habitables.
- existence et localisation des locaux complémentaires caves, garages ou parkings par exemple.

. Choix de parti de chauffage.

. Niveau de prestation des équipements

N.B : Cette liste a été dressée par référence à des bâtiments à usage d'habitation.

En tout état de cause le niveau des études préliminaires sera celui qui correspond à l'organisation générale des espaces dans des volumes déterminés.

Ceci constitue un élément important qui nous a conduit à deux démarches distinctes selon que nous nous plaçons au stade de l'esquisse ou bien à celui de l'A.P.S.

Dans le premier cas, l'idée force est celle de volumes qu'il s'agit d'organiser. Dans le second, l'organisation ayant été fixée, il convient de l'habiller.

II.5.1 Une modélisation d'une représentation du bâtiment

Nous entendons par modèle l'univers rassemblant différents éléments pour en constituer un objet. Autrement dit une action de modélisation consiste à décomposer l'objet en sous ensemble d'éléments et à définir les relations entre ces derniers.

Problématique

Un bâtiment est un objet dont la décomposition dépend fortement du concepteur et de son objectif. De même, la description des relations entre les éléments, constituant l'objet bâtiment, est strictement liée au langage d'expression qu'utilise l'intéressé, par exemple est-ce un langage graphique ou non-graphique ?

La conception d'un projet de bâtiment s'effectue par un mécanisme de décisions accompagnées d'un ensemble de procédures d'évaluation architecturales et technico-économiques.

Nous constatons, au moment de la conception d'un modèle fonctionnel du bâtiment, l'existence de deux structures de représentations distinctes et complémentaires (graphique et non graphique). Le scénario d'intégration corrélative de ces dernières pose un problème non négligeable qui s'aggrave lorsque nous prenons en considération la structure graphique comme structure principale (Réf:32), cas très souvent envisagé dans le contexte de CAO en architecture.

Ce phénomène prend beaucoup plus d'importance et d'ampleur quand il s'agit de définir un modèle pour la conception globale d'un bâtiment, dans une perspective d'automatisation, où tout choix restrictif à une discipline engendrera forcément sa limitation et des repercussions sur les autres composantes.

Il convient donc de définir une structure appropriée pour décrire un bâtiment de telle sorte qu'elle puisse s'appliquer à une grande variété de programmes de construction.

Principe de modélisation retenue

Le principe de modélisation retenue est fondamentalement classique :

- 1 - formalisation d'un modèle selon le contexte présent
- 2 - utilisation du modèle (calculs)
- 3 - résultat (cas des solutions particulières).

Nous distinguons dans notre approche de modélisation deux niveaux de représentation du bâtiment.

- 1- niveau de représentation géométrique, ou l'enveloppe générale sans aucune description, qui sera assimilé par des modèles mathématiques de deux et trois dimensions.
- 2- niveau de représentation abstraite des objets physiques réels ce que nous appellerons plus tard les composants. ^ inclure

La modélisation retenue

Nous avons respecté tous les principes consistant à :

- représenter le bâtiment par le doublet (objet, relation) ;
- établir des modèles de représentations mathématiques 2 et 3D ;
- représenter abstraitement les composants sous forme d'objets physiques.
- éviter tout choix restreint à un objectif spécifique.

En outre, nous avons pris conscience de deux aspects décisifs pour le choix d'un modèle :

1. L'efficacité du modèle du point de vue acoustique.
2. La compatibilité du modèle par rapport aux schémas univers conceptuels et fonctionnels du système.

Dans la suite nous présentons trois types de modèles adoptés pour chaque étage d'évolution de travail,

- un modèle du bâtiment propre aux critères acoustiques
- un modèle du bâtiment pour un système informatique d'évaluation acoustique
- un modèle du bâtiment pour l'évaluation acoustique dans un système de CAO-Bâtiment général.

Nous nous contentons de présenter d'abord les modèles de calculs retenus afin d'explicitier mieux le choix du modèle du bâtiment.

II.5.2 Présentation du modèle de calcul retenu

Les circonstances dans lesquelles se déroule l'établissement d'un modèle de calcul sensé juger la qualité d'isolation phonique d'une proposition, en phase d'A.P.S où l'esquisse architecturale est la seule source d'informations au départ, imposent la définition d'un ensemble cohérent d'hypothèses facilitant la représentation et la manipulation de certains aspects.

Différents modules de calculs, choisis selon les critères évoqués au paragraphe (I.7), seront traités dans l'ordre dans lequel nous procédons habituellement pour évaluer la qualité d'un projet donné. Leurs présentations prendront la forme suivante :

- Les méthodes de références.

- Les hypothèses (considérations & limitations) s'il y a lieu.
- Méthode et démarche adoptées

Considération générale

Nous admettons dans la suite que :

- 1- La précision des méthodes consultées est garantie par leurs auteurs.
- 2- Tout problème lié au suivi et à la mise en oeuvre des travaux de constructions ne fera pas l'objet de nos préoccupations.
- 3- Les bâtiments traités se trouvent dans une zone urbaine.
- 4- Les limites de la zone impliquée dans les études sont définies par un cercle dont le centre est le bâtiment traité et le diamètre est de l'ordre de 200 mètres.
- 5- La zone de bruit est celle définie par la réglementation.
- 6- La priorité est toujours donnée aux informations fournies par l'esquisse.
- 7- Le concepteur est le seul à pouvoir valider une modification ou une décision.

Définition de l'environnement du bâtiment

Il est bien entendu que l'environnement acoustique d'un bâtiment se décompose en deux sous-espaces :

1 - L'environnement extérieur au bâtiment

Celui-ci est défini par les plans d'aménagement et d'urbanisme; il s'agit :

- des aéroports ,
- des bâtiments existant dans le voisinage,
- des voies de circulation routière,
- des voies de circulation ferroviaire et métro,
- des nuisances causées par les activités sociales ou industrielles (marché, école, chantiers...etc).

Son importance sur le plan acoustique est déterminée par la définition du plan de masse associé au projet .

2 - L'environnement intérieur au bâtiment

C'est tout ce qui appartient au bâtiment lui-même et qui peut jouer le rôle d'un producteur, fournisseur, transmetteur, absorbant ou isolant des bruits. C'est à dire :

- les locaux de services,

- les locaux techniques,
- les parkings,
- les étages,
- les appartement,
- les pièces,
- les équipement ...etc.

Les relations entre le bâtiment et ses environnements

L'environnement extérieur

Le bâtiment est souvent l'unité prépondérante dans la conception d'un tissu urbain dont la relation d'interférence, à ce niveau d'études, est totalement reciproque.

Ceci étant, nous considérons que l'implantation de l'objet bâtiment dans un tissu se fait une fois que les premiers plans d'aménagement urbain sont saisis .

Ceci permet de déceler les types de relations de dépendances entre le site et le bâtiment en question, à savoir :

- l'organisation du plan masse par rapport aux environnements extérieurs,
- le type d'exposition du bâti par rapport aux sources des bruits,
- la situation du bâti par rapport aux écrans acoustiques artificiels ou naturels (effet de masque , forêt, écrans aux bords des autoroutes ...etc),
- la pertinence des plans d'aménagement intérieur du bâtiment par rapport au contexte extérieur (plan d'étage).

L'environnement intérieur

Cet aspect, ,concernant les relations entre les différents composants du bâtiment, est développé lors de la définition du modèle d'évaluation retenu (voir chapitre III).

Définition de la zone de bruits

Le modèle de calcul distingue deux démarches de traitements qui dépendent de l'identité acoustique de la zone traitée (bruyante ou non-bruyante).

Cette identification est faite selon l'importance du niveau sonore régnant à l'extérieur devant le bâtiment .

Avant de traiter cet aspect il faudrait attirer l'attention sur l'état d'évolution des données décrivant l'environnement entourant le bâtiment , ou autrement dit est ce que l'environnement dans son état actuel est à définir ou non ? et si non, est-il modifiable ou non ?

Dans le cas où la conception du bâtiment se déroule dans un milieu extérieur modifiable, il nous a paru convenable de faire appel aux mesures de protection gratuite suggérées par le CETURE (Réf :33) , par le centre de maquette du CSTB de Grenoble (Réf :34) ou dans l'approche de TATUSCO (Réf:3), à condition que le concepteur dispose des descriptions conceptuelles et fonctionnelles appropriées de l'environnement impliqué; Ceci exige un modèle adapté en urbanisme.

Il est à noter ainsi que notre bâtiment est à concevoir dans un milieu que nous supposons défini.

Les règlements de construction permettent de déterminer si le projet est en zone bruyante ou non , en fonction des critères suivants :

(N.B : en cas de présence d'un aéroport dans l'environ la construction n'est permise qu'en zone C).

- les caractéristiques du tissu urbain (traditionnel, continu,...).
- la position du bâtiment par rapport aux autres bâtiments (aligné ...etc).
- la situation du bâtiment par rapport aux sources de bruits (exposition,distance...).
- les caractéristiques des voies de circulation (type, type de la chaussée, pente, virage accentué ...etc).
- les caractéristiques de circulation routière (type, débit, vitesse).
- les caractéristiques des circulations ferroviaires (type, fréquence, vitesse).
- la présence des nuisances de source autre que la circulation.

L'annexe 1 contient une présentation de ce procédé.

Définitions des isolements réglementaires

Trois cas de figures sont pris en considération :

1 Isolement contre les bruits extérieurs au bâtiment en cas d'une zone bruyante

Cet aspect concerne essentiellement les façades dont l'arrêté du 6 Oct. 1978 relatif à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation contre les bruits de l'espace extérieur, modifié par l'arrêté du 23 Fev. 1983 (Réf :35,36), définit l'isolement réglementaire minimal exigé (voir annexe 1).

1.1 Hypothèses & limitations

Nous avons respecté toutes les instructions d'application de l'arrêté ainsi que les restrictions associées. Prenons le cas de classification des voies routières :

- en fonction du déplacement des véhicules automobiles (que les poids lourds et les véhicules légers), quatre catégories de voies routières sont prises en compte (transit, artérielle, distribution, desserte) .
- en fonction du débit de circulation, deux catégories des voies sont recensées (transit, artérielle) . Toute action de construction au bord d'une de celles-ci fera l'objet de dispositions d'isolement particulières.
- les constructions aux bords de voies non recensées ne font pas l'objet de dispositions d'isolement particulières.
- le dénombrement des files de circulation routières s'effectue en fonction de leur usage (les pistes cyclables, par exemple, ne sont pas prises en compte).

1.2 Démarche proposée

La précision de la valeur de l'isolement à appliquer au bâtiment selon la réglementation exige :

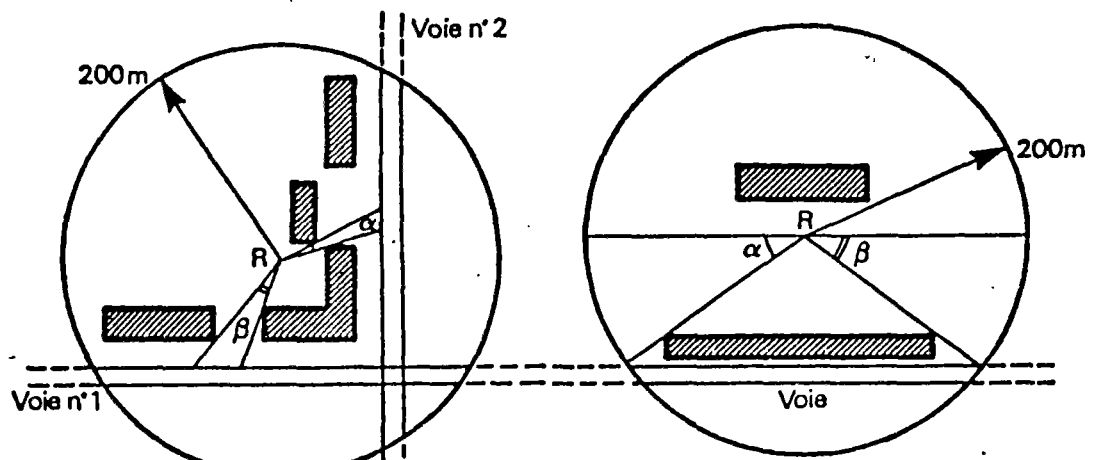
- le dénombrement des files de circulation .
 - la détermination de la hauteur du bâtiment.
 - la précision de la distance du bâtiment à la voie, c'est à dire entre le point récepteur et le bord de la plate-forme de la voie de circulation dans le cas de l'autoroute ou d'une voie rapide urbaine, ou bien le bord de la chaussée la plus proche dans les autres cas .
 - la définition du type d'isolement des façades en fonction des informations précédentes .
 - la définitions de typologie des voies recensées , en fonction des informations concernant les caractéristiques de la circulation sur la voie.
 - la détermination du type d'exposition du bâtiment au bruit .
- Pour ce faire nous considérons les voies de circulation comme des sources linéaires et nous acceptons comme conventions les points suivants :

- le point récepteur se trouve à 2 mètres devant la façade et se situe au centre de cette dernière ,
- les voies concernées sont celles situées dans un rayon de 200 mètres depuis le point récepteur,
- l'exposition au bruit d'une source sonore linéaire est considérée directe si le point récepteur est vu de cette source sous un angle total ou une somme

d'angles dépassant 30° (voir figure (13)), sinon elle est considérée indirecte.

N.B Les expériences ont montré qu'il était indispensable pour évaluer l'isolement nécessaire d'un A.P.S de bâtiment, d'adopter ces considérations de simplification qui sont plus ou moins réglementaires (voir annexe 1) malgré qu'elles soient un peu éloignées de la réalité.

$\alpha + \beta < 30^\circ$: R est en exposition indirecte.



R est considéré comme en exposition indirecte car les port de voie ($\alpha + \beta$) vues sont extérieures au cercle de rayon = 200

- la détermination du type de tissu urbain est-il continu ou non ?
- la détermination quantitative de l'isolement réglementaire des façades.

2 Isolement contre les bruits extérieurs au bâtiment dans le cas d'une zone non-bruyante

Les règlements considèrent, en cas d'une zone non-bruyante, que les façades ont un taux d'isolement suffisant contre le bruit de l'espace extérieur.

Du fait que notre objectif soit "un habitat de qualité", nous avons été conduits à tenir compte de ce phénomène dans le modèle.

Méthodes de référence adoptées

- Le circulaire N° 72-110 du 29 Juin 1972 relative au "Label Confort Acoustique", (Réf 37),

- La méthode simplifiée de CETUR publiée dans " le guide du bruit des transports terrestres, prévision des niveaux sonores" (Réf :38),

- Le Cahier N° 669 du CSTB. (Réf :39)

Démarche suivie

Le but de cette démarche est d'évaluer le niveau sonore regnant devant les façades afin de définir le type de la zone de bruit qui permet à son tour au Label Confort Acoustique (L.C.A) de définir l'isolement nécessaire.

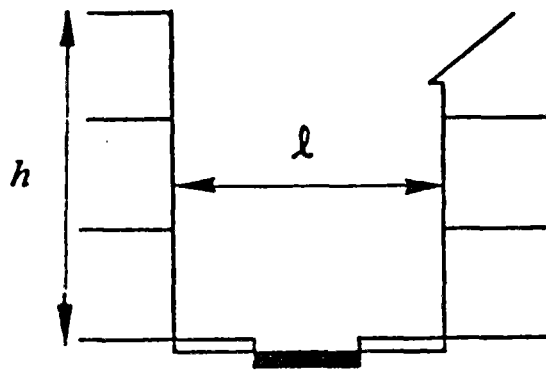
Pour des raisons d'imprécision liées aux lectures des courbes d'isophones facilitant la détermination du niveau de bruit, et dans l'objectif d'utiliser l'outil informatique comme moyen de développement, nous nous sommes servis des formules de calcul présentées par la méthode simplifiée du CETUR pour évaluer le niveau sonore aux pieds des façades selon la procédure suivante :

a - cas où le profil de la voie est de type " U "

$$Leq = 55 + 10 * \log(Q_{vl} + E * Q_{pl}) - 10 * \log(l) + K_h + K_v + K_r + K_c$$

avec :

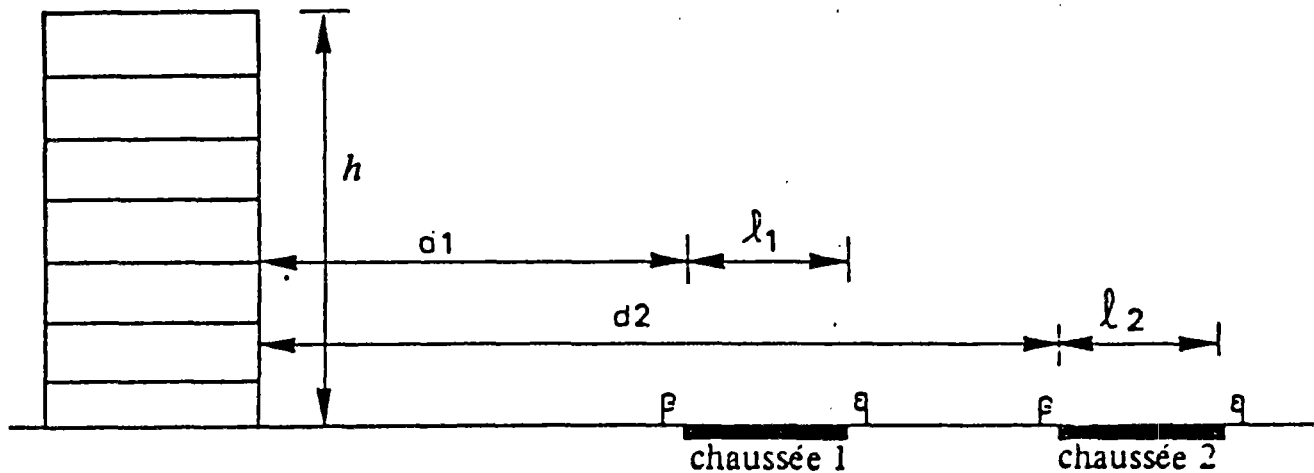
Leq : niveau sonore équivalent en façade (voir annexe),
Q_{vl} : débit représentatif de véhicules légers, vl/heure,
Q_{pl} : débit représentatif de poids lourds, pl/heure,
E : facteur d'équivalence acoustique entre vl/pl,
K_h : correction de hauteur,
K_v : correction de vitesse,
K_r : correction de rampe,
K_c : correction de carrefour,
l : largeur entre façades d'immeubles en mètres,



la rue est dite en « U » si le rapport $\frac{h}{l} \geq 0,2$

N.B : nous trouvons en annexe 6 l'évaluation de ces différents corrections et la détermination du facteur d'équivalence " E " .

b - cas où le profil de la voie est en " L " :



$$Leq = 20 + 10 \log(Qv1 + E * Qp1) + 20 * \log(V) - 12 * \log(d + lc/3) + 10 * \log(0/180)$$

avec :

- V : vitesse en km/h,
- d : distance au bord de plateforme, en mètres,
- lc : largeur de la chaussée, en mètres,

0 : angle sous lequel le point récepteur voit la voie,

La dernière étape consiste à définir le type de la zone de bruit et l'isolement souhaité selon le L.C.A à partir du niveau de bruit équivalent calculé " Leq ", par exemple si Leq est supérieur à 73 dB(A) alors c'est une zone de type "I" et l'isolation est déterminée selon l'usage du bâtiment (maison individuelle, bâtiment collectif) (Réf 37).

3 Isolement contre les bruits intérieurs au bâtiment

Deux aspects importants ont guidé notre choix :

- L'évaluation précise et permanente des niveaux sonores régnant dans les différents locaux appartenant au bâtiment en phase d'avant projet paraît extrêmement difficile, en outre les méthodes proposées pour ce faire n'offrent guère, malgré la complexité de calcul manifestée par quelques unes, de résultats nettement meilleurs à ceux définis par les règlements de construction ou par le L.C.A.

- Les concepteurs doivent respecter un taux d'isolement minimal défini par le règlement de construction ou l'arrêté du 14 Juin 1969. Ils peuvent également profiter, en dépassant le niveau d'isolation défini par le règlement, d'une éventuelle attribution du Label Confort Acoustique et du prêt complémentaire (Réf:37).

Or, il paraît prudent de considérer ces procédés réglementaires comme bases pour un outil définissant le niveau d'isolation acoustique nécessaire ou souhaitable à l'intérieur du bâtiment.

N.B: Toutes les méthodes consultées ont souligné le fait que les résultats obtenus ne sont pas garantis à 100% et que les hypothèses de simplification les rendent approximatifs, avec un degré d'approximation qui varie d'une méthode à l'autre .

Evaluation de la performance de l'isolation acoustique des composants du bâtiment

1 Prévision de l'isolement contre les bruits extérieurs au bâtiment

Méthodes de référence

- La méthode présentée dans les cahiers techniques du CSTB qui proposent un outil simple et pratique pour la vérification des caractéristiques acoustiques des choix constructifs .

N.B l'utilisation de cette méthode exige de prendre connaissance de l'arrêté de 6 Octobre 1978, des cahiers techniques du CSTB N° 1855, 1397 (Réf:40,41) et de l'ouvrage "Sciences du bâtiment ,Acoustique" (Réf :34) ,

- La méthode de QUALITEL (Réf:42).

Hypothèses & limites

- Ces méthodes considèrent que l'administration fixe l'isolement minimal des locaux au moment de la délivrance du permis de construire selon l'arrêté de 6 Octobre .
- La vérification des solutions techniques dans cette partie d'évaluation ne concerne que les murs extérieurs (façades), les toitures et les équipements qui peuvent contribuer à la transmission du bruit de l'extérieur vers l'intérieur .
- Il se peut que l'incertitude soit de l'ordre de quelques décibels , c'est pourquoi dans les cas délicats il est conseillé de procéder à des mesures préliminaires sur prototype, in situ ou en laboratoire.
- Seule la mesure effectuée conformément à la norme (NF S31-057) permet d'apprécier la conformité de solution au règlement (Réf:68) .
- Toute considération propre et spécifique aux méthodes choisies (le spectre de bruit adopté est celui du bruit routier, le champ sonore extérieur est supposé diffus ...etc (Réf :40,41,42)) est respectée.

Démarche suivie

Les façades

La démarche proposée est la suivante :

a - A partir de l'isolement imposé par la réglementation il est possible de préciser la valeur admissible de transmission d'énergie sonore (X) selon l'équation suivante :

$$D = 10 \cdot \text{LOG}(10^{0.32 \cdot V/X})$$

Où :

D : L'isolement imposé / dB(A) /

V : Le volume du local / m³ /

X : L'énergie transmise / MWATT /

b - Définir l'indice d'affaiblissement acoustique de la façade , comme suit :

$$R = 10 \cdot \text{LOG}(1/T)$$

Où :

R : L'indice d'affaiblissement acoustique
/ dB (A) /

T : Le facteur de transmission acoustique
ou le rapport de l'énergie transmise à
l'énergie incidente;

N.B : lorsque la paroi est constituée par
la juxtaposition d'éléments différents
(fenêtre, allège...) de surface Sf, Sa,...
et de facteur de transmission Tf, Ta,... :

$$T = (Tf*Sf + Ta*Sa + \dots) / (Sf + Sa + \dots)$$

soit :

par les courbes de la loi de masse pour un
bruit de route , voir figures (14,15),
(Réf:34).

N.B : Les équations suivantes sont citées
avec beaucoup de réserve car nous les
avons formulées à partir des courbes
précédentes pour des raisons propres à
notre application.

pour $m < 150 \text{ kg/m}^2$:

$$R = (12.5 * \text{LOG}(m)) + 10$$

Pour $m > 150 \text{ kg/m}^2$:

$$R = (43.3 * \text{LOG}(m)) - 58$$

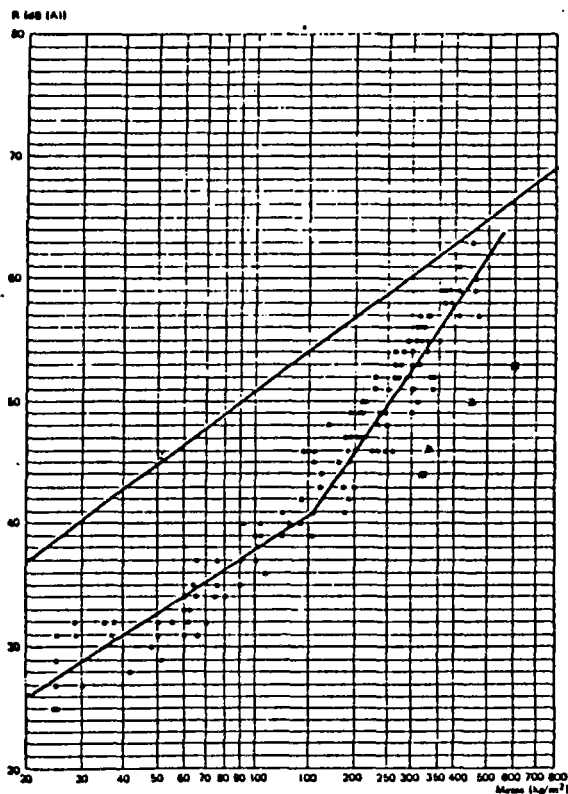


Figure: 14

Loi de masse avec les points expérimentaux

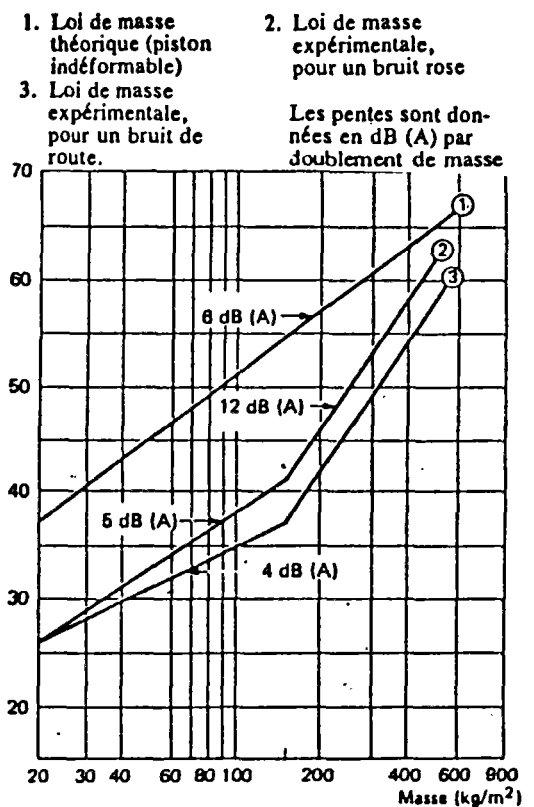


Figure: 15

Loi de masse pour R en dB (A)

c - Définir les chemins de transmission de bruit : (directe indirecte, par les équipements),

d - Evaluer l'énergie sonore transmise par chaque type d transmission :

Transmission directe :

$$X1 = T * S * 10^6 \quad \text{' M Watt '}$$

Où :

S : La surface de la façade 'm²'

Transmission indirecte :

$$X2 = 10 * Slat * 10^{-0.1*(R+10)} \quad \text{' M Watt '}$$

Où :

Slat : La surface de l'ensemble des parois latérales liées rigidement à la façade.

Transmission par équipement :

Il s'agit plus particulièrement des dispositions d'entrée d'air :

$$X3 = \frac{6}{10} \cdot \frac{0.1 \cdot (Dn10 - 10)}{10} \text{ ' M Watt '}$$

Où :

Dn10 : L'isolement qu'aurait le local par rapport au bruit extérieur si le bruit ne passait que par ce chemin de transmission 'M Watt'

e - L'isolement global de la paroi traité dépend de la transmission d'énergie totale X4 déterminée par la relation suivante :

$$X4 = X1 + X2 + X3 \text{ ' M Watt '}$$

f - Vérification finale :

- soit la valeur de X (voir étape a) est connue et la vérification s'effectue comme suit :

il faut absolument que :

$$X4 < X$$

pour que la proposition soit satisfaisante,

- soit X n'a pas été calculé, ce qui est fréquent, alors nous serons conduits à calculer l'isolement obtenu avec la même équation mentionnée en étape (a) en substituant X par X4 :

$$Dn = 10 \cdot \log \left(\frac{10 \cdot 0.32 \cdot V}{X4} \right) \text{ ' dB(A) '}$$

Où :

Dn : L'isolement global de la paroi par rapport à l'extérieur .

Dans ce cas il faut obligatoirement que :

$$D_n > D$$

g - Validation et notation :

La validation de la proposition dépend de sa qualité acoustique (étapes précédentes) et de son impact économique également (voir plus loin).

La figure 16 ci-après, schématise explicitement le programme de processus de prévision d'isolement sonore des façades (Réf :43).

N.B : Les procédures de calcul peuvent être faites par les lectures directes des abaques et des tableaux fournis par les méthodes adoptées. Pour des raisons de précision liées à l'acquisition des données nécessaires pour la lecture des abaques nous avons privilégié l'utilisation des équations précédentes .

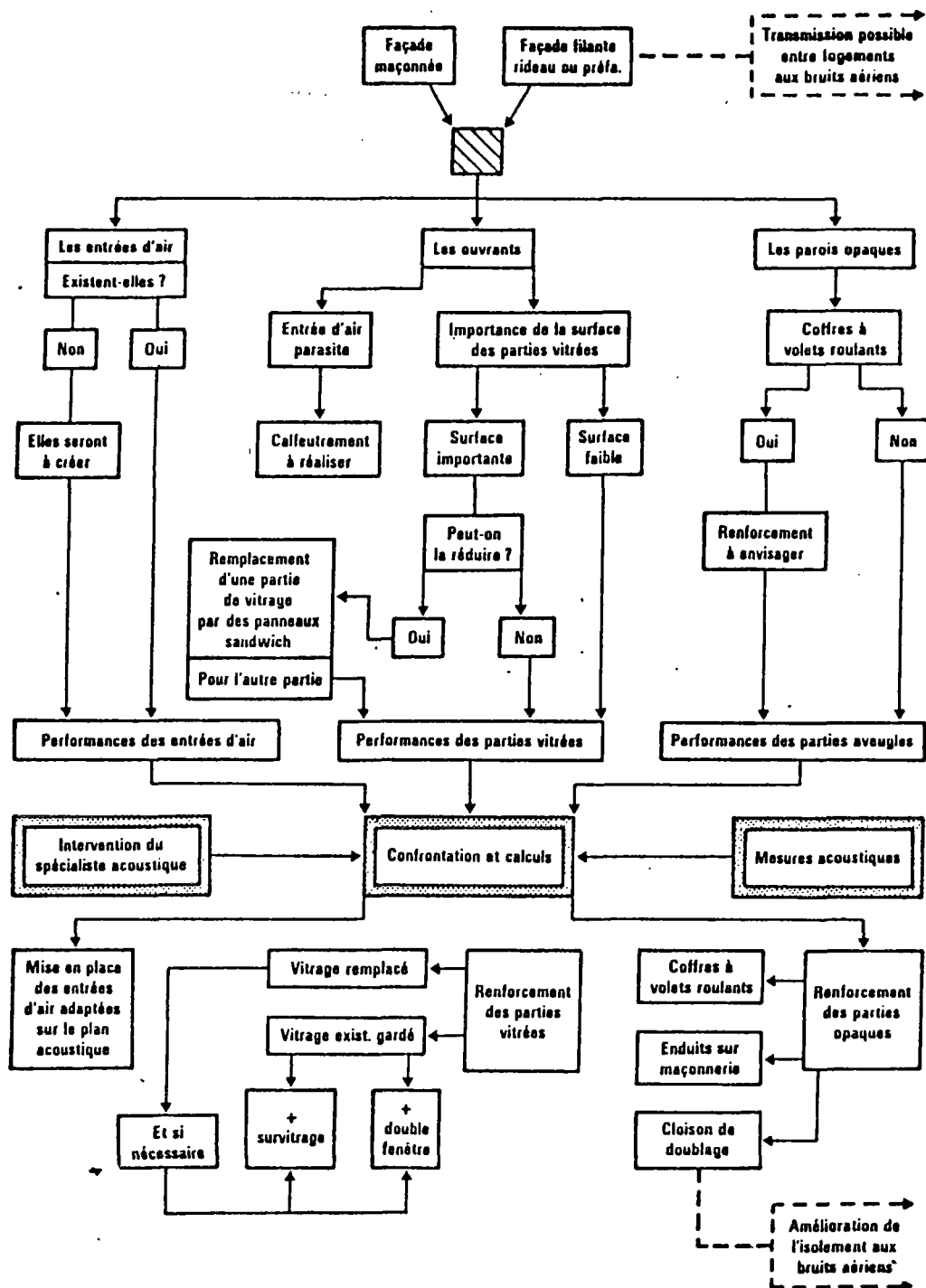


Figure 16: Organigramme représentant les processus de prévision d'isolement sonore des façades (Réf 43).[^] inclure

Les toitures

Il s'agit des pièces sous toitures exposées au bruit de l'espace extérieur . L'évaluation de l'isolement de ces toitures se fait par les mêmes formules ou abaques en partant de l'indice d'affaiblissement acoustique "R" d'un spectre de bruit routier ou d'un spectre de bruit rose dans le cas où la toiture est située en zone "C" d'aérodrome.

2 Prévision de l'isolement des composants contre les bruits intérieurs au bâtiment

Cette action consiste à vérifier successivement les réactions des composants envers le bruit aérien provenant d'un autre logement, le bruit aérien provenant d'un autre local du même logement, le bruit de choc (impact), le bruit des équipements collectifs et les bruits des équipements individuels .

Méthodes de référence

Apparemment cette partie de l'étude est la plus évoluée.

Beaucoup de publications concernant les sous-problèmes spécifiques ont été faites. Chaque secteur intéressé utilise une méthode dite propre à lui et à ses exigences , et ceci est valable au niveau de bureaux de contrôle et de conception . Or le choix d'une méthode ou d'un ensemble de méthodes à travers lesquelles nous pourrions adapter une stratégie de prévision , deviendrait plus contraignant .

En effet , nous avons constaté que malgré la multiplicité de ces méthodes la majorité entre elles se ressemblent dans leur fond et se distinguent par leur scénario de représentation .

Cette constatation nous a conduit à diminuer le champ de sélection et d'aller directement auprès des sources fournissant les moyens permettant aux concepteurs d'évaluer la performance de l'isolation acoustique des bâtiments et plus particulièrement l'intérieur de ceux-ci .

Les supports de référence sont, ainsi, les suivants :

- Les Cahiers techniques du CSTB :

- N° 1397 (Réf :41),

- N° 1857 (Réf :40),
- N° 1884 (Réf :44),
- N° 1373 (Réf :45),
- N° 194 (Réf :46),
- N° 168 (Réf :47),
- ACOUSTIQUE , REEF-VOLUME II , CSTB (Réf :34),
- Les outils et la méthodologie adaptés par Mr M.MEISSER au LASA, (Réf:69)
- La méthode de QUALITEL (Réf :42).

Considérations & limitations

La recherche d'un outil de prévision adaptée en A.P.S nous a permis d'omettre l'évaluation précise des phénomènes (tels que l'effet de vibration des parois légères ou l'effet de résonnance dûe quelques fois à l'isolation thermique etc.) pour lesquels l'acquisition des informations indisponibles à leurs évaluations ne s'avère pas possible (calculer la fréquence critique selon le spectre de bruit incident par exemple) ,mais nous avons veillé semblablement aux auteurs des différents procédés consultés, à ce que nous prenions en compte implicitement et forfaitairement leurs effets .

Nous verrons dans la suite que les difficultés rencontrées pour résoudre les problèmes liés à la transmission latérale de bruit aérien ainsi qu'à la transmission du bruit d'impact nous obligeront à adapter un procédé prévisionnel approximatif .

Démarche proposée

Les trois types de bruits sont traités :

Isolation contre les bruits aériens produits à l'intérieur du bâtiment

Un local peut être exposé aux bruits émis dans des locaux qui appartiennent ou pas au même logement .

Isolement d'un logement contre les bruits provenant des autres locaux du bâtiment

Exigences

bâtiments collectifs

nature du local d'émission		nature du local réception			
		note ①		note ③	note ⑤
		pièces principales	pièces de service	pièces principales	pièces principales pièces de service
appartenant à un logement	pièces principales				$D_{\text{nat}} \geq 54$ ou 57 (1)
	pièces de service*	$D_{\text{nat}} < 51$	$D_{\text{nat}} < 48$	$D_{\text{nat}} \geq 51$	$D_{\text{nat}} \geq 56$ $D_{\text{nat}} \geq 48$
	autres locaux*				$D_{\text{nat}} \geq 56$
n'appartenant pas à un logement	circulations communes*	$D_{\text{nat}} < 41$	$D_{\text{nat}} < 38$	$D_{\text{nat}} \geq 41$	$D_{\text{nat}} \geq 46$ $D_{\text{nat}} \geq 38$
	locaux d'activités*	$D_{\text{nat}} < 56$	$D_{\text{nat}} < 53$	$D_{\text{nat}} \geq 56$	$D_{\text{nat}} \geq 59$ $D_{\text{nat}} \geq 53$

(1) L'exigence est 57 dB (A) pour une paroi séparant deux pièces principales de nature différente.
Les valeurs de D_{nat} figurant dans le tableau ci-dessus correspondent à des ajouts au bruit rose exprimés en dB (A).

Prévision

1er cas

les transmissions parasites ne sont pas prises en compte

les principes consistent à calculer l'isolement selon la formule suivante :

$$D_n = R - a + b$$

D_n : l'isolement entre deux locaux dB(A).

R : l'indice d'affaiblissement acoustique de la paroi séparative, déterminé soit par l'équation suivante :

$$R = 10 * \text{LOG} (1 / T)$$

soit par la Loi de MASSE pour un bruit rose :

Pour $50 < m < 150 \text{ kg/m}^2$,

$$R = (17 * \text{LOG}(m)) + 4$$

Pour $150 < m < 670 \text{ kg/m}^2$,

$$R = (40 * \text{LOG}(m)) - 46$$

Pour $m > 670 \text{ kg/m}^2$,

$$R = 67 \text{ dB(A)}$$

Où :

m : La masse surfacique de la paroi
kg/m²

en associant un ensemble de corrections correspondant au type et à la composition de la paroi séparative .

a : terme correctif tenant compte des transmissions latérales dues à l'environnement de la paroi séparative, dB(A) déterminé comme suit :

$$a = 5 - N + S_r/10$$

N : nombre de parois liées au séparatif examiné doublé de fibres minérales sur la face intérieure au local de réception.

S_r : la somme des surfaces de cloisons ou de doublages, liés au séparatif, côté réception dans le cas de cloisons rigides et légères (carreaux de plâtre ou briques plâtrières) et dans le cas de doublages à base de polystyrène de moins de 6 cm d'épaisseur ou de polyuréthane de moins de 8 cm d'épaisseur. Les cloisons et les doublages ne sont pris en compte que si leur surface est au moins égale à 5 m² . (Réf :42) .

CATED propose également un abaque afin de déterminer "a".

D'une manière générale et par défaut, nous admettons que a = 5 dB(A) .

b : facteur de forme , 'dB(A)', calculé par la formule suivante :

$$b = 10 * \text{LOG} (A / S)$$

La formule de SABINE donne :

$$A = (0.16 * V) / (t)$$

avec :

A: l'aire d'absorption équivalente m².

V: volume de local receptr, m³.

S: surface de la paroi examinée, m².

t: temps de réverbération (voir annexe2),
seconde.

Cas particulier

Si le local d'émission et le local de réception sont séparés par une pièce tampon, l'isolement considéré est le suivant :

$$D_n = D_{n1} + D_{n2}$$

avec D_{n1} & D_{n2} sont respectivement les isolements dits globaux des deux parois de séparation (1 & 2) définies par la figure 17 :

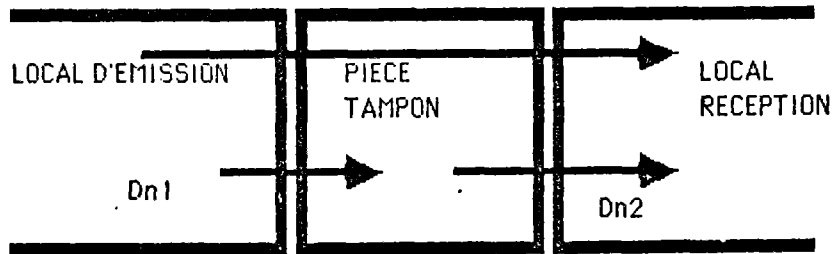


Figure 17: La transmission de bruit par une pièce tampon.
 $D_n = D_{n1} + D_{n2}$
 D_{n1}, D_{n2} sont respectivement les isolements globaux des parois 1 et 2.

2em cas

les transmissions parasites sont prises en compte

Cette transmission est reçue par le local de réception à travers

- Les conduits de ventilation dont l'évaluation est donnée par la formule suivante :

$$D_{nAT} = -10 \log \left(10^{\frac{-D_{n1}}{10}} + (32/V) 10^{\frac{-D_{n10}}{10}} \right)$$

Où

D_{nAT} : l'isolement global entre deux locaux.

D_{n1} : l'isolement entre les deux locaux séparés par la paroi.

D_{n10} : l'isolement normalisé (VMC) obtenu à partir d'une mesure en laboratoire.

V : volume du local de réception.

- Les gaines techniques,
- Les portes palières,

- Les éléments filants devant un séparatif (façade filante par exemple).

Ces trois derniers éléments de transmission sont traités selon les normes correspondants aux études des cas proposés par QUALITEL pour l'obtention du LCA.

L'isolement contre les bruits aériens intérieurs au logement traité

A ce niveau d'évaluation les formules de calculs restent les mêmes mais ce sont les exigences qui se différencient. Nous remarquons, entre autres, l'apparition de quelques cas ou tests particuliers que nous n'envisageons pas dans l'étape précédente tels que les portes de distributions. L'organigramme suivant (Figure:18) explicite en gros la stratégie d'évaluation de l'isolement contre les bruits aériens à l'intérieur du bâtiment (Réf :43).

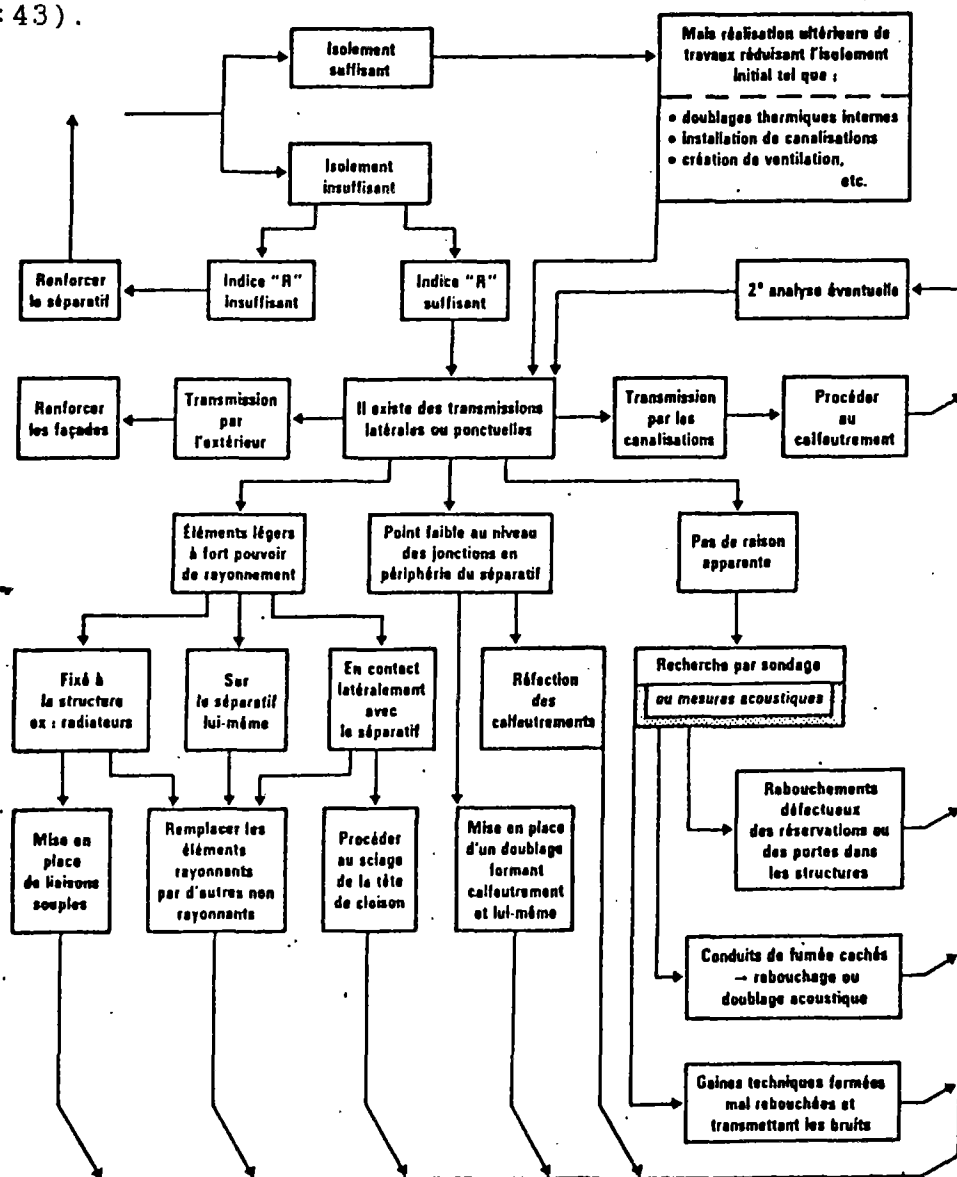


Figure : 18 (Réf:43)

Isolation contre le bruit d'impact

Cet aspect concerne davantage les séparations horizontales qui jouent le rôle d'isolant et de transmetteur des nuisances du local source de bruit aux autres locaux adjacents .

Il faut souligner qu'un plancher dans un logement est soumis deux types principaux d'excitation :

- l'excitation par les pieds et les socles d'équipement accrochés rigidement au plancher . Ceux-ci transmettent, par leur points d'attache, des forces alternatives mettant le plancher en vibration.
- l'excitation par les personnes marchant .

Sont considérés comme lieux d'émission du bruit les locaux suivants : logement sauf cellier et séchoir, circulation commun horizontale intérieure et extérieure, escalier intérieur ou extérieur, ascenseur, terrasse, loggia, parking, local collectif résidentiel, bureaux, locaux de service.

les locaux techniques , les loggias, les balcons, les escalier individuels extérieurs ne sont pas pris en considération s'ils ne se situent pas au dessus d'un logement.

L'action de base de ce procédé est l'évaluation du niveau sonore produit par les effets du choc .

Exigences

L'isolation procurée par les planchers recouverts de leur revêtements, doit être telle que le fonctionnement de la machine choc normalisée, en un endroit quelconque d'un logement, ne crée pas, dans les pièces principales des logements voisins, un niveau de bruit global supérieur à 70 dB(A) .

Soit L_n le niveau de pression acoustique régnant , il s'en suit que :

- si $L_n > 70$ dB(A) donc isolement refusé .
- si 65 dB(A) $< L_n < 70$ dB(A) donc l'isolement est admissible .
- si $L_n < 65$ dB(A) donc possibilité de l'obtention du LCA .

Détermination du niveau de pression acoustique L_n résultant

Un impact sur le sol d'une pièce peut être perçu dans les autres pièces du même étage, et avec beaucoup plus d'ampleur, à l'étage inférieur non seulement dans la pièce située immédiatement au-dessous, mais aussi dans les pièces contiguës à cette dernière.

Nous distinguons ainsi, trois voies de transmission : horizontale, verticale et diagonale (Réf :45).

L'importance de cette transmission dépend de l'impédance du plancher excité . Cette dernière étant en gros le rapport entre la force excitante et la vitesse de vibration en résultant est fonction de :

- l'épaisseur du plancher ,
- la masse volumique du matériau constituant,
- le module d'élasticité de ce matériau (Réf/70).

En supposant que le plan des locaux soit identique à chaque étage, nous ne considérons que deux types de transmission de bruits de choc à traiter :

- la transmission en verticale entre deux pièces principales,
- la transmission en diagonale d'une pièce de service à une pièce principale du niveau inférieur contigüe à la pièce de service.

Les cas suivant sont considérés :

CAS 1 : Dalle pleine en béton

$$Ln = 133 - 30 \cdot \text{LOG}(e) - dL - 10 \cdot \text{LOG}(V)$$

e : épaisseur de la dalle, en cm;

dL : efficacité normalisée du revêtement de sol, en dB(A);

V : volume du local de réception, en m³.

Pour déterminer la transmission diagonale à partir de cette formule il y a lieu d'affecter une correction dépendant des masses surfaciques des composants rentrant en jeu (Figures: 19,2à,21)

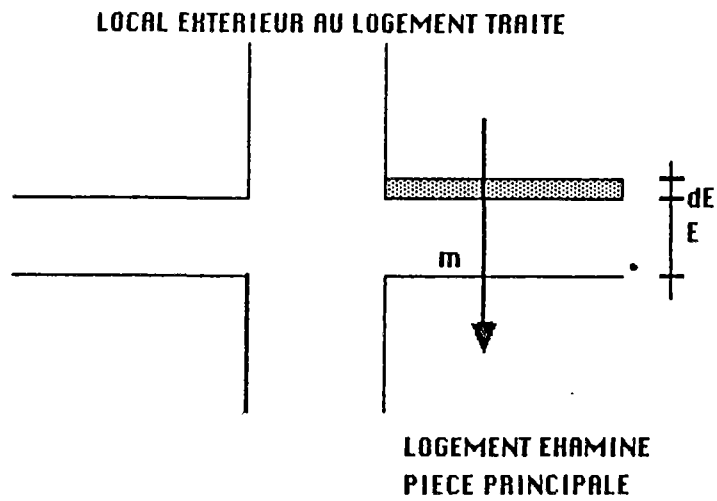


Figure: 19

$$L_n = 133 - 30 \cdot \log(E) - dL - 10 \log(V)$$
 avec $E(\text{cm})$: épaisseur de la dalle pleine;
 $dL(\text{dB(A)})$: efficacité normalisée du revêtement de sol;
 $V(\text{m}^3)$: volume du local de réception du logement étudié.

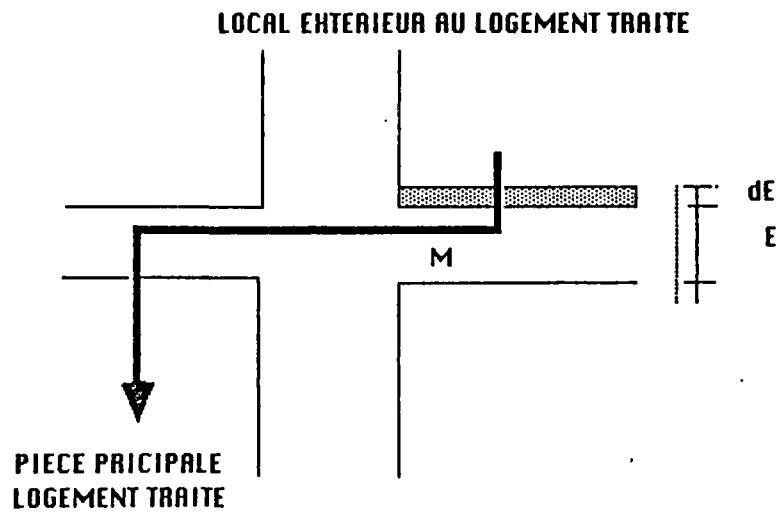


Figure: 20

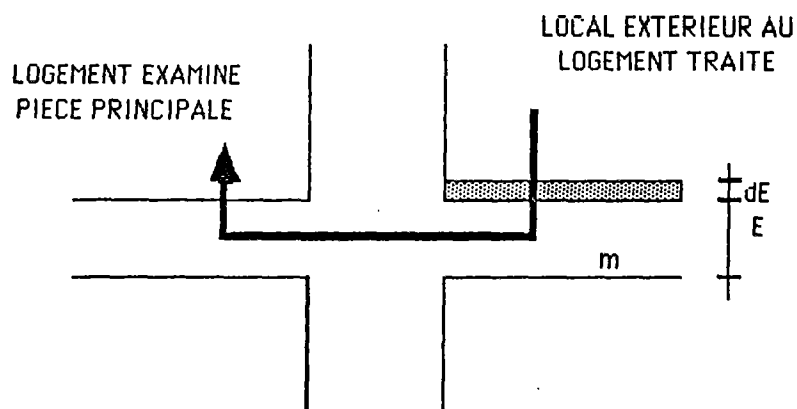


Figure: 21

La détermination de $\text{Ln}(\text{dB}(\text{A}))$ sera calculée comme pour transmission directe et nous diminuerons ensuite de $\text{Ln db}(\text{A})$, une des valeurs suivantes en fonction du rapport m'/m dans lequel $m(\text{kg/m}^2)$ représente la masse du plancher support et $m'(\text{kg/m}^2)$ la masse de la paroi verticale.

Cas 2 : Planchers corps creux

$$\text{Ln} = 142 - R - dL$$

avec R : indice d'affaiblissement acoustique du plancher calculé par la loi de Masse pour un bruit rose .

En transmission en diagonale nous nous reportons aux mêmes corrections mentionnées ci-avant, avec " m " égale à la masse moyenne de plancher corps creux .

Cas 3 : Dalle flottante sur une dalle pleine de béton ou un plancher corps creux

Pour ce faire nous nous reportons, suivant le cas, aux formules de base correspondant aux planchers creux ou aux dalles pleines en béton, avec :

- dL : efficacité normalisée de la dalle flottante sur son complexe isolant,
- e : épaisseur de la dalle support ,

R : indice d'affaiblissement du plancher sans dalle flottante,
m : masse du plancher support sans la dalle flottante.

Cas 4 : Cas particuliers

- Plancher métallique ou en bois : ce cas exige un procédé de mesure pour déterminer L_n ,
- Plancher à caisson : c'est le cas d'une dalle pleine avec e : égale à l'épaisseur minimale du plancher,
- D'autres cas plus spécifiques dont le traitement se rapporte à un des cas déjà traités (plancher sur terre-plein ...).

CAS 5 : Escalier

Si l'escalier est désolidarisé de la structure, ou s'il y a un double mur avec joint de rupture, nous considérons l'isolation comme bonne et permettant l'obtention du LCA si le contexte général est bon .

Sinon, nous considérons les escaliers comme une dalle pleine en prenant comme épaisseur deux fois celle de la paillasse dans le cas d'un escalier plein, ou l'épaisseur de la marche dans les autres cas .

Isolation contre les bruits des équipements

Ce problème bien délicat est difficilement cerné au niveau de la conception primaire, manque d'informations spécifiques .

- Dans un projet d'habitation nous distinguons les bruits d'équipements individuels de ceux des équipements collectifs

Les bruits d'équipements individuels

Il s'agit des bruits :

- de robinetterie, dont l'appréciation de leur qualité d'isolement se fait selon leur classement défini par les normes (NF ou EAU de l'EPEBât). Notre action à ce propos consiste à déterminer la notation correspondante .
- des installations de chauffage individuel, dont les effets sur le plan acoustique sont estimés en fonction du type de chaudière choisie et de son niveau de puissance acoustique "Lw" défini par un P.V (procès verbal) .En cas d'absence d'un P.V d'essai, d'ailleurs cas très courant, nous avons recours à des valeurs forfaitaires, du Lw pour calculer le niveau de pression L_p acoustique résultant (voir équations ci-dessous), ce dernier nous permettant d'évaluer la notation correspondante.

Chaudière à mazout :

$$L_p = L_w + 6 - 10 \text{ LOG } ((0.16 \cdot V)/T)$$

V : volume du local où est située la chaudière m³,

T : temps de réverbération secondes.

Chaudière électrique :

$$L_p = L_w + 6 - 10 \cdot \text{LOG}(0.32 \cdot V)$$

V : volume du local où est situé le convecteur m³.

Les autres cas dépendent du niveau de puissance, des conditions et des circonstances d'installation.

- des dispositions de ventilation mécanique contrôlée, dont le traitement proposé s'effectue soit par un engagement fourni par le maître d'ouvrage sur le type de ventilateur et de son montage, soit par un calcul acoustique détaillé du niveau de puissance (dont la définition de la notation y correspond) conformément aux normes :

en pièces principales $L_w \leq 25 + 10 \cdot \text{LOG}(V/12.5)$,
ailleurs $L_w \leq 35 + 10 \cdot \text{LOG}(V/12.5)$.

- de la présence d'une pompe à chaleur individuelle à l'intérieur du bâtiment. Pour estimer l'influence de cet aspect sur le plan d'isolation acoustique nous nous référons à la même procédure utilisée dans le cas d'une chaudière à mazout .

Les bruits d'équipements collectifs

Il s'agit de traiter les effets des bruits :

- des ascenseurs, dont la qualité d'isolement est définie en fonction de leur position par rapport au logement et de leurs dispositions antivibratiles.
- de vide-ordures, pareillement au cas précédent, la qualité d'isolation dépend largement des caractéristiques d'installation.
- de chaufferie collective, nous gardons la même logique de raisonnement que dans le cas d'équipements individuels mais avec quelques modifications concernant les formules de calcul , par exemple pour une chaudière au fuel :

$$L_p = 16 * \text{LOG} (P) - 10 * \text{LOG} (V) + 54$$

P : puissance de la chaudière en 'kW',
V : volume de la chaufferie en 'm3'.

- des V.M.C., (le même traitement suivi en cas d'équipements individuels).
- des pompes à chaleur collectives à l'intérieur du bâtiment, (voir cas d'équipements individuels avec un temps de réverbération = 1 seconde).

II.5.3 Une approche économique

L'aspect économique le plus important à ce niveau de conception est le surcoût de construction que les mesures d'isolation acoustique engendrent, et selon lequel habituellement, le choix d'une solution s'effectue .

En fait, lorsque nous parlons des mesures de protection gratuite nous cherchons implicitement la solution la plus économique. D'ailleurs, la recherche d'un L.C.A s'effectue plutôt dans un but d'économie que de confort .

Reste à savoir la rentabilité de chaque action adoptée aussi bien sur le plan acoustique que sur les autres plans, c'est à dire :

- Une bonne orientation protectrice du bâtiment ne pourrait-elle pas déformer l'identité acoustique du site lui même ?
- Une action menée sur le plan de l'urbanisme ou sur le plan de masse ne provoquerait-elle pas un volume des travaux supplémentaire (préparation du terrain, tracer des voiries, fondations ...etc) dont le surcoût rapporté à la construction peut être plus important?
- Un changement effectué sur le plan d'étage ne risquerait-il pas de se faire au détriment de la fonction d'éclairage ou du stockage d'énergie ou ...etc) ?
- Enfin l'obtention du LCA est-elle rentable (vis-à-vis du surcoût en résultant) ?

La réponse à ces contraintes de choix est "d'autant plus simple que compliquée" , il suffira que le concepteur soit "au courant de tout". La prise en compte de cette exigence (savoir tout) sur le plan informatique n'est jamais évidente, nous proposons dans les chapitres qui suivent, une architecture de réponse que nous qualifions convainquante méthodologiquement et pertinente structurellement (système X2A) .

L'aspect économique lié à l'évaluation acoustique n'est abordé par le présent modèle de calcul que sous l'angle des notations . Mais il est conçu dans un contexte supposant la présence de différents modèles de calculs (métrés, thermique, fondation, structure, ...), tous interconnectés par un système de dialogue et de contrôle associé .

En tout état de cause la stratégie proposée sera la suivante :

$$\text{facteur de rentabilité} = \frac{\text{surcoût}}{\text{apport}}$$

où le facteur de rentabilité doit être toujours ≤ 1 .

II.5.4 Caractéristiques de la démarche choisie

Agréée : la démarche est basée en bonne partie sur la méthode d'évaluation de l'indicateur QUALITEL .

Ce dernier est obligatoire pour les programmes de construction neuve de plus de 50 logements dont le financement bénéficie d'une aide de l'Etat (Réf:2) . Il permet entre autres de rendre compte de la qualité des aspects techniques d'un projet.

Parmi les quinze points traités par QUALITEL, deux concernent l'acoustique :

- la protection contre les bruits émis à l'extérieur du bâtiment,
- la protection contre les bruits émis à l'intérieur du bâtiment.

Homogène : que cela soit l'approche de QUALITEL, des cahiers techniques de CSTB ou de LASA que nous adaptons pour le modèle, le résultat et la démarche sont les mêmes . En fait, ces organismes avec la collaboration des autres partenaires intéressés à ce problème (LRPC - Strasbourg , LCPC - Paris) ont participé à l'élaboration d'une démarche globale présentée sous la forme de QUALITEL .

Globale : la cotation à attribuer s'établit à l'aide de sous-cotations intermédiaires portant sur les différents types de bruits:

- 1 - ceux pris en compte par la réglementation (bruit aérien entre logements, issus des parties communes, impacts, équipements individuels et collectifs extérieurs au logement, isolation de façade, ...etc);
- 2 - les bruits aériens à l' intérieur d'un même logement;
- 3 - les bruits d'équipement individuels et collectifs intérieurs au logement;
- 4 - l'isolement des toitures.

Simple : pour deux raisons: d'une part, les méthodes elles-mêmes sont conçues pour permettre aux concepteurs de vérifier aisément la validité de leurs propositions sans se préoccuper des problèmes liés à l'utilisation des procédures de calculs purement technique ; d'autre part, nous avons été conduits à optimiser davantage la simplicité du modèle pour qu'il soit abordable en phase de l'A.P. et transportable sur des supports informatiques.

Extensible : la décomposition à la fois homogène et indépendante des tâches de conception va permettre grâce à un pilote de gestion générale d'ajouter, d'insérer, de supprimer ou de modifier des informations (algorithmiques, réglementaires, géométriques ...).

Précise : le degré de précision obtenu est analogue à celui des méthodes agréées. Il dépend également de la précision des données manipulées et du suivi des travaux d'exécution dans les chantiers.

Automatisable : (voir partie II).

Le schéma 22 permet d'expliquer au mieux la stratégie qui nous conduit à ce modèle :

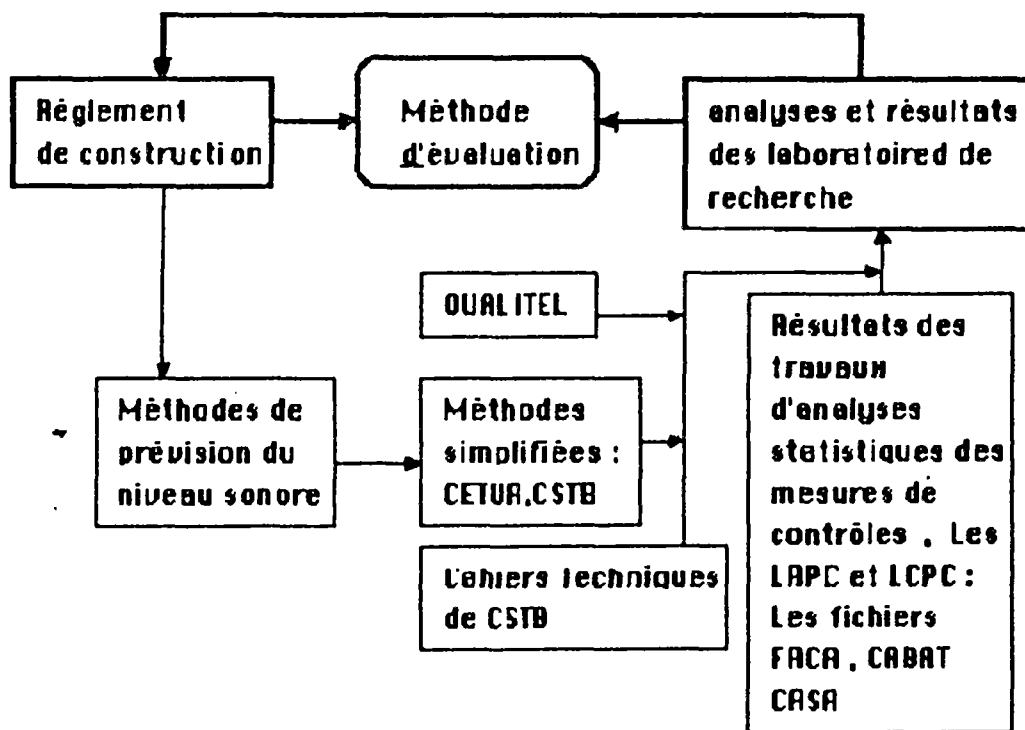


Figure: 22

Les différents pôles de la stratégie de définition d'une méthode d'évaluation acoustique.

II.5.5 Présentation du modèle de données

Le modèle de données proposé est l'ensemble des sous-schémas représentant les différents types d'informations associées aux modules de calculs adoptés (voir schéma 23).

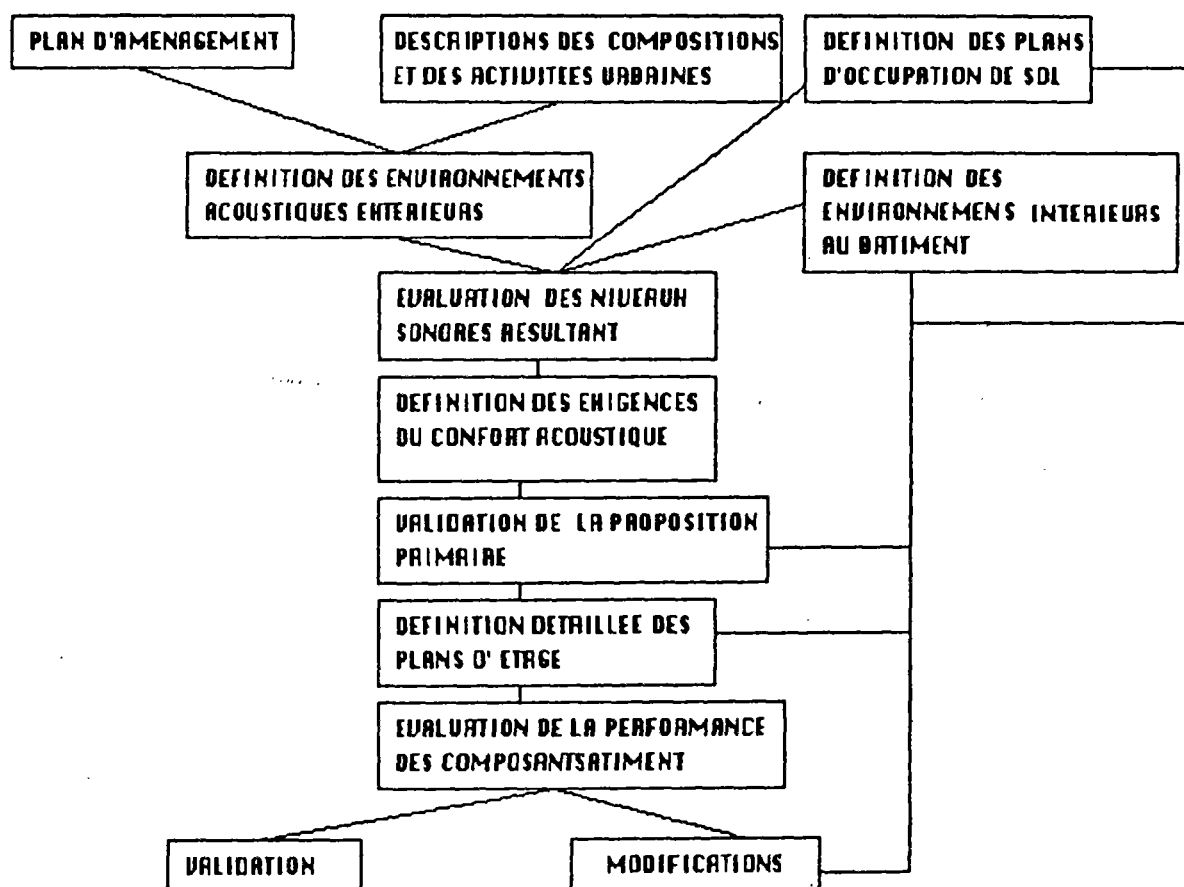


Figure: 23

Le schéma directeur du modèle de données

Par analogie avec les procédures d'évaluations définies (cf II.5.2) , nous définissons les sous-modèles de données suivants :

- sous-modèle de représentation des informations extérieures au

- bâtiment .
- sous-modèle de représentation géométriques du bâtiment .
- sous-modèle de représentation des éléments constitutifs du bâtiment .
- sous-modèle de représentation des informations technico - économiques liées au bâtiment .

Les données peuvent être classées selon la nature de leur ressources :

- Les données acquises par des ressources standards ou extérieures à l'univers du bâti (informations sur la circulation, caractéristiques techniques générales des matériaux de construction par exemple) .
- Les données acquises des ressources propres à l'univers du bâti (description géométrique et fonctionnelle des composants du bâtiment par exemple) .

ou selon leur type :

- Les données non-modifiables en cours d'évaluation acoustique. Elles sont généralement des ressources extérieures au bâti.
- Les données modifiables , telles que la nature du revêtement du sol ou le type d'une fenêtre ou d'une porte ... etc.

Les relations entre les différents aspects présentés ci-dessus sont représentées par le schéma 24 :

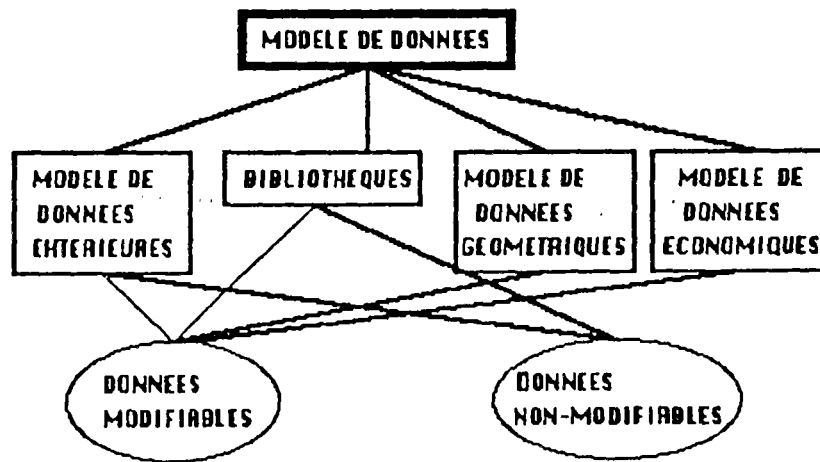


Figure: 24

Classification typologique du modèle de données.

N.B: il est à noter que le modèle de données correspond au modèle de calcul . Il sera d'autre part soumis à des modifications d'adaptation diverses suivant la stratégie des développements informatiques proposés .

Les données extérieures au bâti

Il s'agit des informations décrivant l'environnement acoustique du projet . Celles-ci changent selon la qualification sonore de la zone de construction concernée (est elle bruyante ou non ?).

1 Recensement des données extérieures

Le processus de traitement implique l'acquisition de certaines informations initiales ou primaires, à savoir :

cas où la zone de bruit n'est pas définie

- les caractéristiques de circulation aérienne :
 - présence d'un aérodrome ,
 - zone de construction.
- les caractéristiques de circulations terrestres :

pour les trafics routiers :

- position de la voie par rapport au terrain-naturel
- fonctionnement de la voie (arterielle, transit...),
- classe de la voie (voie rapide, autoroute, ...),
- largeur de la voie,
- type de la chaussée, rampe de la voie, nombre de files de circulation routière,
- le débit et la vitesse de circulation des véhicules légers,
- le débit et la vitesse de circulation des poids lourds,
- le débit de circulations des bus,
- le type de circulation des bus (accessible ou non-accessible aux autres voies) ,

pour les trafics ferroviaires :

- le débit de circulation ,
- le type des voies de circulation (couvertes , ou non-couvertes) ,

pour les métros et les tramways :

- le débit et la vitesse de circulation,
- le type de circulation (aérienne ou souterraine),

- le type de contact avec le sol (mode de roulement fer-fer ou autre),
- les caractéristiques du tissu urbain :
 - classement du tissu (traditionnel ou autre),
 - type de tissu (continu ou discontinu),
- les caractéristiques de l'installation du bâti par rapport à son environnement extérieur :
 - valeur de l'angle de vue,
 - la distance entre le bâti et le repère d'axe de circulation
 - la hauteur du bâti

A partir de ces données initiales nous tâcherons d'établir grâce à l'intervention de simples procédures de traitement, un deuxième type de données dites déductives, définissant :

- le nombre total des files de circulation ,
- le débit total de circulation ,
- la zone de bruit (bruyante ou non) ,

Cas d'une zone de bruit bruyante

Nous nous contentons de garder la même description des données initiales et déductives déjà définies , mais nous sommes obligés dans ce cas de définir un sous-ensemble de données complémentaires le type des voies de circulation (I,II) .

Cas d'une zone non-bruyante

La démarche d'évaluation proposée exige une masse d'informations plus importante par rapport au cas précédent. Ceci est dû à l'utilisation des procédures permettant d'évaluer le niveau sonore résultant aux pieds des façades exposées aux bruits extérieurs au bâtiment.

2 Représentation des données extérieures

Le sous-modèle proposé est basé sur trois notions élémentaires : qui sont l'objet , les caractéristiques de l'objet, et les relations entre les objets.

Nous pouvons présenter ce sous-modèle sous forme de deux sous-ensembles liés par les relations "caractéristiques de " (voir schéma 25). Le premier contient les objets élémentaires telles que la voie, le tissu urbain, le bâti, les V.L, ..., et les relations entre eux, par exemple le bâti appartient à un tissu urbain et il est au bord d' une voie de circulation . Le deuxième sous-ensemble comprend les caractéristiques des objets manipulés, c'est-à-dire la longueur et la largeur de la voie, la hauteur du bâtiment , le type de tissu urbainetc .

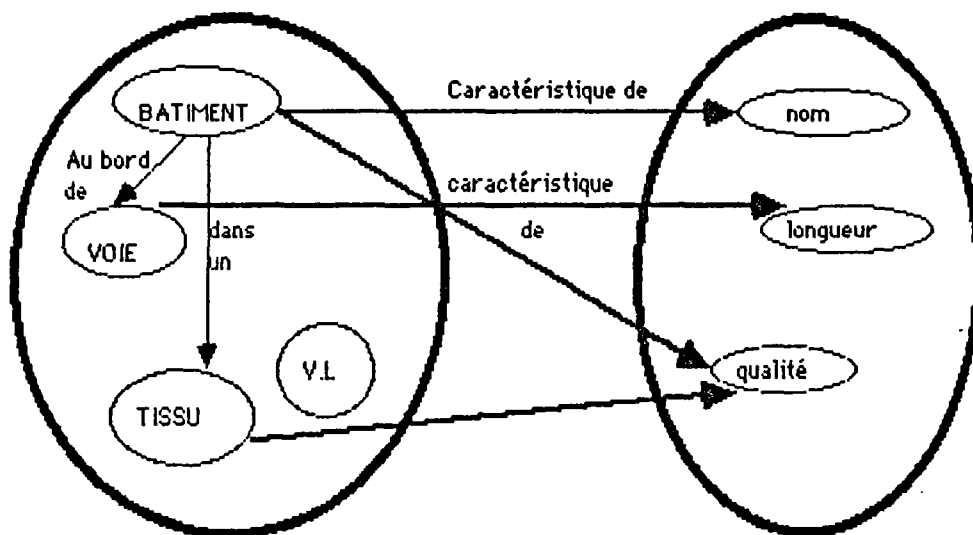


Figure: 25

Description de la structure du sous-modèle de données pour l'évaluation acoustique.

La représentation géométrique du bâtiment et de ses éléments constitutifs

La représentation géométrique de l'objet bâtiment dans une optique d'évaluation acoustique peut être schématisée hiérarchiquement par l'ensemble d'éléments définis comme suit :

- l' univers d'action ou le bâti ,
- Les étages ,
- L' ensemble des locaux ,
- Les locaux ,
- Les façades,
- Les planchers et les plafonds ,
- Les parois intérieures ,
- Les composants attachés à ces trois derniers objets (portes,fenêtres,...),

L'arbre suivant permet de mieux expliquer cette hiérarchie :

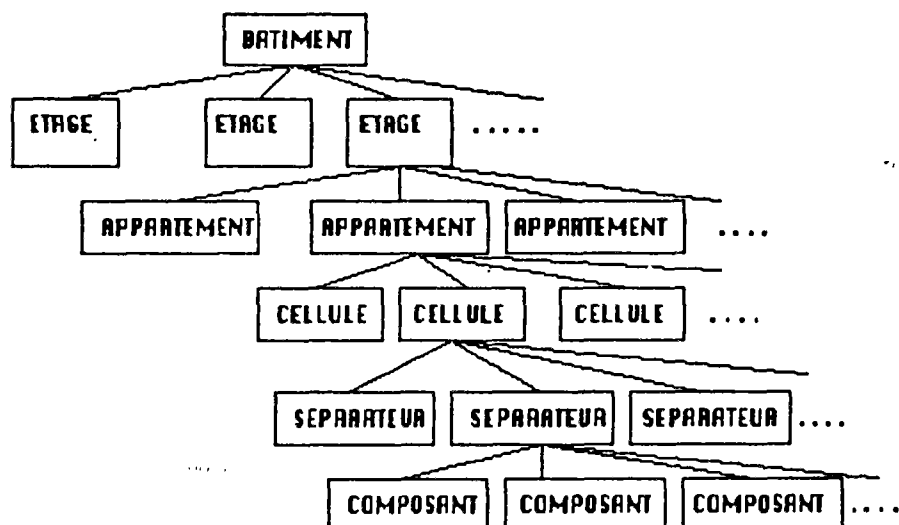


Figure: 26

Mode de représentation géométrique de l'objet bâtiment.

N.B : Le modèle de base que proposons ici est prévu pour qu'il réponde aux contraintes de conception les plus appropriées aux exigences d'évaluation acoustique à condition qu'il ne dérange pas les dialogues entre les différents composants du système visé.

A chaque objet est associé un groupe de descripteurs :

- Les coordonnées (X,Y,Z) de chaque point,
- la dimension et l'orientation de chaque segment,
- La surface, l'épaisseur, le nom, la composition, le type (simple, composite), la position(horizontale, verticale), 1

niveau, l'exposition(extérieure, intérieure, commune) de chaque séparatif (façade, plafond, plancher, paroi intérieure ...)

- Les dimensions, les surfaces, le volume, le nom, le numéro, le niveau, l'exposition de chaque local ,
- Le numéro, l'exposition, la composition, le niveau et la surface de chaque ensemble de locaux ,
- le nom, le niveau, le numéro, le type (courant, R-d-C, ...), l'exposition de chaque étage ,
- Le nom , le numéro, le catégorie (collectif ou individuel), et le type d'usage (habitation, bureaux ...) de chaque bâtiment ,
- Le nom, et le type du projet .

Bien que la représentation des objets ait l'aspect hiérarchique, les relations entre celles-ci ne le sont pas. Une paroi intérieure peut avoir plusieurs pères, un ensemble de locaux peut se référer à deux étages etc. . Nous définissons ainsi les relations inter-objets suivantes :

- le projet est formé d'un ensemble de bâtiments,
- le bâtiment est constitué d'étages,
- l'étage est constitué d'ensembles de locaux ,
- le local est formé d'un ensemble de séparatifs,
- le séparatif est formé de composants (partie pleine, partie vitrée, équipement),
- le séparatif intérieur appartient à deux locaux, éventuellement à deux ensembles de locaux, à deux étages (facette horizontale ou cas de superposition de deux ensembles de locaux) , à un seul bâtiment et à un seul projet . Un séparatif est adjacent à un ensemble de séparatifs, il peut être aligné à un ou deux autres séparatifs adjacents .
- le local est lié à un ensemble de locaux , à un étage , à un bâtiment et à un projet . Il est adjacent à un ensemble d'autres locaux , il est au dessus ou au dessous d'un autre local.
- un ensemble de locaux est lié à un étage ou deux (duplex), à un bâtiment et à un projet . Il est adjacent à un ensemble de locaux, au dessus ou au dessous d'un autre ensemble de locaux ,
- un étage est lié à un bâtiment et à un projet. Il est au dessus ou au dessous d'un autre étage ,
- le bâtiment est lié à un projet .

Ce schéma des relations primaires entre objets géométriques sera détaillé et éventuellement modifié lors de chaque développement informatique .

La représentation des informations technico-économiques liées au bâtiment

Cette partie du modèle concerne plus particulièrement la description des composants et des équipements associés au bâtiment

1 Les composants

En fait l'unité de base du traitement acoustique est le séparatif qui peut être de type simple ou composite. En cas d'un séparatif de type composite nous distinguons la partie pleine de la partie percement.

la partie pleine

Il s'agit de l'identification (nature, nom) et de caractéristiques techniques et économiques (masse surfacique, masse volumique, type d'assemblage si paroi double ou dalle flottante, indice d'affaiblissement, facteur de transmission, prix, durée...) des éléments de construction choisis.

la partie percement

Il s'agit de la nature du percement (fenêtres, portes, porte-fenêtres ...) , de son type (fenêtre simple ou double, fenêtre, porte palière ...) , de son nom (marque du produit) et de ses caractéristiques techniques et économiques (indice ACOTHERM, indice d'affaiblissement acoustique , facteur de transmission, prix de l'unité, prix de pose ...etc) (voir schéma 27).

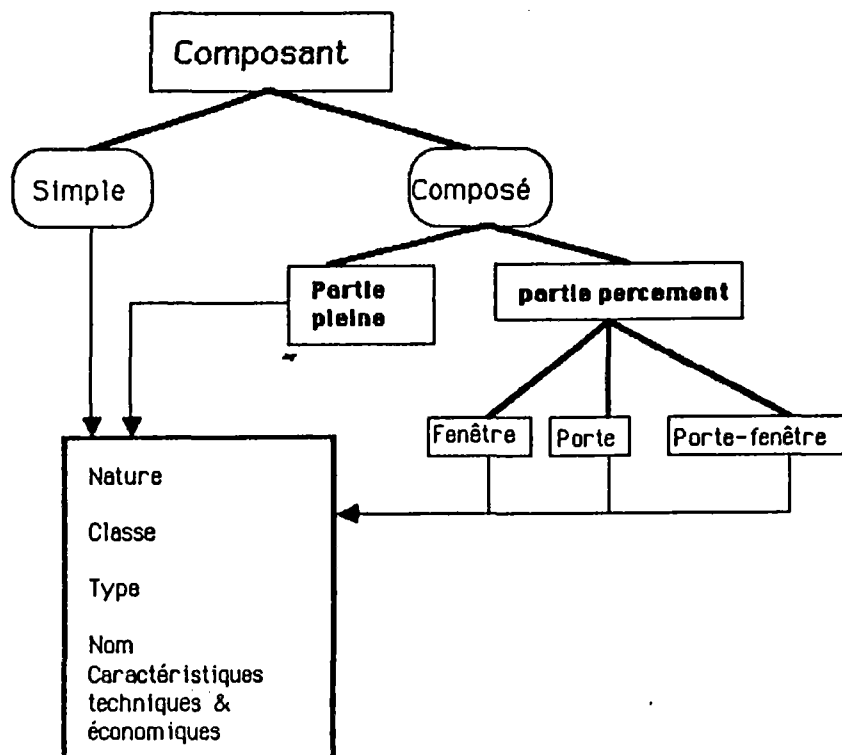


Figure 27: La décomposition de l'objet composant selon les exigences du modèle d'évaluation acoustique.

Les équipements

Il s'agit de leur type (collectif, individuel), de leur rôle (ventilation, chauffage, V.O ...), leur localisation (dans un local séparé, attaché à un composant ...) , leur type d'installation (sur couche antivibratile ou non, solidarisés ou désolidarisés des composants), leurs noms et leurs caractéristiques techniques (puissance, isolement normalisé (en cas de V.M.C), temps de reverbération du local d'installation (chaufferie), prix d'unité, prix d'installation ...)) .

Conclusion

Les analyses évoquées ci-dessus ont permis de définir les noyaux de base pour des modèles plus appropriés aux différents objectifs et environnements de développements prévus (voir partie 2 & 3).

C'est un modèle découlant implicitement d'une des stratégies d'évaluation acoustique adoptées par certains acousticiens . Il représente manifestement une réponse plus adaptée à leur mode de raisonnement .

II.5.6 Méthodologie du traitement

La méthodologie proposée a pour objectif de faire fusionner l'ensemble des modules de calcul avec l'ensemble des modèles de représentation des données .

Elle consiste à respecter les règles suivantes :

- Les relations de communications interactives entre le modèle de données et le modèle de calculs doivent être bien harmonisées. C'est-à-dire l'ensemble des données initiales manipulées par un module de traitement à un moment donné va servir de générateur de nouvelles données permettant de déclencher ,si besoin est, de nouveaux modules de calcul et ainsi de suite (voir schéma 28).

- L'ordre chronologique du déclenchement des modules de calcul est optimisé selon l'ordre logique d'évaluation .

Dans la suite nous essayons d'illustrer au maximum par des exemples les différents aspects caractérisant notre méthodologie d'évaluation acoustique .

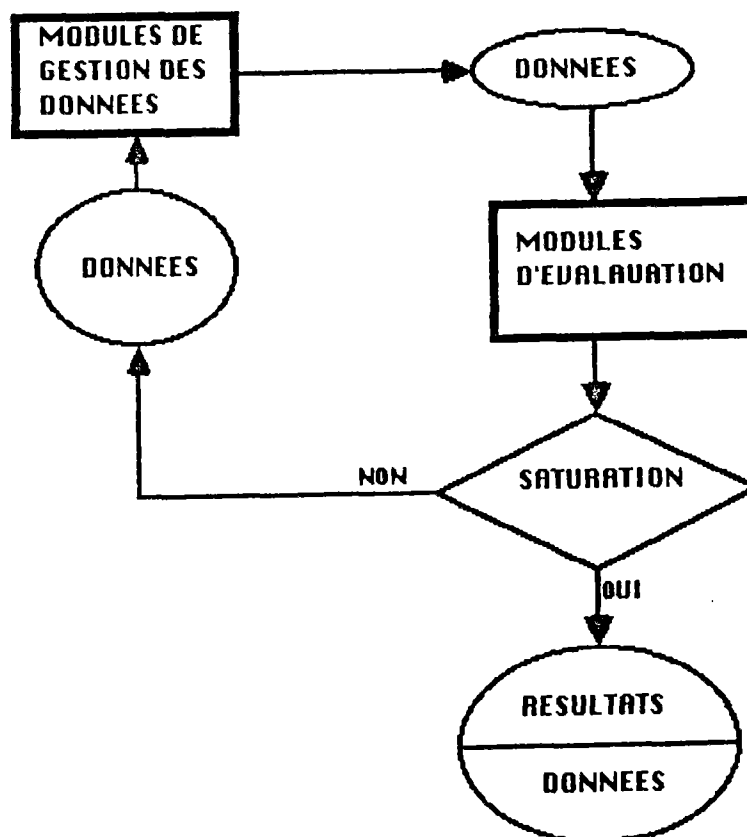


Figure: 28

La démarche du traitement des données

Démarche d'évaluation acoustique

A ce stade nous n'ajouterons rien de nouveau à ce qui a été dit au début de ce rapport.

La démarche proposée est inspirée en grande partie de celle adoptée par nombre de concepteurs . Elle peut être présentée comme suit :

- 1 - A partir des connaissances concernant les informations propres au site et l'arrêté du 6 Octobre 1978 définissant la zone de bruit en fonction de :

la présence d'un aéroport ,
la présence et caractéristique des
voies de circulations par rapport au
bâti ,
l'importance du débit de circulations,
la présence des sources de nuisances
autres que les précédentes ,

l'appel au module de détermination du type de la zone de bruits paraît raisonnable .

- 2 - En cas d'une zone bruyante :

de la présence des poids lourds,
de la rampe et de la courbure de la
voie,

(Appel Module de Traitement - A.P.M)

nous déduisons le Facteur d'Equivalence

+

caractéristiques de la circulation
routière,
caractéristiques de la circulation
des bus (s'ils sont présents),
caractéristiques de la circulation
ferroviaire (s'il y en a),
caractéristiques de la circulation
du métro ou du tramway,

(A.M.T)

nous calculons le Nombre de Files de
Circulation et le debit de circulation

+

type de la chaussée ,

(A.M.T)

nous définissons le type de la voie de
circulation (I ou II)

+

position de la voie de circulation
par rapport au terrain naturel,
type d'exposition du bâtiment au
bruit (selon l'angle de vue),
les caractéristiques du tissu urbain,
les caractéristiques géométriques du
bâti (notamment les façades),
distance entre la voie et le bâti,

(A.M.T)

nous précisons le type d'isolement et
l'isolement nécessaire de chaque façade

3 - En cas d'une zone non-bruyante :

A ce moment-là nous pouvons nous servir de la démarche précédente mais cela ne semble pas être une bonne solution du point de vue économique , sachant que les réglementations n'exigent pas un niveau d'isolement indispensable pour ces zones . Nous proposons la démarche simplifiée proposée par le CETUR (Réf :38) :

caractéristiques de la voie (son type
,son profil, sa rampe, la vitesse de
limite, ...),
les caractéristiques de circulation

(modes et débits),
les caractéristiques géométriques des
façades .
la distance entre la voie et le bâti,

(A.M.T)

nous permet de préciser l'isolement
nécessaire

Cet exemple présente grosso modo toutes les étapes suivies pour la définition du niveau sonore exigé ou souhaité selon le cas, de chaque élément séparatif dans le bâtiment .

Nous avons adopté cet esprit d'évolution du traitement dans tous les développements associés au modèle d'évaluation .

II.5.7 Conclusion de la première partie

Nous pouvons repérer deux grands axes :

- le premier axe consiste à situer l'aspect "évaluation-acoustique" par rapport au contexte général de la conception du bâtiment collectif en phase d'avant-projet-sommaire.
- le deuxième axe a pour but d'établir à partir de l'ensemble des études existantes , un modèle d'évaluation acoustique adapté aux exigences de conception en phase d'études préliminaires et aux moyens d'automatisation proposés .

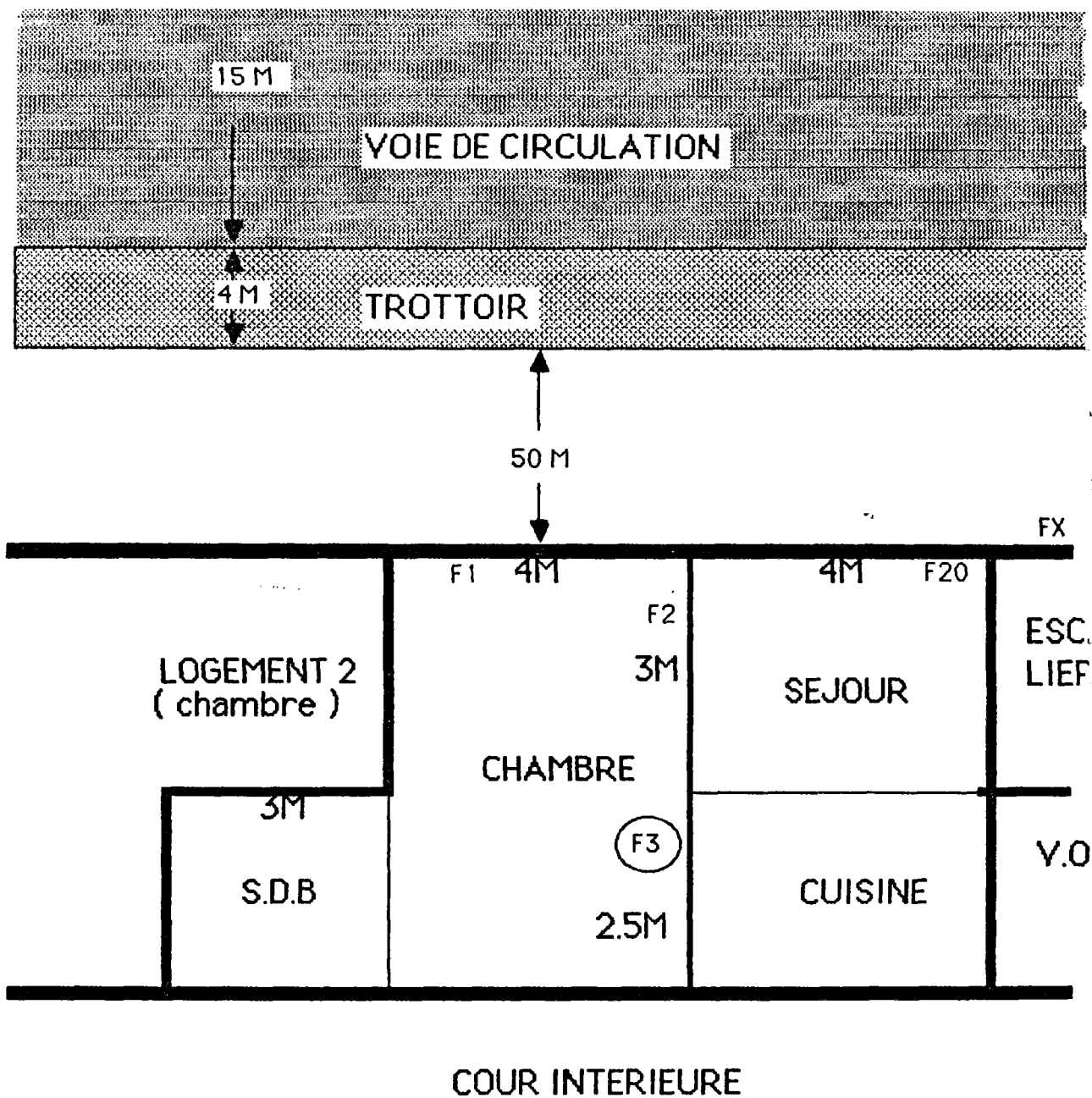
A cette fin nous avons défini un modèle de calcul et un modèle de données associés à une démarche d'évaluation que nous considérons pertinente avec nos besoins .

L'automatisation de ces analyses est prise en compte dès la conception des différents modèles. Elle fait l'objet de la dixième partie du rapport .

Nous illustrons sur un exemple simple la mise en oeuvre du modèle que nous avons reconstitué à partir des diverses techniques de calcul.

Exemple

Le cas illustré par le schéma qui suit présente un appartement en étage courant dans un bâtiment collectif situé en zone d'habitation urbaine traditionnelle.



La démarche d'évaluation suggérée par le modèle est la suivante:

- La reconnaissance du site :

- . absence d'un aéroport dans le voisinage;
- . présence d'une voie de circulation terrestre. Or le modèle vérifie un nombre d'informations concernant cette voie telles que :
 - Son niveau est celui du terrain naturel;
 - C'est une voie de circulation urbaine à usage de transit;
 - Sa largeur est de l'ordre de 15M;
 - Sa rampe est de l'ordre de 1%;
 - Le revêtement de la chaussée est du pavé;
 - Elle possède 3 files de circulation en continu et 1 file de stationnement;
 - Elle autorise la circulation des véhicules légers (avec un débit de 5000 VL/J, est une vitesse de circulation de 60KM/H) ainsi que les poids lourds (nous comptons 250PL/J environ).
- . absence de trafic ferroviaire ainsi que les métro ou les tramway;
- . le tissu urbain en question est traditionnel est continu;
- . l'angle de vue de la voie de la façade exposée est supérieure à 30°.
- . la distance entre le bâtiment et la voie de circulation est égale à 50M;

Or les principaux objets traités dans cette première partie sont:

VOIE DE CIRCULATION, MOYEN DE CIRCULATION, BATIMENT, TISSU URBAIN.

- La spécification des caractéristiques acoustique du projet grâce aux modules de calcul qui permettent de :

Déterminer le facteur d'équivalence E en fonction de la rampe de la voie selon le tableau illustré en annexe 6 , nous trouvons ainsi que pour notre exemple E = 10 ;

Calculer le débit de circulation totale comme suivant :

$$Q = Q_{vl} + Q_{pl} * E$$

$$Q = 7500 \text{ VL/J} ;$$

Définir l'identité sonore de la zone de construction selon la réglementation (annexe 1) en fonction du fonctionnement de la voie et de son débit , nous retrouvons ainsi que la zone est bruyante et que la voie est du type I;

Dénombrer le nombre de files de circulation comme cela était défini par l'arrêté de 6 Octobre 1978 , dans notre cas N = 4 ;

Préciser le type d'isolement des façades selon le contexte extérieur (arrêté de 6 Octobre 1978) en fonction de nombre de files de circulation, du niveau de la voie, de la distance entre la voie et la façade et la hauteur du bâtiment, nous trouvons que le type d'isolement de la façade exposée à la voie (voir figure ci-avant) est B ;

Définir le type d'exposition de la façade en fonction de l'angle de vue , pour notre cas la façade (F20,F1) est en exposition directe car l'angle de vue est supérieure à 30°.

Donner l'isolement réglementaire (en cas d'une zone bruyant) ou l'isolement conseillé (en cas d'une zone non-bruyante) de la façade en fonction de son exposition, de la continuité du tissu urbain, du type d'isolement de la façade et du type de la voie. Or l'isolement de la façade (F1,F20) est de 40 dB(A) ;

- L'évaluation de la performance acoustique des composants . Prenons à titre d'exemple le séparateur extérieur F20 que nous allons appeler la facette F20 . Le modèle exige afin de lancer les modules d'évaluation, un minimum d'informations géométriques et techniques à savoir :

- . la surface de la facette : 12 M2,
- . l'appartenance : à une pièce de séjour,
- . les relations de liaison : F1,F2,F19,F21,F22,FX.
- . le type de la facette simple ou composite : simple,
- . la composition de la facette :
 - pas de percement ;
 - bloc creux de 15 CM d'épaisseur ;
 - disposition d'extraction d'air ,
- . le volume de la pièce de reception : 36 M3,
- . l'identification de l'appartement contenant la pièce ainsi celle de ou des appartement(s) adjacent(s),
- . le niveau de l'étage en question : 1er,
- . l'identification du bâtiment,

A partir de ces informations le modèle de calcul procède comme suivant :

- 1 - l'indice d'affaiblissement acoustique :
la masse surfacique = masse volumique (1100 Kg/M3) *
épaisseur (15 CM)
M = 165 KG/M2.

R = 43.3 * LOG(M) - 58
R = 38 dB(A).
- 2 - le facteur de transmission :

T = 10 LOG (1/T)
 10^{-4}
T = 1.6 * 10
- 3 - l'énergie transmise par transmission directe :

 10^6
X1 = T * S * 10
X1 = 1920
- 4 - l'énergie transmise par transmission latérale (indirecte):

La surface latérale = Sf2 + Sf19 + Sf21 + Sf22
Slat = 42 M2.

 10^6 $10^{-0.1(R+10)}$
X2 = 10 * Slat * 10
X2 = 2650.
- 5 - l'énergie transmise par les équipements

 10^6 $10^{-0.1(Dn10-10)}$
X3 = 10 / 10
X3 = 1000
- 6 - l'énergie totale transmise :

X4 = X1 + X2 + X3
X4 = 5570
- 7 - l'isolement assuré :

 10^6
Dn = 10 * LOG (10 * 0.32 * V / X4)
Dn = 33.2 dB(A).
- 8 - la notation :

selon le guide QUALITEL nous obtenons la notation : 1
car $33.2 < 40 \text{ dB(A)}$ exigé par la réglementation.

Cet exemple traitant un seul composant reflète les différentes étapes d'évolution de traitement adoptées par le modèle établi.

Présentation de l'ensemble des données du calcul

Nous tenons dans la suite à ne présenter que les formules générales et sans traiter les cas particuliers.

1 - Prévision de l'isolement contre les bruits extérieurs au bâtiment

Définition de la zone de bruit

. calcul de débit de circulation total Q

$$Q = Q_{vl} + E * Q_{pl}$$

Q_{vl} : débit de véhicul légers;

E : facteur d'équivalence;

Q_{pl} : débit de poid lourd;

Evaluation du niveau sonore (cas d'une zone non-bruyante)

. profil de la voie est "U"

$$Leq = 55 + 10 * \text{LOG}(Q_{vl} + E * Q_{pl}) - 10 * \text{LOG}(L) + Kh + Kv + Kr + Kc$$

. profil de la voie est "L"

$$Leq = 20 + 10 * \text{LOG}(Q_{vl} + E * Q_{pl}) + 20 * \text{LOG}(V) - 12 * \text{LOG}(d - I_c / 3) + 10 * \text{LOG}(O / 180)$$

Dans ces formules :

Leq : niveau sonore équivalent, en dB(A);

V : vitesse de circulation, en KM/H;

d : distance au bord de plateforme, en M;

L : largeur entre façades d'immeubles, en m;

I_c : largeur de la chaussée, en M;

O : angle de vue;

Kh : correction de la hauteur;

Kv : correction de la vitesse;

Kr : correction de la rampe;

Kc : correction du carrefour;

2 - Evaluation de l'isolement imposé pour les séparateurs extérieurs

$$D = 10 \cdot \text{LOG}(10^{0.32 \cdot V/X})$$

V : volume du lacol de reception, en M3;

X : énergie transmise admissible, en Mwatt;

calcul de l'indice d'affaiblissement acoustique

soit apr la fgormule suivante :

$$R = 10 \cdot \text{LOG}(1/T)$$

si composant composite :

$$T = (T1 \cdot S1 + T2 \cdot S2 + \dots) / (S1 + S2 + \dots)$$

T : le facteur de transmission,

S : surface de séparateur;

soit selon la loi de masse :
(cas des bruits de route)

$$\begin{aligned} m < 150 & \quad R = (12.5 \cdot \text{LOG}(m)) + 10; \\ m \geq 150 & \quad R = (43.3 \cdot \text{LOG}(m)) - 58. \end{aligned}$$

m : la masse surfacique, en Kg/M2;

calcul de l'énergie transmise

$$\text{par transmission directe} \quad : \quad X1 = T \cdot S \cdot 10^6$$

$$\text{par transmission indirecte} \quad : \quad X2 = 10 \cdot S_{lat} \cdot 10^{-0.1(R+10)}$$

Slat : l'ensemble des surfaces adjacentes;

$$\text{par les équipements} \quad : \quad X3 = (10/10)^{0.1(Dn10-10)}$$

Dn10 : l'isolement normalisé;

$$\text{énergie transmise totale} \quad : \quad X4 = X1 + X2 + X3$$

calcul de l'isolement assuré

$$D_n = 10 \cdot \text{LOG}(10^{0.32 \cdot V / X_4})$$

V : volume du local de reception.

3 - Prévision de l'isolement contre les bruits intérieurs au bâtiment

Bruits aériens

entre deux locaux $D_n = R - a - b$

50 < m <= 150 kg/m ²	R = (17*LOG(m)) + 4
150 < m <= 670 kg/m ²	R = (40*LOG(m)) - 46
670 < m	R = 67 dB(A);

a : terme correctif prenant en compte les transmissions latérales

$$a = 5 - N + S_r/10$$

N : nombre des parois adjacentes doublées de fibres minérales;

S_r : l'ensemble de ces surfaces;

b : facteur de forme

$$b = 10 * \text{LOG} (A/S)$$

A : aire d'absorption définie par la formule de SABINE

$$A = (0.16 \cdot V) / (t)$$

t : temps de réverbération;

S : la surface intérieure;

Bruits d'impacts

Il s'agit de calculer le niveau de pression acoustique L_n qui dépend du type de plancher adopté, par exemple si c'est une dalle pleine en béton :

$$L_n = 133 - 30 \text{ LOG} (e) - dL - 10 \cdot \text{LOG}(V)$$

e : épaisseur de la dalle;

dL : efficacité normalisée du revêtement de sol;

Bruits d'équipements

les formules adoptées sont nombreuses et de nature expérimentale. Par exemple quand il s'agit des bruits de chauffage le type de chaudière adopté est très important pour déterminer le niveau de pression acoustique L_p :

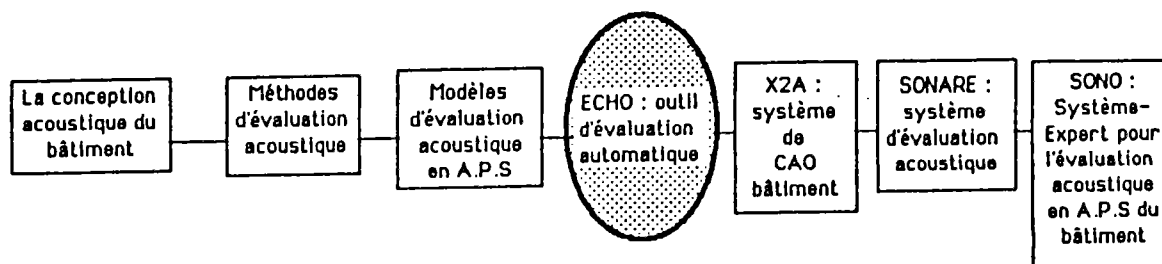
$$L_p = L_w + 6 - 10 \cdot \text{LOG}(0.16 \cdot V/t)$$

L_w est le niveau de puissance acoustique relatif au type de chaudière;

Il est à signaler que le présent rapport traite également les problèmes liés aux : ascenseurs, vide-ordure, pompes à chaleurs, robinetterie et les dispositions de ventilation.

Bruits parasites

Pareillement nous n'utilisons pas des formules générales pour évaluer ce type de bruit qui dépend largement des caractéristiques de cas traité (adjacence d'une gaine technique ou liaison avec une façade filante ...).



2ème PARTIE

VERS UN SYSTEME DE C.A.O

CHAPITRE III

SCENARII DE DEVELOPPEMENT

Le passage d'un monde de raisonnements naturels à un monde de raisonnements automatiques, fait apparaître de nouveaux discours de manipulation et de traitement des connaissances .

Nous proposons dans ce chapitre trois scénarii concernant les différentes étapes du processus d'évaluation acoustique valables pour tous les niveaux de développements proposés, à savoir :

- le développement d'un outil d'évaluation automatique simple (Chapitre IV),
- le développement d'un système d'évaluation automatique associé à un système de CAO-Bâtiment général (Chapitre V),
- Les Techniques des Systèmes Experts (Chapitre VI).

III.1 Schéma de localisation du poste acoustique par rapport au processus de conception du bâtiment

le schéma 29 révèle le mieux cette situation :

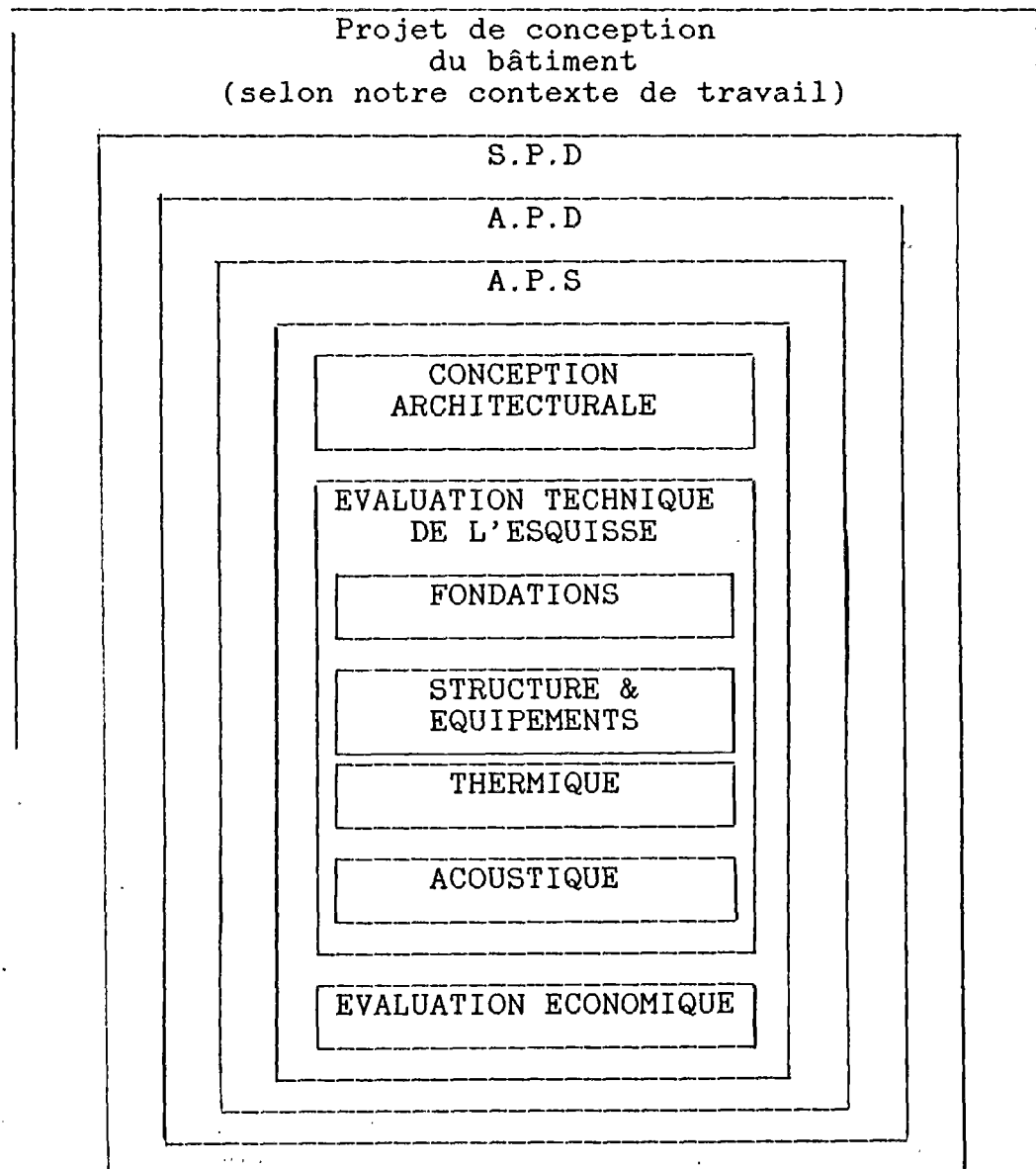


Figure: 29

III.2 Proposition de traitement, avec évolution des modalités d'évaluation

Le programme d'enchaînement des actions d'évaluation peut se définir ainsi :

1	saisie des données :
1.1	saisie des données extérieures au bâti, (description de l'environnement sonore),
1.2	saisie des données décrivant le bâti, (données géométriques),
1.3	saisie des données reliant le bâti à son environnement,
1.4	saisie des données définissant les caractéristiques générales des composants du bâti,
1.5	saisie des données spécifiques au problème d'évaluation acoustique ,
2	définition de la zone de bruit,
3	évaluation des niveaux sonores,
4	évaluation des isolements réglementaires,
5	traitement des façades et des toitures ,
6	traitement des parois séparatives verticales ,
6.1	entre deux logements,
6.2	à l'intérieur du même logement (plus particulièrement les parties jour/nuit) ,
7	traitement des planchers et des plafonds,
8	traitement des bruits d'équipements,
8.1	équipement collectif ,
8.2	équipement individuel ,
9	notation,
10	validation de la proposition .

III.3 La manipulation des données

Il s'agit des phases qui précèdent le déclenchement des procédures de calculs . Le fonctionnement optimal de ces procédures exige des données pré-traitées . Pour ce faire nous sommes amenés à définir un mode de saisie pertinent avec le contexte de l'application, puis de prévoir des modules de préparation préalable de ces données.

Nous rappelons (voir chapitre I) que notre univers de conception est composé de deux sous-univers dont la zone d'intersection représente le champ d'action considéré. La définition de cette zone est fonction de l'ensemble des relations décrivant les liens bâti-environnements (relations définissant l'orientation et l'exposition de chaque composante du bâti par rapport à l'extérieur). En bref, la définition des environnements par rapport au bâti reste variable tant que l'enveloppe extérieure du bâti n'est pas validée par le concepteur .

En fait, le choix des données à saisir compte plus que le mode de saisie adopté . Les critères de ce choix dépendent du concepteur, du site, des objectifs et des moyens de conception et de réalisation disponibles .

N.B Dans la suite nous utilisons le modèle de données défini dans le chapitre précédent (Chapitre II).

Saisie des données

Nous proposons pour nos développements deux modes de saisie :

- 1 - Le mode conversationnel .
- 2 - Le mode automatique , notamment l'appel à une source de production automatique d'informations , telles que les bases de données (2ème et 3ème développements).

La pertinence des modes varie selon le type de données recherchées . Nous tâcherons d'explicitier davantage ces différentes notions en illustrant à titre d'exemples les cas suivants :

1 Mode entièrement conversationnel

Le dialogue se situe également à deux niveaux d'évolution, c'est-à-dire un niveau contenant des données primaires telles que le mode de circulation (V.L ou P.L), la classe de la voie (transit ou autres) , et à un niveau supérieur des données déjà manipulées telles que le nombre de files de circulation à prendre en compte (voir également III.4.2).

Prenons l'exemple suivant de la définition de la zone de bruit :

"la procédure exige de savoir :
si le bâtiment est au bord d'une voie de circulation
si oui, elle demande d'identifier la classe de la voie
(transit, artérielle, ou autre),
de définir les différents modes de circulation exercés sur
cette voie,
le debit ,
la vitesse de chaque mode de circulation,
la rampe de la voie s'il y a des poids lourds,
la nature de la sinuosité des virages (accentuée ou non),
Ou bien préciser directement le type de la zone de bruit "

Le concepteur peut intervenir au premier ou au deuxième niveau selon le degré d'évolution des informations dont il dispose .

Nous signalons que certaines catégories des données ne peuvent être assurées en mode conversationnel sauf si des procédés d'automatisation autorisent les accès aux différentes banques de données concernant les domaines qui peuvent être impliqués dans le processus d'évaluation. Par exemple les caractéristiques des circulations (notamment en cas d'un projet de conception entière d'une zone d'habitation) .

Les contraintes liées à ce type de saisie apparaissent davantage lors de la description géométrique du projet .

2 Mode semi automatique pour la saisie des données

Beaucoup d'informations décrivant le site en question sont communes et utilisables par plusieurs applications (acoustique, thermique, éclairage ...): bâtiment au bord d'une voie, largeur de la voie, présence d'une carrefour ou des écrans. Le recours à un mode de saisie plus optimisé nous semble préférable.

D'autre part du fait que la nature du dialogue entre le concepteur et son univers de conception varie avec l'évolution du processus , nous ne pouvons pas nous contenter d'associer un mode de saisie purement automatique, surtout quand il s'agit de modifier des données (lors de la définition géométrique du bâti). Un mode de saisie semi-automatique semble raisonnable.

Préparation des données

C'est un ensemble de procédures permettant la saisie les informations du concepteur et leur adaptation aux modules de calculs, à savoir :

- les procédures du traitements des données extérieures

deux cas de figures sont pris en compte :

- cas d'une zone bruyante ;
- cas d'une zone non-bruyante ;

Pour ce faire, nous définissons un ensemble de bibliothèques (statiques contenant des tableaux de références standard pour tous les projets, et un ensemble de bibliothèques dynamiques correspondant au projet traité.

exemple:

définition du type de la voie dans une zone bruyante :

Si c'est une voie de transit
Alors chercher dans la bibliothèque dynamique
le débit de circulation;
l'importance de nuisance régnante;
Si nuisance et si le débit > 20000 veh/j
alors la voie est de type I
sinon elle est de type II
Sinon chercher dans la bibliothèque dynamique
le type de la chaussée ;
la rampe de la voie;
la sinuosité (accentuée ou non) si elle présente;
l'importance de débit des poids lourds
si type de chaussée est pavé
et la sinuosité est accentuée
et la rampe est > 4%
et le debit des poids lourds est important
alors le type de la voie est I
sinon elle est de type II;

Ranger cette valeur dans la bibliothèque dynamique

- les procédures de traitements des données propres au bâti

à ce propos nous autorisons les accès à trois types de bibliothèques:

- bibliothèques statiques (1) contenant des réglementations;

- bibliothèques dynamiques parmi lesquelles nous distinguons :
 - . la bibliothèque (2) contenant des données décrivant l'environnement extérieur du bâti définie ci-avant;
 - . la bibliothèque (3) contenant des données de description géométriques du bâtiment .

exemple:

Traitement des données géométriques :

```

si le volume d'une pièce est inconnu
alors chercher dans la bibliothèque 3
    les dimensions de la pièce;
    calculer le volume;
    ranger le dans la bibliothèque;
  
```

```

si le type de l'exposition de la façade
est inconnue
alors chercher dans la bibliothèque 3
    l'angle de vue de la façade;
si l'angle > = 30
    alors l'exposition est directe
sinon elle est indirecte
  
```

Conclusion

Les phases de la saisie et de la préparation des informations primaires d'un projet sont complémentaires . Elles ont pour objectif de rendre la manipulation des procédures de calcul plus générale et plus indépendante par rapport aux contraintes liées à la nature des données fournies au départ.

III.4 Manipulation des procédures de calcul

La définition d'un scénario du traitement est lié fortement au contexte général du développement , c'est à dire :

- des objectifs et des exigences du développement qui sont souvent variés,
- des aspects qualitatifs et quantitatifs des informations traitées,
- des moyens de développement proposés .

D'autre part, à chaque scénario défini est associé un état d'évolution des données, un bilan géométrique et un ensemble de bibliothèques internes ou externes à l'univers du développement .

Donc un scénario de traitement doit tenir compte des :

- La saisie des informations;
- La préparation des informations;
- La gestion des bibliothèques;
- La gestion d'appel aux informations, aux bibliothèques, et aux différents modules de traitement .
- La gestion de la cohérence dans le processus de traitement (il s'agit plus particulièrement de la saisie et du retour d'informations manipulées) .

Exemple

Nous schématisons grossièrement le scénario de traitement des façades d'un projet de construction comme suit :

```
Appel au bilan géométrique
  Si bilan vide Alors
    Appel aux modules de définition des données
                                géométriques
  retour
  Sinon
    Si plusieurs bâtiment Alors
      Pour chaque bâtiment Faire
      Pour chaque étage Faire
      Pour chaque appartement Faire
      Pour chaque pièce Faire
      Pour chaque élément de séparation horizontale ou
        verticale Faire
        Si élément de façade Alors
          Appel bibliothèques des données
            extérieures
          Si environnement non défini Alors
            Appel procédure de définition de
              l'environnement
            retour
        Sinon
          Appel bibliothèques (internes au
            projet)
          Si composants non définis
            Alors
              Appel procédure du choix
                des composants
            retour
        Sinon
          Si isolement non défini
            Alors
```

```

Appel procédure de
définition d'isolement
retour
Si isolation non évaluée
Alors
  Appel procédure
  d'évaluation d'isolation
  des façades
retour
Sinon
  Appel procédure de
  notations
retour
Valider
ou
Retour
(cause modifications)

```

N.B Il est à noter que ce scénario est aussi bien valable pour l'évaluation d'un projet entier que pour l'évaluation d'un élément de ce projet (un étage, un appartement, une pièce ou une façade donnée).

III.5 Conclusion

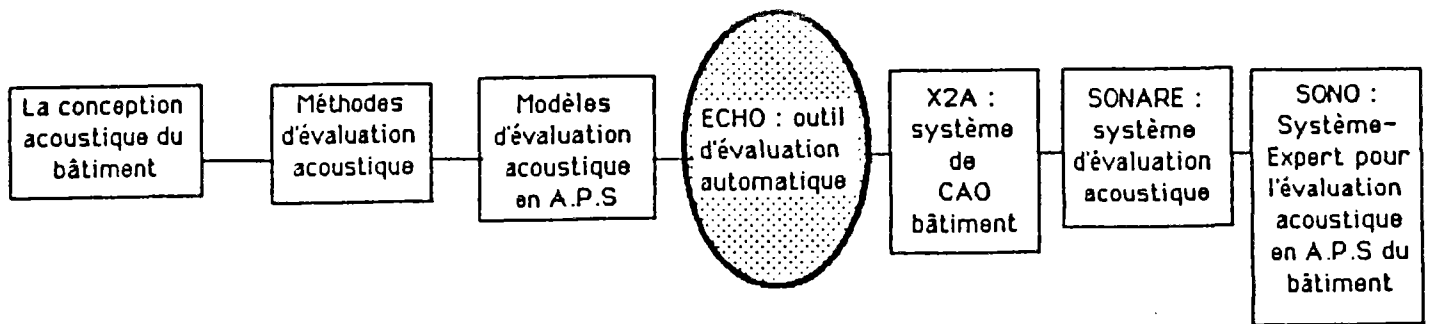
Le scénario représente dans le cheminement d'évolution du travail une étape substantielle caractérisant la logique de production choisie. Il assure le premier passage vers un monde de conception automatisé.

Les scénarii proposés ont permis d'explicitier les différents aspects de gestion et de structuration qui doivent être associés au modèle d'évaluation de la performance acoustique proposé comme base pour la réalisation d'un système de conception assistée par ordinateur.

Pour démontrer la faisabilité du modèle, il est indispensable de vérifier la prise en compte :

- de toutes les formes de données et de leur saisie;
- de toutes les procédures de traitements préparatifs;
- des contextes dans lesquels le modèle sera adopté;
- des moyens informatiques disponibles pour la mise en oeuvre.

Or, les éléments présentés ne démontrent qu'une partie de la faisabilité du modèle qui sera confirmé à la suite d'une expérimentation acquise par la réalisation d'un outil d'évaluation automatique, ce qui fera l'objet du chapitre suivant.



CHAPITRE IV

1er Développement

ECHO

UN OUTIL AUTOMATIQUE POUR L'EVALUATION DE LA PERFORMANCE ACOUSTIQUE EN AVANT PROJET

IV.1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons examiner la faisabilité et la validité des analyses en réalisant un outil d'évaluation automatique conforme aux spécifications du modèle proposé et selon les scénarii correspondants que nous appelons ECHO.

IV.2 Définition du 1^{er} développement

L'absence de logiciels traitant les problèmes liés à la conception acoustique dans le bâtiment crée une lacune à combler .

Est-elle due à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique ?

Est-elle due à des problèmes de modélisations ?

Est-elle due à des problèmes de complexité de calculs ?

Est-elle due à des problèmes rencontrés lors du transfert automatique des modules de calcul ?

Est-elle due à des questions d'opportunité ?

Pourtant à l'heure actuelle nous disposons des données scientifiques , des modèles et des résultats technologiques pour ce faire (voir la première partie de ce travail ainsi que les annexes 3 et 4) .

Sans doute la nécessité de disposer d'un contexte général de CAO préalablement au traitement acoustique est-il une raison acceptable tant logiquement, techniquement qu'économiquement . Enfin nous pouvons signaler à ce propos que les exigences réglementaires et la formulation des besoins ne sont pas encore pleinement exprimées .

Avant de nous lancer dans la réalisation d'un système de conception assistée, il nous semble prudent d'essayer de révéler , si possible, le ou les problèmes dominants .

Objectifs

Nous résumons les objectifs de ce premier développement comme suit :

- 1 - Réaliser un outil automatique ne traitant que des problèmes de conception acoustique dans le bâtiment.
- 2 - Justifier la faisabilité d'un tel outil.
- 3 - Valider les performances des modules d'évaluations et des algorithmes associés.
- 4 - Déterminer les contraintes méthodologiques et techniques rencontrées en cours de réalisation.
- 5 - Adopter ou réadapter les concepts déjà définis, pour un système de conception assistée .

Domaine et limites

Nous retenons le même domaine d'action définie pour le modèle adopté (cf I.4).

L'outil est destiné à évaluer la performance acoustique d'une proposition géométrique, habillée ou non, faite préalablement par le concepteur. Tout choix d'action (choix de menus ou de composants etc.) doit être validé par l'utilisateur.

Support matériels utilisé

La configuration utilisée pour ce développement est le mini ordinateur "MINI 6/96" de BULL, le système d'exploitation est le GCOS 400, le langage du développement étant le PASCAL..

IV.3 L'adaptation du modèle du bâtiment

Le modèle géométrique

Chaque action de développement informatique autour d'un modèle général exige la prise en compte de quelques spécifications supplémentaires correspondant aux limites des contextes (méthodologique et matériel) proposés.

Prenons l'esquisse suivante pour illustrer quelques concepts adoptés (voir figure 31).

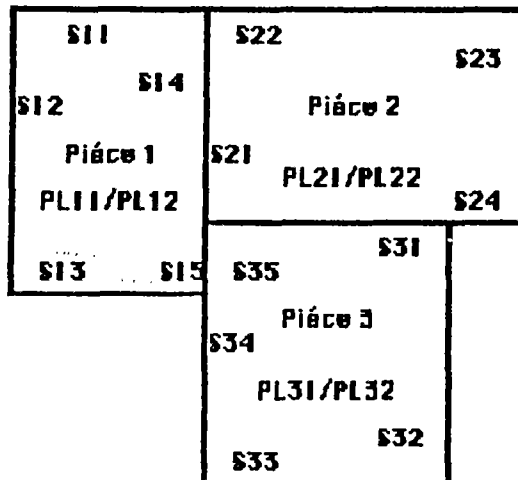
En effet nous considérons la surface comme unité de base dans la conception acoustique en avant projet. A cette unité sont associés des composants et des équipements.

Une surface est un tissu transparent (entre deux espaces continus) dont la forme est représentée par un polygone fermé.

N.B En fait nous supposons que dans un projet de construction de bâtiments collectifs, il n'existe pas de séparateur complètement insonorisé. Quand il s'agit du son ou du bruit la surface séparatrice est considérée transparente.

Une surface est identifiée par son numéro, elle appartient à deux espaces indépendants dont un est forcément intérieur au bâtiment. Nous distinguons :

- une surface extérieure (un espace est extérieur),
- une surface intérieure (deux espaces internes habitables)
- une surface commune (deux espaces dont un prévu comme local d'activité ou de service).



S ij : La SURFACE (j) de la PIECE (i)
PLij : le PLANCHER (j) de la PIECE (i)

Figure: 31
 La représentation de l'esquisse architecturale
 en ECHO.

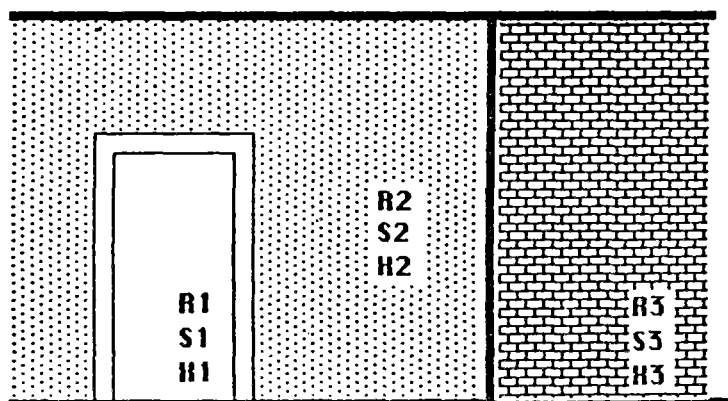
La description géométrique d'une surface est donnée par ses deux dimensions (la longueur ou la hauteur et la largeur mesurées en nu intérieur) et par ses relations d'adjacences avec les autres surfaces du même bâtiment .

Nous distinguons également deux types de position qu'une surface peut prendre :

- horizontale (plafond ou plancher),

- autre (souvent verticale , il s'agit des parois ,des voiles, des murs etc.) .

Il est à noter également qu'un séparateur composite est constitué de plusieurs surfaces (partie pleine, partie vitrée, changement de matériaux de construction ...etc) voir figure 32 :



Ri : Indice d'affaiblissement acoustique,
 Si : Surface,
 X : Energie sonore transmise.

Figure: 32.

Une séparation composite.

Les composants sont des sur-surfaces ou des baies dont le rôle consiste à habiller les surfaces auxquelles elles sont associées, à savoir :

les composants simples tels que:

- les parois opaques ,les murs, les refends ... ,
- les planchers,
- les ouvrants (fenêtre, porte ...),
- les placards
- les doublages thermiques ou acoustiques,

les composants composites (mur en briques et en béton creux par exemple) .

Dans notre action le composant est caractérisé par sa nature, son épaisseur, ses associateurs (les surfaces) .

Les équipements individuels comme les robinetteries, les dispositions d'extraction d'air, les radiateurs, les baignoires, ... sont souvent associés à une surface . Par ailleurs les équipements collectifs tels que les chaudières ,les ascenseurs, les vide-ordures ... sont associés à une cellule .

Une cellule (ou une pièce) est un volume délimité par un ensemble de surfaces habillées ou non (voir figure 33). Elle est identifiée par son nom et son appartenance (appartement). Deux pièces communiquent par un composant (porte, baie , vide ...etc) .

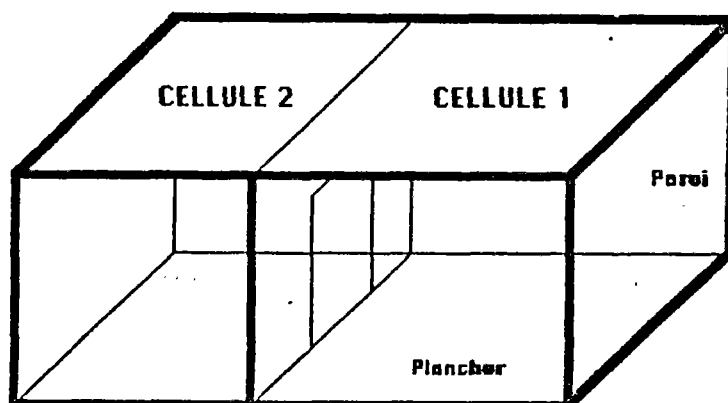


Figure: 33

Définition d'une cellule ou d'une unité volumique.

L'appartement est un ensemble de cellules liées et communiquant entre elles.

L'étage est un ensemble d'appartements de même niveau.

Le bâtiment est l'enveloppe d'un ensemble d'étages superposés .

Le modèle de données choisi

Les concepts de base définissant la structure du modèle retenu sont les suivants :

L'objet , La classe d'objet , L'occurrence d'objet , Les attributs d'objets , Les relations entre objets ,
--

Exemple

Objet : PLANCHER
Classe d'objet : SURFACE
Occurrence d'objet : PLANCHER BAS NUM 1
Attribut d'objet : SON NOM
Relation : AU-DESSUS DU PLANCHER 1

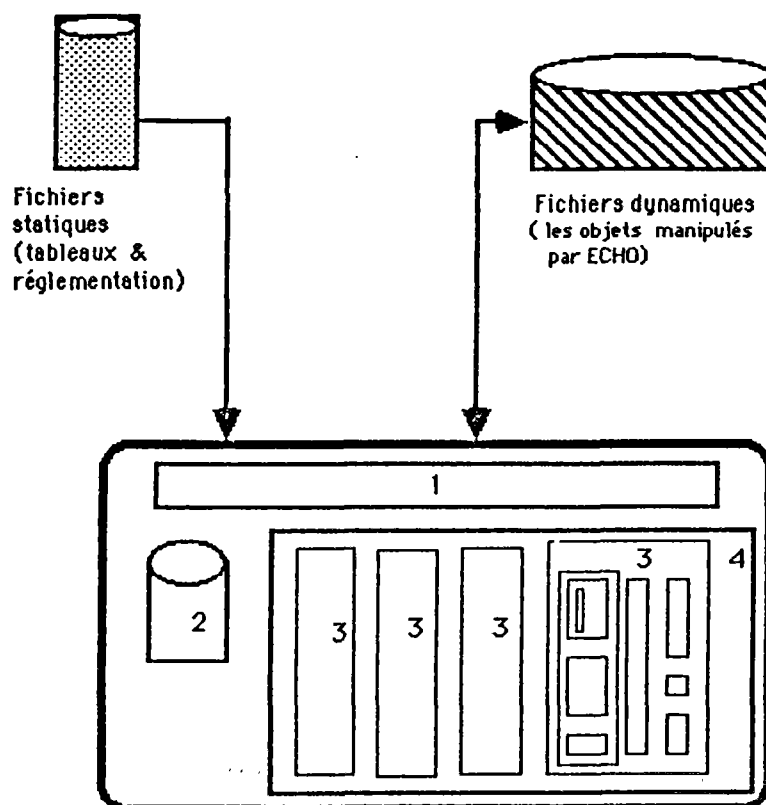
Nous verrons dans la suite une présentation plus détaillée des différents objets utilisés .

IV.4 L'architecture du programme ECHO

Le corps informatique de l'outil est constitué d'un seul programme principal contenant un ensemble de sous-programmes spécialisés .

A ce programme sont associés :

- 1 - Deux couches dynamiques de manipulation des données :
 - . La première comprend les informations globales (types, constantes et variables) gérées par le programme principal.
 - . La deuxième représente l'ensemble des informations localisées dont l'importance est limitée aux sous-programmes générateurs et gérants de ces informations .
- 2 - Un ensemble de bibliothèques statiques :
 - . Externes contenant des informations réglementaires ,
 - . Internes (bibliothèques des composantes) .
- 3 - Un ensemble de sous-programme de gestion et de calcul.
- 4 - Un pilote standard ECHO (voir figure 34).



- 1 : Zone de description des constantes, types et variables .
 2 : les Bibliothèques internes .
 3 : les Sous-Programmes de gestions et de calculs .
 4 : Zone de traitement
 ECHO : le Programme Principal (pilote)

Figure: 34
 Architecture du programme ECHO.

IV.5 Présentation de différentes procédures d'évaluation associées au programme ECHO :

Le programme principal pilote les appels aux sous programmes correspondants à l'action choisie . Par ailleurs chaque procédure est invitée à s'autogérer pour appeler les différentes fonctions et procédures d'évaluation qui lui semble nécessaires , et ainsi de suite (voir schémas suivants) . Nous distinguons donc deux types de procédures ou de fonctions :

- Globales ,appelées par plusieurs sous programmes par exemple la procédure LECTAB pour la lecture d'une chaîne de caractères, ou la procédure EVASUR pour calculer la surface d'un séparateur ,
- Locales à un sous programme donné , par exemple la procédure FLUX pour calculer le débit de circulation.

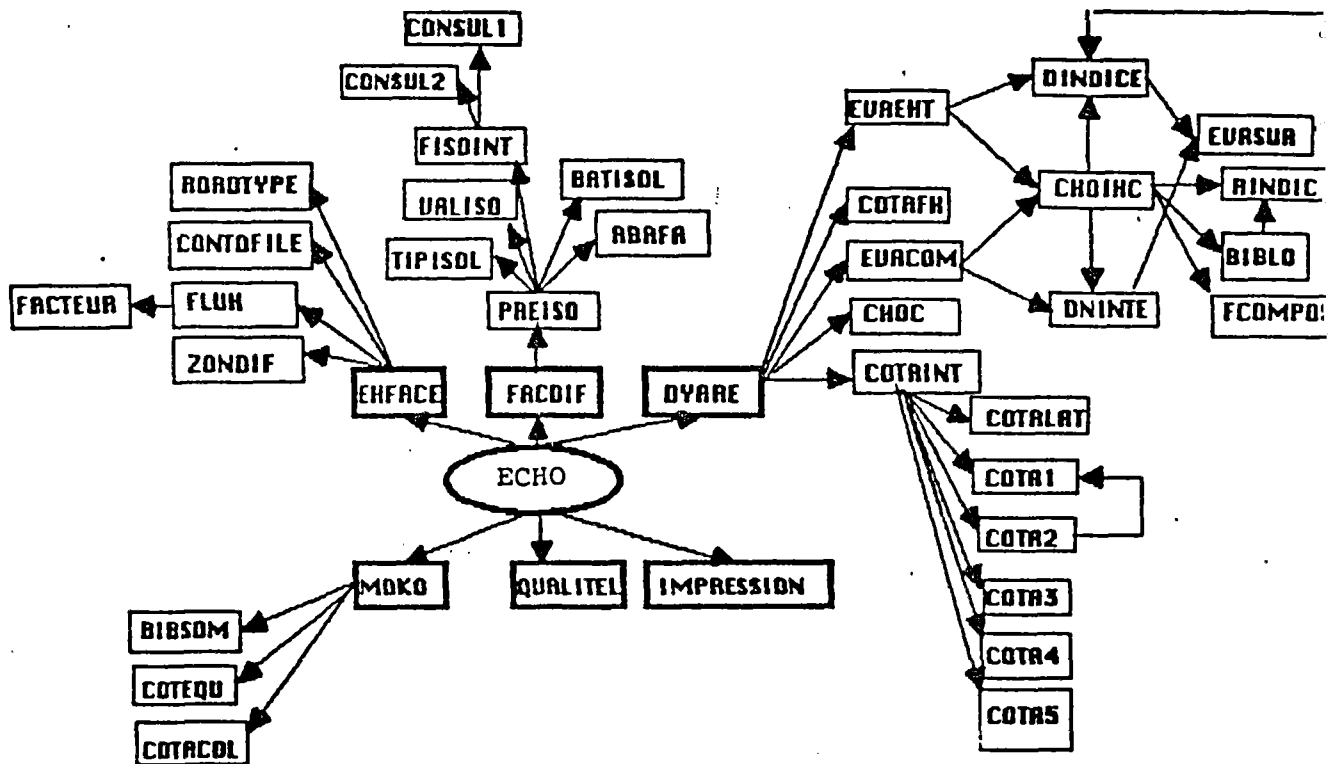


Schéma fonctionnel de "ECHO".

Où :

ECHO : programme pilote;
EXFACE : module de définition de l'environnement entourant les façades;
FACDIF : module de définition de l'isolement réglementaire des éléments du bâtiment,
DYARE : module d'évaluation de l'isolation des composants;
MOKO : module d'évaluation de l'isolement des équipements;
QUALITEL : module de détermination des cotations QUALITEL correspondant au projet;
IMPRESSION : module de représentation des résultats obtenus;
LECTAB : module de lecture d'une chaîne de caractères;
FLUX : module de calcul de débit de circulation;
CONTOFILEE : module de calcul du nombre de files de circulations (VL, PL, BUS, METRO, TRAIN);
ZONDIF : module de définition de la zone de bruit;
ROADTYPE : module de définition du type de la voie de circulation;
PREISO : module gérant la préparation et l'évaluation des isollements réglementaires des façades;
EVAEXT : module de gestion de l'évaluation de l'isolation procurée par les façades;
COTAFX : module de calcul permettant de définir la cotation QUALITEL attribuée aux façades;
EVACOM : module de gestion de l'évaluation de l'isolation procurée par les composants autres que les façades;
COTAINT : modules de calcul de la cotation QUALITEL à attribuer aux composants intérieurs et communs ;
CHOC : module d'évaluation de l'isolement contre les bruits de choc;
BIBSOM : bibliothèque interne contenant des informations permettant la définition de certains équipements individuels;
COTEQU : module d'évaluation de la cotation QUALITEL correspondant à l'isolement des équipements individuels;

COTACOL : module d'évaluation de la cotation
 QUALITEL correspondant à l'isolement des
 équipements collectifs;
 FACTEUR : module permettant de déterminer le
 facteur d'équivalence correspondant aux
 conditions de circulation des poids lourds;
 ABAFA : module de préparation des tableaux
 définissant le type d'isolement exigé des
 façades;
 BATISOL : module de préparation des tableaux
 définissant l'isolement des façades ;
 TIPISOL : module d'évaluation du type
 d'isolement des façades à retenir;
 VALISO : module d'évaluation de l'isolement
 à retenir pour les façades;
 FISOINT : module de gestion des modules
 d'évaluation de l'isolement réglementaire des
 composants internes au bâtiment selon la
 réglementation ou le LCA ;
 CHOIXC : module d'aide à la définition de la
 composition d'un composants;
 DNINTE : module d'évaluation de l'isolement
 (DN) des composants autres que les façades .
 COTALAT : module de calcul de la cotation
 QUALITEL correspondant à l'isolement contre le
 bruit aerien ,
 COTA1 , COTA2 , COTA3 , COTA4 , COTA5 : modules
 contenant des termes correctifs correspondant au
 degré de spécification du cas traité , pour
 l'évaluation de la cotation QUALITEL à attribuer;
 CONSU1 : module définissant l'isolement des
 composants internes selon le LCA,
 CONSU2 : module définissant l'isolement des
 composants internes selon la réglementation,
 DINDICE : module de calcul permettant
 d'évaluer l'isolement (DN) des façades,
 RINDICE : module de calcul de l'indice
 d'affaiblissement acoustique;
 FCOMPOSITE : module de traitement des composants
 composites.
 BIBLO : une bibliothèque de matériaux
 interne au programme;
 EVASUR : module permettant de calculer la
 surface d'un composant;

En fait nous avons choisi cette stratégie de conception des
 modules spécialisées gérées par un pilote général pour optimiser le
 développement, la mise au point et l'évolution de l'ensemble .

IV.6 La structure informatique des données manipulées

Toutes les données descriptives du projet et tous les résultats sont arrangés dans des fichiers à accès directs dont la mise à jour et la manipulation sont assurées par ECHO.

N.B Le fait d'adopter PASCAL comme langage de développement nous a permis de :

- . faciliter la gestion de ces fichiers en définissant des objets qui sont des variables structurées de type enregistrement (record) ;

- . éviter les problèmes de dimensionnements dûs à l'utilisation de tableaux en choisissant des fichiers dynamiques.

ECHO utilise les fichiers suivants :

FVOIE : ensemble d'enregistrements contenant les caractéristiques des voies de circulation concernées ,

FCIRC : ensemble d'enregistrements comprenant les caractéristiques des circulations sur cette voie,

FTURB : enregistrement décrivant les caractéristiques acoustiques du tissu urbain impliqué,

FFACABA, FBATIS : enregistrements représentant des tableaux et des abaques réglementaires utilisées dans le processus d'évaluations.

FFACETTE : ensemble d'enregistrements , dont chacun représente une surface et ses caractéristiques,

FP : même définition que le précédent en substituant les surfaces par des cellules,

FAPP : même définition que le précédent en substituant les cellules par des appartements,

FETA: même définition que le précédent en substituant les appartements par des étages,

FBAT : c'est l'enregistrement qui contient les informations identifiant le bâtiment traité utilisées par le processus de conception acoustique .

IV.7 ECHO est un outil automatique interactif spécialisé en acoustique :

Trois approches de base caractérisent la démarche de développement du programme " ECHO " , à savoir :

- 1 - L'approche structurelle qui consiste à définir :
 - . une structure logique des processus inspirée des modèles d'évaluation établis (cf II.5),
 - . une structure logique-informatique d'implantation qui correspond à une structure logique du raisonnement,
- 2 - L'approche stratégique qui a pour objectif de définir des stratégies d'organisation et de manipulation de l'outil résultant ,
- 3 - L'approche ergonomique qui définit le type et la nature du rapport Homme - Machine lors de l' utilisation du logiciel .

En première partie de ce travail, nous avons présenté l'approche structurelle en nous basant sur des acquis scientifique et technologiques en matière de conception acoustique dans le bâtiment. Ainsi les deux autres approches vont faire l'objet du paragraphe suivant.

L'organisation et la manipulation des processus d'évaluation par ECHO

ECHO dispose d'un menu (cf IV.7.2) pour la gestion du déclenchement des modules d'évaluation concernés par l'action sélectionnée . Chaque action à mener provoque un appel à une procédure d'une couche inférieure ou égale , qui à son tour prend le relais du pilotage, c'est à dire :

- initialiser et déclarer les variables locales ,
- gérer les fichiers (ouverture, lecture, écriture, fermeture),
- harmoniser les appels aux différentes fonctions et procédures (notamment en cas de procédures paramétrées) ,
- vérifier la présence et la validité des informations fournies par les fichiers ou par les variables globales ,
- faire appel si besoin est, aux bibliothèques internes.

Ainsi nous pouvons représenter cette stratégie sous forme d'une fonction récursive appliquée tant qu'il y a des appels d'une procédure aux autres (voir figures 35) . ^ inclure KZ13.DOC

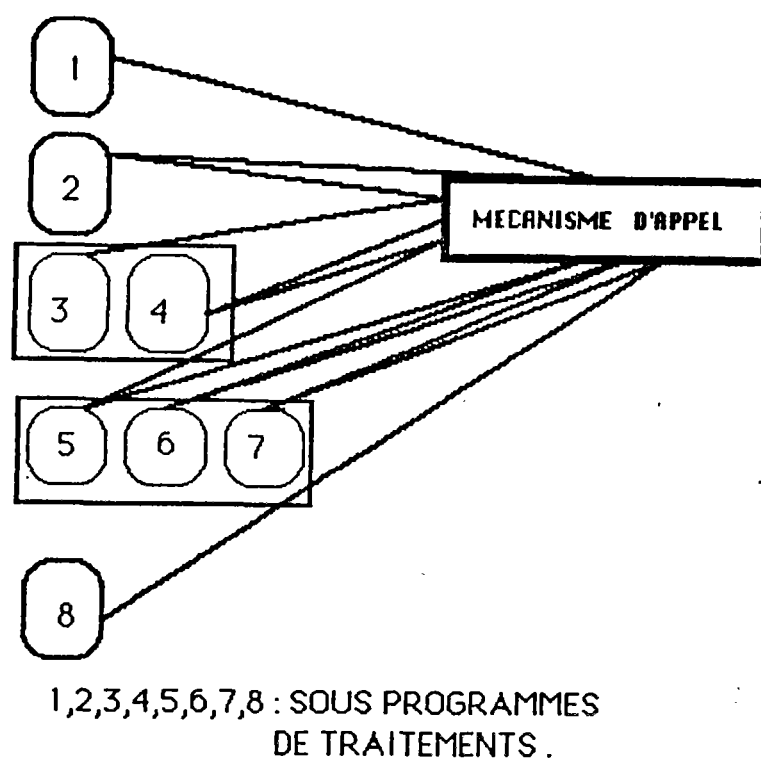


Figure: 35
Stratégie du déclenchement des procédures de
calculs.

Cette formulation permet de valider certaines propositions de
manière interactive .

Définitions du type et de nature du rapport Homme -Système

La relation Homme-système dans ECHO est suffisamment importante.
Elle est souvent traduite par un dialogue et ceci dès le lancement
du programme où l'utilisateur est invité à exprimer son premier
choix :


```

----- DEBUT DE PROCESSUS DE L'EVALUATION -----
-----
----- ACCUSTIQUE DU BATIMENT - EN A.P.S -----
-----

```

```

-----
MENU GENERAL :
-----

```

- 1 - Definition de l'environnement du projet .
- 2 - Definition de l'isolement reglementaires des composants .
- 3 - Evaluation de l'isolation des composants .
- 4 - Evaluation du bruit des equipement .
- 5 - Calcul de la cotation qualitel .
- 6 - Impression des resultats .
- 7 - Fin d'evaluation .

Choisissez le traitement souhaite :

UTILISATEUR du systeme :... 1

Selon son choix l'utilisateur sera amené à confronter de nouveau une suite de dialogues interactifs portant sur les thèmes suivants :

- Définir une occurrence d'objet , exemple 2 :

Y a-t-il un aeroport pres du batiment ?

UTILISATEUR du systeme :... NON

Les moyens de transport traites sont :

- . VEHICULS LEGERS : VL
- . POIDS LOURDS : PL
- . BUS
- . TRAIN
- . METRO

Donnez le nombre de moyens traites S.V.P :

UTILISATEUR du systeme :... 3

- Déterminer les valeurs des attributs d'occurrence d'objets , exemple 3 :

Précisez la qualité de la voie : Transit, Arterielle, Divers .
 UTILISATEUR du système :... TRANSIT
 Y a-t-il un aéroport près du bâtiment ?
 UTILISATEUR du système :... ACN
 Donnez la rampe de la voie S.V.P :
 UTILISATEUR du système :... 1
 Donnez le type de la chaussée S.V.P : PAVE ou AUTRE
 UTILISATEUR du système :... AUTRE
 Prévoyez vous une voie dont la sinuosité forte ou non ?
 UTILISATEUR du système :... ACN
 Donnez la vitesse maximale sur la voie :
 UTILISATEUR du système :... 60
 Précisez la classe de la voie : VCIU , VRU , AUT
 UTILISATEUR du système :... VOIU
 Donnez la largeur de la voie S.V.P :
 UTILISATEUR du système :... 15
 Donnez la largeur du trottoir S.V.P
 UTILISATEUR du système :... 4

Précisez le niveau de la voie S.V.P :
 - Terrain Naturel : TN
 - Remblai ou Viaduc Grand Hauteur : RVGH
 - Remblai Moyen Hauteur : RM
 - Leger Deblai : LED
 - Fort Deblai Paroi Vertical : FDPV
 - Fort Deblai Paroi Incline : FORDPI
 UTILISATEUR du système :... TN
 Quel est le profil de la voie L ou U ?
 UTILISATEUR du système :... L
 Donnez la distance entre la voie et le bâtiment S.V.P
 UTILISATEUR du système :... 50

- Activer une procédure de calcul , (voir exemple 1).
- Appeler une bibliothèque, exemple 4 :

Suggestions:

- 1 : Recuperation des choix pris par c'autres intervenants .
- 2 : Appel a la B.D.X /base de donnees externe .
- 3 : Appel a la B.D.SONO /base de conrees locale .

UTILISATEUR du systeme :... 3

.....BIBLIOTHEQUE.....

N.B :

SI VOTRE FACETTE CONTIENT DES BAIES VITREES ALORS VOTRE CHOIX REPRESENTE LA PARTIE OPAC
Donnez le numero correspondant a votre choix s.v.p :

- 1 : BLOC PLEIN c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"
- 2 : BLOC CREUX c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"
- 3 : BRIQUE PLEINE
- 4 : BRIQUE CREUSE
- 5 : BRIQUE PERFCREE
- 6 : BETON CELLULAIRE

UTILISATEUR du systeme :... 2

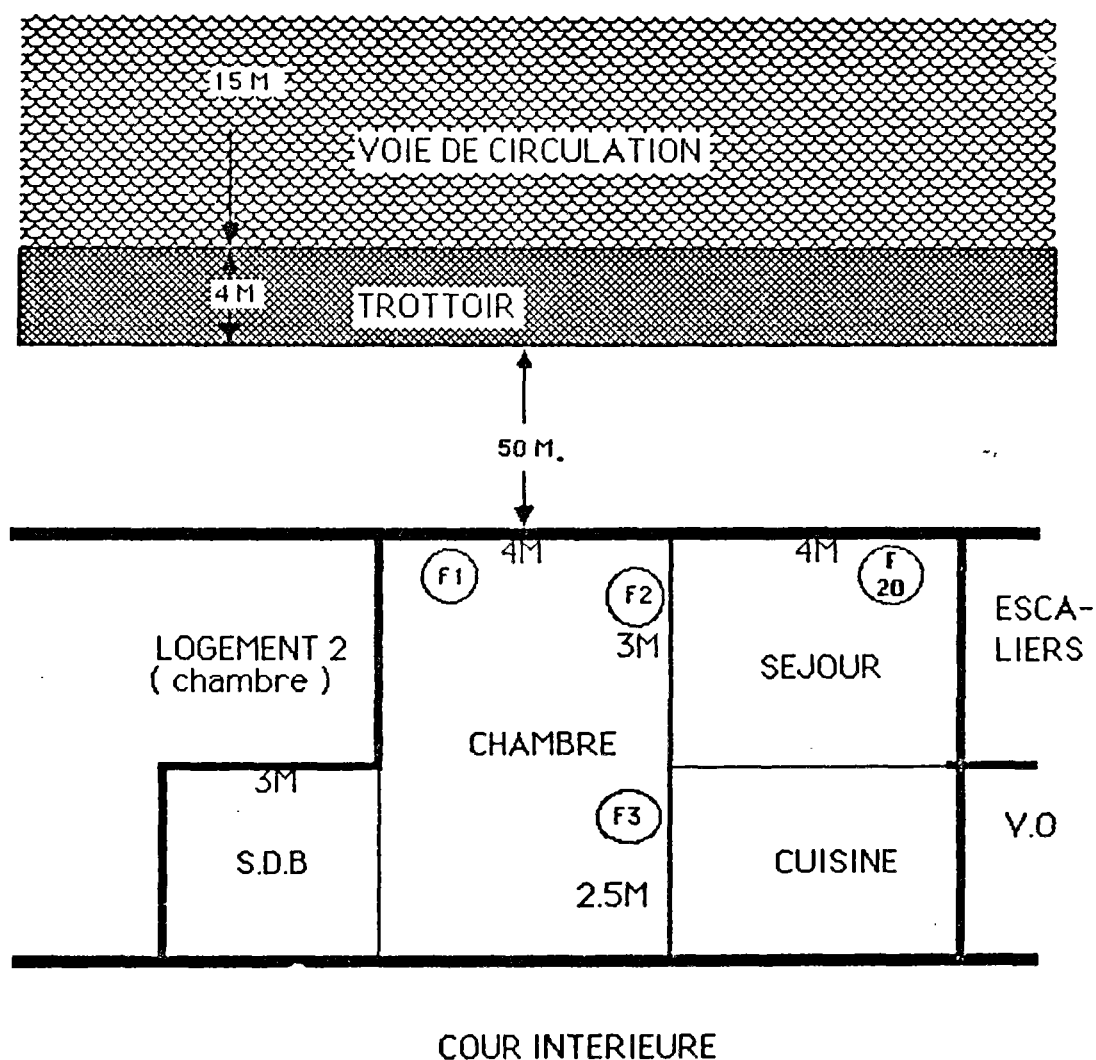
- Afficher des resultats , exemple 5 :

+++++	Isolement de la facette :	2 selon le L.C.A est =	57
+++++			
+++++	Isolement de la facette :	2 selon les REGLEMENT =	54
+++++			
+++++	Isolement de la facette :	3 selon le L.C.A est =	59
+++++			
+++++	Isolement de la facette :	3 selon les REGLEMENT =	56
+++++			

En fait, la modélisation informatique suit la modélisation théorique acoustique. Il y a des échanges conversationnels d'une part pour des raisons théoriques et d'autre part pour des raisons de performance informatique. Le dialogue permet au concepteur, utilisateur du produit, de maîtriser davantage le déroulement et la définition des spécifications concernant les différentes étapes d'évaluation acoustique .

Exemple d'évaluation assistée par ECHO

Afin de vérifier la performance des algorithmes d'évaluation choisis ainsi que la fiabilité de leur traduction en langage informatique, nous avons pris à titre d'exemple le cas illustré par la figure suivante:



C'est un appartement en étage courant d'un bâtiment collectif situé en zone d'habitation urbaine traditionnelle.

Le concepteur utilisateur du ECHO souhaite déterminer la performance de l'isolation acoustique de cet appartement.

N.B. Nous allons présenter dans la suite l'essentiel de l'évolution chronologique du traitement effectué par ECHO. Par ailleurs, nous trouverons en annexe 10 une représentation complète de l'évolution du processus.

1ère étape

La définition du type de la zone de bruit et le type de la voie de circulation.

L'utilisateur précise:

- . la qualité, la classe, la largeur et la rampe de chaque voie (transit, voie urbaine, 15m et 1%),
- . la largeur du trottoir (4m),
- . le niveau de la voie (niveau du terrain naturel),
- . la distance entre la voie et le bâtiment (50m)
- . Les caractéristiques de la circulation: 5000 VL/J, 250 PL/J,

Ainsi, ECHO détermine le facteur d'équivalence $E = 4$, il calcule le débit de circulation $Q = 6000$ VL/J et le nombre de files de circulation = 5, dont il déduit que la zone de bruit est considérée bruyante et que la voie est de type I.

2ème étape

La définition de l'isolement réglementaire de chaque composant du bâtiment.

L'utilisateur procède à décrire, avec l'assistance du ECHO, la position de chaque facette, prenons la facette (F2) par exemple: c'est une facette verticale, intérieure sépare la chambre du séjour qui appartiennent au même appartement. A partir de ces informations ECHO fixe l'isolement de cette facette comme suit :

- 1 - Selon le Label Confort Acoustique : 57 dB(A).
- 2 - Selon la réglementation de construction : 54 dB(A).

3ème étape

L'évaluation de l'isolation procurée par chaque facette.

Prenons à titre d'exemple la facette (F20):

ECHO demande de définir la composition de cette facette. Pour ce faire il propose son assistance (les bibliothèques locales à ECHO).

L'utilisateur précise s'il y a des percement attachés à cette facette, il choisi la composition, l'épaisseur et la surface de la facette (béton plein, 0.20m, 12m²).

ECHO calcul la surface latérale (54m²), et sachant que la surface et l'indice d'affaiblissement de la fenêtre attachée à la facette sont (1.10 m² et 28 dB(A)), et qu'une dispositif d'extraction d'air est également associée. ECHO trouve que l'isolement de cette facette : $DN = 27$ dB(A).

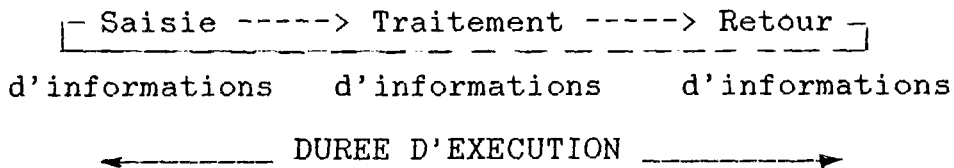
4ème étape

la définition de la cotation qualitel.

Nous trouverons en annexe 10 que l'isolement exigé de la facette 20 = 40 dB(A), l'isolation assurée = 27 dB(A) et que la notation correspondante est égale à 1.

Les contraintes de l'utilisation d'ECHO

Selon le scénario classique de l'utilisation des outils de conception automatique soit:



nous pouvons définir trois types de contraintes correspondant aux différentes étapes présentées ci-dessus.

1 Contraintes de saisie

La compréhension et la précision d'une question ne sont pas des facteurs suffisants pour y répondre. En effet l'aspect ergonomique de l'utilisation d'ECHO est limitée aux points suivants :

- la lisibilité des messages de communications ,
- la précision du type et de la nature des informations à saisir
- la facilité de saisie d'une information (ECHO est chargé de réclamer " quand ? et quoi ? " répondre) ,
- la sûreté d'information en assurant un système de contrôle automatique des informations saisies grâce à l'utilisation dans le corps des programmes de variables de type énuméré de type ensemble .

Prenons ces quelques extraits d'un dialogue (ECHO,UTILISATEUR) en illustration :

MENU GENERAL :

- 1 - Definition de l'environnement du projet .
- 2 - Definition de l'isolement reglementaire des composants .
- 3 - Evaluation de l'isolation des composants .
- 4 - Evaluation du bruit des equipement .
- 5 - Calcul de la cotation qualitel .
- 6 - Impression des resultats .
- 7 - Fin d'evaluation .

Choisissez le traitement souhaite :

UTILISATEUR du systeme :... 2

Donnez le numero du batiment s.v.p :

UTILISATEUR du systeme :... 1

Est ce que le batiment est au bord d'une voie ?

UTILISATEUR du systeme :... CUI

Designez la voie la plus bruyante s.v.p :

UTILISATEUR du systeme :... 1

Combien d'etage voulez vous evaluer ?

UTILISATEUR du systeme :... 1

Donnez le numero de l'etage s.v.p :

UTILISATEUR du systeme :... 1

Donnez le niveau de l'etage : 0 si Rcc :

UTILISATEUR du systeme :... 1

Combien d'appartements contient cet etage ?

UTILISATEUR du systeme :... 1

Precisez la hauteur de l'etage s.v.p :

UTILISATEUR du systeme :... 3

Donnez le numero de l'appartement s.v.p :

UTILISATEUR du systeme :... 1

Donnez le nombre de pieces de l'appartement :

UTILISATEUR du systeme :... 4

Donnez le nom de la piece : Chambre,Sejour,Pservice,Activite

UTILISATEUR du systeme :... CHAMBRE

Donnez le numero de la piece s.v.p :

UTILISATEUR du systeme :... 1

Combien de facettes contient cette piece ?

UTILISATEUR du systeme :... 8

Voulez vous preciser le volume de la piece ?

UTILISATEUR du systeme :... 60 (m3)

Precisez la position de la facette s.v.p :

UTILISATEUR du systeme :... EXTERIEURE

Est ce une facette Horizontale ou Verticale ? H ou V

UTILISATEUR du systeme :... VERTICALE

Est ce la facette donne sur une voie ?

UTILISATEUR du systeme :... OUI

Precisez si l'angle de vue de la voie de la facette est < ou > a 30 :

UTILISATEUR du systeme :... 31

Est ce qu'il y a un carrefour pres du batiment ?

UTILISATEUR du systeme :... NON

Precisez la position de la facette s.v.p :

UTILISATEUR du systeme :... INTERIEURE

Est ce une facette Horizontale ou Verticale ? H ou V

UTILISATEUR du systeme :... VERTICALE

Donnez le nom de la deuxieme piece contenant cette facette s.v.p :

UTILISATEUR du systeme :... SEJOUR

Est ce que cette piece appartient au meme appartement ?

UTILISATEUR du systeme :... OUI

Mais ceci implique une préparation préalable consistant à recenser et restructurer toutes les informations exigibles (géométriques, numériques, alphanumériques) relatives à une tâche qui peut être qualifiée de lourde à achever .

Par ailleurs, en supposant que la première contrainte ait été comblée, l'utilisateur envisagera ainsi de passer un temps considérable pour la saisie de données, notamment celles décrivant les compositions géométriques du projet, ce qui crée un obstacle à la facilité de manipulation du programme .

D'autre part l'abondance des informations à saisir favorise le risque d'omettre un paramètre ou d'attribuer une valeur d'une variable à une autre ...etc. Or nous définissons trois types de contraintes , à savoir :

- contraintes de préparation des données (avant la saisie) ,
- contraintes de manipulation (temps et mode de saisie exigés),
- contraintes de précision (constatées après la saisie).

2 Contraintes liées à la logique de traitement

En effet ECHO est seul maître de l'organisation du processus d'évolution de l'évaluation . Or les limites et les hypothèses adoptées lors de la conception et de la réalisation d'ECHO se transforment en contraintes .

Prenons l'exemple suivant:

Le fait que l'utilisateur doive respecter une certaine hiérarchie d'évolution du traitement est une contrainte. Un concepteur à un stade donné du développement et dans une situation donnée peut juger opportun de continuer ou non les processus, ce qui n'est pas le cas avec ECHO.

Les limites imposées par les bibliothèques ou les tableaux associés au système ECHO peuvent être illustrées par un autre exemple.

N.B Nous discuterons ce problème plus en détail dans le chapitre VI .

3 Contraintes liées au retour d'informations

Le retour d'informations est assuré en général à l'issue d'une session du traitement ou à la fin de l'évaluation , ce qui limite le champ d'intervention de l'utilisateur pour arrêter , continuer modifier ou recommencer les processus.

D'autre part, le retour différé d'une information ,non munie d'un historique montrant les différents traitements qu'à subi cette information ,ne permet guère de bien localiser la modification à apporter au cas où les resultats ne seraient pas validés .

Il nous semble qu'il faille signaler parmi les contraintes la reproductivité des résultats obtenus dans des domaines autres que l'acoustique, exigence qui doit être prise en compte dès la conception de la stratégie du retour d'informations traitées.

IV.8 Conclusion

Nous estimons que notre premier seuil de raisonnement a été pleinement atteint s'il s'agit de la fiabilité du modèle d'évaluation établi par rapport aux exigences de développement (phase et outil de conception) ou s'il s'agit de la faisabilité d'une maquette d'évaluation automatique de la performance acoustique en A.P.S du bâtiment : ECHO.

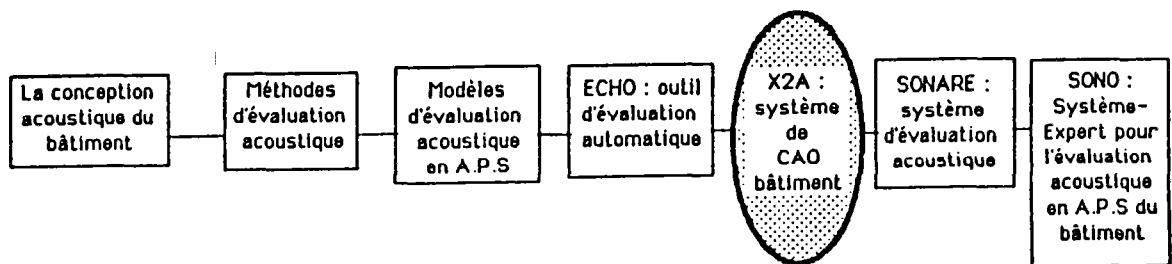
Par ailleurs une telle configuration ne semble pas satisfaisante d'un point de vue pratique d'utilisation pour les raisons citées ci-dessus. Une expérience de manipulation d' ECHO a démontré l'ampleur de cet aspect (voir annexe 9) quand nous avons été conduit à répondre à environ 360 questions pour pouvoir définir un appartement de deux pièces.

Nous nous retrouvons ainsi en face d'une nouvelle étape de reflexion et de conception qui consiste à définir la maquette d'un système automatique d'aide à l'évaluation de la performance acoustique (SONARE) intégré à un système de C.A.O en A.P.S du bâtiment , ce qui fait l'objet du chapitre suivant.

2ème Développement

SONARE :

UN SYSTEME DE CONCEPTION ASSISTEE PAR ORDINATEUR POUR
L'EVALUATION ACOUSTIQUE EN A.P.S DU BATIMENT



CHAPITRE V:

Contexte et environnement de l'étude

Le système X2A

V.1 Introduction

Dans la pratique de l'utilisation de l'informatique dans le secteur du bâtiment nous distinguons deux types de stratégies correspondant au profil du concepteur :

- La stratégie consistant à donner la maîtrise totale du contrôle des informations (gestion des modèles et de la cohérence des données du projet) au concepteur , cas fréquent dans les cabinets d'architecture équipés d'un certain nombre d'outil automatiques accomplissant certaines tâches de dessin ou de calcul dont l'enchaînement d'exécution est défini manuellement par l'architecte.

- La stratégie adoptée par les BET et les grosses entreprises du bâtiment consiste à définir un système de CAO gérant le contrôle des informations du projet . Actuellement elle propose une modélisation rigoureuse des données (objets et relations définissant l'univers de conception) en offrant une interface spécifique pour chaque intervenant : architectes, ingénieurs, contrôleurs, etc.

Alors que l'objectif de notre action favorise la deuxième stratégie (celle des BET), nous constatons que le programme ECHO (1er développement) dans sa version exécutable ne représente qu'un exemple concret du premier type .

Donc, notre préoccupation devient un problème d'intégration de l'ensemble des modules d'évaluation acoustique en A.P.S du bâtiment dans un environnement de CAO évolutif (l'environnement d'un système tel que X2A).

Dans ce chapitre nous tâcherons de présenter un exemple d'un système de CAO (architecture, structure et fonctionnement) et le système d'évaluation acoustique "SONARE" associé .

V.2 Définitions

Les vingt dernières années ont vu évoluer considérablement les concepts et les techniques en CAO pour le bâtiment.

Nous tenons à préciser la définition de certains termes employés tout au long de ce chapitre , à savoir :

Outil (Réf:48) : "objet façonné, transformé, de manière à pouvoir être utilisé commodément et efficacement pour accomplir un certain genre d'action"; nous gardons la même définition en substituant l'objet par un module d'évaluation.

Utilitaire : " programme proche de l'utilisateur capable d'assurer des tâches identifiables et respectant au mieux le savoir faire du concepteur ." (Réf:49). Un outil informatique de type standard peut être considéré en quelque sorte comme un utilitaire .

Système : la définition adoptée est inspirée de l'approche systémique définie précédemment (cf II.1) . Physiquement un système est un ensemble d'utilitaires complémentaires.

V.3 Le contexte de la recherche

Le présent développement s'insère dans une stratégie de recherche en CAO- Bâtiment définie par plusieurs équipes , à savoir:

- le Centre d'Informatique et de Méthodologie en Architecture (CIMA - PARIS)
- le Laboratoire Méthodes (INSA - LYON) ,
- le Laboratoire Genie Civil-Habitat (université de Savoie - Chambéry),
- le Centre de Communication Visuelle de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint Etienne .

L'objet de cette réunion étant de réaliser un système de CAO-Bâtiment en APS permettant des évaluations et des études de variantes sur les plans architecturaux, techniques et économiques (le système X2A)

L'approche par niveau est la base méthodologique de la conception du système de CAO en APS du Bâtiment

Une connaissance est un assemblage d'une ou de plusieurs informations . Un domaine est un ensemble de connaissances complémentaires relatives à une technologie ou une méthodologie donnée .

Concevoir un bâtiment, c'est traiter une masse considérable d'informations (créations, appels, activations, modifications, validations, annulations ...etc) ou autrement dit c'est le produit de la résolution progressive des conflits entre divers domaines de conception (architecturale, technique, économique, sociale, politique ...etc) .

La tâche de conception devient ainsi une question de communication et de maîtrise de la globalité, permettant d'intégrer en un ensemble cohérent des solutions remplissant un éventail très large de besoins différents et parfois contradictoires .

Le moyen de la résolution méthodologique proposé pour ce problème peut être présenté sous la forme suivant (Réf:50):

"la complexité et l'ampleur des études ont conduit à un découpage chronologique de ces dernières en niveaux de conception . A chaque niveau, le problème est pris dans sa totalité mais à une échelle de définition et de résolution différente. Ces études correspondent à une définition de plus en plus précise et de plus en plus figée de la construction projetée. Un niveau est défini par son entrée (état de l'objet en projet résultat des niveaux

précédents), sa sortie (état avant le passage au niveau suivant), un ensemble de sous-problèmes et d'interactions à traiter pour réaliser la transformation entrée-sortie .

Cependant, cette approche par niveau de conception n'est viable que si pour chacun d'eux nous pouvons obtenir une stabilité de décision afin que l'état de sortie soit un état stable pour le niveau suivant. Or l'instabilité de résolution est très forte aux débuts des études de par l'intensité des interactions . Si ces dernières sont bien maîtrisées dans un niveau, elles vont perdre de leur intensité dans les suivants. Cela a l'avantage , par rapport aux études restant à faire , de rendre les sous-problèmes de plus en plus indépendants .

Cette progression dans la stabilité doit permettre un avancement dans le processus avec peu de risques de remise en cause des décisions prises en amont."

Le choix de niveau de conception

La précédente analyse met en évidence l'importance des premières phases de conception (cf I.4.3). Or, c'est au début des études, alors que les décisions sont les plus déterminantes, pour la qualité du résultat final, que les moyens d'étude et de calcul sont les moins développés.

A cette fin nous avons gardé le privilège du niveau de conception en avant projet sommaire comme domaine d'action à partir duquel nous nous chargeons de développer un système spécifique pour l'évaluation de la performance acoustique (SONARE), intégré à un système de CAO - Bâtiment global (X2A) .

Les utilitaires éléments de base pour la construction du système de CAO-Bâtiment proposé

La neutralité de l'outil informatique et sa transparence, quand il est mis en oeuvre en terme d'utilitaire, a justifié sa pénétration dans le milieu professionnel, et a permis le développement d'une forme instrumentale de la conception assistée par ordinateur.

Reprenons rapidement un certain nombre de caractéristiques, permettant d'approcher au mieux le concept d'utilitaire, tel que l'a défini J. ZEITOUN, à l'occasion de la coordination de CAO de 1981 (Ref 20).

1 Division des tâches dans la conception

L'idée de base, "sous-entendue par le terme "utilitaire", est un découpage du processus de conception en isolant des tâches techniques susceptibles d'être prises en charge par la machine.

Il s'agit d'abord des tâches d'instrumentation où les automatismes mis en oeuvre par l'outil informatique sont susceptibles de jouer à fond, et dans lesquelles nous sommes capable d'isoler un mode opératoire de son contexte sémantique (exemple du traitement du graphique, ou du graphisme dans le dessin d'architecture).

2 Proximité du savoir-faire

Il s'agit de ne pas perturber la logique de conception de l'utilisateur et que celui-ci puisse "nommer et contrôler les procédures engagées".

3 Rapidité de l'apprentissage

Un utilitaire représente une fonction étroite, dont les entrées et les sorties sont connues du concepteur. Il s'agit alors de développer une "gestuelle" limitée et facilement identifiable, mémorisable par l'utilisateur (elle le sera d'autant plus que les procédures à exécuter se rapprocheront de son modèle du processus de conception).

4 Maîtrise du processus et compatibilité des utilitaires :

Si les utilitaires peuvent constituer un sous-ensemble d'un vocabulaire opératoire de base pour la conception, alors il faut pouvoir envisager leur compatibilité d'ensemble, et notamment gérer l'ensemble des utilitaires selon des domaines définis par des structures de données communes, et par des logiques utilisateurs".

La compatibilité entre utilitaire est une question clef à l'heure actuelle, et elle pose nombre de problèmes dans l'emploi opérationnel de ces programmes. Elle peut se définir à partir de protocoles d'échanges standard de l'information, chaque utilitaire conservant ses propres structures de données.

5 Classification des utilitaires

Nous retiendrons deux classifications des utilitaires, la première permet de les situer par leur degré de complexité et leur distance par rapport au système informatique lui-même, la seconde par leur type de fonctionnalité.

Nous comptons ainsi : les utilitaires de base, les utilitaires standard, et les utilitaires du programme.

Les utilitaires de bases

Ce sont les outils élémentaires, préexistant au traitement fonctionnel, algorithmes généraux qui sont mis en oeuvre ensuite dans des fonctions plus complexes capables d'être alors reconnues par le concepteur comme fonctions de conception.

Les utilitaires standard

Il s'agit du point de vue fonctionnel. Ces utilitaires permettent de gérer des fonctions reconnues par le concepteur.

ex: rendu du dessin, système de cotation

Les utilitaires programmes

Ce sont des programmes complexes intégrant une panoplie de traitements et de fonction, organisés de façon cohérente. Ils correspondent à une situation transitoire entre les utilitaires et les systèmes, permettant de répondre à de petites applications spécifiques.

Les utilitaires peuvent être classifiés par leur champ d'application dans le processus de conception . La taxonomie proposée (Réf:32) est la suivante:

1 Le champ graphique

Divisé en quatre classes:

- utilitaires d'aide à la production de documents normalisés.
- utilitaires de gestion de composants 2D ou 3D.
- utilitaires de saisie graphique.
- utilitaires de calcul et de production de documents graphiques

2 Le champ technique

Divisé en trois classes:

- utilitaires de calculs de structures.
- utilitaires de choix et d'assemblages
- utilitaires de calculs et d'études du comportement d'ambiance des espaces aménagés , exemple : évaluation du niveau sonore régnant à l'intérieur ou à l'extérieur d'un local ,

3 Le champ des opérations conceptuelles

Il s'agit de programmes correspondant à des opérations isolées dans le processus de conception , exemples :

- analyse de site
- analyse multi critère
- hiérarchie des contraintes
- allocation spatiale
- évaluation des performances d'un plan

4 Le champ des manipulations textuelles

Il s'agit d'utilitaires d'aide à la mise en forme de documents contractuels et/ou réalisant leur édition, exemples:

- Edition d'estimatifs .
- Réseaux PERT.

Cette sommaire présentation des utilitaires de base reflète grosso modo la philosophie de la structure du système de CAO que nous adoptons pour notre action.

V.4 Présentation du système de CAO adopté

Le système d'évaluation acoustique "SONARE" est inséré dans un environnement de conception automatique spécialisé et adapté pour des motifs spécifiques au bâtiment .

Il nous semble indispensable de présenter d'abord les différents aspects fonctionnels et conceptuels du système de CAO globale "X2A", afin de mieux situer la structure et les mécanismes de fonctionnement et de communication du système "SONARE" vis à vis des autres composants et par rapport au contexte général.

Objectifs du système "X2A"

Nous pouvons résumer les objectifs du X2A comme suit :

- Prendre le relais de tout un ensemble de tâches de manipulation de l'information.
- Intégrer des programmes spécialisés sans reconstruire le système.
- S'adapter aux diverses méthodes de travail du concepteur.
- Repérer, sinon proposer, des éléments de solutions susceptibles d'amélioration.
- Permettre à l'utilisateur de choisir son propre mode de travail pour un projet donné.
- Apporter au concepteur un ensemble d'évaluations ou de constats relatifs à la cohérence de son projet.

Cependant, la démarche employée pour assurer l'évolutivité du système et son adaptation à des modèles particuliers de données (une architecture modulaire organisée autour d'un système de gestion de base de données), conduit à multiplier le nombre d'utilitaires associés au SGBD permettant de gérer la cohérence et le comportement des objets .

Le système "PROJET" (Réf:52), construit autour d'une base de données de type réseau, outil de conception assistée par ordinateur (C.A.O.) en avant-projet sommaire de bâtiment, constitue l'esquisse du X2A présenté ici (Réf:64).

Architecture du système

Le système doit présenter un prototype de CAO intégrant des modules d'évaluations techniques et économiques (calculs de structure, thermiques, acoustiques) et de visualisation du projet .

Le figure (37) présente l'architecture du système (Réf:53)

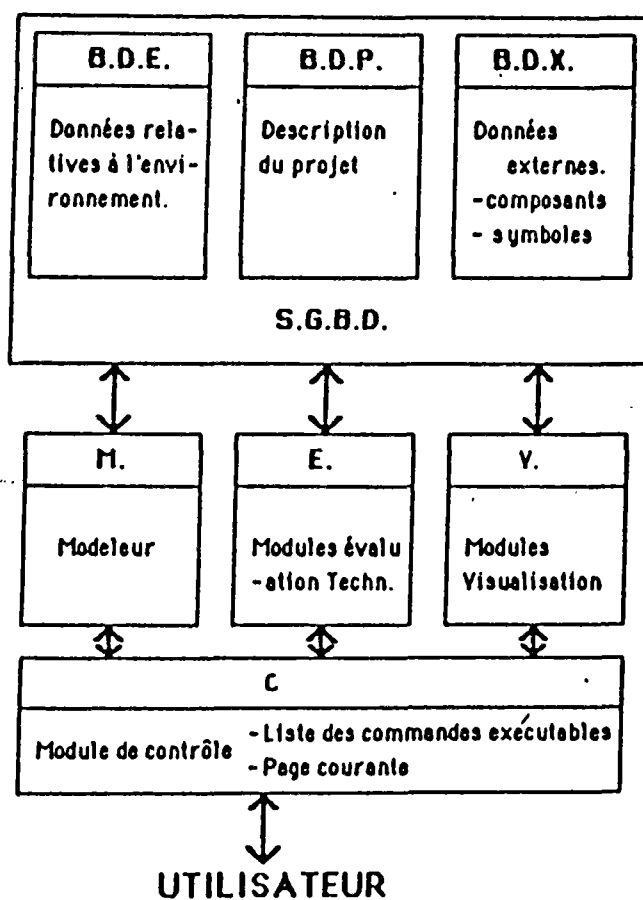


Figure: 37

Architecture fonctionnelle du X2A

Le SGBD multi-bases

Le SGBD est chargé de gérer trois bases de données décrivant le projet et son environnement de conception. Il mémorise le schéma conceptuel des bases de données, c'est à dire l'ensemble des caractéristiques des types d'éléments manipulés à un instant donné.

Il intègre un "langage de requêtes", unique interface des programmes d'application aux différentes bases de données. Ce langage permet, en premier lieu, de décrire les entités manipulées (langage de description des données), puis d'effectuer leur mise à jour et d'accéder aux informations décrivant les occurrences de ces objets et relations (langage de manipulation des données).

La Base de Données du Projet en cours de conception (B.D.P)

Elle contient une description du projet dans son état d'avancement actuel. Elle gère la modélisation du projet sous ses aspects géométriques, structuraux, économiques et fonctionnels.

C'est une base dynamique, autorisant des mises à jour de l'information du point de vue de son contenu et de sa forme, par une évolution du schéma conceptuel et des occurrences d'objets mémorisées. Cette approche est induite par les reformulations itératives du projet effectuées par le concepteur et par l'action des modules d'application sur la base de données.

La Base de Données Environnement (B.D.E)

Elle contient les informations relatives au site : connaissance du sous-sol, environnement climatique, acoustique, position et masse des bâtiments voisins.

La Base de Données Externe (B.D.X)

Elle regroupe des informations stables, correspondant à la description et la représentation des ouvrages (bibliothèque de symboles et composants) ou objets intervenant dans un type de projet donné.

B.D.X. et B.D.E. sont utilisées en consultation par les modules de calculs au cours d'une session de travail.

Le Modeleur (M)

La composante de modélisation ou modeleur (M) structure les informations provenant de la composante de contrôle et d'interaction (C). Elle active les mécanismes de gestion du modèle (règles de comportement et génération d'objets) stockés dans le schéma conceptuel du système et renvoie à l'utilisateur l'écho des modifications effectuées. Elle est constituée d'un ensemble d'outils (éditeurs 2D ou 3D) pouvant, lors des premières phases de

saisie, travailler dans un mode indépendant (local) "off line" du système global.

Le Module d'évaluation technique (E)

Ce module a pour but d'aider le concepteur à élaborer ses "parties" techniques, il intègre trois composantes:

- le poste acoustique.
- le poste structure et équipements.
- le poste thermique.

Le module de visualisation (V)

Ce module a pour tâche la production des représentations classiques du projet: plans coupes, élévations, axonométries et perspectives. Il permet enfin la production d'images réalistes du bâtiment et de son environnement (images numériques).

Composante de contrôle et d'interaction (C)

Elle joue un rôle essentiel dans la mesure où elle est l'unique interface avec l'utilisateur. Elle gère le vecteur d'état du système et l'ensemble des commandes activables à un instant donné correspondant au niveau de description du projet.

La page courante est en particulier une image graphique, textuelle et numérique des parties de la B.D.P, B.D.E et B.D.X qui sont intéressantes à un stade donné d'une session d'utilisation du "X2A".

Les apports d'une telle architecture au poste d'évaluation acoustique

L'architecture du système est prévue pour satisfaire un ensemble d'exigences conceptuelles et fonctionnelles manifestées et définies lors de la conception et de l'utilisation des différents outils de CAO. Les apports de la structure du X2A au poste acoustique apparaissent à deux niveaux :

- Interne au système :

- la conception et la gestion des schémas conceptuels des données ,
- la présentation des données graphiques,
- la définition des logiques de gestion de la cohérence des informations traitées ,
- l'optimisation de l'intelligence du système grâce à ses facultés de consulter une masse d'informations plus importante et plus intelligente (communications entre postes) .

- Externe au système :

- faciliter la manipulation du système (modes de saisie plus évoluées)
- favoriser la performance des résultats (saisie , retour, contrôle et gestion de cohérence automatiques).

N.B Ces différents points seront mieux explicités au cours de la présentation du système "SONARE" (cf chapitre VI).

De ce fait, nous constatons qu'il suffit que le poste acoustique soit lié à l'ensemble des Bases de Données par le Langage de Requêtes associé pour que la majorité des apports soit assurée . Bien évidemment une grande partie de ces manipulations sera gérée et effectuée par la composante de contrôle et d'interaction (C).

A cette fin il nous semble préférable de faire connaissance du fonctionnement de la base de données et du langage de requête associé .

La base de données , concepts et principes de fonctionnement

1 Principes généraux

Le S.G.B.D. est construit sur une base de données de type réseau utilisant les concepts suivants :

- Classe d'objets :

- Est identifiée par un nom.
- Possède des attributs.
- Possède des procédures permettant, au moment de la génération d'un objet de la classe, de créer automatiquement des "sous-objets" induits par l'objet "père".

- Objet :

- Possède un nom.
- Possède des attributs.

- Attribut :

- Est identifié par un nom.
- Est de type : variable ou tableau, réel, entier, caractère.
- Peut être implicite (procédural, ex: surface d'une pièce), interne (la valeur est effectivement stockée dans la B.D.P.), externe (sa valeur est stockée dans la B.D.X.).

- Relation :

- Est identifiée par un nom.
- Est caractérisée par le nom des types d'objets "pères", types d'objets "fils".
- Peut être explicite (elle correspond à des liens existant dans la base), ou implicite (procédures déduisant des liens à partir des liens stockés).
- Peut posséder des attributs.

Le schéma de la base mémorise l'ensemble des caractéristiques des types d'éléments manipulés à un instant donné. Il est géré à l'aide d'un langage de description des données et est modifiable dynamiquement. Les occurrences de classes d'objets, objets, relations sont gérées par un langage de manipulation des données.

Le langage de requêtes du SGBD

Le langage de définition des données permet de définir les types d'objets relations et attributs utilisés ainsi que de préciser le type des manipulations effectuées sur ces entités et le nom de la base de données assignée au stockage des informations descriptives de leurs occurrences. Ces caractéristiques constituent le schéma générale du système.

L'utilisateur dispose de primitives de création de types d'objets et de relations portant sur ces objets. Il peut définir des attributs statiques ou dynamiques (ex: pour une porte coordonnées de l'origine et indice d'affaiblissement acoustique ou label acotherme) stockés soit dans la base de données du projet (BDP, attributs internes), soit dans la base de données externe (attributs statiques externes).

Le système permet enfin d'associer des procédures aux classes d'objets gérant à la fois certaines vérifications de cohérence sur les occurrences d'objets créés (existence de liens préalables) et d'activer la création automatique d'objets et/ou de liens induits (mécanismes de type langages objets).

Le langage de manipulation des données se compose d'un ensemble de procédures appelables des programmes d'application et permet d'exploiter les informations stockées dans le SGBD.

Modélisation du bâtiment dans la BD

1 Le squelette fil de fer

Le modèle employé pour décrire un projet utilise les notions d'objets et de relations. Il constitue un schéma minimum nécessairement complété par les sous-schémas propres aux applications. Lors des modifications effectuées par le concepteur sur le projet, le SGBD et ses utilitaires répercutent l'ensemble des liens existants sur les objets du modèle, sans préjuger de leurs natures, permettant ainsi de compléter le schéma conceptuel de départ. La géométrie et la topologie d'un bâtiment sont définies par une structure "fil de fer" tridimensionnelle à base de facettes. Elle est habillée par un ensemble de composants ou ouvrages.

Nous pouvons définir schématiquement ce squelette à l'aide des type d'objets suivants :

- PROJET
- BATIMENT : les bâtiments constituant le projet
- ETAGE, SUR-ESPACE : la notion de "sur-espace" correspond au regroupement fonctionnel ou spatial de "pièces" ou de "sur-espaces" (appartement, ensemble d'étages identiques du point de vue structure ...)
- UVE, UVI : unités volumiques internes externes correspondant à un contour polygonal fermé (notion de pièce).
- GROUPE-FACETTE : contour polygonal ouvert.
- FACETTE-LATERALE, FACETTE-PLAFOND
- PLANS AXIAUX : trame spatiale définie sur le bâtiment.

Définissons sommairement les relations reliant ces objets (pour plus de détail Réf:58).

- PROJET
 - "FORME DE" BATIMENT
- BATIMENT
 - "FORME DE" PLAN-AXIAUX
 - "FORME DE" ETAGE
 - "FORME DE" SUR-ESPACE
- ETAGE

"SUR" ETAGE
"FORME DE" SUR-ESPACE
"FORME DE" UVE / UVI

- UVI

"SUR" UVI
"FORME DE" FACETTE-LATERALE
"CONTIENT" UVI / GROUPE-FACETTE

- GROUPE-FACLAT

"FORME DE" FACETTE-LATERALE

- FAC-LAT

"LIEE A" COMPOSANT
"SUR" PLAN-AXIAL

2 Les composants

Un composant peut être un objet ou ouvrage plus ou moins défini ou un symbole graphique qui sémantise une relation entre UVI ou UVE. Il est décrit à l'aide d'attributs permettant de mémoriser des caractéristiques numériques, alpha-numériques (texte, caractéristiques techniques), mais aussi géométriques ou graphiques (ex: points d'attaches, enveloppe, espace servant/servi ...) et alpha-graphiques (le/les symboles attachés). Ces attributs sont soit statiques (stockés dans la B.D.X.) soit dynamiques (paramètres définissant la position de l'occurrence, attributs manipulés par les modules de calcul... stockés dans la B.D.P.) (Réf:53).

Les modes de travail de X2A

Nous relévoons trois types de sessions de travail :

- Une phase de création des bâtiments constitutifs du projet architectural traité permettant une première saisie géométrique du "squelette filaire".
- Une phase de modification/ mise à jour et évaluation du projet.
- Des sessions indépendantes de définition du contexte de conception: saisie du site et mise à jour des bibliothèques de composants et symboles.

1 La phase création

La phase création met en oeuvre des utilitaires 2D et 3D permettant de saisir la géométrie filaire des bâtiments. L'utilisateur peut :

- Définir directement la géométrie complète d'un bâtiment en utilisant un éditeur à trois dimensions. Les facettes créées sont indifféremment des facettes appartenant à l'enveloppe du bâtiment ou des facettes intérieures. Elles sont décrites soit globalement à l'aide de volumes paramétrés positionnés les uns par rapport aux autres (union, intersection, différences de volumes, opérations de type "constructive solid geometry"), soit isolément en deux ou trois dimensions.

L'utilisateur dispose en outre d'une panoplie d'utilitaires de déplacement et modification des entités géométriques connues du système (volumes, facettes, arêtes et points) et d'outils d'aide à la saisie.

- Si le bâtiment créé comporte un ensemble d'étages à géométrie répétitive, il peut enfin effectuer la saisie du filaire étage par étage, à l'aide d'outil 2D et 3D (les facettes créées sont alors nécessairement verticales) ou 3D.

Dans les deux cas cités, une interface spécifique permet de réinterpréter les objets stockés dans la structure de données des éditeurs utilisés en termes de bâtiment, étages, UVI, facette latérales, facettes d'enveloppe etc... Cette interface permet donc de considérer un modéleur comme un produit interchangeable éventuellement.

2 La phase modification / évaluation

Cette phase de travail permet de compléter la description du bâtiment en implantant des composants sur le "squelette fil de fer" et de lancer des évaluations technico-économiques (acoustiques, thermiques, calcul de structures).

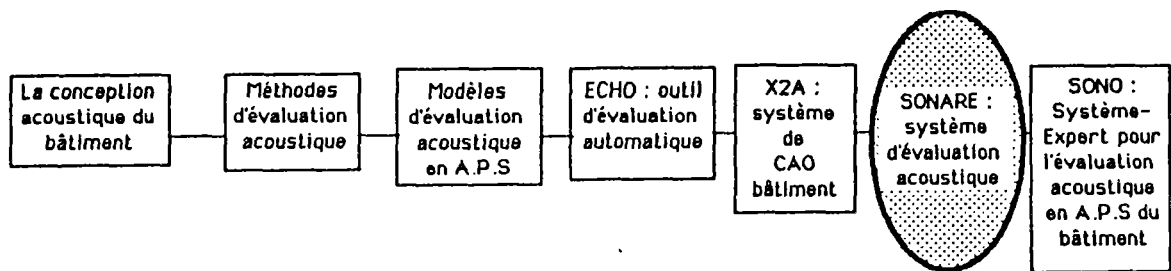
Si des modifications géométriques du bâtiment sont toujours possibles (création/déplacement, suppression de facette intérieures, modification de l'enveloppe du bâtiment, etc.), elles vont mettre en oeuvre des automatismes déduits des liens existant entre les objets mémorisés dans la base de données, assistant l'architecte dans ses reformulations du projet.

Ces automatismes permettent notamment de maintenir une cohérence d'ensemble lors des interventions et prises de décisions sur les différentes composantes appartenant aux univers technique nécessairement convoqués par la conception du bâtiment.

3 Définition de l'environnement du travail

Cette phase de travail permet de définir la géométrie des bâtiments environnant le projet en utilisant les mêmes éditeurs 2D ou 3D précédemment cités. Le concepteur peut modifier les bibliothèques de symboles graphiques et les descriptions techniques des composants utilisés dans le projet.

N.B Nous insistons sur le fait que le système X2A tel qu'il est présenté n'est qu'une réponse logique et spécifique déduite des multiples dialogues entre méthodologies, techniques et exigences propres aux différents composants (architecturaux, techniques ou économiques) intervenant lors de la conception d'un bâtiment de type collectif.



CHAPITRE VI:

SONARE:

Description et fonctionnalité

VI.1 Introduction vers une nouvelle stratégie :

Au chapitre IV nous avons présenté un outil automatique d'aide à l'évaluation dont l'objectif était de valider les concepts du modèle d'évaluation acoustique proposé .

Dans ce chapitre nous allons parler d'un système d'aide à la conception permettant d'appréhender rapidement et correctement les conséquences des décisions tout au long du processus d'évaluation acoustique . Ce système n'est en fait qu'un sous-système du système X2A .

Pour donner l'aspect système à l'outil ECHO nous avons été conduits à définir une nouvelle stratégie de modélisation (de l'outil) favorisant l'intégration des différents modules d'évaluation aux autres composants de définition et de gestion des informations associées au système .

Cette stratégie consiste à redévelopper un modèle d'évaluation acoustique sans remettre en cause les performances des modules de calculs qui ont déjà fait leurs preuves au sein de l'outil "ECHO" . Par ailleurs le recours à un SGBD nécessite une nouvelle structuration des objets manipulés , donc il faut redéfinir un nouveau modèle de données pertinent et complémentaire à celui proposé par le système " PROJET" (Annexe 8).

Le dernier aspect qui est touché par le changement de la stratégie de développement est l'architecture du système qui doit :

- privilégier les processus de la mise en oeuvre et de la mise au point du système ,
- favoriser l'évolutivité du système en le rendant plus ouvert et plus lisible ,
- permettre de définir de nouveaux scénarii de manipulations ,
- prévoir la possibilité d'implémenter ce système sur d'autres supports informatiques ,

VI.2 Architecture du système SONARE

Le système "SONARE" ne représente physiquement qu'un petit programme dont l'originalité réside dans sa capacité à pouvoir appeler ou à être appelé par nombre d'autres programmes représentant les différents outils d'évaluation acoustique en APS du Bâtiment. Nous en comptons une quarantaine au moins .

Dans les premières phases d'évaluation l'architecture du système prend la forme d'un arbre (père, fils) peu profond dont la racine est SONARE . A des niveaux plus profonds l'arbre va remplacer l'aspect hiérarchique par celui de réseaux (voir figure 38) .

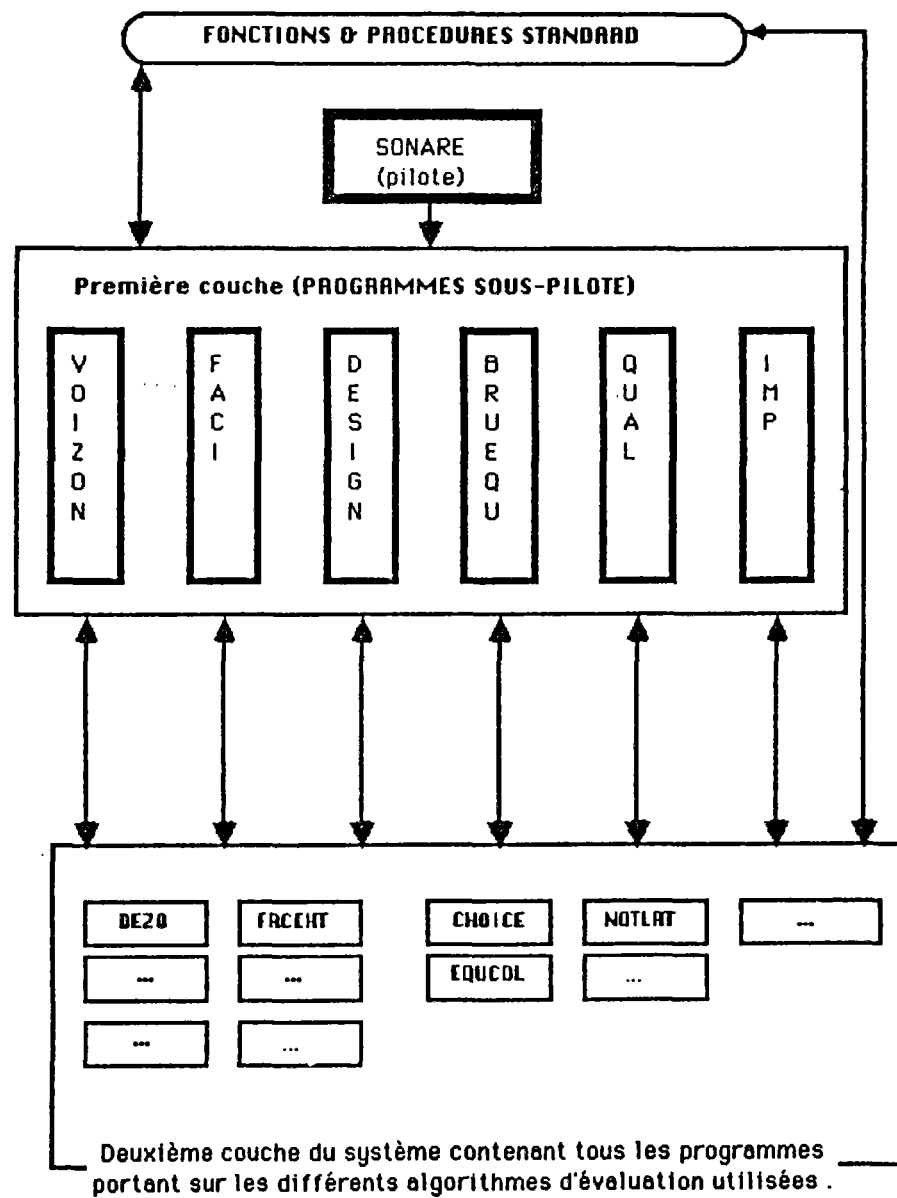


Figure: 38
Architecture du SONARE

Où :

VOIZON : programme d'aide à la définition de l'environnement extérieurs;

FACI : programme d'aide à la description des composants ainsi que leur isolements réglementaires ou selon le LCA;

DESIGN : programme pour l'évaluation de l'isolation assurée par chaque facette;

BRUEQU : programme permettant la prise en compte des bruits d'équipements.

QUALI : programme définissant les cotations QUALITEL correspondant.

IMP : programme d'impression des résultats définitifs.

DEZO : définition de la zone de bruit;

FACEXT : description des facades;

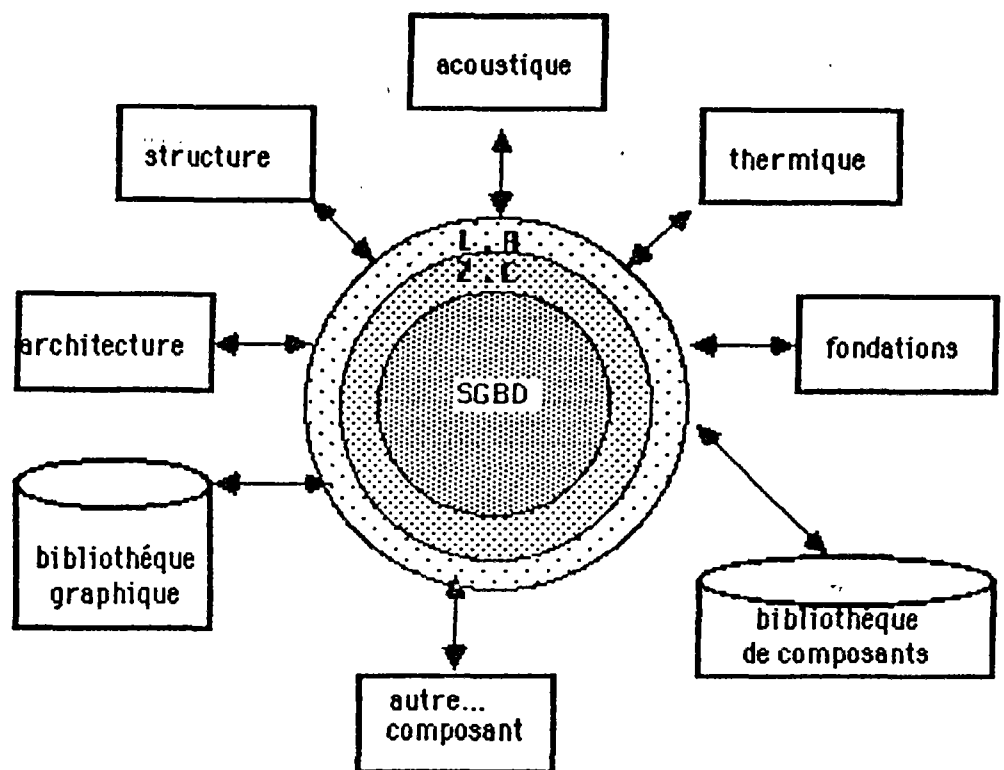
CHOICE : définition de la composition des facette;

EQUCOL : évaluation du bruit d'équipements collectifs;

NOTLAT : détermination de la cotation correspondant aux transmission latérales.

Les rapports entre ces différents programmes et les autres composants du système de CAO (X2A) sont contraintes aux relations d'interactions avec le SGBD "PROJET" assurées par le langage de requêtes (voir figure 39).

N.B La philosophie de cette architecture du système est entièrement inspirée de la nouvelle stratégie adoptée consistant à concevoir un produit de type évolutif transportable sur d'autres supports informatiques tels que les micro-ordinateurs .



L.R : LANGAGE DE REQUETES

Z.C : ZONE DE CONTROLE DE CIRCULATION DES DONNEES

S.G.B.D : SYSTEME DE GESTION DES BASES DE DONNEES

Figure: 39

La structure d'intégration des différents composants (SONARE dans notre cas) à l'environnement X2A.

VI.3 La structure des données

Les liaisons avec les utilitaires de gestion des données et la possibilité d'avoir recours aux utilitaires de gestion graphique pour la saisie de certains types d'information (l'esquisse par exemple) , sont prévues pour assouplir les tâches de la conception (en amont) et de la manipulation (en aval) d'une telle technique d'évaluation assistée .

"PROJET" propose un schéma général décrivant le projet en cours (Réf:52) qui doit être complété (si besoin est) par un sous-schéma spécifique pour chaque application .

Les sous schémas d'évaluation acoustique

1 Généralité

Nous avons déjà signalé que les processus d'évaluation acoustique d'un projet tiennent compte du fait qu'un tel objet possède deux univers interdépendants (extérieur et intérieur) dont les relations de liaison sont aussi bien fortes que compliquées.

Ceci étant, nous avons été amené à définir deux sous-schémas propres à ce propos, à savoir :

- . le sous-schéma spécifique décrivant l'environnement acoustique extérieur au bâtiment .
- . le sous-schéma complémentaire décrivant l'objet bâtiment vu par un acousticien.

2 Les objets, attributs et relations utilisés

Trois approches seront évoquées, à savoir :

- 1- Définir les objets du modèle fil de fer manipulé par le module acoustique.
- 2- Déterminer le lien entre les composants implantés dans PROJET et les objets définis par le modèle d'évaluation acoustique.
- 3- Décrire les objets, leurs attributs et relations spécifiques à l'application acoustique.

Ceci sera valable aussi bien pour l'univers extérieur que pour l'univers intérieur du bâtiment.

2.1 Les objets extérieurs au bâtiment (sous-schéma extérieur)

Ce sont les éléments principaux caractérisant l'identité sonore de l'environnement entourant le bâtiment.

N. B. Sachant que l'application est au niveau d'A.P.S, l'approfondissement des descriptions des objets, de leurs attributs et de leurs relations a été strictement limité.

Objet PROJET

Chaque action menée est liée à un projet donné.

Les attributs de l'objet PROJET :

La dénomination est le seul attribut de l'objet projet. Elle sert à identifier les diverses applications.

Les relations attachées à cet objet se résument par le seul fait qu'un projet est "FORME DE " Bâtiments.

"FORME DE" : PROJET * Bâtiment

Objet SITE

Chaque projet appartient physiquement à un objet SITE dont les attributs sont :

MILIEU	:	(traditionnel ou non)
CATEGORIE	:	(type d'habitation collectif ou autre)
ZONE	:	(la zone de bruit régnant dans le site)
		Les relations attachées au site
'APPROS'	:	SITE, Aéroport (justifiant la présence ou non présence d'un aéroport).
'STUV'	:	SITE * VOIE (La présence d'une voie de circulation)
'SITU'	:	SITE * Bâtiment (l'appartenance d'un ou des bâtiments au Site).

Objet "AEROPORT"

La règle de jeux de construction nous permet de traiter le nombre d'attributs d'objet Aéroport à un seul attribut :

'PRESENCE' : (dans l'environnement de construction dans notre application nous nous intéressons qu'à une et une seule relation attachée à cet objet soit :

la relation 'APPROS' mentionnée ci-dessus.

Objet 'VOIE'

L'objet VOIE représente la ou les voies de circulation considérées dans le site.

Attributs :

'NUMERO'	:	(le numéro de la voie)
'NOMBREFILES'	:	(le Nombre de files de circulation que possède la voie) ;

'DISTANCE'	: (la distance de la voie au bâtiment)
'LARGEUR'	
'N. SONORG'	: (le niveau sonore règnant) ;
'QUALITE'	: Artérielle, transit) ;
'SINUOSITE'	: (forte ou non)
'PROFIL'	: (U,L);
'CLASSE'	: (voie urbaine, voie),
'TYPEV'	: (voie de type I ou II)
'NIVEAU'	: (niveau du terrain naturel, en etc)
'NUISANCE'	: (engendrée par la voie ou non) ;

Relations attachées :

'ASSOCT'	: VOIE * TROTTOIR, le trottoir associé à la voie.
'ASSOCIE'	: VOIE * CIRCULATION, la circulation associée à la voie.
'ASSOCH'	: VOIE * CHAUSSEE, la chaussée associée à la voie.
'APPROB'	: BATIMENT * VOIE, la voie est à proximité du bâtiment ;

Objet 'TROTTOIR'

Attribut :

'LARGEUR'

Relation

'ASSOCI'	: Voie * TROTTOIR
'FORME DE'	: TROTTOIR * FAC-TEN', (Facette latérale).

Objet 'CHAUSSEE'

Attribut :

'TYPEC' : Pavé ou autre

Relations :

'ASSOCH'	: VOIE * CHAUSSEE
'FORME DE'	: CHAUSSEE * FAC-LAT

Objet 'CARREFOUR'

Objet 'CIRCULATION'

Attributs :

'DEBIT'
'VITESSE'

Relations attachées :

'MODEVL'	: CIRCULATION * VL, Mode de circulation est VL
----------	--

'MODEPL' : CIRCULATION * PL, Mode de circulation
 est PL
 'MODEBUS' : CIRCULATION * BUS, Mode de
 circulation est BUS
 'MODEMET' : CIRCULATION * METRO, Mode de
 circulation est METRO
 'MODETR' : CIRCULATION * TRAIN, Mode de
 circulation est TRAIN
 'ASSOCIE' : VOIE * CIRCULATION

Objet 'VL'

Véhicules légers

Attributs :

'DEBIT'
 'VITESSE'

Relations attachées :

'MODEVL' : CIRCULATION * VL

Objet 'PL'

Poids lourds

Attribut :

'DEBIT'

Relation attachée :

'MODEPL' : CIRCULATION * PL

Objet 'METRO'

Attribut :

'M.CIRCL' : Mode de circulation (Aérien, sous
 -terrain)
 'M.ROUL' : Mode de roulement (Fer-Fer, Autre)
 'DEBIT'
 'VITESSE'

Relation attachée :

'MODEMET' : CIRCULATION * METRO

Objet 'BUS'

Attribut :

'DEBIT'
 'TYPEBU' : Accessible, non accessible,

Relation attachée :

'MODEBU' : CIRCULATION * BUS

Objet 'TRAIN

Attribut :

'DEBIT'
'VITESSE'
'M ROUL' : mode de roulement (fer-fer ou autre)
'M CIRC' : Mode de circulation (aérien ou
souterrain),
'TTYPE' : Passage couvert ou découvert

Relation attachée :

'MODETR' : CIRCULATION * TRAIN

2.2 Les objets intérieurs au bâtiment (sous-schéma intérieurs)

Les objets standard

Objet BATIMENT

Attributs relatifs à l'application :

'USAGE' : Habitation, etc
'TYPEB' : Collectif, individuel
'EXPOSITION' : au bruit,
'NOTATION' : Cotation Qualitel
'NOMBRE' : Nombre d'étages appartenant au
bâtiment.

Relations attachées et relatives à l'application :

'APPROB' : BATIMENT * VOIE
'POSBAT' : BATIMENT * EQUIPEMENT
(Les équipements du bâtiment)

Objet ETAGE

Attributs relatifs à l'application :

'TYPEE' : Courant, R.C, S.S, Terrasse.
'NOMBRE' : Nombre d'appartements dans l'étage
'NOTATION' : Cotation Qualitel
'NIVEAU'
'HAUTEUR'

Relations attachées relatives :

'FORME DE' : ETAGE * APPARTEMENT
'SUPETA' : ETAGE * ETAGE
(Deux étages superposés)

Objet PLANCHER

Attributs relatifs à l'application :

'NOMBRE' : Nombre de facettes attachées au
plancher
'NOTATION' : Cotation qualitel
'R' : Indice d'affaiblissement acoustique,

'DN' : Isolement du plancher
 'M' : Masse surfacique
 'VOLUME'
 'SURFACE'
 'TYPEP' : Sec, humide
 'NOM' : Chambre, sejour
 Relations attachées relatives :
 'LIEM' : PLANCHER * SOL
 'ADJPP' : PLANCHER * PLANCHER (adjacent) ...
 'UV/UV' : PLANCHER * PLANCHER (superposition)
 'ADJAPL' : APPARTEMENT * PLANCHER (plancher
 adjacent à un appartement et
 auquel il n'appartient pas)

Objet FAC-LAT (Facette latérale)

Attributs relatifs à l'application acoustique :
 'NIVEAU' : Attitude de la facette
 'ISOLEMENT' : Isolement exigé par
 réglementation
 'NOTATION' : Cotation qualitel
 'ANGLE' : Angle de vue de la voie de la
 facette
 'N.SONORE' : Niveau Sonore au voisinage de la
 facette.
 'R' : Indice d'affaiblissement acoustique
 'DN' : Isolement assuré par la facette.
 'SULATE' : Surface latérale
 'EPAISSEUR'
 'TAU' : Coefficient de transmission acoustique
 'FACADE' : Facette extérieur
 'DN10' : Isolement normalisé
 'TYPES' : Simple, Composition
 'POSITION' : Extérieure, Intérieure, Commune
 'PLAN' : Horizontal, Vertical
 'EXPOSITION' : Directe ou indirecte aux bruits
 'DOUBLAGE' : Doublage thermique
 'FILANTE' : Facette possède une façade
 filante associée

Relations attachées relatives
 'AUBORD' : FAC-LAT * VOIE
 'LIEM' : FAC-LAT * COMPOSANT

Objet COMPOSANT

Attribut relatif à l'application :
 'NOMCOM' : Nom de composant
 Relation attachée relative à l'application :
 'LIEM' : FAC-LAT * COMPOSANT

Objet MUR, CLOISON

Attributs relatifs à l'application :

- 'NOM'
- 'CLASSE'
- 'TYPE'
- 'NOM'
- 'EPAISSEUR'
- 'R' : l'indice d'affaiblissement acoustique
- 'DN' : l'isolement
- 'M' : la masse surfacique

Les objets FENETRE, PORTE

Attributs :

- 'TYPE'
- 'CLASSE'
- 'NOM'
- 'NATURE'
- 'EPAISSEUR'
- 'R'
- 'DN'
- 'M'
- 'SURFACE'

Les objets créés spécialement pour le modèle acoustique

Ce sont des objets appartenant au bâtiment et dont la création est indispensable pour poursuivre l'évaluation acoustique du projet.

Objet CELLULE = (Appartement)

Attributs :

- 'NUMERO'
- 'NOMBRE' : Nombre de planches que contient l'appartement
- 'NOTATION' : la cotation qualitel propre à l'appartement
- 'QEQIND' : la cotation relative aux bruits d'équipements individuels
- 'QEQCOL' : la cotation relative aux bruits d'équipements collectifs
- 'Q CHOC' : la cotation relative aux bruits de choc.

Relation attachée :

- 'CELETA' : Etage * CELLULE (Forme de)
- 'CELXUV' : CELLULE * PLANCHER (")
- 'POSXAPP' : CELLULE * EQUIPEMENT (possède de)

'CELAOJ : CELLULE * CELLULE (adjacent)

Objets PLAFOND

Attribut :

'TYPEPL' : Type de plafond : terrasse, courant
'NATURE' : 'PLAFOND'
'NOM' : Chambre
'CLASSE' :
'EPAISSEUR'
'M'
'R'
'DN'

Relations attachées :

'FORME DE' : PLAFOND * POINT

Objet VOILE

Attributs :

'NATURE'
'TYPE'
'CLASSE'
'NOM'
'EPAISSEUR'
'R'
'DN'
'M'

Objet PF

Objet Porte Fenêtre

Attributs :

'NATURE'
'TYPE'
'CLASSE'
'NOM'
'EPAISSEUR'
'M'
'R'
'DN'
'SURFACE'

Objet EQUIPEMENT

Attribut :

NATURE : CHAUFFERIE...,

Relations attachées

'CONTCH' : EQUIPEMENT * CHAUFFERIE
'CONTRO' : EQUIPEMENT * ROBINETTRIE

'CONTVO' : EQUIPEMENT * VO (Vide-ordure)
'CONTRUMC' : EQUIPEMENT * VMC (Ventilation)
'CONTAS' : EQUIPEMENT * ASCENCEUR

N.B. * CONTIENT

Objet SOL :

Caractérisant en particulier le revêtement du sol.

Attributs

'NUMERO'
'M'
'EPAISSEUR'
'EPAISSEUR'
'R'
'DN'
'ALFA' : Coefficient d'absorption du droit
'NATURE'
'NOM'
'CLASSE'
'TYPE'
'INCORPORE' : Type d'incorporation du
revêtement
'EXPANSE' : Nature du matériel utilisé

Relation attachée :

'SUR' : PLANCHER * SOL

Objet CHAUFFERIE

Attributs :

'NUM' : Numéro
'PUISSANCE' : Des machines
'EPAISSEUR' : Des parois
'NATURE'
'TYPE'
'CLASSE'
'NON'
'TYPISOLATION'

Relation attachée :

'CONTCH' : EQUIPEMENT * CHAUFFERIE

Objets V.O

Attributs :

'NATURE' : Vide-ordure
'TYPE'
'CLASSE'
'NOM'

'TYPE ISOLATION'
Relation attachée :
'CONTVO' : EQUIPEMENT * V.O

Objet ASCENCEUR

Attribut :
'NATURE'
'CLASSE'
'TYPE'
'NOM'
'TYPEISOLATION'
'TYPESOLIDAIR'
Relations attachées
'CONTAS' : EQUIPEMENT * ASCENCEUR

Objet VMC

Attributs :
'NATURE' : Ventilation Mécanique Controlée
'TYPE'
'CLASSE'
'NUM'
'TMONTAGE' : Type de montage des dispositions
autoréglable ou manuel
'DEBIT'

VI.4 Scénarii de la définition des objets

La création de la volumétrie filaire du bâtiment se fait soit à partir du modeleur tridimensionnel soit en deux dimensions et demi à partir de l'éditeur "2D" de "PROJET" en précisant la hauteur de l'étage. Puis l'utilisateur procède à l'habillage du fil de fer créé par des composants. Ils sont répertoriés dans la bibliothèque des composants utilisables pour les bases de données externes, et représentés par un symbole associé stocké dans la bibliothèque de symboles.

Ceci est valable aussi bien pour la définition des objets intérieurs au bâtiment que pour les définitions des objets extérieurs au bâtiment qui sont créés et gérés dans la base de données X (BDX).

Deux types de scénarii sont envisagés pour implanter les objets décrits (ci-avant), l'un est accessible par l'architecte et l'autre permettra à l'ingénieur d'intervenir et d'implanter directement les objets exigés par le modèle de calcul.

Le premier scénario concerne le tracé du plan en fil de fer et l'implantation des composants par l'architecte. Cette intervention fournit une bonne partie des données architecturales nécessaires pour l'application acoustique, notamment les données géométriques.

Le deuxième scénario est envisagé lors de l'exécution des modules d'évaluation acoustique où l'ingénieur est invité à compléter les informations nécessaires selon les configurations (extérieures ou intérieures) du projet qu'il traite.

Il peut à ce propos définir, créer ou éventuellement modifier certains éléments concernant l'évaluation acoustique tout au long des processus.

Bien évidemment cette démarche est adaptée pour cette application sous le contrôle d'un système constitué d'un ensemble de modules de vérification de cohérence des informations traitées.

VI.5 La technique d'interaction entre SONARE et les BD

Les processus d'interactions entre le SGBD - Multi Bases et le système SONARE sont assurés par le Langage de Requêtes (cf V.4.5).

L'intégration des primitives du langage de requêtes dans le corps du système "SONARE"

Les primitives du langage de Requêtes interviennent à plusieurs reprises , à savoir :

1 lors de la description des informations

- au moment de la définition des sous-schémas du système :

Il s'agit de la création de nouveaux objets , attributs d'objets et relations (n'existant pas dans le schéma générale du BD PROJET) qui sont, d'une part, spécifiques à un domaine donné (tel que l'acoustique) et, d'autre part, standard dans ce domaine .

Exemple :

La représentation des objets "voie & circulation" , de leurs propriétés et de leurs relations dépendent fortement du contexte du traitement . Donc lorsqu'il s'agit d'un problème d'évaluation acoustique, il faut créer l'objet voie muni de certains attributs propres aux exigences du domaine.

Le Langage de Requêtes permet :

- de créer objets dans la BD comme suit :
CREOBS(NOMOBJ,IR)
CREOBS('VOIE',IR)
CREOBS('CIRCULATION',IR)

où :

CREOBS: est la primitive qui permet de créer
un nouveau type d'objet dans le
schéma de la BD ,
NOMOBJ: est le nom du type d'objet à créer,
VOIE : ou CIRCULATION dans l'exemple ,
IR : est le compte rendu de cette
création, il prend les valeurs
suivantes :

"0" si l'action est correcte ,
"1" le type d'objet existe déjà ,
"2" la table des objets (dans la BD)
est saturée ,

- de définir les caractéristiques d'un objet :

CREATO(NOMOBJ, NBATE, NOMEN, NBATR, NOMRL,
NBATC, NOMCH, LGCH, IR)
CREATO('VOIE',2,TEVOIE,4,TRVOIE,7,TCVOIE,LG,IR)

où :

CREATO est la primitive qui permet de définir
les attributs d'une occurrence
d'objet ,
NOMOBJ est le nom de l'occurrence d'objet ,
VOIE dans notre cas ,
NOMEN,NOMRL,NOMCH sont des tableaux contenant
selon l'ordre des
attributs dont la valeur
est de type entier , réel
ou caractère dont les
équivalents dans notre
exemple sont TEVOIE,
TRVOIE, TCVOIE
NBATE,NBATR,NBATC sont le nombre d'éléments
dans chaque tableau, ou
2,4,7 dans notre cas ,
LGCH est la longueur de la chaîne de
caractères ,
IR est le compte rendu ,

- et de définir leurs relations avec d'autres occurrences
d'objets, comme suit :

CRERLS(NOMRL,NOMP,NOMF,IR)
CRERLS('ASSOCIE','VOIE','CIRCULATION',IR)

où :

CRERLS est la primitive de définition d'une
nouvelle relation entre deux
occurrences d'objet ,

NOMRL est le nom de relation créée, ASSOCIE
dans notre exemple,
NOMP est le nom de l'occurrence d'objet père,
la VOIE dans notre cas ,
NOMF est le nom de l'occurrence d'objet fils,
la CIRCULATION dans notre cas ,
IR est le compte rendu ,

N.B Ainsi pour la définition de tous ces éléments (intérieurs et extérieurs au bâtiment) nous avons prévu deux programmes différents (SCHBD et SONCH) où :

SCHBD : décrit le schéma de la BD;

SONCH : décrit le schéma du composant acoustique.

2 lors de la manipulation des informations (consultations, modifications, suppressions ...)

2 - 1 - lors de l'initialisation des objets, des attributs et des relations qui sont propres à une application donnée ,

Il est bien évident que toutes les applications en acoustique n'auront pas besoin de tous les objets, les attributs et les relations définis ci-avant pour leurs schémas dans la BD . C'est pourquoi nous avons prévu également un programme conversationnel d'initialisation des données exigées pour chaque type d'application (le programme INIT) . A cette fin le Langage de Requêtes propose un ensemble de primitives appropriées .

Exemple :

La présence d'une voie de circulation dans l'environnement de construction peut être justifiée par PROJET lors de la définition géométrique du site . Ce fait explique la présence implicite d'un ou de plusieurs moyens de circulation sur la voie . Ceci devient le sujet d'un dialogue avec l'utilisateur dont les validations de création d'une ou des occurrences d'objet, des attributs des objets et des relations entre occurrences d'objets seront effectuées comme suit :

- 1 - ouverture et initialisation de la base de données en appelant la primitive INIBDP ;
- 2 - entrée du nom de la base de donnée en appelant la primitive NOMBDP ;
- 3 - parcours de la liste d'objets VOIE en appelant la primitive suivante :

PELMP(NOMOBJ,NOB,IR)
PELMP('VOIE',NOB,IR)

où :

- . PELMP sélectionne le premier élément de la liste si NOB=0 ou le suivant de l'objet numéro NOB ,
- . NOMOBJ est le nom d'objet (VOIE)
- . NOB est le numéro de l'objet dans la BD ,
- . IR est le compte rendu de l'action ,

Si IR a la valeur 1 alors l'objet est indéfini et nous faisons appel à ce moment là à l'utilisateur pour confirmer l'insertion d'une nouvelle occurrence de l'objet VOIE grâce à la primitive suivante :

```
CREOB(NOMOBJ,NOBJ,IR)
CREOB('VOIE',NOBJ,IR)
```

où:

NOMOBJ est le nom d'occurrence d'objet,
NOBJ est le numéro d'objet ,
IR est le compte rendu de l'action ,

4 - recherche de l'objet en relation
"ASSOCIE" avec VOIE , comme suit :

```
PSETP(NOBJ,NOMRL,NOB,IR)
PSETP(NOBJ,'ASSOCIE',NOBCIR,IR)
```

où :

NOBJ est le numéro de l'objet père (VOIE),
NOB est le numéro de l'objet fils recherché
(CIRCULATION),
IR est le compte rendu de l'action, si IR = 1
alors la relation est indéfinie . Dans ce
cas-là nous pouvons mettre ces deux objets en
relation (après avoir vérifié l'existence et
le numéro de l'objet CIRCULATION avec les
mêmes procédures utilisées pour l'objet VOIE),

```
PUTELM(NOBJ,NOMRL,NOB,IR)
PUTELM(NOBJ,'ASSOCIE',NOBCIR,IR)
```

où :

NOBJ est le numéro de l'objet père VOIE,
NOBCIR est le numéro de l'objet recherché ,

Or , pour la définition des types de circulation, nous adoptons la même stratégie de recherche, de parcours et d'initialisation .

2- 2 en cours des processus d'évaluation :

Le Langage de Requêtes autorise , en outre, d'appeler et de manier (sous contrôles) les informations à tout moment de l'évaluation ce qui évite toutes sortes de chargements (spatial ou temporel) inutiles. Pour ce faire nous disposons de primitives d'insertion et de recherche et de parcours des informations (objets,attributs, relations) dans la BD ainsi que les procédures de lecture et de mise à jour des valeurs des attributs dont la manipulation est aussi simple que les précédentes.

En effet l'intérêt majeur du Langage de Requêtes est dans le dialogue Homme-Système lors de la description (graphique ou alphanumérique) du projet tout au début des processus ou en cours de l'évaluation .

Nous avons constaté que pour effectuer la même tâche en mode conversationnel nous avons pu diminuer le nombre d'interactions Homme-Système exigées par un outil de type ECHO n'ayant pas accès aux BD de 120 à 3 en adoptant un système de type SONARE associé à un SGBD-Multi-Bases (voir annexes 9,10) où une bonne partie des dialogues déductifs a été remplacée par des requêtes (il s'agit de suites de dialogue de type information(s) - action(s) - information(s) ...etc, où l'intervention utilisateur peut être limitée au niveau de la première action) .

2 - 3 à la fin du processus lors de la mise à jour des dernières valeurs d' attributs d'objets manipulés.

Implantation et support du Langage de Requêtes

Ce langage est implanté sur le "MINI 6", et écrit en FORTRAN 77. Il dispose entre autres d'une interface FORTRAN - ASSEMBLEUR - PASCAL qui permet son intégration dans les procédures PASCAL .

Il a en effet été prévu pour permettre la circulation des informations entre les différents pôles de la conception, et en différents langages .

VI.6 Scénario du fonctionnement de SONARE

Nous rappelons que le point de départ de l'évaluation est l'esquisse architecturale que le concepteur saisi par PROJET . Ce dernier transcrit dans ses BD toutes les informations données (géométriques, définitions des composants, définition de l'environnement de conception, etc.).



L'appel à SONARE engendre automatiquement l'appel à un module dont le rôle consiste à définir les adresses des informations concernées dans les BD associées , à initialiser les sous-schémas propres à l'évaluation acoustique et à définir de nouvelles informations (occurrences d'objets , attributs , relations) si besoins est (voir l'extrait ci-dessous).

Extrait de dialogue avec INIT dans SONARE:

```
-----  
NOM DU FICHER:  
    UTILISATEUR du systeme : DARE  
Avez vous un projet a faire ?  
    UTILISATEUR du systeme : Oui  
Avez vous initialise vos objets ,attributs et relations ?  
    UTILISATEUR du systeme : Non  
La B.D PROJET a-t-elle deja initialisee ?  
    UTILISATEUR du systeme : Non  
INITIALISATION du SITE  
-----  
Est ce qu'il y a un aeroport pres de cette zone ?  
    UTILISATEUR du systeme : Non  
Pour une zone de 200 metre de diametre :  
Y a-t-il une voie au bord du BATIMENT  
    UTILISATEUR du systeme : Oui
```

Semblablement à ECHO , SONARE suggère un menu contenant les différentes options d'évaluation que le concepteur peut activer (c IV.7).

Par ailleurs, l'esprit des dialogues générés suite à chaque option sélectionnée en SONARE est entièrement différent, nous rencontrons en effet deux types de dialogues, à savoir :

- le dialogue explicite traditionnel , il s'agit de interactions directes (conversationnelles) Homme-Machine,

- le dialogue implicite ou indirecte qui se déroule au niveau interne de SONARE entre les modules de calculs et le SGBD Multi-Bases par l'intermédiaire du Langage de Requêtes.

Par rapport à ECHO la stratégie du fonctionnement du système SONARE reste la même en substituant les appels aux procédures par des appels aux programmes indépendants (cf IV.5).

VI.7 Les relations Homme-Machine

Le type des relations Homme-Machine reflète le plus la qualité des deux aspects jugés importants pour adopter un système d'aide à la conception , à savoir :

- l'ergonomie : la clarté, la facilité et la transparence de l'utilisation du système ,
- la précision : le risque d'imprécision due au moyens de circulation des informations .

Dans la conception du système SONARE ces aspects ont représenté une partie considérable de nos préoccupations au cours du développement .

L'ergonomie du système

SONARE dans son contexte X2A implique l'utilisation de certain nombre d' utilitaires complémentaires (tels que les éditeurs 2 et 3D) . Or l'ergonomie de SONARE dépend effectivement des autres composants entrant en jeux .

Dans la présente étude nous ne traitons que de l'aspect ergonomique lié au poste acoustique et nous laissons le soin de présenter l'ergonomie des autres composants à leurs auteurs.

L'ergonomie du système est traduite sous deux formes :

- forme qualitative , c'est à dire rendre banale la compréhension des commandes ainsi que la facilité d'y répondre en utilisant un langage de conversation proche du langage naturel et en adoptant un système d'interprétation contrôlé supervisant les interventions des concepteurs (la conception des outils de lecture et l'utilisation des variables de type énumérés ou ensembles) .

N.B Nous rappelons que les méthodes de calculs choisies sont basées sur des modèles simples de comportement des éléments techniques dont les contraintes de définition sont compatibles avec le niveau de conception adopté . En outre , nous avons veillé à ce que l'acquisition des informations exigées soit la plus optimisée que possible .

exemple

L'exemple suivant est un extrait d'un dialogue (SONARE - UTILISATEUR) :

```
Designer le moyen de transport en question : VL
                                          : PL
                                          : BUS
                                          : METRO
                                          : TRAIN
```

```
UTILISATEUR du systeme : PL
Donnez le debit des P.L./S.V.P :
```

```
UTILISATEUR du systeme : 250
Designer le moyen de transport en question : VL
                                          : PL
                                          : BUS
                                          : METRO
                                          : TRAIN
```

```
UTILISATEUR du systeme : Bus
Donnez le debit des bus/S.V.P :
UTILISATEUR du systeme : 150
Type de bus :Acce / Nonacce
UTILISATEUR du systeme : Acce
Le milieu urbain est il TRAD : traditionnel ou AUTRE : autre?
UTILISATEUR du systeme : Trad
Categorie de tissu urbain CONTINU ou NONCONTINU
UTILISATEUR du systeme : Continu
```

- forme quantitative , c'est à dire optimiser au minimum le nombre d'informations à saisir . Ceci est établi en partie par l'adoption de l'ensemble des BD(s) définies ci avant (cf V.4.2) affaire qui permet de libérer le concepteur d'une charge de saisie assez importante .

L'exemple suivant met en évidence la portée d'un tel procédé lors de la comparaison des conduites des deux logiciels (ECHO et SONARE) pour effectuer la même tâche .

exemple

```
MENU GENERAL :
-----
1 - Definition de l'environnement du projet .
2 - Definition de l'isolement representatifs des composants .
3 - Evaluation de l'isolation des composants .
4 - Evaluation du bruit des equipement .
5 - Calcul de la cotation qualitel .
6 - Impression des resultats .
7 - Fin de PROCESSUS
Choisissez le traitement souhaite :
UTILISATEUR du systeme : 2
```

```

Vous voulez travailler selon le Label Confort Acoustique
-----
ou selon les Reglementations : L ou R ?
-----
UTILISATEUR du systeme : LCA
Le BATIMENT a-t-il une facade au bord d'une voie ?
UTILISATEUR du systeme : Oui
VOULEZ VOUS PRECISER LE TYPE D'ISOLEMENT?
UTILISATEUR du systeme : Oui
Nombre des FACETTES :
22
L'isolement de la FACETTE numero :
1
- Selon le LABEL CONFORT ACOUSTIQUE est =
54
L'isolement de la FACETTE numero :
2
- Selon le LABEL CONFORT ACOUSTIQUE est =
54

```

La précision du système

La question de précision peut être évoquée lors de l'implantation des algorithmes de calculs ou lors de la saisie des données .

Nous entendons ici par " saisie des données " le mode , le type et le contrôle de la saisie .

En effet, la saisie non graphique de la géométrie du projet et la définition itérative au fur et à mesure des caractéristiques des composantes constituant le bâtiment et ses environnements, sans faire appel au SGED, favorisent le risque d'imprécision dû au facteur humain (telle que les fautes de confusion, d'ommission, de syntaxe etc.), et représentent un sous-investissement de l'outil informatiques.

Ainsi nous prétendons avoir optimisé la précision des résultats en faisant intervenir des techniques d'acquisition (y compris la saisie graphique), de gestion et de manipulation automatique des Bases de Données .

VI.8 Les limites et les contraintes du système

Les limites

SONARE est limité, d'une part, aux projets de conception des bâtiments collectifs en phase d' APS . La complexité de ce genre de projets est considérée moyenne , c'est à dire qu'ils n'impliquent pas de cas d'études particulières se trouvant dans des zones de constructions spéciales ou exposées à des sources de

bruits non traditionnelles . D'autre part, nous respectons toutes limitations ou restrictions mentionnées par les réglemens de construction ou ceux du LCA .

En outre, l'utilisation du système n'est fiable que dans son contexte entier , c'est à dire comprenant les supports de gestion des données, le support du Langage de Requêtes et les éditeurs 2 et 3 D .

Les contraintes

Nous distinguons deux classes de contraintes, selon l'état d'évolution du système (en développement ou en service) :

- Les contraintes de conception;
- Les contraintes d'utilisation;

Pour chaque classe de celles-ci, nous rencontrons deux types de contraintes :

- contraintes d'origine conceptuelle (logicielle);
- contraintes d'origine matérielle;

1 Les contraintes de conception :

Le problème central de la conception d'un outil spécifique tel que SONARE dans un environnement multidisciplinaire X2A est la modélisation de l'objet bâtiment .

Le SGBD-Multi-Bases constitue le passage obligé pour les divers modules de calcul (acoustique et autres) et de visualisation . Donc la modélisation adoptée dans la BD devient une contrainte lors de la définition des modèles correspondant aux autres composants .

A ce stade d'évolution de l'étude, les contraintes matérielles ne sont pas déterminantes, par contre elles sont souvent considérées comme des contraintes auxiliaires susceptibles d'être modifiées à n'importe quel moment durant la période précédente la mise en oeuvre .

Mais en tout état de cause, il est préférable de signaler que la performance des matériels utilisés joue un rôle primordial lors de la mise en oeuvre du système (puissance, maniabilité, facilité et rapidité dont nous disposons pour le développement) .

2 Les contraintes à l'utilisation

La structure logique de SONARE impose un certain nombre de contraintes lors de l'utilisation :

- La saisie graphique doit être effectuée avant toute action ultérieure et par le système PROJET,

- L'initialisation des objets (occurrences, attributs, relations) doit être également effectuée avant le lancement du système,
- Pour activer une option, l'utilisateur est obligé quelques fois de respecter une certaine hiérarchie d'évolution de l'évaluation,
- Le concepteur ne peut pas intervenir au cours de l'exécution d'une action sélectionnée pour modifier ou pour supprimer des informations , il doit donc attendre la fin du processus pour pouvoir réagir ,
- Le concepteur, utilisateur de SONARE, ne peut pas contribuer à l'optimisation, l'évolution, la mise à jour, la modification (sur sa responsabilité) des modules d'évaluation .
- La validation définitive des résultats obtenus n'est pas réservée à l'acousticien ou au concepteur intéressé à cette évaluation; elle est confirmée par le contrôleur du système X2A .

Actuellement nous ne pouvons pas négliger les contraintes d'utilisation dues à la configuration matérielle proposée, mais nous sommes à la hauteur de confirmer qu'à priori, elles ne sont pas un obstacle majeur à la réussite ou à l'évolution des analyses. En effet nous pouvons limiter leur influence aux questions du confort liées elles-mêmes à la facilité de manipulation et à la rapidité d'exécution.

VI.9 Les apports du système SONARE

Les apports du système SONARE apparaissent à trois niveaux :

1 - niveau du système global X2A

C'est un test de faisabilité d'une méthodologie définissant l'architecture et le fonctionnement d'un système de CAO-Bâtiment .

La validation des concepts du X2A , accordée par la réalisation de SONARE , ne signifie pas que la proposition est dans l'état optimale. Par contre celle-ci fait l'objet de critiques et de propositions d'extensions qui semblent indispensables.

2 - niveau du sous-système acoustique

Ce développement permet d'examiner les points suivants:

- . L'efficacité de la modélisation et de la restructuration des données ,
- . La validité des méthodes de calculs adoptées ,
- . La fiabilité des modèles établis,
- . La performance des liaisons avec les BD,
- . L'évolutivité et la portabilité du système en le concevant sous forme de modules logiciels indépendants dont la lisibilité et la clarté de l'assemblage sont optimales (facilité de débranchement, de remplacement et de modification).

3 - niveau utilisateur

En effet le nombre d'outils, de systèmes mêmes de tentatives d'évaluation automatique de la performance acoustique dans les premières phases de la conception d'un bâtiment, est trop limité . SONARE offre ainsi la maquette d'un système optimisant à la fois la définition, la gestion et le traitement des données d'un projet.

SONARE dans le contexte final du X2A va permettre aux utilisateurs des autres modules de calculs ou de visualisation de vérifier les conséquences sur le plan acoustique de leurs choix des parties techniques.

VI.10 Conclusion, extension et proposition

Au cours de ce chapitre nous avons pressenti le besoin inévitable d'un SGBD et d'un langage de requêtes adéquats pour faciliter l'intégration d'un système d'évaluation de la performance acoustique dans un système de CAO-Bâtiment .

Le système "X2A" constitue une première réponse face aux exigences actuelles de la conception de bâtiments, permettant de mettre à la disposition du concepteur des outils d'évaluation et d'aides à la décision multicritères ou pluridisciplinaires, activables à un stade précoce de la conception. Le système SONARE , un des composants techniques associés , a pour objectif de satisfaire une grande partie des contraintes de la conception acoustique , il présente une mise en oeuvre concrète des différents concepts adoptés en X2A .

limitation

Si l'adaptation effective du système à de nouvelles logiques d'utilisation est possible (l'évolutivité du système étant une exigence principale de son architecture), elle ne pourra être accessible directement à l'utilisateur . Cette adaptation nécessite à la fois la réécriture des procédures internes au logiciel définissant les lois de comportements et de manipulations des objets, mais aussi leur multiplication pour rendre compte de l'ensemble des conditions particulières de manipulation du système. Cette limitation est simplement afférente au type de gestion

purement informatique du système (gestion procédurale).

Proposition pour un système de CAO plus ouvert

Les techniques de l'intelligence artificielle, et notamment des systèmes experts, semblent être une solution aux problèmes évoqués (Réf:13), permettant d'extraire du système la connaissance nécessaire à la gestion des informations décrivant un projet.

Il est possible de situer l'intervention de connaissances déclaratives à trois niveaux dans le système:

- Au niveau du schéma de la base de données, pour définir les règles de comportement et de génération des objets.
- Globalement au niveau d'un langage de commande permettant d'agir sur le contrôleur et donc sur les interactions des commandes.
- Au niveau des modules d'évaluation technique, permettant de préciser les conditions d'activation d'un algorithme, mais aussi d'offrir à l'utilisateur la possibilité de définir de nouvelles applications.

La gestion de programmes d'application à l'aide de systèmes experts permet de dépasser le simple constat relatif à la cohérence du projet en cours de conception, et de mieux aborder les exigences relatives au fonctionnement d'un système de CAO.

Une telle ouverture du système permet donc à l'utilisateur de définir de nouvelles applications à partir des informations stockées dans la base de données. Elle représente une étape nécessaire à la réalisation d'un outil réellement adapté aux besoins du concepteur.

Cependant la réalisation plus complète des exigences citées plus haut nous amène à reconsidérer l'architecture proprement dite du système, pour pouvoir y intégrer des mécanismes experts.

Cette redéfinition de l'architecture du système sera fondée sur les hypothèses suivantes:

- Rendre cohérente la logique fonctionnelle du système avec sa logique purement informatique.
- Donner au concepteur un langage de haut niveau, qui lui permette de créer et manipuler les objets de son domaine.

Le système doit donc se définir du point de vue utilisateur comme un ensemble d'outils (utilitaires) dont la cohérence logique d'enchaînement est contrôlée par des règles modifiables et agissant sur une base de connaissances.

Définissons pour conclure un scénario d'utilisation d'un tel système, en précisant les différents modes de travail:

1. Définition/ modification du modèle du bâtiment (appel aux utilitaires 2D, 3D de saisie).
2. Evaluation/ lancement d'applications (appel à une base d'algorithmes et aux règles spécifiques).
3. Accès à la logique du système:
 - Logique de fonctionnement
 - logique de description des objets
 - logique de gestion du modèle
4. Accès aux données statiques du système (B.D.X. et B.D.E.).

résumé

Les limitations et les contraintes constatées, lors de la réalisation du système SONARE ainsi à l'heure de sa mise en service, nous autorisent de considérer qu'à l'heure actuelle les préoccupations principales de la conception d'un système de CAO optimal sont limitées à deux aspects dans la représentation doit être intelligente, à savoir :

- 1 - La redéfinition d'une stratégie de modélisation transparente de l'objet bâtiment ,
- 2 - La restitution fonctionnelle de la notion du dialogue dans un système de CAO : il s'agit de substituer l'esprit de conversation interrogatif-sélectif, où l'utilisateur sélectionne une des actions proposées par le système, par un vrai dialogue où l'utilisateur pourra se repositionner quand il le voudra.

Le système "SONO" (Système Expert pour l'évaluation de la performance acoustique en A.P.S de Bâtiment), est un exemple des premières évolutions possibles de "X2A". Cette tentative fait l'objet du développement suivant, voir chapitres VII,VIII .

3ème PARTIE

L'INTEGRATION DES CONCEPTS DE L'INTELLIGENCE
ARTIFICIELLE DANS UN SYSTEME DE CAO

Résumé

La conception d'un bâtiment peut être considérée comme une séquence de dialogues entre experts , assistée par un langage dont chaque élément consiste en une micro-expertise multidimensionnelle .

Des expériences ont montré que la résolution d'un problème spécifique exige une modélisation adéquate de l'outil du traitement adopté. Le traitement de l'information fournit des modèles cognitifs qui peuvent s'appliquer à la résolution de problèmes (Réf:71).

Un Système-Expert est destiné à simuler, grâce à sa faculté de manipuler intelligemment les connaissances du domaine, le comportement de l'esprit humain dans la résolution d'un problème .

Le Système SONO a pour but d'assimiler les processus algorithmiques et intuitifs d'un expert, pour évaluer la performance acoustique d'un projet . A cette fin, il propose un ensemble de fragments de connaissances implantés dans un environnement spécialisé d'aide à la résolution des problèmes de conception en A.P.S du bâtiment .

Dans cette partie nous présentons le Système-expert SONO ainsi que l'univers informatique auquel il appartient. Nous proposons ensuite l'environnement -DIALOG représentant une architecture plus évoluée d'un Système de CAO-Bâtiment .

CHAPITRE VII

VERS UNE EVALUATION EXPERTE DE LA PERFORMANCE ACOUSTIQUE
EN A.P.S DE BATIMENT BASEE SUR LES CONCEPTS DES
TECHNIQUES DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE .

VII.1 Introduction

Les expériences acquises durant ce travail, nous ont permis de constater que les outils de CAO étaient la première réponse aux besoins du concepteur, à savoir :

- enchaîner et orienter les divers modules algorithmiques vers une application donnée ;
- effectuer des études de variantes en accroissant les modes de représentation adoptés ;
- valoriser un ensemble de solutions proposée par le concepteur ;

Le prestige grandissant de ces outils est révélé par l'intégration de modules de dessins graphiques aux environnements de travail.

Par la suite, la structure d'un Système de CAO a pris une forme plus puissante en intégrant les Systèmes de Gestion des Bases de Données , grâce auxquels il a été permis :

- de diminuer le temps de recherche et de gestion des informations concernant le projet en question ;
- de résoudre en partie les problèmes de la gestion de la cohérence et de la compatibilité des données du projet ;

Mais cette évolution considérablement positive n'a pas été la solution optimale, pour les raisons suivantes :

- en général, l'aide apportée par les outils de CAO se situe au niveau des tâches répétitives correspondant à des opérations que nous savons résoudre manuellement, et les tâches traduisant réellement une action de conception sont très partiellement aidées .
- les langages de programmation choisis pour la transmission de connaissances ne permettent pas de développer un esprit de communication avec la machine assez ouvert. Ils consistent à définir une suite d'ordres à effectuer correspondant à un ensemble de situations limité.
- la notion d'algorithme qui est l'unité de base pour la construction d'un système de CAO est souvent étrangère à l'attitude de l'expert pour évaluer une situation donnée , par exemple :

" lorsque l'expert procède à un diagnostic sur la qualité acoustique d'un local, il vérifie certains points à partir desquels il émet un jugement préalable sur l'état général du local avec un facteur de sécurité correspondant à la situation en question , sans qu'il fasse appel aux algorithmes . Plus précisément, si la porte du local a un jour supérieur à 5CM, le calcul n'a aucun intérêt si nous ne changeons pas la porte , ou autrement dit le local est mal

conçu acoustiquement ".

-le concepteur au stade de la mise en oeuvre d'un système et l'expert utilisateur du système tiennent aussi bien l'un que l'autre à ce que l'environnement de conception soit lisible et transparent et à ce que les résultats soient munies d'une historique explicative et satisfaisante sur leur obtention.

Or, les outils de CAO développés jusqu'à présent ne donnent pas satisfaction aux besoins des concepteurs, d'où la recherche de nouveaux concepts.

L'appel à de nouvelles techniques de conception et de réalisation de systèmes de CAO spécialisés n'est ni arbitraire ni aléatoire . Par contre, la continuité de l'évolution de la recherche peut être renforcée par les deux aspects suivants :

l'allure d'évolution des travaux,
l'allure d'évolution des préoccupations

qui sont déterminantes pour définir l'utilité de telle ou telle stratégie de recherche .

Le suivi de la progression logique des différentes étapes de développements au cours du présent travail nous permet de tracer trois types caricaturaux de trajectoires d'évolution , à savoir :

La trajectoire d'évolution conceptuelle , étant définie par un repère bidimensionnel dont les abscisses représentent l'évolution des méthodologies de conception et les ordonnées présentent celle des exigences (voir Figure 41).

La trajectoire d'évolution logicielle , de même nous pouvons la présenter sous forme d'un repère bi-dimensionnel dont les abscisses représentent l'évolution d'utilitaires logicielles , et les ordonnées présentent les limites logiques des systèmes correspondants (voir figure 42) .

La trajectoire d'évolution matérielle, parallèlement aux précédentes, cette trajectoire est tracée sur un repère bi-dimensionnel dont les abscisses représentent l'évolution matérielle des systèmes et les ordonnées représentent les contraintes logicielles des Systèmes correspondant à telle ou telle configuration matérielle (voir figure 43).

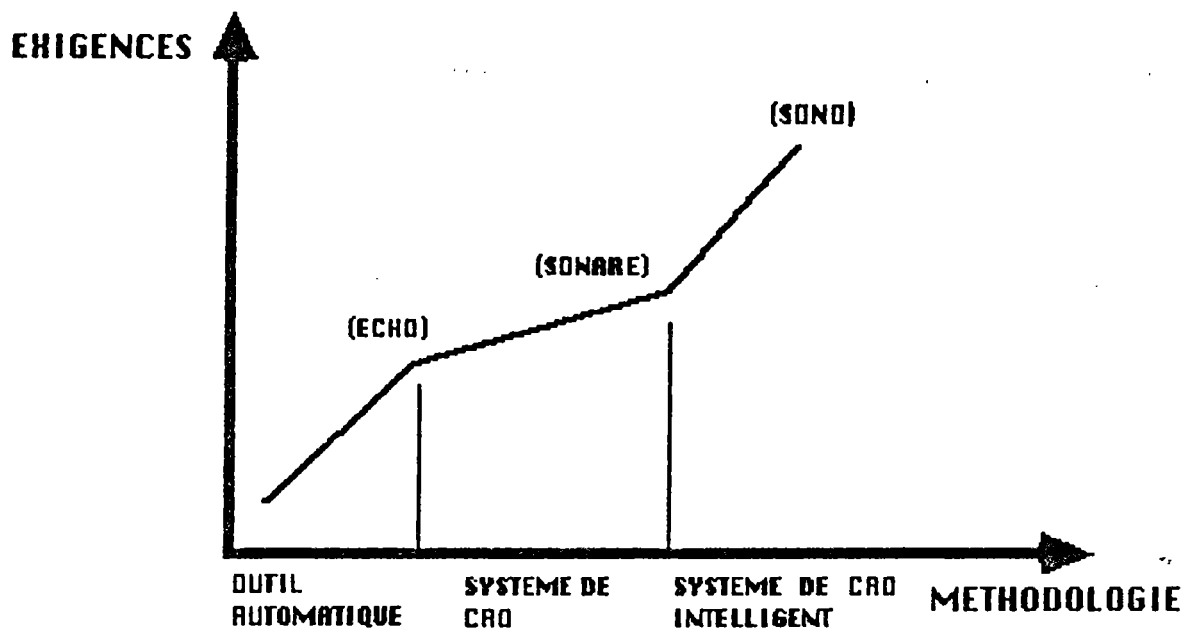


Figure: 41
La trajectoire d'évolution conceptuelle

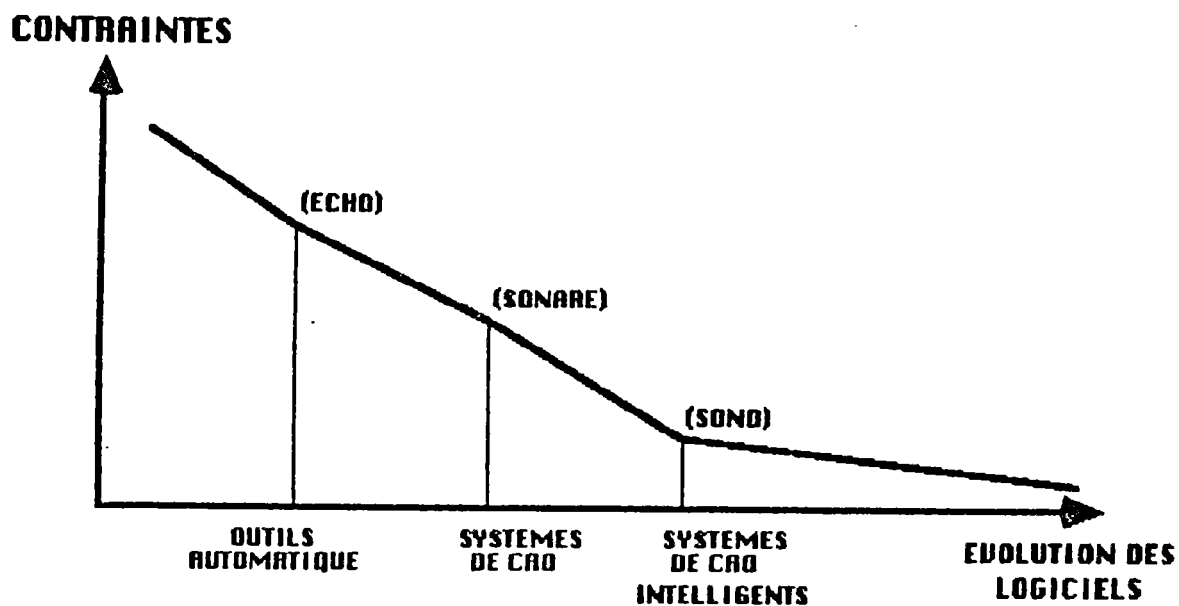


Figure: 42
La trajectoire d'évolution logicielle.

**CONTRAINTES
LOGICIELLES**

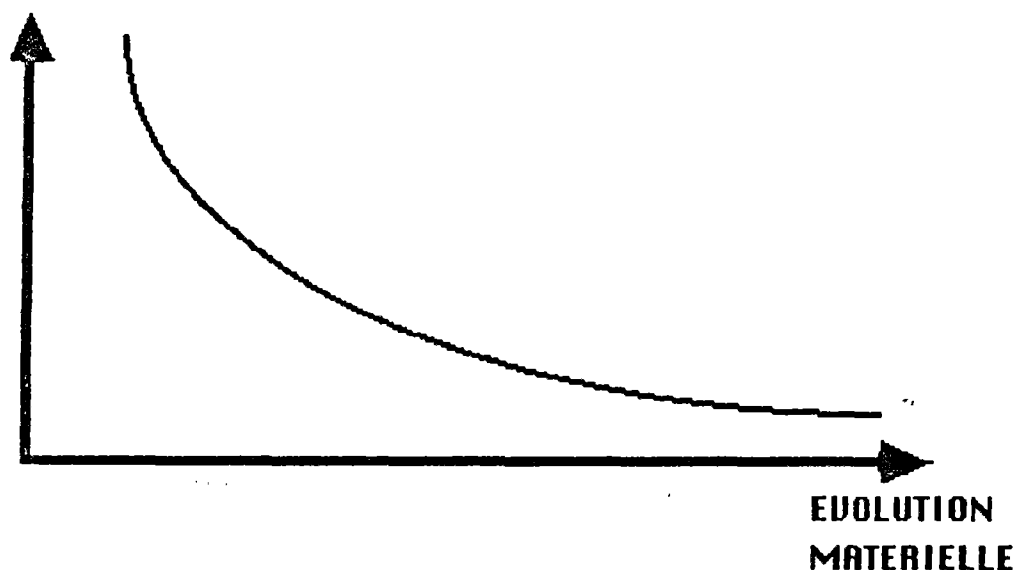


Figure: 43
La trajectoire d'évolution matérielle.

Les interprétations de ces différentes trajectoires démontrent les faits suivants :

- la forme de la trajectoire de l'évolution de la méthodologie par rapport à l'évolution des exigences révèle que pour certains types d'exigences critiques la méthodologie subit une forte variation et qu'à un moment donné cette variation va devenir constante et faible . Ainsi , nous pouvons espérer qu'à partir d'un certain seuil nous arriverons à satisfaire le maximum d'exigences avec le moindre changement de la méthodologie adoptée.
- A l'heure actuelle , il faut accepter qu'à partir d'un certain seuil, l'évolution des utilitaires pour combler une contrainte ne sera plus utile . Ce handicap peut être d'origine méthodologique ou matérielle .
- En ce qui concerne l'évolution matérielle d'un Système de CAO , il est évident qu'une telle action est vitale mais elle n'est pas suffisante pour pousser davantage la recherche vers un Système optimal .

La conclusion que nous avons déduite des développements précédents justifie que toutes les intentions d'évolution prises en charge sont dues soit à un problème de modélisation (incompatible avec celle adoptée par le concepteur) soit à la nature de dialogue (Homme-Système). Ceci met en évidence la valeur des langages de représentation dans la résolution des problèmes.

Ceci étant, nous nous retrouvons devant une réalité optimiste qui nous encourage à mener nos analyses et nos expériences plus loin dans ce domaine dans le but d'enrichir notre méthodologie de conception en intégrant de nouveaux concepts scientifiques et techniques tels que les techniques de l'Intelligence Artificielle .

Cet approche nous semble une suite logique aux analyses précédentes et une étape indispensable pour répondre "à certaines contraintes actuelles.

VII.2 La notion des processus intuitifs de conception

Auparavant nous avons adapté une méthodologie de conception compatible avec les moyens de traitement d'informations dont nous disposions et qui permettent de représenter sous forme procédurale les différents algorithmes d'évaluation acoustique.

En fait , la modélisation par le traitement de l'information, de la résolution de problème chez l'homme , telle qu'elle a été étudiée en psychologie, a permis de mieux comprendre comment l'homme mène à bien des activités mentales : jeu, problème mathématiques, démonstrations logiques . Ceci étant, le concepteur dispose, pour la résolution d'un problème de conception, de procédures de raisonnement de type heuristique ou de processus intuitifs.

Ils s'agissent des procédures qu'un expert élabore implicitement à partir de son expérience personnelle dans la conception .

Charles EASTMAN (Réf: 54) insiste sur le fait que si nous pouvions dire que la méthodologie de conception est une procédure formelle et explicite, susceptible d'être enseignée, la conception intuitive serait alors l'antithèse de cette méthodologie. Il ajoute que la prise en considération de cette notion s'impose pour plusieurs raisons :

- des méthodologies étant proposées, il faut disposer d'un outil qui permette de les comparer aux procédures habituelles . Le fait qu'une méthodologie soit explicite n'implique pas qu'elle soit plus valable que l'intuition ;

-nous connaissons peu ce qui caractérise un excellent concepteur ou un excellent processus de conception ; en comparant différent processus et leurs résultats, nous découvrirons, peut-être, quelles sont les qualités spécifiques du bon concepteur . Ainsi nous pourrions enseigner ces processus à de nouveaux concepteurs .

-le développement des Systèmes informatiques d'aide à la conception implique une bonne compréhension des opérations et des processus utilisés par le concepteur .

Par ailleurs il est à noter qu'il y a une correspondance entre les types de contraintes prises en compte et les modes de représentation utilisés . Il semble qu'une partie de la compétence de l'expert pour effectuer une tâche de conception est due à sa faculté d'utiliser plusieurs modes de représentation (mots, chiffres, organigrammes, plans, coupes, perspectives) aussi bien pour exprimer ses connaissances que pour présenter son problème à traiter, sans aucune contrainte .

Or l'architecture d'un Système d'aide à la conception doit admettre à la fois que le concepteur (d'un outil de conception, l'acoustique dans notre application) se base sur plusieurs modes de représentation lors de l'expression de ses connaissances notamment celles qui sont de nature heuristique, et que l'utilisateur du Système puisse définir son problème de la façon qu'il lui convient.

VII.3 Synthèse de la recherche

Situation de départ

La présente étude se base sur l'acquis des travaux précédents, et s'assigne comme objet d'améliorer non seulement l'interaction de systèmes de CAO avec les demandes spécifiques des concepteurs, mais aussi de mieux localiser les interactions possibles des systèmes de CAO spécifiques entre eux .

Donner réponse à un problème d'insonorisation, suppose que la position du problème en amont de l'appel aux concepteurs, soit clairement appréhendée, aussi bien par les décideurs qui enclenchent le processus que par les techniciens qui sont censés concevoir et produire les solutions en réponse.

Nous affirmons quant à nous qu'il y a plus fréquemment des problèmes mal posés et donc des solutions non satisfaisantes que des problèmes bien posés et des solutions inadaptées qui seraient le fait de techniciens incompetents ou maladroite (Réf:55).

Or, toute une connaissance accumulée nous le prouve, des decisions d'importance sont prises très tôt dans le processus général de conception et de réalisation de bâtiment, qui pèsent très fortement sur la conformation des objets pour lesquels la decision de production a été prise.

Les constats en retour des projets réalisés qui souffrent d'un problème d'insonorisation, montrent que les causes principales de ce phénomène viennent:

- 1 - d'erreurs de planification de départ (erreur d'implantation ou de localisation par rapport à un contexte préexistant),
- 2 - d'erreurs dans la programmation d'ensemble ou de détail des exigences et performances assignées au bâtiment,
- 3 - d'erreurs dans le choix des techniciens sollicités pour résoudre le problème posé,
- 4 - d'erreurs dues au financement ou au suivi de la mise en oeuvre, etc..

Nous remettons ainsi l'accent sur l'importance des processus de la conception et de la modalité de prise de décisions successives en phase d'A.P.S .

Le propos de la présente action est de définir un sous-Système d'évaluation acoustique dans l'environnement d'un Système de CAO-Bâtiment capable, entre autres, d'aider, dans la forme du dialogue et dans le suivi du projet lui-même, les divers intervenants à faire l'analyse de leurs propres modes d'évaluation .

Présentation sommaire de l'action

L'étude porte sur les problèmes de l'évaluation de la performance acoustique en A.P.S du bâtiment . Les analyses explicitant les différentes phases de ce domaine ont été largement évoquées au chapitre I et dans les annexes 2,3,4z.

L'évolution de l'étude peut être présentée en deux parties . La première concerne la définition des processus d'évaluation correspondant aux modes de raisonnements habituels des experts, la deuxième concerne le développement informatique (réalisation du Système Expert SONO) .

Un Expert et une Expertise

Dans un projet de conception du bâtiment nous retrouvons les notions suivantes :

La notion d'expert dans le secteur du bâtiment recouvre les professionnels de la maîtrise d'ouvrage, de l'urbanisme, de la maîtrise d'oeuvre , de la conception et puis de la réalisation ;

L'expertise est à la fois le lieu et les modalités d'arbitrage et de décision.

La problématique générale de l'action

La présente étude peut se synthétiser de la façon suivante :

L'action s'insère dans un projet de conception de bâtiment comportant l'ensemble du processus défini depuis la première définition de l'esquisse architecturale faite par l'architecte jusqu'à la dernière version validée sur les plans architecturaux, techniques et économiques .

Les objets partiels produits à tous les stades du processus sont des projets de conception à part entière (dont l'application SONO par exemple) . Ils sont évalués par un collectif d'acteurs organisés par, et autour de, la maîtrise d'ouvrage .

La notion "expertise" représente le résultat global de jeux complexes et interactifs d'évaluations diffractées en de multiples champs de connaissance .

Mais si l'expertise est multidimensionnelle, elle est unique dans sa sanction , ou encore dans ses choix qui partant de solutions ouvertes , les ramènent peu à peu vers la sélection d'une solution (Réf:56).

D'autre part, la méthode d'approche est empirique; elle part de situations réelles de production et de mises en jeu des connaissances par l'expert, connaissances qui assoient une réflexion critique, à partir de laquelle peut se dégager un premier noyau d'hypothèses.

Ainsi le repérage des champs de connaissance sollicités permet d'affirmer leur relative stabilité tout au long du processus de conception . Ce sont leurs modes de sollicitation et la qualité des données activées qui varient .

Ces variations sont non seulement fonction des savoir-faire au sein de l'expertise, mais également des modalités selon lesquelles les problèmes sont posés, qui d'ailleurs sont dépendantes des structures de la décision et du jeu complexe des intervenants appelés en expertise .

Pour parvenir à fonder les simulations déterminées par les exigences de conception, une série d'expertises locales sont nécessaires dont l'ordre n'est pas déterminant.

Lors des expertises de synthèse, les expertises locales et spécialisées sont recomposées à un niveau supérieur mettant en oeuvre des "connaissances sur les connaissances", il s'agit des méta-connaissances.

VII.4 Cadre et objectif de l'action

Cette étude est intégrée dans le cadre d'un projet de recherche en CAO-Bâtiment dont la spécificité porte sur l'amélioration de l'interaction entre un Système de CAO et son utilisateur (concepteur ou expert).

La base de cette recherche est l'ensemble des constatations déduites des analyses critiques lors du développement et du fonctionnement des différentes approches adoptées en matière de CAO bâtiment, et plus particulièrement celles du X2A .

Nous distinguons deux types d'objectif, à savoir :

Objectif direct : développement d'une maquette de Système expert très localisé permettant d'évaluer la performance acoustique d'un A.P.S du bâtiment "SONO" , pour faciliter la saisie et le retour d'information . Ce Système étant conçu dans un environnement de CAO spécialisé .

Cette maquette doit permettre :

- d'apprécier la faisabilité d'une telle technique de représentation de connaissance dans le domaine ;
- d'apprécier la capacité de raisonnement du Système (retour d'informations explicites et lisibles);
- de consolider les choix techniques pour la définition et la réalisation d'un Système de CAO-Bâtiment plus opérationnel.

Objectif lointain: construction et tests d'évaluation des fonctionnalités globales d'un projet de conception de bâtiment, en terme de cohérence.

Cet objectif conduit à une approche méthodologique générale qui s'assigne comme but de restituer la chaîne de décisions multiples auxquelles est confronté l'expert . D'autre part, "la mise en cohérence" fait apparaître que des décisions fondatrices de la qualité globale de l'objet bâtiment à créer se prennent très en amont des expertises , d'où, si nous voulons garantir les cohérences d'ensemble du bâtiment et de sa conception , il importe de saisir par une étude "traversant" le processus tout entier, les déterminations et les incidences des phases les unes sur les autres, avec probablement des effets rétroactifs en "feed-back" des phases "aval" sur les phases "amont".

VII.5 La relation Evaluation acoustique et Expertise

Suite aux analyses des recherches bibliographiques effectuées à propos de l'évaluation acoustique dans le bâtiment nous pouvons considérer que ce domaine particulier est encore, en phase d'expertise.

Autrement dit, c'est un champ où les lois de probabilités et les jeux d'expériences dominent. Ce fait est expliqué par plusieurs phénomènes, à savoir :

- les laboratoires de recherche scientifique ne fournissent pas suffisamment pour certains problèmes, d'interprétations mathématiques pratiques permettant aux simples concepteurs du bâtiment de s'en servir (la transmission indirecte).

- la majorité des procédures de calculs pratiquées sont d'origine empirique et pour lesquelles la précision est plus ou moins satisfaisante avec un facteur de risque important qui correspond au suivi de la mise en oeuvre.

- les travaux de recherche menés au sein des laboratoires centraux et régionaux des ponts et chaussées (LCPC:PARIS et LRPC:STRASBOURG) qui consistent à déduire des lois de comportement acoustique des composants dans le bâtiment à partir de fichiers de mesures de contrôles acquis au fil des années (voir annexe4).

VII.6 Le propos de l'expert acousticien

Le propos de l'expert est souvent empirique; il tente d'exhiber et d'élucider toute tâche, action, réflexion, manipulation sur ou autour des objets, qu'il est amenée à effectuer.

Sur ce, l'expert dispose d'un ensemble de connaissances ou de règles indépendantes concernant les objets manipulés. Ces connaissances peuvent se regrouper suivant des logiques inductives ou déductives.

Pour lui, le projet présente le triplet (site ou lieu, possibilités d'action, moyens d'action).

Nous considérons au départ que l'implantation de l'esquisse architecturale est faite en mettant en jeu une collecte de données urbanistiques telles que la reconnaissance des règles générales et particulières des Plans d'Occupations des Sols, des Plans d'Aménagement de Zones du Règlement National d'Urbanisme. Le site devient ainsi l'ensemble de relations que définit l'expert pour situer le bâtiment par rapport aux environnements extérieurs.

En règle générale, au début du processus l'expert a tendance à compléter ses premières approches par des éléments portant sur les objets constituant l'environnement du projet.

Ces éléments qui relèvent davantage de la collecte des données relatives à une situation donnée, ne suffisent pas pour enclencher le processus de simulation des solutions formelles.

En effet , l'expert possède un savoir très partiellement formalisé mettant en jeu un arsenal de règles tirées en partie des règlements de construction qui déterminent l'isolement nécessaire, des méthodes de calculs disponibles qui permettent d'évaluer l'isolation procurée, des expériences de la pratique de la conception permettant de proposer des solutions en cas d'échec , mais aussi pour d'autres exigences (techniques, économiques ou esthétique) manifestées lors de la conception d'un habitat de qualité (confort thermique, éclairage, stabilité, sécurité ...).

L'intervention de l'expert au départ est de type automatique tant qu'il dispose des informations nécessaires (définir le type d'exposition, calculer le débit de circulation, le niveau sonore, etc.) sinon elle intégrera un nouvel aspect conversationnel de type plutôt interrogatif.

Dans des phases de conception plus en aval, et s'il s'agit d'une action de modification (changement de l'orientation ou reculement du bâtiment est souhaité) ou de proposition (installation d'un écran sonore), l'intervention de l'expert deviendra plutôt une sorte de dialogue multicritère.

Ce dialogue dépend de l'état d'évolution de la conception et des moyens d'action disponibles (algorithmiques, matériels, logiciels , politiques ...etc) .

En tout état de cause le déroulement du processus ne se fait pas sans les deux approches suivantes :

- le pouvoir que l'expert du domaine possède pour mener une telle action;
- la priorité donnée au domaine d'action;

VII.7 Objet de l'expertise

L'expert humain dispose de plusieurs univers de connaissances de type standard, c'est à dire que ceux-ci sont indépendants des faits sur lesquels ils opèrent .

Chaque univers correspond à un type de questions qui sont posées à l'expert ou que lui-même est conduit à se poser à un moment donné.

Admettons que nous sommes en phase de conception en Avant-Projet-Sommaire, nous pouvons imaginer qu' un expert en acoustique peut être consulté :

1 au premier stade du processus , où l'expert peut être interrogé sur ses connaissances concernant l'importance de la zone de bruit , la qualité des plans d'aménagement urbain du point de vue confort-acoustique , la localisation de la construction par rapport aux autres équipements urbains, la qualité de l'ambiance sonore résultante, etc. , ceci peut être évoqué lors de la définition des plans d'occupation de sol par exemple .

2 au cours d'un autre processus , l'expert peut être consulté pour valider un plan (au cours d'une évaluation architecturale) pour donner son avis sur le choix d'un système constructif (au cours d'un processus de calculs de structure), pour vérifier la performance acoustique d'une composante (au cours d'un processus d'évaluation thermique), etc.

3 pour une proposition donnée afin d'évaluer la qualité de la performance acoustique , pour ce faire, l'expert fait appel à ses connaissances (algorithmiques et heuristiques) en matière d'évaluation technique .

4 pour une qualité de performance acoustique insuffisante afin de proposer l'ensemble de solutions envisageables , l'expert est conduit à rendre un diagnostic sur la situation en se basant sur des concepts de déduction , d'induction et d'inférence logiques et à proposer une solution si la situation est remédiable.

VII.8 Nature de l'expertise

Si nous admettons que l'expertise est unique, elle est le fait de professionnels capables de mener une approche "multi-dimensionnelle" sur des objets dont la nature et la consistance évoluent au fur et à mesure de l'expertise.

La remarque précédente met en jeu l'importance de la constitution de deux univers dans la mise au point des systèmes experts, l'univers des faits et celui des connaissances.

De façon plus précise, pour ce qui est de la base de connaissances, c'est l'attribut "multi-dimensionnel" de la prise de décision de l'expert (en relation avec d'autres experts et commanditaires) qui fait le caractère non procédural de l'expertise. Ceci revient à dire qu'à partir d'un certain nombre de "champs de préoccupations" repérables, des hiérarchies locales ou personnelles sont mises en jeu par l'expert (de façon explicite ou non) et qu'ainsi la recomposition de ces hiérarchies opérée fonde et légitime l'expertise elle-même .

Dans le domaine de la conception en A.P.S du bâtiment nous pouvons considérer que cette présentation succincte de la notion "expertise" est admissible lorsqu'il s'agit d'un processus d'évaluation acoustique , thermique ou autres .

VII.9 Les modalités de l'expertise en matière d'évaluation acoustique :

Rappelons que l'objet de la présente partie de la recherche est en premier lieu de montrer que la tâche de l'évaluation acoustique est un jeu d'expertises dont la représentation sous forme de systèmes - Experts peut être aussi efficace que d'autres applications en cours dans d'autres disciplines (médecine par exemple), et en deuxième lieu de situer et de caractériser le niveau et la nature de nouveaux rapports établis entre l'expert et le système .

C'est pourquoi , il importe après avoir révélé les domaines de connaissances mises en oeuvre pour l'évaluation acoustique (voir chapitre I & II et les annexes 1 & 2), de faire appel aux experts pour expliciter la façon dont ils convoquent, localisent les interactions, recomposent, etc. les différentes connaissances .

Cette préoccupation permet de qualifier le rapport homme-système au plan de l'ergonomie du système lui-même, mais aussi de révéler ce dialogue comme produit élaboré par les experts à partir de leurs propres hiérarchies .

N.B. Comme la présente approche ne cherche pas l'exhaustivité , mais plutôt la mise en lumière de certains concepts et procédures à engager, chaque développement associé débouche sur un réseau de questions et applications qui pourraient faire l'objet d'études ultérieures .

VII.10 Les expertises en matière d'évaluation acoustique

Nous avons vu que la définition du domaine de la conception acoustique dans le bâtiment est toujours en cours de recherche, cela nous a conduit dès les premiers travaux de développements à aller auprès des experts pour en retirer des compléments d'informations concernant les modalités et les techniques d'évaluation pratiquées .

Les analyses de résolution déjà proposées sont énormément inspirées de modes de raisonnement adoptés par les experts , nous tenons également à attirer l'attention sur le fait que la méthode d'évaluation établie par QUALITEL n'est que l'oeuvre de longues discussions inter-experts spécialisés dans le domaine . Ceci étant, nous nous sommes servis d'une bonne partie des analyses effectuées pour établir le système-Expert SONO .

Les différentes phases d'évaluation d'expertise seront explicitées plus en détail lors de la présentation du système SONO au chapitre suivant .

VII.11 L'intégration de la notion de l'expertise dans un système de CAO

L'absence de la notion d'expertise dans les systèmes de CAO-bâtiment développés ces dernières années, peut s'expliquer par le manque d'expériences dans la conception de tels systèmes .

Ces expériences ont montré que les concepteurs des systèmes avaient subi de multiples contraintes , à savoir :

- Les contraintes d'ordre méthodologique :

Le fait que l'expertise soit multidimensionnelle implique qu'elle soit accessible et consultable par plusieurs intervenants, tâche qui n'était pas réalisable tant qu'une politique d'interactions et de communications entre les différents utilitaires de la conception n'avait elle pas été définie. D'autre part, l'expertise est de nature évolutive et souvent modifiable et sa représentation n'est guère procédurale. Il a fallu définir une logique de représentation de connaissances adaptée à ce type de problème.

- Les contraintes d'ordre technologiques :

Il s'agissait de matérielles et de logiciels dont nous disposions à l'époque. En effet ces outils correspondaient à des domaines particuliers (gestion, comptabilité, etc.) et ne répondaient pas entièrement aux exigences de conception du bâtiment.

Un programme ne représentait qu'une boîte noire pour ses utilisateurs , ceci créait un véritable obstacle à l'évolution de l'utilisation des techniques d'interactions et de communications entre les utilitaires non-standardisés .

L'utilisation de la logique de programmation procédurale comme seul moyen de communications avec les ordinateurs avaient alourdi voir rendu parfois impossible l'intégration des expertises de type heuristique dans le corps d'un système de CAO.

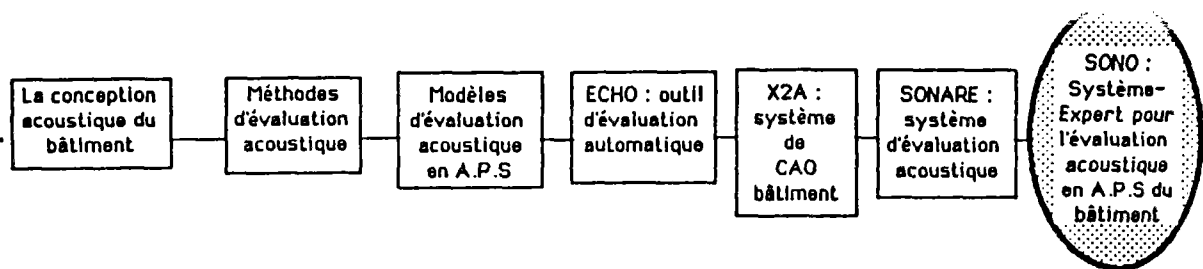
Et enfin l'apparition de divers langages de programmation venait s'ajouter au pile d'obstacles cités ci-dessus pour interdire toute action de modification ou d'évolution menée par les non-auteurs du système.

Une fois de plus, des secteurs autres que le bâtiment expriment leur volonté de rechercher un moyen d'aide à la conception mieux adapté pour répondre aux exigences d'un large public d'utilisateurs. Pour ce faire les chercheurs font appel aux nouveaux concepts de raisonnement et de traitement des informations, appelées les techniques de l'Intelligence Artificielle .

VII.12 CONCLUSION

Ce chapitre joue le rôle d'"éditeur des liens" entre deux domaines différents : le premier est celui de la conception qui est riche en matière d'analyses (bibliographiques, technologiques et méthodologiques) , de modèles, d'application, de résultats et d'exigences; le deuxième porte sur des nouveautés technologiques et méthodologiques qui peuvent répondre à un certain nombre de contraintes techniques, ergonomiques, même conceptuelles, et propose une nouvelle stratégie de définition , de localisation et d'utilisation des outils de conception automatique .

Les différentes notions développées dans ce chapitre vont servir comme support analytique aux travaux de développement menés dans le chapitre suivant.



CHAPITRE VIII

3ème DEVELOPPEMENT

CONTRIBUTION A LA REALISATION D'UNE MAQUETTE D'UN SYSTEME EXPERT POUR L'EVALUATION DE LA PERFORMANCE ACOUSTIQUE EN A.P.S DU BATIMENT

La tâche de la conception d'un bâtiment constitue en soi un monde de conflits et d'ambiguïtés. D'autre part, l'évolution de techniques de traitements automatiques de l'information est en plein ressort actuellement .

Adapter ces moyens aux exigences de l'expertise et aux outils conceptuels de cette dernière est le problème de fond lors de la définition d'un système de CAO .

Dès le début de ce travail, nous avons essayé de trouver une formule représentant le doublet méthodologie-technologie de la conception appliquée au sous-système d'évaluation acoustique avec un résidu de contraintes à satisfaire le plus réduit.

Le critère de choix correspond quantitativement au nombre d'exigences épargnées, et qualitativement au type de relations Homme-Système qu'il s'agisse de l'homme utilisateur ou du concepteur du système .

VIII.1 Résumé

SONO : un Système Expert en évaluation acoustique

SONO est l'ensemble des connaissances techniques et expertes censées, pour une situation donnée, aider le concepteur à prendre des décisions, en matière de performance, lors de l'évaluation de la qualité acoustique en avant projet de Bâtiment .

Les connaissances sont fournies dans un contexte informatique dont l'intérêt réside dans ses facultés à traiter un langage de haut niveau, à les transmettre sous forme de fragments modulaires et indépendants, à les interpréter selon les concepts d'inférence déductive et interactive et à permettre la prise en compte des notions intuitives intelligentes et non seulement algorithmiques. Cet outil doit permettre la mise à jour et la réévaluation permanentes des connaissances.

l'environnement informatique de SONO est constitué essentiellement d'un moteur d'inférence basé sur la logique des prédicats du premier ordre, intitulé KRIS, d'un ensemble d'utilitaires d'aide à la conception (éditeurs graphiques 2 et 3D, système de Gestion de Base de Données (type réseau) et d'un Langage de Requêtes aux bases de données afin d'assurer une bonne performance en ce qui concerne la circulation et la communication des informations dans cet univers.

La base de connaissances de SONO est composée d'une part, d'une base de règles de production se rapportant aux modules de définition, d'évaluation, de diagnostic, et de traitement des problèmes liés à la qualité sonore de l'habitat, d'autre part, d'une base de faits contenant les informations spécifiques à un projet d'application donné.

SONO classe les bruits selon la localisation de leur source (extérieur ou intérieur au bâtiment) et selon leur type de perception (transmission directe, transmission indirecte, équipements collectifs, équipement individuels , chocs).

La réalisation de SONO s'effectue en deux étapes ordonnées , la première correspond aux travaux d'acquisition, de préparation et de formulation des connaissances , la deuxième porte sur la transition de ces connaissances présentées sous forme de règles au support informatique adapté .

Ce chapitre présente les différentes phases d'évolution de ce développement ainsi que les éléments de base qui ont aidé à la mise en oeuvre d'un tel outil.

VIII.2 Introduction

L'expertise, présentée dans sa synthèse, considère le projet de conception d'un bâtiment dans son histoire, dans sa globalité et dans sa durée ; suivant les périodes prises en compte, les procédures utilisées sont adaptées aux produits partiels de conception élaborés pour étayer une succession de décisions .

En règle générale, les savoirs issus de domaines de connaissances hétérogènes sont tour à tour sollicités.

Nous admettons que chaque produit partiel de conception est un élément qui engage "la réponse" que doit apporter le projet définitif, et que les réponses partielles fournies par les produits partiels sont tour à tour une "interprétation" des exigences telles que formulées à chaque stade de définition.

Si nous assimilons chaque faisceau d'exigences à des informations qui engendrent des "représentations" qui lui sont adaptées, et qui constituent une "nouvelle information" située au niveau du traitement qui suit . Ainsi une interprétation d'une information génère une nouvelle représentation de cette information ou ce que nous appelons une nouvelle information.

L'ambiguïté apparue dans cette règle disparaît lorsque nous précisons que dans les processus de conception d'un projet de bâtiment la relation entre ces deux procédures paramétrées (interpréter et représenter) est de nature interactive, récursive et spécifique, c'est à dire :

- une représentation peut engendrer une interprétation et vice-versa ;
- une interprétation peut exiger une autre interprétation (sachant que chaque interprétation engendre souvent munie une nouvelle information à traiter) ;
- les paramètres sont spécifiques à un contexte donné dans un domaine donné (par exemple l'évaluation acoustique en A.P.S du bâtiment dans un contexte de CAO) .
- Ce qui est valable pour une information est valable pour un sous-ensemble d'informations du même type.

Or, la performance du traitement des informations définit la qualité de la réponse aux exigences manifestées.

En suivant la nouvelle présentation de notre problème d'évaluation, nous nous trouvons à la recherche d'un outil capable non seulement de gérer des informations mais de les utiliser, c'est à dire les traiter dans un esprit de raisonnement intelligent.

Cette préoccupation était à l'origine de travaux de recherche en sciences de l'informatique qui ont débouchés sur les techniques de l'IA .

VIII.3 Le contexte du développement

A l'origine de ce développement :

Une philosophie consistant à considérer la tâche d'évaluation acoustique comme un ensemble de jeux alternatifs de représentation et d'interprétation des informations représentant les données architecturales, techniques, économiques, sociales, psychologiques, etc. .

Un objectif, le respect des logiques de raisonnement des experts humains dans un système CAO .

Une technique de traitement évoluée. Les systèmes-Experts sont l'un des éléments principaux traités dans ce chapitre , dont l'intérêt réside dans leur faculté à simuler les comportements des spécialistes quelque soit leur domain.

Une application se rapportant à l'évaluation de la performance de l'isolation acoustique en Avant-Projet-Sommaire de bâtiment collectif (SONO).

En effet, ce développement ne représente qu'un sous-problème lié à l'univers de conception du bâtiment. Pour notre part, nous définissons le contexte dans lequel s'intègre SONO comme suit:

" C'est un ensemble d'interactions hétérogènes entre différents concepts se réunissant pour produire un objet unique correspondant au type de représentation de ces interactions . La difficulté majeure rencontrée lors de la mise en oeuvre de cette méthodologie est l'intégration dans un ensemble cohérent de solutions pouvant satisfaire un large éventail d'exigences de natures variées et souvent contradictoires.

A cette fin, nous proposons l'approche par niveau de conception consistant à décomposer chaque tâche en sous-tâches et etc.. Le traitement de chaque sous-tâche est indépendant des autres.

Toute relation d'interaction est exprimée par la circulation d'informations qui n'est jamais arbitraire. En revanche, cette circulation est contrôlée par les contraintes et les limites à respecter, et manipulée par un ensemble d'heuristiques définies par les expériences ."

Un produit SONO étant un outil d'aide à la conception (définition, évaluation, diagnostic, proposition etc...) , censé assurer un niveau d'isolement acoustique admissible des composants du bâtiment. Il joue également le rôle d'un moniteur pour guider l'utilisateur dans ses choix.

VIII.4 Problématique de l'utilisation de la technique des Systèmes-Experts pour l'évaluation acoustique

Dans les deux derniers chapitres nous avons défini la tâche de conception comme étant la gestion d'une grosse quantité d'informations à l'aide des deux procédures de raisonnement (représenter, interpréter) et en s'appuyant sur un ensemble de connaissances accumulées dans le domaine ou sur " le comment résoudre ce type des problèmes" .

La base de notre présente action sera le doublet (information, connaissance) où la connaissance se retrouve hiérarchiquement à un niveau conceptuel supérieur à celui de l'information. Autrement dit nous pouvons désigner une connaissance par une méta-information .

Un expert est un concepteur disposant d'une base de connaissances importante. par contre ce sont les connaissances sur l'utilisation de connaissances qui assoient la réalité de l'expertise voire son unicité.

Donc, pour concevoir un système de raisonnements analogue à celui de l'expert humain , il semble indispensable d'envisager deux phases :

- 1 - La première est liée à la recherche et l'acquisition des connaissances ,
- 2 - La seconde est liée à l'utilisation de ces connaissances (Réf:57).

Ainsi nous pouvons résumer notre propos comme suit :

Pour évaluer la performance acoustique en APS du bâtiment , il nous faut des outils capables d'optimiser, de gérer, de structurer et d'apprendre l'ensemble des connaissances dans ce domaine . Ces outils doivent :

- . assurer un dialogue en langage naturel avec le spécialiste,
- . être accessibles et compris du spécialiste,
- . expliquer et justifier ses raisonnements d'une manière suffisamment claire et logique . "

Les critères d'un système de CAO dit intelligent

Actuellement les limitations des projets de conception ne dépendent plus, uniquement, des possibilités technologiques, mais plutôt des moyens de conception disponibles.

Sur ce, les recherches en CAO se sont orientées vers un système devant :

- éviter d'imposer des restrictions d'ordre conceptuelles, à l'expert;
- apporter son assistance à la réalisation de travaux spécialisés;
- être le trait d'union entre les concepteurs affectés à des tâches différentes quand il s'agit d'un grand projet (par exemple: le problème de la performance de l'isolation acoustique dans un projet de conception du bâtiment est affecté par toutes actions de modifications de type géométrique, technique, etc., qui peuvent être faites par d'autres concepteurs).
- considérer l'interface Homme-Système comme un lien entre plusieurs intervenants dans la tâche de conception et un lien entre un seul intervenant et un seul outil.

N.B. Nous déduisons de ce qui précède que les nouvelles voies de recherches dans ce domaine portent plus particulièrement sur la relation Homme-Système informatique .

La nécessité d'une révolution technologique

La conception d'un système de CAO répondant aux différentes contraintes citées ci-avant doit tenir compte :

- des problèmes de communication à travers l'interface homme-système;
- des langages conceptuels de haut niveau;
- du rôle de l'expert dans un premier temps, et occasionnellement de celui de l'utilisateur;
- du groupe auquel appartiennent les experts auxquels s'adresse le système;
- du modèle de l'utilisateur (comment résoud il son problème , quels sont ses outils de résolution) (Réf:88);
- du profil de l'utilisateur (son éducation, ses expériences, ses motivations);
- des exigences des utilisateurs du système, à savoir:
 - . la compréhension de la nature des objets de production utilisés ,
 - . la connaissance des problèmes de routine et des solutions éprouvées,
 - . la créativité dans la synthèse de nouveaux produits,

Ce dont le plus intelligent des systèmes de CAO actuellement, est démuné.

La relation avec les techniques de l'IA

Le but de l'Intelligence Artificielle est d'analyser les comportements humains dans les domaines de la perception, de la compréhension, et de la décision dans l'optique de les reproduire sur un ordinateur. Les recherches en ce domaine visent à maîtriser certains concepts et techniques de base tels que la représentation de connaissances, les recherches heuristiques et le mécanisme d'inférence.

Les compétences acquises jusqu'à présent en matière d'IA, permettent d'allouer un aspect intelligent et de générer des approches de communications originales au système d'aide à la conception.

Les techniques des Systèmes-Experts

L'un des secteurs le plus avancé de l'IA est la technique des Systèmes-Experts. Ceux-ci sont destinés résoudre les problèmes dans un domaine en utilisant les connaissances et les modes de raisonnement des experts dans le même domaine.

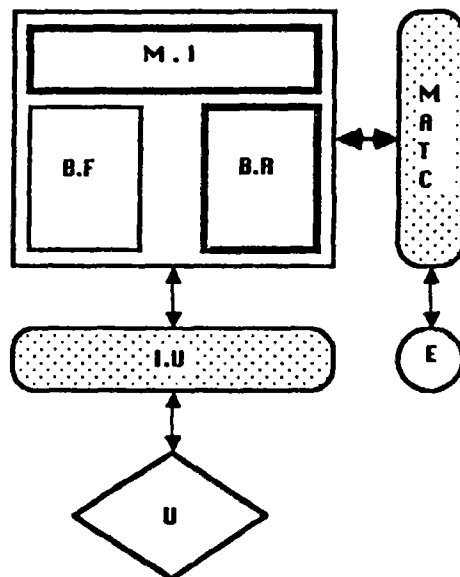
Les SE sont des logiciels qui remplacent ou assistent l'homme dans des secteurs où le savoir-faire des experts humains est reconnu mais n'est pas suffisamment structuré pour construire une méthode de travail précise, sûre, directement transportable sur la machine.

Afin de mieux peser l'importance de cette technique dans notre approche il semble raisonnable de rappeler rapidement quelques éléments de base d'un SE .

1 Structure de base d'un SE

L'originalité des techniques des SE réside dans la séparation des connaissances d'un domaine précis, des techniques de traitements chargées de manier ces connaissances avec pour objectif de répondre aux exigences édictées par les utilisateurs du système.

La construction d'un SE prend en considération d'une part, la présentation et la structuration de l'ensemble des connaissances qui sont regroupées dans une base appelée la "Base de Connaissances" (BC), et d'autre part, le choix du système de gestion et de contrôle qui exploite cette BC et appelé soit "moteur d'inférences" (MI) soit moins souvent "démonstrateur de théorèmes" (voir figure 44).



Avec :
 MI : Moteur d'Inférence
 BF : Base de Faits
 BR : Base de Règles
 MATC : Module d'Aide à la Transmission de Connaissances
 E : Expert
 U : Utilisateur .
 I.U : INTERFACE UTILISATEUR.

Figure: 44
 L'architecture d'un Système-Expert

Ce schéma représente l'architecture en générale d'un SE où nous voyons apparaître deux nouveaux composants associés à cet environnement , soit:

- une interface de dialogue entre l'UTILISATEUR et le SE ;
- un module d'aide à la transmission des connaissances entre l'EXPERT et le SE.

1.1 La Base de Connaissances

La BC d'un SE comprend deux types de connaissances:

- Les connaissances assertionnelles, c'est à dire que les faits décrivant les situations sont soit établis soit à établir .
- les connaissances opérationnelles, ce sont les règles représentant le savoir-faire sur le domaine.

En général , les connaissances sont données sous forme d'unités indépendantes, modulaires, extensibles et modifiables. L'ordre dans lequel les connaissances sont saisies n'a aucune importance .

1.2 Le moteur d'Inférence

Le moteur d'inférence dans un SE a pour objectif de construire des raisonnements à partir des faits qui lui sont indiqués en activant la BC du même SE .

Théoriquement, le MI fait réfléchir le SE en enchaînant les règles d'inférences. A cette fin il dispose d'un mécanisme d'exploitation de la BC (Réf:89) (cf VIII.4). La structure du moteur correspond au mode de représentation des connaissances (règles de production, réseaux sémantiques, etc.), et du type de l'application .

Le MI offre un langage permettant au spécialiste d'exprimer et de structurer ses connaissances d'une façon proche de la sienne .

A ce stade , nous distinguons deux versions des MI ,

- 1 - les MI fonctionnant en logique des prédicats du premier ordre (Réf:92,93), c'est à dire qu'ils acceptent la notion de variable dans l'expression de connaissances, par exemple :

' dans un bâtiment ,si le séparateur X est de position horizontale alors identité de X est un plancher '

- 2 - Les MI fonctionnant en logique de proposition (Réf:91,94). Ceux-ci n'acceptent pas les variables dans l'expression de connaissances. Notre exemple serait:

' dans un bâtiment si le séparateur numéro 1A (par exemple) est horizontale alors identité de 1A est plancher '

Grâce à la séparation entre les connaissances et le mécanisme d'exploitation , un SE peut justifier à tout moment, son raisonnement (Réf:106).

2 Les intérêts des techniques des SE pour le domaine de l'évaluation acoustique

Le recensement des intérêts des SE à partir de multiples applications dans différents domaines nous a permis d'en retenir quelques aspects qui nous paraissent avantageux pour notre application, à savoir :

- Faciliter la transmission des informations , (saisie en vrac et en langage naturel);
- Accepter toute sorte d'information (numérique, alphanumérique, alphabétique, graphique, etc.);
- Traiter des solutions de type non-algorithmiques ;
- Assurer une lisibilité suffisante pour privilégier le facteur de sûreté des informations traitées;
- Procurer des explications profondes des raisonnements;

3 La relation avec le domaine de l'application

Les SE sont destinés à résoudre des problèmes dans des domaines où l'existence, l'unicité, la validité et l'optimalité des solutions proposées ne sont pas évidentes (Réf:90).

Lors de la conception d'un projet de bâtiment , notamment aux stades des études primaires et d'avant-projet-sommaire, le concepteur est confronté à des problèmes dont les solutions sont marquées par les mêmes caractéristiques citées ci-avant.

Cela peut être une des raisons pour lesquelles nous avons opté pour le SE comme l'un des outils principaux du système d'aide à l'évaluation de la performance acoustique en APS du bâtiment.

4 Les apports des SE au domaine de l'application

Les apports des techniques des SE peuvent être ressentis dès les premières phases de la réalisation jusqu'à l'utilisation .

Nous distinguons deux types d'apports jouant sur la qualité de produit souhaité :

1 - Les apports psychologiques:

Ils sont sensibles dès la préparation des premières analyses des problèmes où l'importance de cette étape pour le développement reste la même, mais les circonstances "de faire" changent .

La possibilité d'ajouter les information en dialoguant avec le système en langage naturel et sans se préoccuper des " où faire?" et " quand faire? " fait que le concepteur est moins gêné par les contraintes psychologiques qui correspondaient aux facteurs suivants :

- Les moyens de dialogues Homme-système, tant que l'outil est mal connu du concepteur, celui-ci est méfiant et veille souvent à satisfaire l'outil (mémoire, langage, présentation, etc.) avant de se satisfaire (exigences du domaine).

- Les scénarii de la mise en oeuvre, où le concepteur paye cher tout action d'ommission ou de confusion d'une information lors de la préparation de ces analyses.

Rappelons que l'inquiétude ne produira jamais la complaisance et que la diminution de la charge augmente le potentiel .

2 - Les apports physiques :

Il s'agit des facilités et de la souplesse qu'offrent les techniques des SE aux concepteurs :

- lors de la transmission des connaissances ,
- lors de la mise en oeuvre de la BC ,
- lors de l'utilisation du SE.

Ainsi, la structure séparative des SE permettent aux concepteurs de modifier, d'évoluer et d'étendre le système sans aucun effort de programmation .

VIII.5 Méthodologie du développement proposé

Une méthodologie peut être désignée par le triplet (exigences, moyens, stratégie) . Or nous avons, défini indirectement, les grandes lignes de la méthodologie en ayant cerné une bonne partie des exigences, et en ayant insisté sur l'importance des techniques des SE en tant qu'outil d'aide à l'évaluation acoustique .

Les moyens disponibles

Pour ce développement nous nous servons du mini-ordinateur MINI16/GCOS 400 sur lequel nous disposons des moyens logiciels suivants :

- Un démonstrateur de théorèmes fonctionnant en logique de propositions (Moteur d'Inférence d'ordre 0), (Réf:56);
- Un démonstrateur de théorèmes fonctionnant en logique des prédicats du premier ordre (Moteur d'Inférence d'ordre 1), (Réf:58,63);
- Un ensemble d'éditeurs 2D et 3D , (Réf:52)
- Un SGBD et un Langage de Requêtes associé (Réf:53).

La stratégie du développement

Les moyens logiciels proposés permettent de définir deux types de stratégie du développement selon la référence du moteur d'inférence choisi.

Nous avons retenu la stratégie consistant à adopter un Moteur d'Inférence d'ordre 1 pour des raisons de compatibilité avec les exigences de l'évaluation acoustique en A.P.S du Bâtiment , à savoir :

- L'utilisation des variables dans les processus d'évaluation est indispensable ,
- Les appels aux utilitaires de dessins graphiques , de calculs ou de gestion des données , demeurent inévitables dans les systèmes de CAO actuels ,

L'intégration des techniques des SE dans l'univers de CAO provoquera un changement de fond dans l'esprit du développement d'un système d'aide à la conception , à savoir :

- La substitution du triplet (Variable, constant, instruction) par le triplet (objet, relation, valeur)
- L'adoption d'un mode de raisonnement de type modulaire ,
- L'utilisation d'un langage déclaratif proche du langage naturel pour l'expression de connaissances.
- La saisie de connaissances en vrac nécessite une révision complète des règles d'organisation, d'enchaînement et de structuration imposées par d'autres moyens de programmations .

N.B Nous insistons sur le fait que l'intégration des techniques des SE dans l'univers de la CAO-Bâtiment ne signifie nullement l'omission de toutes autres techniques de développement utilisées .

Il est à noter également que ces facteurs de changement sont moins ressentis par un concepteur débutant ayant peu d'expériences en matière de développement informatique.

VIII.6 KRIS est le Moteur d'Inférence d'ordre 1 utilisé pour le développement du SE SONO

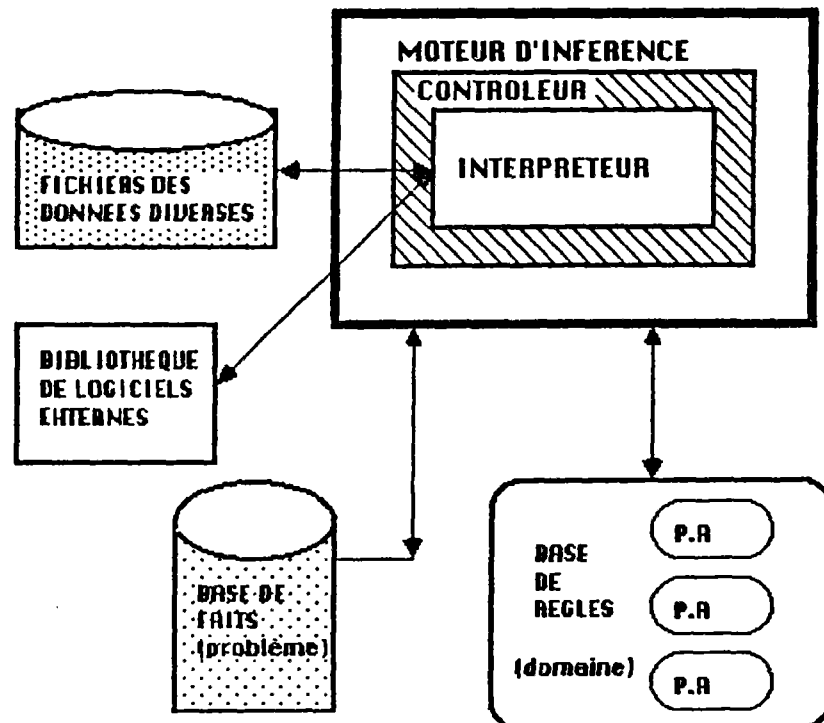
KRIS est un démonstrateur de théorème fonctionnant en logique des prédicats de premier ordre (Réf:62). Il est du type SNARK, Moteur d'Inférences réalisé par J.L.LAURIERE (Réf:61). KRIS s'inspire de SNARK pour ce qui est des concepts de la représentation interne, de l'algorithme d'unification et du mécanisme de contrôle.

La réalisation de KRIS avait pour objectif de résoudre les problèmes liés à la CAO dans le Bâtiment en traitant des connaissances de type déclaratif. Son originalité réside dans ses associations à un SGBD et à une bibliothèque de primitives graphiques.

La structure de KRIS

KRIS est constitué de deux composants principaux qui représentent les deux approches classiques d'un SE (voir figure 45), pour mémoire :

- 1-La représentation de connaissances ou la BC , qui est constituée à son tour d'un ensemble de paquets des règles constituant la Base de Règles (BR), et d'un ensemble de faits définissant une situation donnée constituant la Base de Faits (BF);
- 2-Le résolveur de théorème ou le MI est constitué d'un ensemble de procédures d'interprétation et de traitement des faits (l'Interpréteur) , et d'un ensemble de procédures de contrôles des processus de traitement (le Contrôleur).



P. A : PAQUET DE REGLES

Figure: 45

L'architecture du KRIS

La représentation de connaissances en KRIS :

La base de connaissances en KRIS est constituée de deux composants :

- la base de connaissances du "domaine" ou la base de règles. Il s'agit des connaissances qui portent sur le domaine et qui sont exprimables sous forme de règles construites à partir des expertises acquises .
- la base de connaissances du "problème" ou la base de faits. Il s'agit des connaissances qui auront à assurer les dépendances sémantiques entre les relations décrivant le domaine et celles décrivant le problème à traiter.

Pour ce faire KRIS se donne un langage d'expression de connaissances, capable de traiter ces deux types de connaissances en utilisant des termes du langage naturel .

1 Le langage de représentation de connaissances

Définition syntaxique du langage

L'unité élémentaire du langage est la règle de production dont la syntaxe est définie par NAUR-BACKUS (annexe 7) . Les termes du langage sont des quadruplets de la forme:

<RELATION> <ARGUMENT> <OPERATEUR> <VALEUR>

ex:

QUALITE (VOIE) = TRANSIT

et leur présentation interne constitue des triplets de la forme:

<OBJET> <PREDICAT> <OBJET>

Le corps d'une règle est constitué d'une partie antécédante (les prémisses) et d'une partie conséquente (les actions) .

Définition sémantique du langage

En effet les objets utilisés pour construire des fragments de connaissances sont des variables locales à la règle où ils sont appelés. Lors de l'écriture des règles nous enfermons les objets dans des parenthèses afin de les différencier des valeurs alphanumériques.

Une relation est définie au gré de l'utilisateur , elle peut être quelconque tant que son sens n'est pas connu par le système.

En ce qui concerne les opérateurs , nous pouvons distinguer d'une part les opérateurs de comparaison qui portent soit sur des constantes numériques, tels que :

<, >, =, <=, >=, ou =/ qui signifie différent,

soit sur des constantes alphanumériques :

= (identique),
=/ (différent),

et d'autre part les opérateurs d'affectation pour lesquels nous disposons de deux types :

- l'opérateur (<---) qui donne l'ordre d'ajouter une information dans la base de faits,
- l'opérateur (<==) qui provoque l'affectation d'une information dans la base de faits.

Le cas échéant, l'utilisateur a la possibilité d'associer à chaque action un coefficient de vraisemblance compris entre 0 et 1 qui correspond à la sûreté de l'information déduite . Ce coefficient a la valeur 1 par défaut .

2 Caractéristiques du langage de représentation de connaissances

La représentation de connaissances est étroitement liée au domaine de la conceptualisation. Une structure de données ne constitue pas en soi "de la connaissance", il lui faut une logique d'interprétation adaptée qui sera capable d'exploiter les données . Donc le premier problème qui se pose est lié à la représentation des objets de l'univers du bâtiment.

Généralement, nous concevons notre univers comme constitué d'objets étant décrits en termes de propriétés de caractéristique et de relations que ceux-ci entretiennent avec les autres objets de l'univers.

Or, les langages de représentation des connaissances qui sont basés sur la logique des prédicats du premier ordre permettent, comme tout SGBD de type relationnel , de décrire (référencer et désigner) un objet (ou une classe d'objets) par l'intermédiaire des caractéristiques "logiques" de cet objet sans jamais faire référence à une quelconque structure physique de l'information.

Ce type de langage ne différencie pas la propriété des objets et les relations entre objets, autrement dit il permet de manipuler l'un et l'autre aussi aisément.

exemple :

1.soit B la classe des bâtiments , cela s'exprime :

NATURE (B) = BATIMENT ;

ou plus simplement :

BATIMENT (B)

2.soit B la classe des bâtiments qui se trouvent au bord d'une voie de circulation , cela s'exprime :

BATIMENT (B)

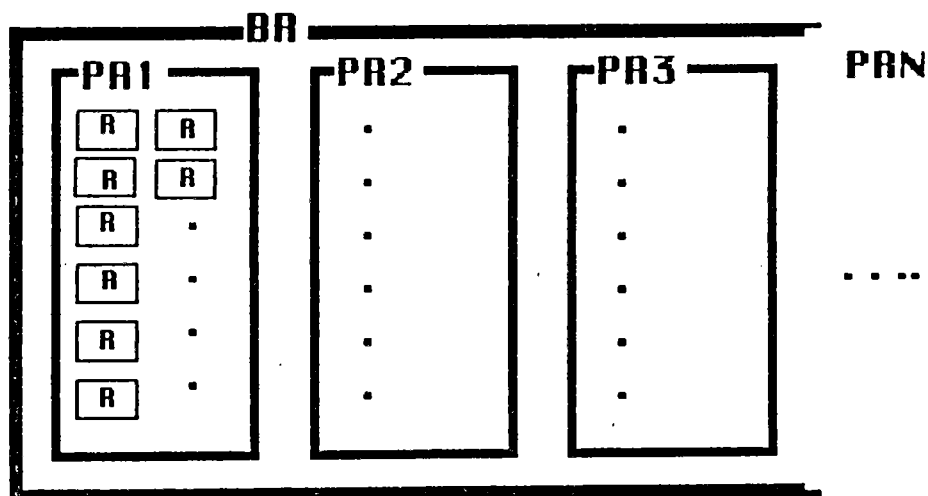
AU-BORD (B) = (V)

VOIE-DE-CIRCULATION (V)

3 La Base de Règles

C'est un ensemble de paquets de règles indépendants, ordonnés et repérés par leur nom. Chaque paquets contient un ensemble de règles de production dont la syntaxe est celle définie par NAUR-BACKUS exposée ci-avant .

La construction de la règle en KRIS n'est pas limitée aux clauses de HORN (le cas de prolog par exemple) ce qui fait que le nombre de conclusions, dans une règle, n'est pas fixé. Nous pouvons présenter une base de règles par les schémas suivants (46,47,48) :



BR : BASE DE REGLES

PA : PAQUET DE REGLES

R : REGLE

Figure : 46.

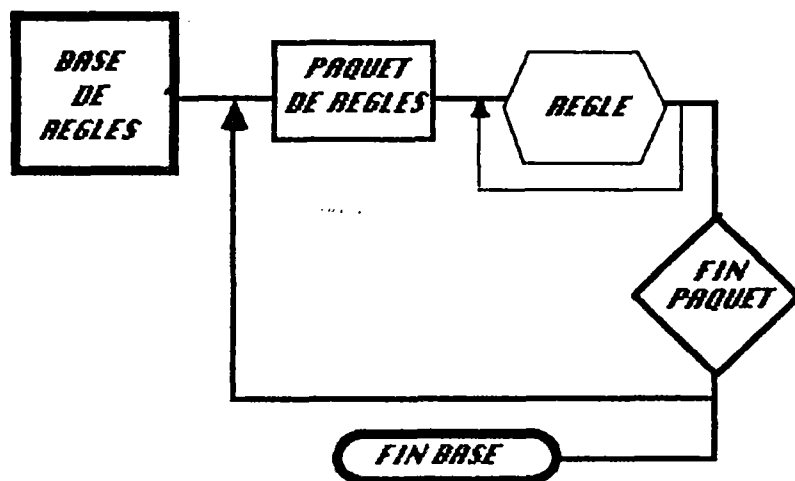


Figure 47

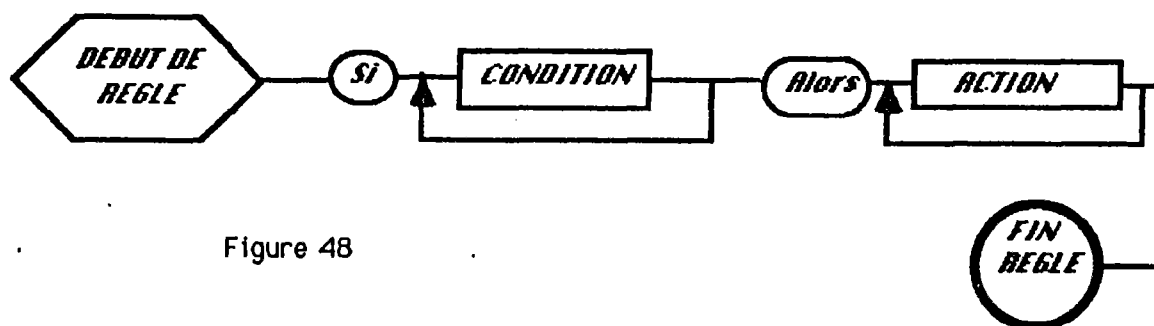


Figure 48

Dans une règle nous distinguons :

- la partie antécédante contenant des prémisses qui sont soit des termes logiques, soit des conditions sur des variables et qui permettent de spécifier des prescriptions à respecter lors de l'évaluation de la BC ;
- la partie conséquente qui, grâce au langage d'expression de connaissances et aux primitives de manipulation des objets dont dispose KRIS, permet de :
 - définir des faits (objets, relations etc.),
 - modifier des faits,
 - détruire un fait et tous les faits qui en découlent.

4 La Base de Faits

Un fait est une connaissance du domaine ou bien une donnée spécifique du problème .

Un fait peut être un objet, une action, une contrainte, un prédicat, une valeur etc..

Une base de faits contient ainsi des informations relatives au modèle traité. Autrement dit c'est l'ensemble des faits décrivant une situation donnée .

Un objet de la BF est entièrement décrit par les faits qui s'y réfèrent. D'autre part , tout objet ou fait créé est associé à l'instance de règles qui l'a créé et à la première instance de règle qui l'a utilisé en prémisses. Cette mesure a été prise en partie pour assurer une certaine cohérence lors de la manipulation des faits (suppression, modification etc.) (Réf:63).

5 Le dictionnaire

C'est le support contenant tous les symboles et les faits utilisés par la base de règles .

6 la représentation des contraintes

Une contrainte est représentée par une relation dans la BF et par un ensemble de règles qui permettent d'interpréter cette relation .

Les moyens de dialogue mis en jeu par KRIS

KRIS permet de définir des procédures de calcul, de communication et de gestion graphiques qui sont indépendantes de la BC et qui peuvent être appelées dans le corps d'une règle.

L'évocation d'une procédure en partie prémisse d'une règle permet de prendre en compte des situations qui ne se traduisent pas par l'existence d'un prédicat dans la BF. De même, l'évocation d'une procédure en partie conclusion d'une règle permet par exemple de déclencher un algorithme, de poser une question à l'utilisateur ou bien d'activer un dessin. Ci-après la liste des primitives externes définies par KRIS :

Liste de primitives:

\$+	\$OBJDOC	\$PUIS
\$-	\$CREOB	\$OUVBDB
\$DESSINE	\$ECRATE	\$CREOBS
\$DISTANCE	\$ECRATR	\$CREATO
\$EDIFAITS	\$ECRATC	\$CREATC
\$MATCH	\$PUTELM	\$CRERLS
\$CLEAN	\$SUPELM	\$RELIMP
\$ASK	\$SUPSET	\$OBJPRO
\$DIV	\$SUPOC	\$ATRCLE
\$*	\$POCC	
\$T	\$PELM	
\$EXP	\$NBOC	
\$LOG	\$NBELM	
\$SIN	\$PERE	
\$COS	\$UNION	
\$TAN	\$INTER	
\$RAC2	\$DIFFE	
\$LOG10	\$LECAT	
\$IDIV	\$LECATR	
\$MODULO	\$LECATC	
\$BOITE	\$LIRATE	
\$COTE	\$LIRATR	
\$TEXTE	\$LIRATC	
\$CADRE	\$SOMVAE	
\$FENETRE	\$MINVAE	
\$DESFEN	\$MAXVAE	
\$ARCOS	\$SOMVAR	
\$ARCSIN	\$MINVAR	
\$ARCTAN	\$MAXVAR	
\$NOM	\$FIN3DB	

Fonctionnement de KRIS

Ci-après nous présentons très sommairement les principes de fonctionnement de KRIS qui consistent à :

- . analyser les paquets de règles ;
- . activer les règles en chainage-avant;
- . mettre à jour en permanence la base de faits;
- . redéclencher la base de règles après chaque changement d'état de la base de faits;
- . évoquer le retour arrière quand il le faut ;
- . activer les règles jusqu'à la saturation de la base de faits .

N.B pour toutes interrogations relatives aux détails techniques concernant le fonctionnement de KRIS se référer aux (Réf:56,61,62).

Conclusion

A présent nous allons situer l'apport d'une telle technique par rapport aux deux problèmes de base que nous avons évoqués au début de cette troisième partie, en rappelant :

- la représentation de l'objet bâtiment dans un contexte de CAO-Bâtiment (problème de modélisation) ,
- la relation Homme-Système ,

A ce propos nous avons recensé les faits suivants :

- .KRIS fournit un langage de spécification de haut niveau qui doit permettre à un utilisateur d'apprendre au système de nouveaux concepts .
- .Un tel système est capable de poser des questions à "bon escient". C'est à dire sans noyer l'utilisateur sous une avalanche de questions dont les réponses sont implicitement contenues dans les options qui ont déjà été prises.
- .Toute nouvelle information déduite est liée à une chaîne d'inférences qui ont permis de la produire . Or tout résultat peut être justifié lisiblement par le système.

Nous pouvons ajouter à ceux-ci la facilité d'assurer des relations de communications interactives avec le SGBD en intégrant le langage de requêtes parmi les moyens de dialogue dont dispose KRIS (Réf:53).

Ceci étant, nous nous sommes permis de considérer cet outil favorable pour mettre en oeuvre et pour tester les différents concepts et hypothèses que nous avons évoqués à propos d'un système d'évaluation acoustique dit intelligent.

VIII.7 Présentation d'un Système Expert pour l'évaluation de la performance acoustique en A.P.S du Bâtiment: SONO

SONO est la maquette d'un système-expert censé déterminer la qualité acoustique d'un APS du bâtiment à partir d'un ensemble de données définies à l'aide de l'ensemble des utilitaires associées au système (cf VII.4).

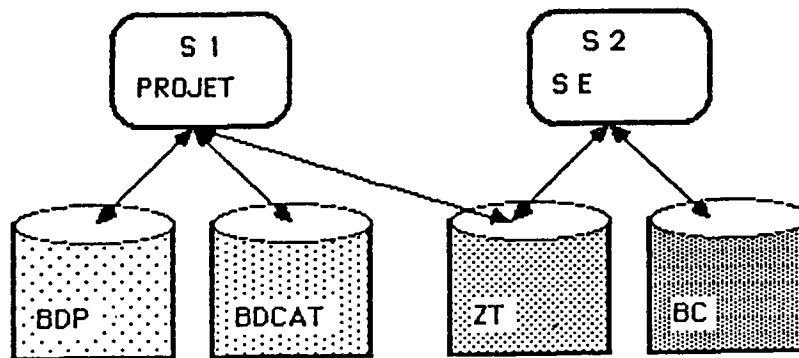
Définition de l'environnement informatique dont nous disposons a ce stade de la recherche

Deux éléments principaux constituent cet environnement , à savoir:

- Un noyau de CAO constitué essentiellement d'un SGBD assisté par un ensemble d'éditeurs graphiques 2D et 3D et de quelques modules de calculs techniques et économiques.
- Un interpréteur intelligent, le moteur d'inférence .

Ces deux éléments sont connectés à l'heure actuelle par l'intermédiaire d'une interface soit une zone de travail commune et accessible par un Langage de Requêtes associé.

La figure 49 a pour but de montrer les différents éléments de cet environnement et leurs relations d'interaction.



S1 : Système PROJET;
S2 : Système Expert;
ZT : Zone de Travail;
BDP : Base de Données particulière à un projet donné;
BDCAT : Base de Composants qui entrent dans la constitution d'un projet, cette base est commune à plusieurs projets;
BC : Base de Connaissances;

Figure: 49
La structure informatique de l'environnement de travail.

Le système S1 permet de saisir un modèle de bâtiment , et le système S2 travaille sur la partie de la BDP qui est chargée dans sa zone de travail (ZT) .

Caractéristiques de la Zone de travail

Elle se présente comme une base de données possédant à tout moment toutes les connaissances (hypothèses ou faits) qui ont été établies ou déduites en exploitant le système.

Les connaissances portent au départ sur la structuration d'un modèle du bâtiment, c'est à dire sur les objets et les relations qu'elles entretiennent. Elles sont toutes présentées explicitement dans la Base de faits, et non implicitement comme c'est souvent le cas dans la plupart des bases de données traditionnelles où les relations sont exprimées dans la structure de la base. D'autre part , pour résoudre les problèmes de la gestion de la cohérence dans les bases de données, nous évitons au maximum la redondance de l'information . Ces problèmes sont moins cruciaux dans un contexte de SE où chaque information dans la zone de travail est liée à sa cause .

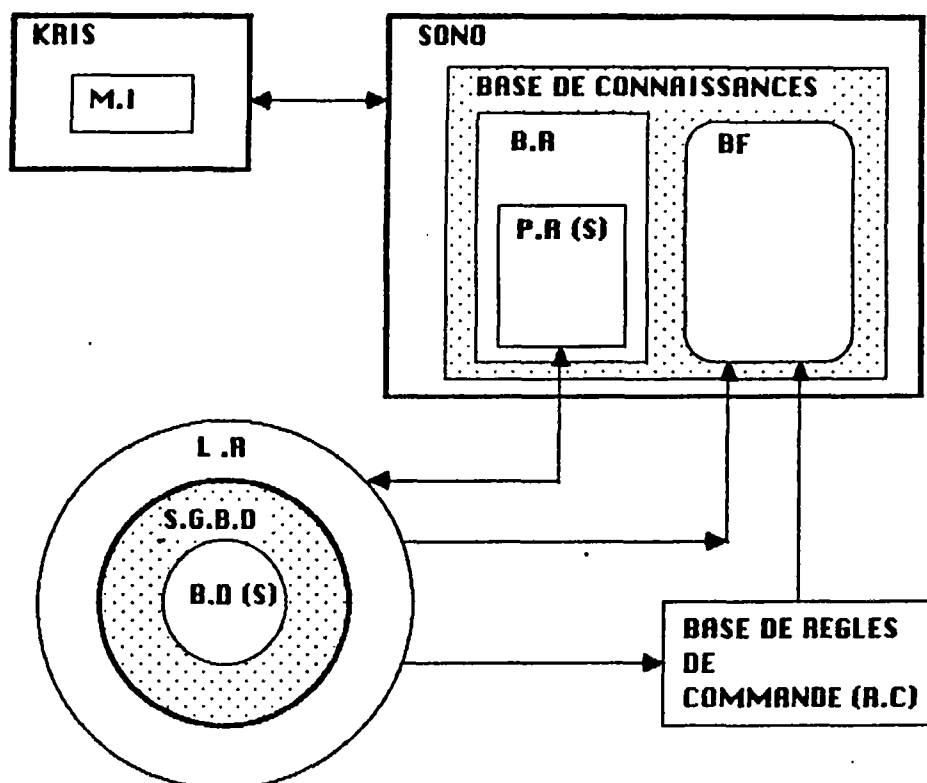
En effet, nous attirons l'attention sur l'importance de la ZT parce qu'elle représente le support de toutes les Bases de Faits associées aux SE dont le SE - SONO

L'architecture du système SONO

L'architecture proposée pour le développement du système SONO est présentée par la figure 50 (ci-après).

Dans cette structure, SONO est le noyau résidu des interactions entre les différentes techniques de gestion et de traitement mises en jeu , à savoir :

- Le Moteur d'Inférence KRIS ,
- Le système PROJET (cf V.4.4, voir annexe 8);
- La Base de Connaissances SONO étant constituée d'une base de règles (BR) et d'une Base de Faits (BF).



M.I : MOTEUR D'INFERENCE
B.R : BASE DE REGLES
P.R : PAQUET DE REGLES
BF : BASE DE FAITS
RC : REGLES DE COMMANDE
LR : LANGAGE DE REQUETES
SGBD : SYSTEME DE GESTION DES BASES DE DONNEES
BD : BASE DES DONNEES .

Figure : 50

L'architecture du SONO

La Base de Connaissances de SONO

Notre base de connaissances est composée d'une base de règles (connaissances en acoustique du bâtiment) et d'une base de faits (connaissances sur le projet à traiter). Ce regroupement de connaissances associé aux autres composants du système de CAO proposé constitue la maquette d'un système d'aide à l'évaluation de la performance acoustique en APS du bâtiment.

La Bases de Faits de SONO

L'essentiel de la connaissances à transmettre ne portent pas uniquement sur les modules de calcul et d'évaluation, mais aussi sur la façon et l'état de la description et de la définition de l'objet bâtiment et de son environnement. La base de faits est prévue pour jouer le rôle du support physique de ces informations.

Cette base est en liaison directe avec les autres composants du système SONO . Le système l'approvisionne automatiquement après chaque instance d'une règle de la base de règles .

De ce qui précède nous constatons que la BF est une base de données dynamique car chaque instanciación peut provoquer la mise à jour de la BF et par conséquent le changement de son état, notamment quand il s'agit d'une suppression ou d'une modification .

Ainsi nous distinguons deux états de la BF :

L'état initial

C'est la phase qui précède le lancement des règles d'évaluation acoustique . La BF dispose à ce moment-là de l'ensemble des informations fournies par le système PROJET et qui sont en majorité géométriques .

L'acquis de ces informations de départ peut se faire soit par une interface adaptée entre PROJET et la Zone de travail , soit par les règles d'initialisation de la BF utilisant les primitives du Langage de Requêtes (voir extrait de ces règles ci-dessous) .

```
/REGLE
!-----creation PROJET et attributs----
ALORS
  CREER(P)
  GENRE(P)<==PROJET
  NUM(P)<==POCC(PROJET,0)
  NOMP(P)<==LECATC(NUM(P),NOM)
/REGLE
GENRE(P)=PROJET
NUM(P)>0
ALORS
  CREER(PP)
  GENRE(PP)<==PROJET
  NUM(PP)<==POCC(PROJET,NUM(P))
  NOMP(PP)<==LECATC(V,NOM)
/REGLE
GENRE(P)=PROJET
NUM(P)=0
ALORS
  TUER(P)
```

```

/REGLE
!-----creation relation de projet,BATIMENT et attributs--
GENRE(P)=PROJET
ALORS
  CREER(B)
  GENRE(B)<==BATIMENT
  NUM(B)<==$PELM(NUM(P),PROJ.BAT,BATIMENT,0)
  NOM(B)<==$LECATC(NUM(B),NOM)
  ALTITUDE(B)<==$LECATR(NUM(B),ALTITUDE)
  PROJ.BAT(P)<--(B)
  APPARTIENT(B)<==(P)
/REGLE
GENRE(P)=PROJET
GENRE(B)=BATIMENT
APPARTIENT(B)=(P)
NUM(B)>0
ALORS
  CREER(BB)
  GENRE(BB)<==BATIMENT
  NUM(BB)<==$PELM(NUM(P),PROJ.BAT,BATIMENT,NUM(B))
  NOM(BB)<==$LECATC(NUM(BB),NOM)
  ALTITUDE(BB)<==$LECATR(NUM(BB),ALTITUDE)
  PROJ.BAT(P)<--(B)
  APPARTIENT(BB)<==(P)
/REGLE
GENRE(P)=PROJET
ALORS
  CREER(B)
  GENRE(B)<==BATIMENT
  NUM(B)<==$PELM(NUM(P),PROJ.BATX,BATIMENT,0)
  NOM(B)<==$LECATC(NUM(B),NOM)
  ALTITUDE(B)<==$LECATR(NUM(B),ALTITUDE)
  PROJ.BATX(P)<--(B)
  APPARTIENT(B)<==(P)
/REGLE
GENRE(P)=PROJET
GENRE(B)=BATIMENT
APPARTIENT(B)=(P)
NUM(B)>0
!-----creation UVI et attributs-----
/REGLE
GENRE(UV)=UVI
NUM(UV)>0
ALORS
  CREER(UV)
  NUM(UV)<==$POCC(UVI,NUM(UV))
  GENRE(UV)<==UVI
  NOM(UV)<==$LECATC(NUM(UV),NOM)
  SURFACE(UV)<==$LECATR(NUM(UV),SURFACE)
/REGLE
!-----relation etage->plafond-----
GENRE(PL)=PLAFOND
GENRE(E)=ETAGE
NUM(E)= $PERE(NUM(PL),ETA.FACP,ETAGE,0)
ALORS
  ETA.FACP(E)<--(PL)
  APPARTIENT(PL)<--(E)

```

L'état courant

C'est l'état de la base en cours d'exécution des règles d'évaluation . Dans cette phase la BF dispose de deux sources d'informations qui feront l'objet du paragraphe suivant , à savoir :

- les règles de commande définissant de nouveaux faits;
- les règles de traitement déduisant de nouveaux faits;

Extrait de la BF

Ci-dessous nous illustrons un extrait de la BF où à chaque fait est associé un numéro que nous appelons "quark" dont l'intérêt est limité au niveau interne du fonctionnement du système.

```
** OBJET NUMERO: 282
( 282 PERCE PERCEMENT
( 282 SLRFACE C.00
( 282 RECALCUL A-FAIRE
( 282 NATURE ?
** OBJET NUMERO: 280
** OBJET NUMERO: 278
( 278 COEFFICIENT FACTEUR-E
( 278 V ?
** OBJET NUMERO: 276
( 276 SITE TISSU-URBAIN
( 276 DANS 37
** OBJET NUMERO: 274
( 274 NATURE TRAIN
** OBJET NUMERO: 272
( 272 NATURE METRO
( 272 VITESSE ?
( 272 MCD-CIRC ?
( 272 MCD-ROUL ?
** OBJET NUMERO: 270
( 270 NATURE BUS
( 270 DEBIT ?
( 270 TYPE ?
** OBJET NUMERO: 268
( 268 MARGUE POIDS-LOURD
( 268 DEBIT ?
( 268 CIRCUL 0
** OBJET NUMERO: 266
( 266 NATURE VEHICULE-LEGER
( 266 DEBIT ?
( 266 CIRCUL 0
** OBJET NUMERO: 264
( 264 VOIRIE VOIE-DE-CIRCULATION
( 264 DEBIT ?
( 264 ZONE ?
** OBJET NUMERO: 217
( 217 NATURE POINT
( 213 EXTREMITE 217
( 217 X 500.00
( 217 Y 800.00
** OBJET NUMERO: 215
( 215 NATURE POINT
( 213 ORIGINE 215
( 215 X 900.00
( 215 Y 800.00
** OBJET NUMERO: 213
( 213 ELEMENT FACETTE
( 213 PCSITION EXTERIEURE
( 213 ORIGINE 215
( 213 EXTREMITE 217
```

La Base de Règles de SONO

Nous avons déjà précisé que la forme sous laquelle les connaissances sont présentées est la règle de production dont nous adoptons les aspects qui suivent :

-pour une règle de production traditionnelle dont l'utilisation est la plus fréquente dans SONO :

SI <condition(s)>
alors <conclusion(s)>

-pour une règle de traitement des contraintes :

SI <contrainte(s)>
alors <action(s)>

Tant que l'expertise porte sur des faits qui sont définis , nous sommes amenés à répartir nos règles en deux catégories :

- les règles de commande contenant l'ensemble de connaissances permettant de compléter la définition de l'état de départ d'un projet ;
- les règles du traitement contenant les expertises permettant d'évaluer la qualité acoustique d'un projet. Le déclenchement de ces règles dépend de la quantité et de la qualité des informations connues sur le projet .

1 Les règles de commande (RC)

Elles ont pour objectif d'assurer le minimum d'informations qui permettent le déclenchement des règles de l'évaluation acoustique et qui ne sont pas actualisées dans la base de faits lors du lancement du système .

En effet le propos de l'expert acousticien est différent de celui des autres experts dans d'autres domaines.

Or les objets et les relations qu'il manipule ne s'adaptent guère à ceux définis par l'architecte ou le thermicien ou etc. .

Donc il semble peu probable que l'expert en acoustique soit satisfait par l'état initial de la BF pour activer ces expertises .

Il serait vraisemblablement amené à s'interroger sur un certain nombre d'informations concernant l'environnement et le bâtiment lui-même et qui portent sur des questions de sonorisation.

A cette fin nous avons été conduits à recenser le maximum de ces informations pour en construire une sous-base de connaissances complémentaire que nous appelons la base de règles de commande .

Les règles de commande peuvent être classées selon leurs type d'utilisation ou selon leur nature.

Les utilisations des règles de commande

Une règle de commande peut être utilisée pour :

définir de nouveaux objets, dans la base de faits, qui sont spécifiques à l'application.

Exemple 1 (extrait de SONO) :

la règle suivante à pour objectif de créer les objets : VOIE DE CIRCULATION , VEHICULE LEGER , POIDS LOURD , BUS , METRO , TRAIN , TISSU URBAIN, etc., que les bases de données associées au système ne fournissent pas.

```
/REGLE
!( *DEFINITICA-D'OBJET-ET-DE-RELATION-TRAITES*)
ALORS
  CREER(V)
  CREER(VL)
  CREER(PL)
  CREER(L)
  CREER(M)
  CREER(T)
  CREER(U)
  CREER(E)
  CREER(CC)
  CREER(PER)
  VOIRIE(V)<===VOIE-DE-CIRCULATION
  NATURE(VL)<===VEHICULE-LEGER
  MARQUE(PL)<===POIDS-LOURD
  NATURE(L)<===BUS
  NATURE(M)<===METRO
  NATURE(T)<===TRAIN
  SITE(U)<===TISSU-URBAIN
  COEFFICIENT(E)<===FACTEUR-E
  PERCE(PER)<===PERCEMENT
```

définir de nouvelles relations.

Exemple 2 (extrait de SONO):

La base de données du projet ne possède pas la notion d'appartement, aussi avons-nous défini une règle permettant de situer l'appartement par rapport aux autres composants du bâtiment :

```
/REGLE
CELLULE(PIECE)=PIECE
APPARTIENT(PIECE)=(ETA)
NATURE(A)=APPARTEMENT
DEFINI(ETA)=ETAGE
ALORS
  APPARTENANCE(PIECE)<===(A)
  APPARTIENT(A)<===(ETA)
```

initialiser des valeurs.

Exemple 3 (extrait de SONO)

Avant de lancer le système SONO et pour des raisons de sécurité nous avons préféré affecter la valeur inconnue à certains faits de la BF :

```
/REGLE
ELEMENT(F)=FACETTE
ALORS
NOM(F)<===?
ANGLE-DE-VUE(F)<===?
AU-BORD(F)<===?
CONSULTER-ISO(F)<===?
TYPE-ISOL(F)<===?
DEFEXT(F)<===?
DECRT(F)<===?
EXPOSITION(F)<===?
CAREFOUR(F)<===?
X-DIST-V2(F)<===?
EVA-NS(F)<===?
NSON(F)<===?
NSONO(F)<===?
```

N.B L'affectation d'une valeur inconnue à un prédicat se fait par le symbole "?", qui signifie que cette valeur est à évaluer ou à demander.

visualiser.

Exemple 4 (extrait de SONO)

Les concepteurs ont souvent intérêt à garder le plan de leur projet sous la main tout au long des processus de conception. Pour ce faire, KRIS permet d'une part, d'appeler des primitives de dessins graphique dans le corps d'une règle de production. D'autre part, nous pouvons acquérir à partir du PROJET toutes les informations géométriques nécessaires pour visualiser les plans sur l'écran du concepteur (voir ci-dessous la règle correspondante).

```
/REGLE
ELEMENT(F)=FACETTE
ORIGINE(F)=(PIECE1)
EXTREMITE(F)=(PIECE2)
ALORS
(T111)<===$(X(PIECE1),X(PIECE2))
(T11)<===$(DIV((T111),2)
(T1)<===$(T11),2)
(T222)<===$(Y(PIECE1),Y(PIECE2))
(T22)<===$(DIV((T222),2)
(T2)<===$(T22),4)
$DESSINE(X(PIECE1),Y(PIECE1),X(PIECE2),Y(PIECE2),1)
$TEXTE((T1),(T2),0,6,(F))
```

1.2 la nature des règles de commandes:

La nature d'une règle de commande varie selon l'énoncé de cette règle. Une règle peut être une heuristique, une déduction ou un dialogue.

Des règles de nature heuristique:

Considérons un projet de construction d'un ensemble de bâtiments collectifs situé dans une zone bruyante . A partir de cet énoncé il est admis que tout objet bâtiment rencontré dans la BF devra respecter les réglementations concernant l'isolation acoustique en zone bruyante . En fait, cette relation n'est qu'une heuristique et sa vérité n'est pas absolue.

Exemple 5

```
/REGLE
NATURE(P)=PROJET
ZONE(P)=BRUYANTE
CONSTRUCTION(B)=BATIMENT
ALORS
ZONE(B)<==BRUYANTE
/fin règle
```

Des règles de nature déductive:

Ces règles sont fondées sur les principes de déduction logique des faits (voir exemple 2 ci-avant).

Des règles de dialogue:

En effet, même l'expert humain ne peut pas compter uniquement sur ses expériences et ses connaissances pour compléter toute information manquante . Par contre, il a souvent tendance à s'adresser au consultant pour lui demander des compléments d'informations .

Le langage d'expression de connaissances fourni par KRIS permet de converser avec l'utilisateur en utilisant la primitive cote (') pour afficher un message , et la primitive (ASK) pour lire une réponse de type numérique ou alphanumérique saisie par l'utilisateur à partir d'un périphérique (voir exemple 6 ci-dessous).

Exemple 6

Si le niveau d'un étage à traiter n'est pas connu le système demande de la spécifier .

```

/REGLE
DEFINI(ETA)=ETAGE
NIVEAU(ETA)=?
ALORS
'QUEL EST LE NIVEAU DE L'ETAGE?
NIVEAU(ETA)<===$ASK(1)

```

1.3 Caractéristiques techniques de la base de règles de commande

La base est constituée d'un seul paquet contenant 77 règles de commande .

N.B En réalité , il a été constaté que du point de vue conceptuel, il n'y a aucune différence entre une règle de commande et une règle de traitement.

Par ailleurs, il est certain que l'art d'acquisition des données exige une certaine technologie du traitement des données existantes ; là encore , il faut mettre l'accent sur l'importance de l'expérience pour optimiser et rendre intelligente cette phase du processus.

Cependant, les règles de commande peuvent s'associer à la base de règles de traitement sans aucune difficulté de type conceptuel ou fonctionnel.

2 Les règles du traitement

Ce sont toutes les règles d'expertise, de calcul, d'optimisation, de diagnostic et de visualisation appartenant au système SONO .

La tâche de l'évaluation acoustique d'un projet passe par des étapes multiples dont les logiques de traitement peuvent être localement indépendantes (définition de la zone , détermination de l'isolement nécessaire etc...). De ce fait, nous avons associé un paquet de règles de production à chaque étape. Ce procédé d'utiliser des paquets est un moyen de gestion et d'optimisation de l'exécution de la BR .

L'idée étant de consulter la BF sur des données concernant les différents éléments de l'environnement , et sachant qu'à partir d'un sous ensemble d'informations les règles en déduisent de nouvelles , ce qui permet le déclenchement de nouvelles règles etc. , jusqu'à saturation de la BF (aucune règle n'est plus déclenchable).

L'exemple suivant illustre cette technique :

" Si le bâtiment est au bord d'une voie de circulation , si la voie est de type transit , et si le débit de circulation est supérieur à 5000 vehicule/jour , alors la zone de construction est bruyante "

Le système de déduction logique doit affecter dans sa BF la valeur "BRUYANTE" à la zone de construction si et seulement si sa BF contient tous les autres faits apparus dans l'énoncé . Sinon, il va attendre le moment où le fait qui était inconnu devient connu, pour relancer ce règle . C'est à dire si le débit de circulation est inconnu, il semble raisonnable de calculer ce débit avant de qualifier la zone de "BRUYANTE". Et pour calculer le débit il faut etc. .

C'est grâce à cette notion que le concepteur des règles n'a pas à se préoccuper de l'ordre dans lequel les règles sont saisies.

Présentation du premier paquet:

Il est constitué de l'ensemble de règles dont les objectifs consistent :

- à aider le concepteur à définir l'environnement extérieur du projet , c'est à dire : les voies de circulation qui sont dans le voisinage, les moyens de circulation, l'exposition du bâtiment par rapport aux voies etc. ;
- à assurer une représentation géométrique du projet ;

Nous présentons par la suite quelques exemples en illustration :

Reprenons l'énoncé précédent et essayons de le traduire sous forme de règles :

Exemple 8

Définition de la zone de bruit :

```
/REGLE  
VOIRIE(V)=VCIE-DE-CIRCULATION  
QUALITE(V)=TRANSIT  
DEBIT(V)>5000  
ALORS  
ZONE(V)<==BRUYANTE
```

```
/REGLE  
VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION  
QUALITE(V)=ARTERIELLE  
DEBIT(V)>10000  
ALORS  
ZONE(V)<==BRUYANTE
```

Exemple 9

Calcul de débit de circulation :

```
/REGLE
VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
CIRCUL(VL)=CUI
NATURE(VL)=VEHICULE-LEGER
DEBIT(VL)=(V.L)
MARQUE(PL)=POIDS-LOURD
CIRCUL(PL)=CUI
DEBIT(PL)=(P.L)
COEFFICIENT(E)=FACTEUR-E
V(E)=/?
DEBIT(V)=?
ALORS
(E.PL)<===$*((P.L),V(E))
DEBIT(V)<===$+((V.L),(E.PL))
```

Présentation du deuxième paquet:

Ce paquet sert à définir l'isolement réglementaire de toutes les facettes qui sont extérieures ou exposées aux bruits extérieurs au bâtiment dans une zone de construction considérée bruyante.

Exemple 10

La présente règle n'est qu'une interprétation d'un cas défini par le règlement de construction (pour plus de précision l'arrêté de 6 Octobre 1978) .

```
/REGLE
CONSULTER-ISO(F)=0.K
APPARTIENT(ETA)=(C)
ELEMENT(F)=FACETTE
VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
DEFINI(ETA)=ETAGE
AU-BORD(F)=(V)
CELLULE(PIECE)=PIECE
APPARTIENT(PIECE)=(ETA)
CONTIENT(PIECE)=(F)
NOMBRE-DE-FILES(V)<4
NIVEAU(ETA)>4
DISTANCE(V)>110
ALORS
TYPE-ISOL(F)<==D
```

Présentation du troisième paquet

C'est la définition de l'isolement de toutes les facettes extérieures appartenant à un bâtiment se trouvant dans une zone de construction non-bruyante .

Pour parvenir à définir l'isolement souhaité dans ce cas-là, nous sommes amenés à évaluer le niveau sonore régnant au pied des facettes traitées (voir exemples ci-dessous).

Exemple 11

Cet exemple illustre la possibilité d'effectuer des calculs dans le corps d'une règle en appelant les primitives de calculs arithmétiques et géométriques externes .

```
/REGLE
DEFINI(F)=0.K
ELEMENT(F)=FACETTE
VOIRIE(V)=VCIE-DE-CIRCULATION
AU-BORD(F)=(V)
ANGLE-DE-VUE(F)>C
LARGEUR(V)=(L1)
DISTANCE(V)=(D1)
VITESSE-SUR(V)=(VS)
NIVEAU-SONORE(V)=(NS4)
ALORS
(VB)<===$LOG10((VS))
(VC)<===$*((VB),20)
(LA)<===$DIV((L1),3)
(LB)<===$+((D1),(LA))
(LC)<===$LOG10((LB))
(LD)<===$*((LC),12)
(P1)<===$-((VC),(LD))
(P2)<===$+((P1),(NS4))
(A1)<===$DIV(ANGLE-DE-VUE(F),180)
(A2)<===$LOG10((A1))
(A3)<===$*((A2),10)
NIVEAU-SONORE(F)<===$+((P2),(A3))
```

Exemple 12

Evaluation de l'isolement:

```
/REGLE
DEFINI(F)=OUI
ELEMENT(F)=FACETTE
VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
AU-BORD(F)=(V)
TYPE(V)=TYPE-1
EXPOSITION(F)=EXPOSITION-DIRECTE
TYPE-ISOL(F)=C
ALORS
ISOL(F)<===$35
```

Présentation du quatrième paquet

Ce paquet s'occupe de la définition de l'isolement exigé pour toutes les facettes qui se trouvent à l'intérieure du bâtiment selon :

- les réglementations de construction;
- le label confort acoustique;

Exemple 13:

Une facette interne c'est à dire qu'elle est commune à deux volumes intérieures séparés . Ceux-ci peuvent appartenir au même appartement , à deux appartements adjacents ou superposés, à un appartement et un local commun ou de service .

Sachant que REGISO signifie isolement réglementaire et LCAISO est l'isolement selon le label confort acoustique, nous pouvons présenter l'une des règles portant sur ce thème, comme suit:

```
/REGLE
ELEMENT(F)=FACETTE
CELLULE(PIECE1)=PIECE
CELLULE(PIECE2)=PIECE
NATURE(A1)=APPARTEMENT
NATURE(A2)=APPARTEMENT
INSO2(F)=OK
CONTIENT(PIECE1)=(F)
CONTIENT(PIECE2)=(F)
APPARTENANCE(PIECE1)=(A1)
APPARTENANCE(PIECE2)=(A2)
REGISO(F)=?
LCAISO(F)=?
NOM(PIECE1)=CHAMBRE
NOM(PIECE2)=P.HUMIDE
ALORS
REGISO(F)<==56
LCAISO(F)<==59
```

Présentation du cinquième paquet

Lors de la présentation des quatre premiers paquets, nous avons pu remarquer que leurs rôles étaient indépendants et complémentaires . Nous avons cherché à ajouter une contrainte qui correspondait à une situation sans développer autour d'elle des méta-diagnostics permettant de changer cette situation, la valider ou, à la limite d'en proposer une autre si cela paraît raisonnable.

Autrement dit, nous avons effectué un travail de diagnostic discipliné unilatéral .

Ceci n'est pas le fait de l'expert acousticien (omission ou ignorance de l'importance de cette phase), mais des contraintes liées à l'évolution de la conception d'un APS de bâtiment que l'acousticien doit respecter , à savoir : l'ordre, la priorité et le pouvoir de proposer de modifications qui est limité au cas d'incompatibilité des propositions avec les réglementations .

d'incompatibilité des propositions avec les réglementations .

Ainsi, le cinquième paquet a pour but de vérifier la compatibilité ou l'incompatibilité de la performance acoustique des composants constituant le bâtiment avec la réglementation.

Sur ce , le paquet procède à :

- 1.1a définition de la composition des composants soit par l'utilisateur soit à l'aide des bibliothèques propres au système .

Exemple 14

"Si la composition d'une facette n'est pas définie alors nous appelons la bibliothèque. Cet appel entraîne le déclenchement de la règle suivante. :

```
/REGLE
ELEMENT(F)=FACETTE
REP1(F)=NON
CELLULE(PIECE)=PIECE
CONTIENT(PIECE)=(F)
REPONSE1(F)=2
CHOIX(F)=?
ALORS
ST(6,PIECE-NOM-:,NOM(PIECE))
ST(6,FACETTE-NUM-:,(F))
'
'          BIBLIOTHEQUE
'          -----
'CHOISISSEZ LE NUMERO CORRESPONDANT A VOTRE CHOIX
'
' -----
'1 - BLOC PLEIN
'2 - BLOC CREUX
'3 - BRIQUE PLEINE
'4 - BRIQUE CREUSE
'5 - BRIQUE PERFOREE
'6 - BETON CELLULAIRE
' -----
' OU ECRIVEZ C SI PAS DE CHOIX
CHOIX(F)<===$ASK(1)
```

- 2.1a détermination pour chaque élément de l'indice d'affaiblissement acoustique et de l'isolement procuré , en prenant en compte la transmission directe, la transmission latérale, les bruits de chocs et les bruits des équipements .

Exemple 15

" si la facette n'a pas été évaluée et si la valeur de la masse surfacique se trouve dans une fourchette donnée alors nous pouvons préciser l'indice d'affaiblissement acoustique comme suite :

```

/REGLE
ELEMENT(F)=FACETTE
EPAISSEUR(F)=(V1)
ALORS
M(F)<===$*(V1),M(F))

```

```

/REGLE
ELEMENT(F)=FACETTE
REP1(F)=NON
M(F)>49
M(F)<150
POSITION(F)=EXTERIEURE
ALORS
(P1)<==13
(P2)<==9
(VAR1)<==$(M(F),EPAISSEUR(F))
(VAR2)<==$(LOG(VAR1))
(VAR3)<==$(P1),(VAR2))
R(F)<==$(VAR3),(P2))

```

3 - à l'évaluation de la cotation qualitel à partir de l'isolement assuré par chaque composant .

4 - à l'expertise des resultats obtenus, au diagnostic concernant les cas défavorables .

Exemple 16

" si l'isolement d'une facette est inférieur à celui exigé par les réglementations alors chercher la cause "

```

/REGLE
ELEMENT(F)=FACETTE
POSITION(F)=EXTERIEURE
DN(F)=(D1)
ISOL(F)=(D2)
DN(F)<ISOL(F)
CALCULER(F)=FAIT
ALORS
DIAGNOSTIQUE(F)<==OUI

```

" si cette facette est extérieure , et si elle se trouve dans une chambre , si elle possède un percement et si la qualité et le type du percement ont été déjà modifiés pour améliorer l'isolement procuré par l'ensemble , alors :

```

/REGLE
ELEMENT(F)=FACETTE
CELLULE(PIECE)=PIECE
CONTIENT(PIECE)=(F)
CALCULER(F)=FAIT
PERCE(PER)=PERCEMENT
OUVERTURE(F)=(PER)
MODICA(PER)=OUI
MODITY(PER)=CUI
MODIFAC(F)=CUI
DIAGNOSTIQUE(F)=OUI
NOM(PIECE)=CHAMBRE

ALORS
'LA PIECE ETUDIEE EST UNE CHAMBRE EXPOSEE AU BRUIT EXTERIEUR DONT
'L ISOLATION EXIGEE PAR LES REGLEMENTATIONS EST LA PLUS ELEVEE
'VOUS AVEZ INTERET A CHANGER VOTRE PLAN D ETAGE POUR UNE MEILLEURE
'SOLUTION ECONOMIQUE , SI CELA VOUS ARRANGE ECRIVEZ OUI'
MODIPL(PIECE)<===$ASK(1)

```

```

/REGLE
ELEMENT(F)=CUI
POSITION(F)=EXTERIEURE
CONTIENT(PIECE)=(F)
CALCULER(F)=FAIT
CELLULE(PIECE)=PIECE
MODIPL(PIECE)=OUI
NOM(PIECE)=CHAMBRE
ALORS
'DONNEZ LE NOUVEAU NOM DE LA PIECE
NOM(PIECE)<===$ASK(1)
CALCULER(F)<===$A-FAIRE

```

dans cette règle :

MODICA : modification de la qualité du percement;
 MODITY : modification du type du percement;
 MODIFAC: modification de la composition de la facette;
 MODIPL : modification concernant le nom de la piece;

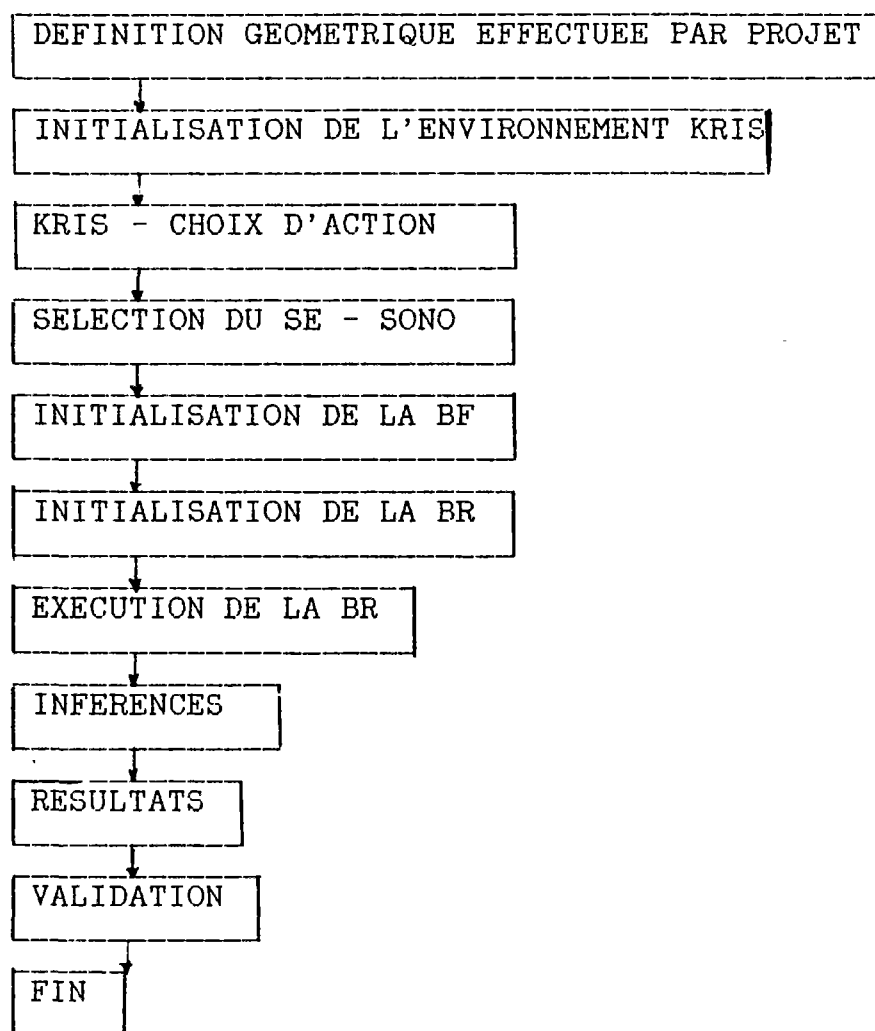
En effet, nous avons adopté ces abréviations afin de faciliter l'écriture des règles , mais ceci pourra être facilement remplacé par les thèmes originaux .

En conclusion, en faisant le tour des différentes règles constituant ce cinquième paquet, nous constatons que son importance est due à la multiplicité des tâches traitées , à savoir :

- les règles de communications graphiques ;
- les règles du dialogue ;
- les règles de description ;
- les règles représentant des bibliothèques internes à SONO ;
- les règles de calcul ;
- les règles d'expertise ;
- les règles de comparaison ;
- les règles de modification ;

VIII.8 Le lancement du SE-SONO

La mise en marche du système SONO passe par les étapes définies dans le schéma qui suit :



Le passage d'une étape à l'autre s'effectue par un module de dialogue UTILISATEUR - SONO assisté par KRIS (voir annexe 11).

VIII.9 Présentation et explication du raisonnement du SE - SONO

Afin que le système puisse fournir des explications aux utilisateurs, il dispose d'un historique correspondant au raisonnement effectué. Ainsi l'historique est indirectement restitué à l'utilisateur pour que ce dernier puisse vérifier le pourquoi et le comment des résultats obtenus .

A l'heure actuelle, la présentation des résultats ou du raisonnement a la forme suivant :

J'AI APPLIQUE LA REGLE NUMERO: 29

VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
QUALITE(V)=TRANSIT
DEBIT(V)>5000
ALORS
ZONE(V)<==BRUYANTE

A partir des faits suivants:
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
QUALITE DE 264 EST TRANSIT
DEBIT DE 264 EST 7500.00
je deduis:
ZONE DE 264 EST BRUYANTE

J'AI APPLIQUE LA REGLE NUMERO: 36

VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
ZONE(V)=BRUYANTE
TYPE(V)=/TYPE-1
ALORS
TYPE(V)<==TYPE-2

A partir des faits suivants:
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
ZONE DE 264 EST BRUYANTE
je deduis:
TYPE DE 264 EST TYPE-2

J'AI APPLIQUE LA REGLE NUMERO: 339

ELEMENT(F)=FACETTE
CELLULE(PIECE1)=PIECE
CELLULE(PIECE2)=PIECE
INSO1(F)=OK
CONTIENT(PIECE1)=(F)
CONTIENT(PIECE2)=(F)
NOM(PIECE1)=CHAMBRE
NOM(PIECE2)=SEJOUR
REGISO(F)=?
LCAISO(F)=?
ALORS
REGISO(F)<==35
LCAISO(F)<==41

A partir des faits suivants:

CELLULE DE 43 EST PIERCE
NOM DE 43 EST CHAMBRE
CELLULE DE 45 EST PIERCE
NOM DE 45 EST SEJOUR
ELEMENT DE 110 EST FACETTE
INSO1 DE 110 EST OK
CONTIENT DE 43 EST 110
CONTIENT DE 45 EST 110

Je deduis:

REGISO DE 110 EST	35.00
LCAISO DE 110 EST	41.00

J'AI APPLIQUE LA REGLE NUMERO: 303

DEFINI(F)=CUI
ELEMENT(F)=FACETTE
VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
AU-BORD(C)=(V)
TYPE(V)=TYPE-2
EXPOSITION(F)=EXPOSITION-INDIRECTE
SITE(U)=TISSU-URBAIN
DANS(U)=(C)
CONSTRUCTION(C)=BATIMENT
APPARTIENT(F)=(C)
CATEGORIES(U)=DISCONTINU
TYPE-ISOL(F)=B
ALORS
ISOL(F)<==30

A partir des faits suivants:

VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
TYPE DE 264 EST TYPE-2
SITE DE 276 EST TISSU-URBAIN
CATEGORIES DE 276 EST DISCONTINU
DANS DE 276 EST 37
AU-BORD DE 37 EST 264
CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT
DEFINI DE 192 EST OUI
ELEMENT DE 192 EST FACETTE
EXPOSITION DE 192 EST EXPOSITION-INDIRECTE
APPARTIENT DE 192 EST 37
TYPE-ISOL DE 192 EST B

Je deduis:

ISOL DE 192 EST	30.00
-----------------	-------

Où le système vérifie la correspondance de chaque prémisse à l'une de ces connaissances (dans la BF) avant d'activer la partie conclusion. Il indique alors qu'à partir de ce qu'il a trouvé comme informations, il a pu en déduire de nouvelles.

N.B Dans ces exemples l'aspect ergonomique n'est pas traité comme il conviendrait. En effet le système était en phase d'expérimentation et d'étude de faisabilité.

VIII.10 La mise en oeuvre du SE - SONO :

Ce paragraphe a pour objectif de présenter l'ensemble des réflexions et des contraintes envisagées lors de la réalisation du SE - SONO et de la contribution à la réalisation d'autres systèmes pour d'autres type d'application (les systèmes POSEX, ECOL, RER) .

Trois types de problèmes seront traités :

- Les problèmes liés à la phase "avant de construire un SE spécialisé" ;
- Les problèmes liés à la phase de la construction du SE ;
- Les problèmes liés à la phase d'utilisation du SE spécialisé dans un environnement de CAO .

Les problèmes envisagés lors de la conception d'un SE spécialisé dans le Bâtiment :

La conception d'un SE spécialisé peut être présenté comme une fonction de trois variantes :

SE (DOMAINE, TECHNOLOGIE, ENVIRONNEMENT)

1 Les problèmes liés au domaine d'application :

Le choix seul des techniques de SE pour le développement évoque spontanément quelques points d'interrogation qui sont considérés nouveaux dans le monde de la CAO traditionnelle . Nous parlons moins d'algorithmes , et rarement de la structure des données. Ceux-ci ont été substitués par les éléments suivants :

L'expert ? , son existence, ses motivations envers une telle expérience , ses connaissances dans le domaine , son esprit de conception, sa stratégie de résolution, son mode de raisonnement, son efficacité, sa précision , sa rentabilité , ses possibilités de déplacements, sa disponibilité, etc. , qui sont des facteurs jouant un rôle non négligeable dès le début de la conception d'un SE;

La solution ?, son existence, sa nature (algorithmique ou non), sa transparence, sa complexité, sa formulation, sa présentation, sa vraisemblance, etc., qui sont également des contraintes liées plus ou moins à l'expert fournisseur de la solution.

2 les problèmes liés à la technologie du développement

A ce stade, le choix du langage de programmation le plus approprié (pour la gestion des données ou pour effectuer des calculs, etc.), la structuration d'un programme (programme principal, procédures, fonctions, etc.), la gestion des fichiers (initialisation, ouverture, fermeture etc.) ne sont plus les critères principaux du choix d'une technologie.

Ainsi, les critères d'une technologie appropriée portent essentiellement sur :

- les caractéristiques de la représentation des connaissances qui correspondent d'une part aux unités et aux fragments de connaissances des experts, et d'autre part à la façon dont elles sont présentées dans leurs sources.
- les caractéristiques de la logique de raisonnement adoptée, qui dépend de :
 - .la logique d'inférence choisie (celle des propositions ou celle des prédicats du premier ordre, etc.);
 - .la facilité de la mise à jour de la base de connaissances, que le système de résolution offre (lisibilité);
 - .la possibilité d'incorporer des connaissances de type procédurale (maniabilité);
 - .la faculté à accepter de nouvelles connaissances (extensibilité, transparence);
 - .la possibilité d'assurer des relations interactives avec d'autres systèmes de traitement (communicabilité);
 - .la capacité d'appeler ou d'ajouter des procédures externes au système (ouverture);
- la compatibilité entre le système de raisonnement choisi et les caractéristiques de la représentation des connaissances ;

3 les problèmes liés à l'environnement :

Dans un contexte de conception tel que le notre, il est clair que la réalisation du système de CAO est strictement liée à un environnement informatique spécialisé (SGBD; BD(s); logiciels de dessins graphiques, de calculs techniques, de gestion, etc.) permettant à chaque intervenant de mener ses actions dans les meilleures conditions.

Il faut que la technologie choisie soit homogène, cohérente et qu'elle puisse dialoguer (il s'agit de comprendre, se faire comprendre, interagir etc.) avec l'environnement défini ci-dessus .

Lors de la conception du SE - SONO, nous avons pris conscience de la majorité de ces problèmes. Nous n'avons pas pu les respecter tous pour les raisons suivantes:

-La transmission de connaissances que nous présentons ci-dessous sous la forme de règles :

Règle 1

SI (besoin d'expertise dans un domaine)
ET SI NON (disposer d'un expert dans le domaine)
ALORS (il faut trouver un expert)
fin règle

Règle 2

SI (besoin d'expertise dans un domaine)
ET SI (disposer d'un expert dans le domaine)
ALORS (analyser les connaissances de l'expert)
Et (formuler les connaissances de l'expert)
ET (les charger dans un support informatique)
fin règle

l'expérience acquise en réalisant le système SONO démontre qu'il serait raisonnable d'affecter un coefficient de vraisemblance à chaque condition mentionnée dans les règles précédentes . Cela veut dire qu'il n'est pas sûr de trouver un expert , et que si nous en disposons , il n'est pas évident de récupérer facilement et clairement une partie de ses connaissances.

-Les experts et les expertises dans le domaine choisi (évaluation acoustique en APS dans un contexte de CAO-Bâtiment) sont relativement limités;

-La recherche d'une technologie de raisonnement spécifique répondant aux besoins des concepteurs du bâtiment a débouché sur une configuration qui est l'origine de KRIS. Mais il est à noter que dans le domaine du bâtiment chaque expert a ses propres scénarii de raisonnements et ses propres exigences. Or la définition d'un outil absolu représente à l'heure actuelle la préoccupation principale des chercheurs en CAO-Bâtiment .

A ce propos, nous nous sommes contentés d'adopter le système KRIS disposant d'un noyau ouvert et extensible capable d'acquérir de nouveaux modules sans créer de changements fondamentaux dans sa structure de base.

-La disposition préalable d'une bonne partie de l'environnement de travail (le système PROJET, le Langage de Requêtes) pose certains nombre de contraintes à respecter surtout au niveau de la Zone de Travail (la Base de Faits).

Les problèmes de la construction de la BC:

Une fois que les sources de connaissances et les moyens méthodologiques et technologiques sont désignés, nous pouvons démarrer les processus de la construction d'une base de connaissances en acoustique qui consiste à :

- recenser et écrire les connaissances sous forme de règles de production ;
- implémenter l'ensemble de règles construites. Il s'agit de la mise en oeuvre et de la mise au point de la base de connaissances ;
- intégrer la BC dans un environnement de CAO spécialisé.

A chaque phase du développement cité ci-dessus le concepteur de la BC envisage des problèmes de nature variée.

1 les problèmes envisagés au niveau de l'écriture des règles :

La transmission des connaissances consiste à ce que la nature de l'objet transmis soit homogène. Or l'expression des connaissances cédées par l'expert est entièrement différente de celle qu'un support informatique peut traiter.

Donc la première tâche confiée au concepteur de la BC est d'analyser et de reformuler les connaissances.

Selon le profil informatique du concepteur de la BC, nous distinguons deux types de problèmes :

- 1.Ceux concernant des concepteurs ayant déjà pratiqué la programmation classique. A ce stade la difficulté est limitée au passage d'un langage de programmation procédurale et structurée, à un langage déclaratif dont l'ordre dans lequel les connaissances sont livrées n'a aucune importance.

Le fond du problème réside dans l'esprit de la représentation procédurale que beaucoup de concepteurs ont du mal à en dépasser et qui minimise les intérêts du langage déclaratif que les techniques des SE offrent.

- 2.Les problèmes auxquels tout concepteur risque d'être confronté, à savoir :

- L'appréciation de la règle de production comme unité de base de la représentation des connaissances;
- L'utilisation des fragments de connaissances indépendants et modulaires génère une redondance de certaines informations lors de la présentation des différents cas envisageables dans une situation donnée (ce cas est fréquent dans le bâtiment);
- L'expression des formules de calculs est assez longue car elle se fait sous forme de relations binaires (ce problème est spécifique à notre application et nous ne pouvons pas le généraliser);
- L'importance de l'exactitude de la syntaxe dans la BC;
- Les confusions dues à une méconnaissance quelconque de la logique du raisonnement , ou au fait que les concepteurs oublient que l'intelligence du système est artificielle et dépend entièrement d'eux . Pour mieux expliquer cette notion, nous prenons l'exemple suivant:

"L'évaluation de l'indice d'affaiblissement acoustique d'une paroi composite exige le calcul de la surface pleine de la paroi et celle de l'orifice . Le concepteur définit la surface totale de la paroi dans une règle et ainsi pour le percement attaché à cette paroi (en les calculant ou en les cherchant dans la BD, etc.) . Or, pour évaluer la surface de la partie pleine il suffit de déduire la surface du percement de la surface totale. Ceci peut être exprimé comme suit:

```

/REGLE 1
NATURE (F) = FACETTE
SURFACE (F) = ? (inconnu)
ALORS
SURFACE(F)<=== $CHERCHER SURFACE(F)
(en utilisant le langage de requêtes par exemple)
finrègle

```

```

/REGLE 2
NATURE (F) = FACETTE
TYPE (F) = COMPOSITE
NATURE (P) = PERCEMENT
ATTACHE-A(F) = (P)
SURFACE (P) = ?
ALORS
SURFACE (P) <=== $CHERCHER SURFACE (P)
fin règle

```

```

/REGLE 3
NATURE (F) =FACETTE
TYPE (F) = COMPOSITE
SURFACE (F) = (VALEUR 1)
SURFACE-NETTE (F) = ?
ALORS
SURFACE-NETTE (F) <=== $(SURFACE(F),SURFACE(P))
fin règle "

```

Nous voyons bien que les deux premières règles sont parfaitement justes, mais l'expert a oublié de redéfinir le percement dans la troisième règle; que va-t-il se passer ?

- 1er possibilité : s'il n'y a que ces deux objets dans la BF le concepteur aura un bon résultat ;
- 2ème possibilité : si le concepteur traite un projet de bâtiment dont le nombre d'objets traités est considérable, alors il a une forte chance d'avoir de faux résultats surtout s'il utilise le même prédicat (surface) pour d'autres composants ;
- 3ème possibilité : si le système dispose de la technique des langages orientés objets (Réf:95,96) (ce qui n'est pas notre cas) et que le système charge, après chaque appel d'un objet toutes les informations y afférent, le concepteur a une forte chance d'avoir un bon résultat sauf si la paroi possède plusieurs percements .

2 Les problèmes de l'implémentation de la base de règle :

En ce qui concerne la phase de la mise en oeuvre de la base de connaissances, c'est la présence ou l'absence d'un module de détection des fautes d'ordre syntaxique associé au système qui compte le plus pour faciliter cette tâche. Sinon nous considérons que cette phase du développement est la moins contraignante.

Par contre, la mise au point d'une base de connaissance est l'un des problèmes cruciaux à résoudre. A l'heure actuelle le seul moyen que nous disposons pour le faire est par l'exécution successive du système.

3 Les problèmes de l'intégration du SE à l'environnement de CAO proposé

Ce problème est à moitié résolu dès la définition des différents utilitaires du système de CAO, il suffit de savoir utiliser les primitives du Langage de Requêtes et celles du dessin graphique dans le corps d'une règle.

Les problèmes liés à L'utilisation d'un tel SE dans un environnement de CAO spécialisé

La philosophie de conception, définie lors de la réalisation du SONO, consiste en ce que les règles remplacent l'expert . Donc, elles doivent pouvoir regarder les plans , consulter les tableaux, dialoguer avec toutes les sources d'informations etc. Or, l'adoption d'un tel système exige d'une part un environnement de conception adapté, compatible et homogène, d'autre part une configuration matérielle adéquate .

Nous nous sommes contentés à de configurations logicielles et matérielles suffisantes pour tester les différentes phases de développement du SONO .

En effet, le problème de base qui se pose concerne la circulation des informations entre les différents pôles de l'environnement . L'efficacité de la circulation dépend essentiellement de la compatibilité des structures des données définies , un problème que nous prétendons résolu en implantant nos différents éléments d'aide à la conception autour d'un noyau central présentant un SGBD multi-bases (cf V.4.4).

VIII.11 Validité et limitation du système

SONO est un SE qui est capable d'évaluer et de diagnostiquer la performance acoustique d'un A.P.S du bâtiment . Son efficacité dépend largement de la quantité et de la qualité des informations dont il dispose au début du processus.

SONO est conçu dans un contexte permettant de compléter la quantité d'informations nécessaires en dialoguant avec les différents composants de l'environnement de CAO proposé, ou directement avec l'utilisateur .

Reste à résoudre les problèmes liés à la qualité des informations fournies par l'utilisateur ou par les autres sources consultées. SONO n'est pas censé vérifier la véracité d'une information donnée, il la prend telle qu'elle (fausse ou vraie). Par contre, toute nouvelle information déduite par SONO doit être impérativement munie d'une explication justifiant sa présence.

Grâce à ses environnements, SONO ne souffre d'aucune limitation d'ordre technique. Il est extensible tant qu'il y a des connaissances à ajouter à sa base de règles . Il est complètement indépendant du volume d'informations liées à un projet donné .

La seule contrainte technique qui peut être constatée à l'heure actuelle est le temps d'exécution qui dépend fortement de la masse d'informations stockées dans la base de faits . Ce problème peut être résolu en optimisant le mécanisme d'exploitation du moteur d'inférence , et en intégrant la notion de méta-règle au système.

Du point de vue logique le système souffre de quelques faiblesses, à savoir :

- Il ne fait pas la différence entre une information fausse et une information inconnue , pratiquement toutes les informations fausses sont considérées inconnues , ceci pose des problèmes importants lors de la mise au point de la base de règles.
- Il ne dispose d'aucun moyen permettant de distinguer une information générale d'une information spécifique .
- Il ne dispose d'aucune sorte de compromis entre le traitement syntaxique des faits et leur traitement sémantique.
- A partir d'un certain moment après le déclenchement du système il ne pourra plus distinguer les faits factuels des faits déduits.

Ceci étant, beaucoup de travaux de recherche et de réflexion sur ces points particuliers, sont en cours .

VIII.12 Conclusion et extension

Résultats acquis

L'expérience acquise en réalisant le SE - SONO a mis l'accent sur :

- l'importance de l'insertion d'un langage de haut niveau pour l'expression des connaissances, dans un système de CAO-Bâtiment ;
- la facilité de la manipulation des fragments de connaissances indépendants et modulaires sous forme déclarative;

- la convivialité du système lors du déclenchement ou de l'explication du raisonnement .

D'autre part, l'utilisation d'une architecture d'un système de CAO-Bâtiment intégrant le démonstrateur de théorème "KRIS" fonctionnant en logique des prédicats du premier ordre, dont le langage d'expression de connaissances et la règle de production, nous a permis de retenir les acquis suivants :

- La logique des prédicats du premier ordre s'est avérée favorable à ce type de développement .
- La base de connaissances de SONO est en fait une base de faits dynamiques . Elle fournit des données de départ en provenance du système PROJET (SGBD multi-bases et des éditeurs 2 et 3 Dimensions), et une base de règles contenant les connaissances du domaine.
- Le langage déclaratif proposé par KRIS pour l'expression de connaissances est proche du langage naturel; il permet de désigner un objet par une variable dans le corps d'une règle; il est apte à appeler des procédures d'évaluation externe et à favoriser davantage les communications avec l'utilisateur en intégrant des utilitaires de gestion graphique de l'écran dans le corps des règles.
- La base de règle de SONO exerce en soi-même une sorte d'auto-contrôle lors de la description d'objets utilisés; elle évite les anomalies liées à la transmission de connaissances .

Les résultats obtenus confirment en premier lieu la fiabilité de l'architecture du système proposé , ils montrent entre autre l'efficacité apparente de l'utilisation des techniques des SE pour faciliter et enrichir parfois la représentation des connaissances.

Par ailleurs, nous avons repéré quelques aspects favorables à explorer, à savoir :

- La définition précise des objets traités dans chaque règle paraît parfois lourde. Il semble possible d'optimiser une interface orientée objets dans le corps du système (Réf:111);
- Le mécanisme d'exploitation de la base de connaissances et le temps d'exécution doivent être optimisés. En effet, ce problème se traduit par le volume d'informations et de leurs interconnexions dans le projet de bâtiment qui implique de grosses bases de faits et de règles. Le coût d'unification dans un moteur d'ordre 1 étant élevé il faut minimiser les temps de réponse pour rendre viable une utilisation réellement interactive des systèmes experts. Pour ce faire, il faudrait d'une part intégrer la notion

de méta-règles au système, et d'autre part utiliser des langages de programmation procédurale pour l'expression des connaissances de type procédural (algorithmes de calculs par exemple) qui seraient externes au SE et appelés par des règles;

- L'ergonomie de la mise au point de base de règles est également à développer. Il serait raisonnable d'associer un outil intelligent d'aide à la saisie de connaissances.

Extension proposée du système

Les questions posées au concepteur, ainsi que la qualification des objets produits qui doivent y répondre, constituent les éléments de base du contexte d'organisation et de sollicitation des domaines de connaissances convoqués par l'expertise.

C'est pourquoi la question d'une "connaissance" portant sur un "savoir" se déplace vers la constitution d'une "méta-connaissance" dont l'objet est de mettre en lumière les recompositions effectuées par l'expert. A tout moment, l'expert convoque des sous-ensembles de connaissances dans chacun des domaines, il en effectue la sélection ou le tri en fonction des questions à résoudre, lors d'évaluations partielles il fait interagir les paquets de connaissances entre eux dans un ordre et selon des modalités qui lui appartiennent.

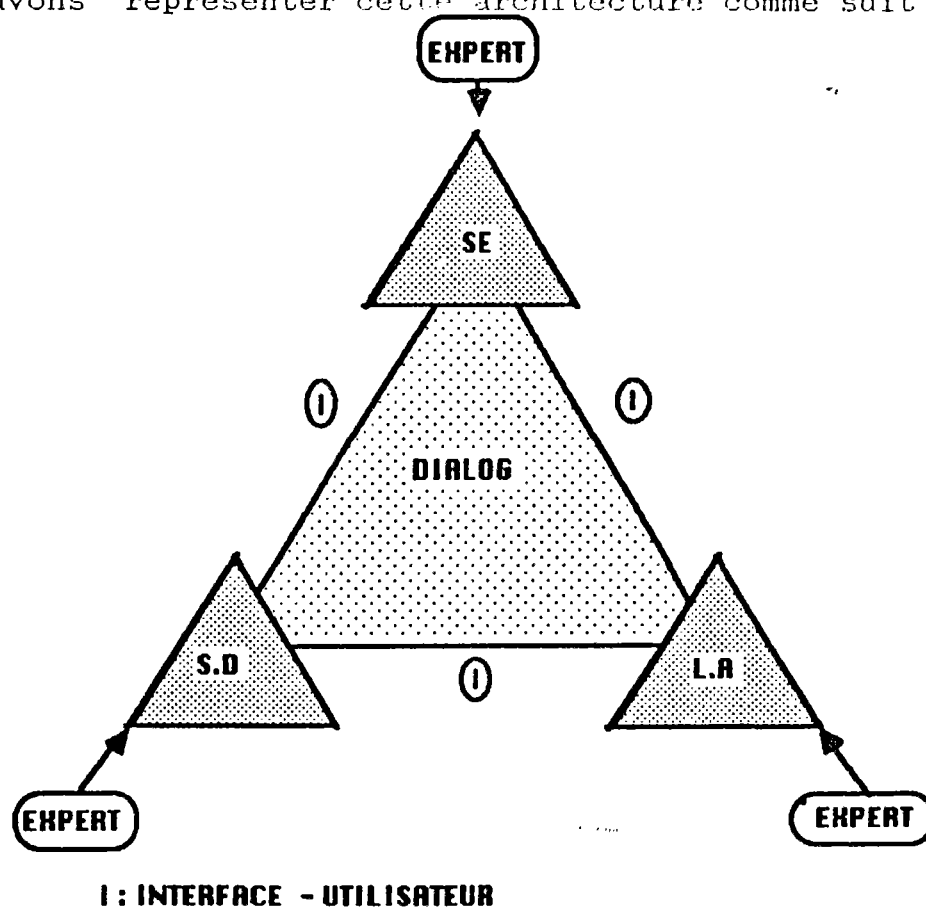
Nous n'allons pas remettre en question l'usage local des SE et leur ergonomie, mais nous mettons en question et en "recherche" la capacité à transcender les seules applications internes aux problématiques de chacun des domaines. Cela implique de construire de façon autonome et ouverte un système dans lequel l'interaction Homme-Système autorise l'expert à définir à sa propre demande les conditions et les hiérarchies pertinentes quant à son objet.

A cette fin nous suggérons d'adapter une nouvelle architecture du système afin que celle-ci soit plus ouverte et accessible par l'expert, ainsi que d'améliorer la performance de KRIS par l'intégration des techniques permettant l'utilisation des méta-connaissances.

L'architecture du système que nous proposons doit être à la fois compacte et interconnectée mais aussi souple. Elle doit fournir à ses interlocuteurs (expert, concepteur, contrôleur, etc.) un environnement qui est:

- communicatif, permettant un dialogue entre les différents experts impliqués;
- aisément accessible, autorisant les concepteurs à y accéder par plusieurs pôles;
- compréhensible, étant capable d'aborder les divers langages qu'un concepteur peut utiliser (langage graphique, numérique, alpha-numérique, etc.);
- suffisamment intelligent pour contrôler et pour optimiser la prise de décision et le processus de traitement et d'évaluation.

Nous pouvons représenter cette architecture comme suit (figure 51):



Dans ce schéma :

- SE : représente les techniques des Systèmes-Experts;
- SD : représente la Structure des Données;
- LA : représente les Logiciels d'Applications ;

Figure: 51

L'architecture du système DIALOG

La configuration multi-pôles qu'offre cette architecture donne la possibilité au concepteur de choisir le pôle d'intervention, le moyen de communication et le mode de travail qu'il souhaite.

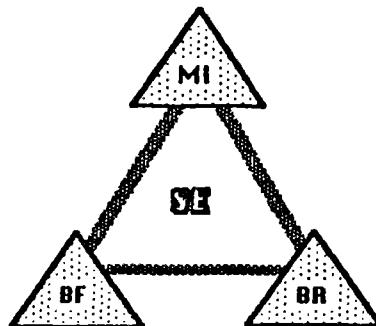
L'objectif principal de ce système est de définir à partir d'un univers hétérogène les relations entre différentes techniques informatiques et logiques qui nous paraissaient indispensables en cours de ce travail, pour mémoire :

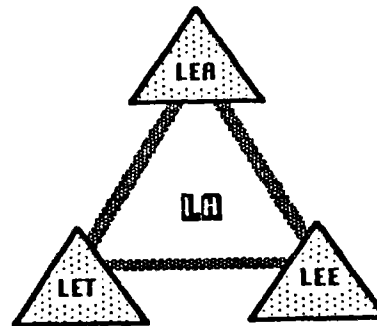
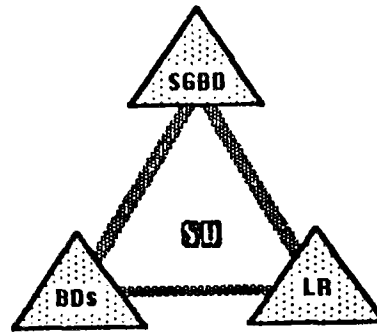
- les techniques de l'Intelligence Artificielle, notamment celles des Systèmes-Experts;
- les techniques de gestion des données (SGBD,LR);
- les techniques empiriques d'évaluation architecturale, modules techniques et économiques en A.P.S de Bâtiment. c'est pourquoi DIALOG est décomposé en trois sous systèmes (voir figure 52) :

S.E : Systèmes Experts;

S.D : Structure des données;

L.A : Logiciels d'Application.





Dans ces schémas :

MI = Moteur d'Inférence d'ordre 1

BF = Base de Faits

BR = Base de règles

SGBD = système de Gestion de Base de Données

BD(S)= l'ensemble des Bases de Données(projet, composant, externe)

LR = Langage de Requêtes

LEA = Logiciels pour l'Evaluation Architecturale

LET = Logiciels pour l'Evaluation Technique

LEE = Logiciels pour l'Evaluation Economique

Figure: 52

Les pôles du DIALOG

Ces utilitaires sont indépendants et déconnectés apparemment, lors de leur appel par l'utilisateur, mais ils ne le sont pas dans leur structure interne; par contre ils sont fortement interconnectés les uns aux autres et rigoureusement interdépendants. C'est cet aspect qui caractérise un tel système et son environnement .

L'utilisation des méta-connaissances

La maîtrise des risques d'explosion combinatoire est effectuée en générale à l'intérieur des moteurs d'inférence. Or les stratégies mises en oeuvre dépendent en générale du contexte de la recherche et sont donc fluctuantes. Il faut donc pouvoir les rendre explicites à l'intérieur du système par l'utilisation de méta-connaissances déclaratives.

Elles seront utilisées de plusieurs façons :

- au moment de l'acquisition des connaissances pour les structurer partiellement. En effet, un ordre de traitement est souvent le bon quelles que soient les données (exemple: les règles régissant les interactions). On peut donc effectuer une sorte de "compilation", mais qui ne peut être totale puisque dans certain cas un ordre à priori serait rédhibitoire pour les performances du système.
- lors de la résolution des problèmes pour choisir une stratégie dynamique de résolution évoluant selon le contexte (exemple: contrôle sur le nombres d'objets dans la base de faits intervenant dans la vérification des prémisses).
- pour aider l'expert à acquérir des connaissances ou l'utilisateur à faire évoluer le système.
- dans la base de règles elle-même en autorisant l'écriture par les experts du domaine de méta-règles spécifiques portant sur l'évolution des processus d'évaluation .

La méthodologie du développement proposé

En fait, deux types d'intégration sont envisagés, l'intégration dite entière et l'intégration dite partielle.

L'intégration entière

Elle consiste à adopter un certain nombre de produits disponibles :

- le système de gestion de base de données de type réseaux gérant les entités d'un projet architectural. il comprend aussi des modules de saisies graphiques 2D et 3D pour la modélisation du projet dans la base;
- le schéma conceptuel de la BD qui mémorise les objets, les types et les règles de génération des liens portant sur ces objets;
- le langage de requêtes , associé à la base de données, qui assure la gestion des manipulations des occurrences objets et de leur liens ainsi que les modifications du schéma conceptuel;

- le contrôleur qui vérifie la validité des requêtes utilisateur, vis à vis de l'état du système, et la cohérence de la logique d'appel des différents processus et de leurs paramètres.

L'intégration partielle

Elle consiste à n'intégrer que la partie "analyses" de certains aspects déjà traités. Ce sont les savoir-faire dans la conception d'un moteur d'inférence qui sont acquis lors de la réalisation de KRIS résolveur des problèmes (de type SNARK) fonctionnant en logique des prédicats du premier ordre et traitant des contraintes. Ces derniers sont conçus pour résoudre des problèmes liés à la conception de bâtiment; leur manipulation exige une base de règles dans le domaine à traiter et une base de faits liée à l'application en question.

Le problème vient de ce que les facultés manifestées par la structure et le fonctionnement d'un tel système vont dépasser la compétence des moteurs existants. Il sera donc nécessaire de concevoir un outil plus pertinent avec la nouvelle configuration.

Résultats souhaités

Nous attendons d'un tel développement d'arriver à :

- Concevoir un environnement hétérogène reliant les différents pôles du système qui soit capable de simuler, au plus près, l'univers réel de la conception;
- Associer à ces environnements une transparence à l'utilisation et une cohérence stricte et lisible lors de la manipulation des objets de conception;
- Assurer l'aspect extensible et évolutif des connaissances, par les experts;
- Rendre le système industrialisable, c'est à dire optimiser le temps et le coût d'exécution et prévoir l'utilisation des matériels de capacité relativement limitée (les micro-ordinateurs).

ANNEXE 1

Classement.	N° du texte.
536-0	229 (83-9 bis)

ARRETE DU 6 OCTOBRE 1978

relatif à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation contre les bruits de l'espace extérieur modifié par l'arrêté du 23 février 1983 (1).

Le ministre de l'environnement et du cadre de vie, le ministre de la santé et de la famille et le secrétaire d'Etat auprès du ministre de l'environnement et du cadre de vie (Logement) ;

Vu le code de la construction et de l'habitation, et notamment l'article R. 111-4 ;

Vu le code de l'urbanisme, et notamment les articles R. 111-1, R. 111-3-1, R. 111-15, R. 123-1 et suivants ;

Vu le décret n° 77-1066 du 22 septembre 1977 approuvant la directive d'aménagement national relative à la construction dans les zones de bruit des aérodromes,

Arrêtent :

Article 1^{er}.

Dans les bâtiments d'habitation à construire, et en vue d'apporter un degré supplémentaire dans la protection acoustique des occupants des logements exposés aux bruits des transports aériens et terrestres, les pièces principales et cuisines soumises à ces bruits doivent présenter un isolement acoustique conforme aux dispositions des articles 2 et 3 du présent arrêté.

Article 2.

Bruit autour des aérodromes. — Pour les habitations exceptionnellement admises dans les zones exposées au bruit des aérodromes, l'isolement acoustique des pièces principales et des cuisines vis-à-vis des bruits extérieurs doit être égal à 35 dB (A) en zone C.

(1) *Journal officiel* - N. C. du 11 novembre 1978 et *Journal officiel* - N. C. du 5 mars 1983.

La zone C est définie par les plans d'exposition au bruit des aérodromes visés par la directive d'aménagement national relative à la construction dans les zones de bruit des aérodromes approuvée par le décret n° 77-1066 du 22 septembre 1977 et complétée par le décret n° 81-533 du 12 mai 1981.

L'isolement acoustique visé au présent article s'entend pour un bruit rose limité aux octaves centrées sur 125, 250, 500, 1 000, 2 000 et 4 000 Hz.

Le bruit rose est un bruit aléatoire dont le niveau spectral par octave est constant.

Article 3.

Bruit des transports terrestres. — L'isolement acoustique des pièces principales et des cuisines exposées directement ou indirectement au bruit des transports terrestres doit être au minimum de 45 dB (A), 40 dB (A), 35 dB (A) ou 30 dB (A) dans les conditions déterminées par les autorisations d'utilisation du sol en fonction de la nature et de la typologie des voies de circulation avoisinantes, de la distance du bâtiment par rapport à ces voies et de la hauteur de la construction, conformément aux dispositions de l'annexe 1 au présent arrêté.

Les isollements acoustiques visés au présent article s'entendent pour un bruit extérieur ayant un spectre dont les valeurs relatives des niveaux de pression acoustique par rapport au niveau de pression dans l'octave centrée sur 1 000 Hz sont données dans le tableau suivant :

FRÉQUENCE CENTRALE de la bande d'octave (Hz).	DIFFÉRENCE DE PRESSION ACOUSTIQUE par rapport au niveau de pression à 1 000 Hz (dB).
125	+ 6
250	+ 5
500	+ 1
1 000	0
2 000	- 2
4 000	- 8

Article 4.

Les limites énoncées dans les articles 2 et 3 s'entendent pour des locaux ayant une durée de réverbération de 0,5 seconde à toutes fréquences.

Pour tenir compte des incertitudes liées aux mesures, une tolérance de 3 dB (A) sur ces limites est admise.

Article 5.

Les mesures destinées à vérifier que le niveau de qualité acoustique requis par le présent arrêté est atteint sont effectuées conformément à la norme NF S. 31-057 « Vérification de la qualité acoustique des bâtiments ».

Article 6.

Dans les communes faisant l'objet d'un plan d'occupation des sols rendu public ou approuvé, ou d'un document d'urbanisme en tenant lieu, le document d'urbanisme délimite les zones ou secteurs à l'intérieur desquels les bâtiments d'habitation sont soumis aux conditions d'isolation visées aux articles 2 et 3 ci-dessus.

Dans les autres communes, les dispositions de l'article 3 ci-dessus s'appliquent au voisinage des voies de circulation figurant sur une liste faisant l'objet d'un arrêté préfectoral publié au recueil des actes administratifs du département et affichée pendant un mois à la mairie desdites communes.

Article 7.

Les exigences de pureté de l'air et de confort thermique en saison chaude doivent pouvoir être assurées tout en conservant l'isolement acoustique prévu aux articles 2 et 3 ci-dessus, donc en maintenant fermées les fenêtres exposées au bruit dans les pièces suivantes :

Dans toutes les pièces principales et la cuisine lorsque l'isolement prévu est égal à 45 ou 40 dB (A) ;

Dans toutes les pièces principales lorsqu'il est égal à 35 dB (A) ;

Dans les chambres lorsqu'il est égal à 30 dB (A).

La satisfaction de l'exigence de pureté de l'air consiste à respecter l'arrêté du 24 mars 1982 relatif à l'aération des logements, les fenêtres mentionnées ci-dessus restant closes.

La satisfaction de l'exigence de confort thermique en saison chaude est ainsi définie : la construction et l'équipement sont tels que l'occupant peut maintenir la température des pièces principales à une valeur au plus égale à 27 °C du moins pour tous les jours où la température extérieure moyenne n'excède pas la valeur donnée dans l'annexe 2 au présent arrêté. La température d'une pièce est la température de l'air au centre de la pièce à 1,50 mètre au-dessus du sol.

Article 8.

Les dispositions du présent arrêté sont applicables aux projets de construction ayant fait l'objet d'une demande de permis de construire ou de prorogation de permis de construire six mois après la publication du présent arrêté.

Les constructions qui feront l'objet d'une déclaration d'achèvement des travaux postérieure à la date du 1^{er} janvier 1982 devront être conformes aux prescriptions du présent arrêté, et ce quelle que soit la date de demande de permis de construire.

Article 9.

Le directeur de la construction et le directeur de l'urbanisme et des paysages sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française.

Fait à Paris, le 6 octobre 1978.

Le ministre de l'environnement et du cadre de vie,

Pour le ministre et par délégation :

Le directeur du cabinet,

JACQUES DARMON.

Le ministre de la santé et de la famille,

Pour le ministre et par délégation :

Le directeur adjoint du cabinet,

BERTRAND FRAGONARD.

*Le secrétaire d'Etat auprès du ministre de l'environnement
et du cadre de vie (Logement),*

Pour le secrétaire d'Etat et par délégation :

Le chargé de mission,

JEAN-LOUP PICARD.

ANNEXE 2

Éléments d'acoustique :

Rappel de quelques notions élémentaires.

Acoustique :

C'est la pratique de la science et de la technique relative à l'étude des vibrations acoustiques et concernant leur protection, leur propagation et leurs effets (Réf:38).

SONIE :

Caractère de la sensation auditive lié essentiellement à la pression acoustique.

Phone :

Niveau d'isosonie d'un son.

Son :

C'est l'effet d'une vibration d'un corps matériel transmis par le milieu ambiant jusqu'à notre oreille (Réf:82).

Ondes sonores :

Ce sont des surpressions et des dépressions alternatives qui se propagent dans l'air avec une vitesse de 340m/sec environ (Réf:83).

Son pur

C'est le cas où les variations de la pression acoustique au cours du temps sont sinusoïdales.

Son complexe

C'est un son qui se compose de plusieurs sons sinusoïdales.

Célérité du son

C'est la vitesse du son qui varie suivant l'homogénéité et l'élasticité du corps qui le propage (Réf:85).

Période

C'est la différence minimale entre deux valeurs de la variable indépendante pour lesquelles se reproduisent identiquement toutes les grandeurs caractéristiques d'un phénomène périodique.

Fréquence

C'est le nombre de périodes par unité de temps.

Hertz

C'est l'unité de base pour mesurer les fréquences d'un son . C'est la fréquence d'un phénomène dont le nombre de périodes par seconde est égale à 1(Réf:86).

Amplitude

C'est la valeur maximale atteinte par une grandeur périodique (Réf:86).

Pulsation

C'est le produit de la fréquence d'un phénomène sinusoïdale par 2PI (Réf:86).

Longueur d'onde

C'est la distance parcourue par une onde acoustique pendant un cycle complet de vibration ou pendant une période.

Bruit

C'est un mélange complexe de sons de fréquences différentes (Réf:69).

C'est un son gênant, là où il gêne le son devient bruit (Réf:82).

C'est une vibration erratique intermittente ou statistiquement aléatoire (Réf:86).

Intensité physique du son

C'est le flux d'énergie par unité de temps et à travers l'unité de surface perpendiculaire à la direction de propagation de la vibration sonore (Watt/m²)

Intensité physiologique du son

C'est l'effet que provoque sur l'oreille l'intensité physique.

Hauteur du son

C'est la propriété du son qui le fait entendre grave ou aigu.

Spectre de bruit

C'est la représentation du niveau de pression acoustique en fonction des fréquences (Réf:87).

Timbre de bruit

C'est un caractère de la sensation auditive, qui permet de distinguer un ensemble de sons complexes de même fréquence fondamentale mais de composition spectrale différente. Un timbre est produit par la superposition de diverses harmonies ou sons fondamentaux.

Decibel

C'est une unité sans dimension utilisée pour exprimer le rapport des valeurs de deux puissances.

Niveau sonore

La sensation du son est proportionnelle au logarithme de l'excitation. D'une manière générale nous évaluons le niveau de bruits en fonction :

- de la pression acoustique
- de la puissance acoustique
- de l'intensité acoustique

Bruit blanc

C'est le bruit dont la densité d'énergie spectrale est constante. C'est à dire que ce bruit a une énergie spectrale uniformément répartie sur toute l'étendue des fréquences audibles.

Bruit rose

Un bruit est dit rose si le spectre de bruit est une horizontale

Octave

C'est l'intervalle entre deux sons dont les fréquences sont dans le rapport 2/1.

Niveau sonore équivalent

C'est le niveau d'intensité du bruit qui développe la même énergie produite par un bruit pendant une durée d'observation donnée T. Ou autrement dit, il correspond à la moyenne d'un signal sonore fluctuant au cours du temps pendant une durée d'observation T.

Champ direct

C'est le cas où la source émet en plein air ou dans une salle sans écho et sans réflexion.

Champ réverbéré

C'est le cas où la pression acoustique est à peu près la même dans tout le volume traité.

Champ difus

C'est le cas résultant de la superposition d'une infinité d'ondes planes d'égale intensité qui se propagent dans toutes les directions sans relation de phase entre elles (Réf:87).

ANNEXE 3

Elément d'histoire des procédures réglementaire ou incitatives en acoustique du bâtiment

Le problème du besoin d'une protection sonore des logements a préoccupé les pouvoirs publics dès les années 1950.

Le décret n° 55 1394 du 22 octobre 1955 constitue le premier repère temporel de l'évolution de cette préoccupation. Il comporte les "règles générales de construction des bâtiments d'habitation".

Le 1er décembre 1958, on voit apparaître une note technique sur l'isolement sonore, qui va être modifiée par la circulaire n° 6366 du 17 décembre 1963. Elle définit l'isolement acoustique normalisé moyen selon les fréquences graves, moyennes et aigües :

- entre l'extérieur et l'intérieur du bâtiment, (pièces principales et cuisines) : 15/20/25 dB
- entre deux pièces de logements différents : 36/48/54dB
- entre pièces principales (ou cuisine) et circulation: 30/38/38dB
- parois de séparation entre deux pièces principales et autres circulations et cages d'escalier: 34/45/51 dB
- Protection contre les bruits d'impact des sols: 66/62/51dB
- Protection contre les bruits d'équipements :
 - chambre à coucher maxi 30 dB A
 - salle de séjour 35 dB A

Les années 1960 sont plus généreuses que les précédentes :

Le 2 juin 1960, la circulaire n° 60 36 traite des caractéristiques des logements édifiés par l'Etat ou avec le bénéfice de l'aide de l'Etat.

Dans le C.P.T.F.M.U. (Cahier des prescriptions techniques et fonctionnelles minimales unifiées), le chapitre "Protection et Sécurité" recommande l'application des dispositions du décret 55.1394 quant à l'isolation phonique et revoie au cahier C.S.T.B n° 257.

Enfin apparaissent les premiers "Ingénieurs Conseils en Acoustique", qui réalisent une étude complète, le suivi et la surveillance du chantier, les mesures nécessaires, et qui assurent la garantie des résultats, pour des immeubles d'habitation répondant aux normes de confort acoustique poussées.

Le 17 décembre 1965, la note technique de 1958 est modifiée par la circulaire n° 6366 traitant de l'isolement sonore.

En effet, tous les processus concernant la protection des habitations contre les bruits extérieurs étaient à l'initiative du concepteur sans aucune obligation réglementaire jusqu'à la publication du décret 69.596 et des arrêtés d'application du 14 juin 1969, abrogeant le décret de 1955.

C'est le nouveau "Règlement de Construction". Il fixe avec une tolérance de 3 dB(A) :

- les niveaux sonores à ne pas dépasser dans les logements : 35 dB(A)
- les isolements acoustiques minimaux entre locaux d'habitation : 51 dB(A)
- entre locaux d'habitation et locaux commerciaux industriels : 56 dB(A)
- entre locaux d'habitation et lieux de circulation : 41dB(A)
- les isolements minimaux aux bruits d'impact : 70dB(A)
- niveaux sonores dus aux équipements collectifs dans les pièces principales : 30 dB(A)
- niveaux sonores dus aux équipements quelconques dans les pièces principales : 35 dB(A)
- niveaux sonores dus aux équipements collectifs dans la cuisine : 35 dB(A)
- niveaux sonores dus aux équipements quelconques dans la cuisine : 38 dB (A)

Le 10 février 1972 un nouvel arrêté sur le "Label Confort acoustique" vient concrétiser l'importance du besoin de protection.

Il permet aux organismes sociaux (H.L.M.) d'obtenir un prêt complémentaire dans la limite de 6,5 % du prêt principal à condition que les performances acoustiques des logements soient améliorées de 3 à 6 dB A par rapport aux normes de 1969 qui doivent être au minimum respectées pour l'ensemble des critères.

- Isolement acoustique entre deux appartements contigus :
 - . de chambre à chambre : 51 dB (A)
 - . de chambre à séjour : 54 dB (A)
- Isolement entre :
 - . chambre et circulation commune : 41 dB (A)
 - . salle à manger et circulation commune : 38 dB (A)
- Isollements minimaux aux bruits d'impact 67 dB (A)
- Niveaux sonores dus aux équipements collectifs à ne pas dépasser : 25 dB(A)
- Niveaux sonores dus aux équipements industriels à ne pas dépasser : 32 ou 30 dB(A).

De plus, le niveau d'isolementacoustique minimal des façades devra, selon la zone d'exposition, respecter les valeurs de : 42, 35 ou 30 dB(A).

Le respect des valeurs indiquées dans les différentes rubriques ci-dessus, détermine l'attribution de points conduisant à trois degrés correspondant à des niveaux croissants de qualité, notés label 1 étoile, 2 étoiles ou 3 étoiles :

- . 1 étoile = supérieur à 40% et inférieur ou égal à 70%
- . 2 étoiles = supérieur à 70% et inférieur à 100 %
- . 3 étoiles = égal à 100% .

En 1973 ce sont les premiers (C.R.G.) contrôlés par sondage, du règlement de construction qui apparaissent et se développent en lançant le "profil quaitel" dans les années 1974-1975; celui-ci tient compte des qualités thermiques et acoustiques de l'habitat.

Le 22 décembre 1975, le décret de 22 juin 1969 est modifié par un nouvel arrêté permettant de relever de 3 dB(A) la tolérance des niveaux sonores admis dans la cuisine et la salle d'eau et dus aux équipements individuels (38 dB(A) au lieu de 55 dB(A)).

Et depuis, les livres et les arrêtés se sont multipliés; à savoir :

Le 19 juillet 1976 :

- Loi sur la protection de l'environnement au voisinage des installations classées (remplace la loi du 19 décembre 1917).
- Elle fixe des niveaux sonores (en niveau énergétique équivalent : Leq) à ne pas dépasser (niveau de gêne de la population) :

de jour 7h à 20h :

Leq = 45 dB (A)

6h à 7h et 20h à 22h et jours fériés :

Leq = 40 dB(A)

de nuit 22h à 6h :

Leq = 35 dB(A)

et des critères d'acceptabilité des bruits moyens ambiants :

- zones rurales d'hôpitaux, détente :
valeur de base;
- zones résidentielles suburbaines :
valeur de base + 5 dB(A);
- zones résidentielles urbaines :
valeur de base + 10 dB(A);
- zones animées :
valeur de base + 15 dB(A);
- zones commerciales ou industrielles :
valeur de base + 20 dB(A);
- zones d'industries lourdes :
valeur de base + 25 dB(A) (voir également code d'urbanisme, article 70);

Le 7 juillet 1977

- Arrêté complémentaire à la loi du 19.07.76 sur les permis de construire en zone bruyante.

Le 4 janvier 1978

Article 7- Article L 111 du Code de la Construction.
Elle prévoit une garantie des performances réglementaires en vigueur en matière d'isolation acoustique, et ce, pendant une durée de 6 mois après la prise de possession par le premier occupant du logement.

Le 7 mars 1978

- Limitation du niveau sonore à 65 dB(A) lors de la création de voies nouvelles et à 60 dB (A) en zone pavillonnaire ou de loisirs .

Le 23 mars 1978

- Arrêté modifiant le label confort acoustique quant à la protection vis-à-vis des bruits extérieurs (façades) et assouplissement de la procédure d'attribution du label à titre provisoire après examen sur plan du projet avec attribution d'une partie de prêt complémentaire correspondant à l'étoile.

ZONES	I	II	III
Arrêté du 10.02.72	42	33	-
Arrêté du 23.03.78	42	35	30

Le 23 juin 1978

- Arrêté du Ministère de l'Industrie qui réglemente les chaufferies.

Le bruit engendré par une chaufferie située dans le même bâtiment que le local ne doit pas dépasser 30dB(A) dans un logement, un bureau ou une zone accessible au public. Quant à la chaufferie, elle ne doit pas générer un niveau de pression acoustique dépassant 50 dB(A) (niveau mesuré à 2 m des façades des logements, bureaux ou locaux recevant du public).

Le 6 octobre 1978

- Arrêté imposant une isolation minimale des logements par rapport aux bruits de l'espace extérieur lorsqu'il est constaté ou prévisible que des infrastructures linéaires (routes, etc...) ou des aérodrômes soumettent les façades à des niveaux sonores élevés : l'objectif est d'obtenir dans les pièces principales un niveau de bruit ne dépassant pas entre 8h et 20h un Leq de 35 +/- 3 dB(A).

Ainsi, selon les zones de bruits extérieurs, les isolements de façade des logements doivent être de 30, 45, 42 ou 50 dB(A), tout en respectant en été l'exigence de confort thermique : température maximum de 27 °C, fenêtres fermées.

En 1979

- Arrêté regroupant les aides financières pour l'amélioration du confort des logements sociaux :

PALULOS : (Prime pour l'amélioration des logements à utilisation locative et à occupation sociale) accordée sous réserve de conventionnement.

- Prime de 20% pour l'amélioration du confort soit 12.000 F/logement maximum
- Prime de 30 % pour l'amélioration de la thermique ou de l'acoustique soit 18.000 F/logement au maximum.

Le 30 janvier 1981

- La PALULOS peut être portée à 40% soit 28.000 F/logement au maximum pour des travaux d'amélioration thermique ou acoustique pour les logements les plus défavorisés (gros consommateurs d'énergie ou très sonores).

Le 7 juin 1982

- Création du Conseil National du Bruit.

Le 25 juin 1982

- Circulaire 22.57 relative aux travaux de protection phonique et d'isolation des façades nécessités par les infrastructures routières.

Le 23 février 1983

- Modification de l'arrêté du 6 octobre 1978 portant sur les isollements de façade dans les zones les plus bruyantes.

Le 2 mars 1983

- Modification de la circulaire du 7 mars 1978 sur l'action contre le bruit aux abords des grandes infrastructures.

- En cas de création de voies nouvelles , le niveau sonore au droit des habitations devra se situer entre 60 et 65 dB(A) (leq 8h-20h) et aussi proche que possible de 60 dB A dans les zones résidentielles calmes.

Et plus spécialement dans les années 1983-1984 :

- Harmonisation des méthodes d'appréciation de la qualité des logements. Méthodes C.S.T.B. et Qualitel. Le label Confort Acoustique sera désormais délivré par l'association Qualitel (comme le label Hautes Performances Energétiques).

- Le S.N.I. (Syndicat National des Entreprises d'Isolation) prépare un code de garanties sur les travaux d'acoustique dans le bâtiment à l'instar de ce qui a été fait précédemment (1982-1983) pour le code de garanties sur les travaux d'acoustique industrielle.

Le 25 janvier 1984

- Arrêté prenant en compte les volumes vitrés dans la surface habitable, sous certaines conditions,

néanmoins, les mesures prises pour améliorer l'isolation
sur l'extérieur peuvent accroître l'isolation
acoustique des logements par rapport aux bruits de
l'extérieur.

ANNEXE 4

Analyses bibliographiques de méthodes de conception

Les méthodes, théoriques et pratiques font l'objet de notre recherche bibliographique. Une méthode théorique est l'ensemble des principes et des modules d'évaluation, qui sont justifiés théoriquement et expérimentalement et qui sont rarement pratiqués par les professionnels.

I Evaluation du niveau sonore régnant :

Deux types d'évaluation sont prévus : l'évaluation directe et l'évaluation indirecte ou implicite.

I.1 L'évaluation directe :

C'est l'évaluation assistée par les règles d'interprétation physique et les principes de calculs mathématiques.

Nous notons que la majorité des experts a tendance à décomposer ce problème en deux sous-problèmes correspondant à la localisation des sources de bruits atteignant le bâtiment (Réf:70,72).

I.1.1 Le Bruit extérieur au bâtiment :

Les principaux sont les bruits des trafics aérien, terrestre, et ferroviaire auxquels nous pouvons ajouter les bruits transmis par la vibration du sol et les bruits émis par les chantiers de construction (Réf:34) ou les bruits au voisinage des voies de circulation (Réf:73).

A Le bruit du trafic aérien :

A ce propos nous distinguons deux situations :

- 1- Aéroport existant dans le voisinage ;
- 2- Aéroport en construction ;

J.JOSSE (Réf:70) propose d'utiliser les courbes d'isophonies (réseaux de base) pour déterminer le niveau de bruit au voisinage d'un point donné à partir du point de référence. Il faut également déterminer l'indice afin de reconnaître le type de la zone de bruit (A,B ou C) (Notion d'acoustique). Ce procédé exige des données spécifiques dont la satisfaction quantitative et qualitative est loin d'être assurée au niveau de l'A.P.S.

Cependant, bien d'autres auteurs ont tendance dans le cas d'un aéroport dans le voisinage, à définir le type de la zone de bruit d'avion à partir des règles établies par les différents arrêtés et circulaires ministériels.

B le bruit du trafic terrestre et ferroviaire

Il paraît important de différencier les méthodes d'évaluation adoptées par des entreprises particulières (fabricant des engins motorisés, etc.) de celles utilisées par les concepteurs du bâtiment. Les premières sont en générale spécifiques et détaillées; leur manipulation demeure donc strictement limitée aux laboratoires et aux bureaux d'études associés étant donné la qualité et la quantité des informations exigées.

le deuxième type de méthodes varie selon le degré de précision exigé, qui correspond souvent à l'état d'avancement du projet de conception. Nous distinguons les méthodes détaillées et les méthodes simplifiées. Quel que soit le type de la méthode, les principes de mesure tels que les horaires, les points de repérage, les points de réception, la prise en compte des conditions climatiques..., sont normalisés et contrôlés par les règlements (voir annexe 3).

B.1 Les méthodes détaillées

Les principes sont souvent les mêmes, mais les méthodologies de traitement varient, certains donnent des solutions spécifiques indépendantes les unes des autres pour les différents sous-problèmes; d'autres proposent des formules de calcul ordonnées et pilotées par une formule générale (Réf:38).

Ce type de méthodes pose au concepteur non acousticien, des problèmes liés aux types de données à acquérir et à leurs caractéristiques qualitatives et quantitatives.

B.2 Les méthodes simplifiées

Deux motifs principaux sont à l'origine de la recherche de méthodes d'évaluations simplifiées, à savoir :

- 1- Encourager la lutte contre le bruit extérieur en disposant de moyens manipulables et accessibles par des non-spécialistes.
- 2- Optimiser et enrichir la tâche de conception d'un projet en permettant la prise en compte des contraintes acoustiques dès le début du processus.

Nous allons présenter deux initiatives réussies qui sont conduites par les bureaux d'études du CETUR et les laboratoires de recherche du CSTB.

La méthode proposée par le CETUR

Cette méthode traite davantage les problèmes liés aux circulations terrestres et leurs rapports avec le tissu urbain.

L'approche de base des analyses effectuées peut être représentée sous la forme de l'organigramme suivant dont l'objectif est de favoriser la prise en considération de la protection gratuite des bruits extérieurs (éloignement, disposition des bâtiments les uns par rapport aux autres...etc).

Les outils de calcul associés à la méthode simplifiée sont destinés aux études des sites de grandes dimensions, aux études des projets routiers, à la prévision des niveaux sonores sur des sites non encore réalisés et à la définition et au dimensionnement des ouvrages de protection. En ce qui concerne la circulation routière, la méthode simplifiée permet de prévoir le niveau équivalent "Leq" en tissu ouvert ou non-ouvert (profil de la voie L ou U) grâce à ses formules analytiques simplifiées ou à l'aide d'une lecture directe des abaques et des tableaux proposés.

Les circulations ferroviaires sont également traitées dans le même esprit. Les utilitaires simplifiés servent à déterminer les différents paramètres qui paraissent nécessaires pour l'évaluation du niveau sonore maximum (L_{max}) qui est déterminé par une équation principale.

L'acquisition des données géométriques et des caractéristiques de la circulation est optimisée pour faciliter l'utilisation de ce procédé avec un degré de précision considérable.

Il nous semble intéressant de signaler que ces analyses ont permis la conception d'un "programme de calcul automatique des niveaux sonores dus à la circulation routière" (Réf:67)

La méthode simplifiée de prévision du niveau sonore proposée par le CSTB de Grenoble

Trois approches, dépendant de la complexité du site traité font l'originalité de ce procédé :

1 Le calcul de dégrossissage

Pour les sites dont la géométrie est simple et le nombre d'obstacles n'est pas grand, le raisonnement par l'acoustique géométrique s'effectue à partir des sources ponctuelles ou des éléments des sources linéaires .

2 Le programme de calcul

Pour les cas plus complexes qui exigent le calcul automatique pour une solution optimale, toutes les sources de bruit sont décomposées en sources ponctuelles élémentaires sur lesquelles sont appliquées les principes de raisonnement par l'acoustique géométrique .

3 Les modèles réduits

Pour des formes encore plus complexes qui échappent à l'acoustique géométrique, ou lorsque le cas traité est en dehors des limites des hypothèses de validité des procédures du raisonnement .

Le modèle réduit est une mesure purement expérimentale propre au centre de maquettes du CSTB à Grenoble.

Grosso modo les principes de décomposition qualitative des bruits extérieurs selon leur source et de l'évaluation des niveaux sonores en résultant sont assez identiques à ceux utilisés par la méthode simplifiée du CETUR. Par contre, dans certains cas qui exigent le recours à des informations spécifiques, l'acquisition de celles-ci peut provoquer des appels à d'autres ressources.

Les rapports (évaluation-complexité) et leurs traitements combinés, à la fois théoriques et expérimentaux, engendrent un degré de précision satisfaisant.

C Le bruit du voisinage

Le décret n° 69-380 du 18 avril 1969 impose des restrictions concernant les bruits émis par les matériels utilisés dans les chantiers de construction, qui ne doivent pas dépasser le niveau sonore fixé comme seuil de référence.

Nous considérons dans notre approche que les bruits produits par le voisinage sont réglementaires.

I.1.2 Le bruit intérieur au bâtiment

Les sources de bruit à l'intérieur du bâtiment sont extrêmement nombreuses, de nature multiple et difficilement maîtrisable.

Ces sources engendrent les bruits soit en excitant directement l'air ambiant (bruits aériens) soit en excitant indirectement les composants constituant le bâtiment lui-même.

A.CHAUMETTE, J.P.VIAN et R.JOSSE (Réf:34) ont classé les sources de bruits intérieurs au bâtiment de la manière suivante :

- les personnes
- les appareils radio, télévision, chaîne de reproduction électro-acoustique.
- les instruments de musique
- les équipements ménagers
- les installations

Les parois des locaux excités directement ou indirectement sont animés de mouvements vibratoires qui peuvent se communiquer à d'autres parois par suite de liaisons mécaniques et ainsi transmettre les bruits aux autres locaux. Il peut s'agir aussi de transmissions accidentelles dues à des ouvertures, à des conduites ou à des canalisations .

Ainsi, la prévision du niveau sonore exige une définition détaillée des caractéristiques géométriques du local, des caractéristiques des sources de bruit et du comportement acoustique des éléments constructifs et des modes de liaison entre ceux-ci.

Mr JOSSE (Réf:72) propose, pour évaluer le niveau sonore à l'intérieur d'un local de traiter séparément les deux types de transmission de bruits (aérien ou d'impact et des vibrations) et bien évidemment, il traite les bruits d'équipement.

Les bruits aériens sont transmis (directement, par diffraction ou indirectement) par :

- les parois, qu'elles soient de type simple, double, hétérogène ou composite pour lesquelles la transmission est souvent fonction de la masse, de l'élasticité, de la capacité à dissiper l'énergie sonore qui les traverse, de la présence de poches d'air, de la liaison élastique entre les éléments, de la liaison rigide entre les éléments, du type de couplage entre parois latérales, de l'angle de l'incidence sonore et de la fréquence sonore,

- les conduites. Leur capacité de transmission dépend de leur nature (absorbante ou non absorbante) et de l'altitude de la fréquence des bruits (haute, basse).

Les bruits d'impact et les vibrations sont transmis par les ossatures, les canalisations et les planchers; cette transmission est fonction de la nature des matériaux des canalisations, de leur indice d'affaiblissement linéique, de la nature de l'objet auteur du choc ou de la vibration, et des caractéristiques du revêtement du sol.

Les bruits d'équipements collectifs et individuels sont transmis également par les canalisations, les robinets et les radiateurs. La transmission est fonction des caractéristiques des équipements, de leur mode d'installation, de leur solidarisation ou désolidarisation par rapport aux autres éléments de construction et des mesures d'isolation prévues pour chaque type d'équipement.

La méthodologie proposée pour évaluer le niveau sonore dans un local est donc résumée comme suit (voir PUJOLLE) :

- . Déterminer la cause (transmission ou vibration);
- . Définir les caractéristiques des éléments de protection et de séparation;
- . Déterminer l'isolement des éléments constituant le local à traiter;
- . Evaluer le niveau sonore résultant.

La complexité et l'abondance caractérisant les informations nécessaires à l'évaluation acoustique au niveau de l'avant-projet sommaire, nous conduisent à nous référer, comme beaucoup de concepteurs, à la prévision implicite du niveau sonore à l'intérieur des locaux.

I.2 L'évaluation indirecte (implicite) :

Nous entendons par évaluation indirecte du niveau sonore, toutes les mesures prenant en compte, implicitement, un niveau de bruit forfaitaire estimé à la suite des expériences acquises. C'est la démarche typique des concepteurs qui utilisent des références réglementaires pour déterminer le taux d'isolement nécessaire pour chaque objet à traiter.

II Détermination du niveau d'isolement exigé :

Nous avons remarqué que les relations d'ordre, entre la précision du niveau sonore et la détermination de l'isolement nécessaire, changent radicalement au cours du processus d'évaluation. Autrement dit, quand il s'agit des bruits extérieurs au bâtiment il faut évaluer le niveau sonore aux pieds des façades, exposées directement ou indirectement à ces bruits, avant de déterminer l'isolement nécessaire ou plutôt réglementaire. Par contre, dans le cas des bruits intérieurs au bâtiment, cette stratégie est différente car, comme nous venons de le voir, la prévision du niveau sonore dans un local récepteur est indépendante des isolements réglementaires de ses composants mais elle est complètement liée à l'évaluation d'isolation de ces composants.

II.1 Face aux bruits extérieurs au bâtiment

En zone bruyante c'est l'arrêté du 6 octobre 1978 modifié le 23 février 1983 (voir annexe 3) qui détermine l'isolement minimal des éléments de construction.

Dans le cas d'une zone non bruyante, il est conseillé de respecter la circulaire n° N72-110 du 29 juin 1979 décrivant le Label Confort Acoustique pour déterminer l'isolement nécessaire.

II.2 Face aux bruits intérieurs au bâtiment :

Pour ce faire, deux types de choix sont proposés, soit l'arrêté du 14 juin 1969 (et ses modifications), soit l'arrêté du 10 février 1972 (et ses modifications) pour l'obtention du L.C.A.

III L'évaluation de l'isolation acoustique des composants :

Comme nous l'avons déjà évoqué, il semble que la protection dite gratuite soit fortement conseillée surtout quand nous cherchons une protection contre les bruits extérieurs. Ce procédé permet souvent d'optimiser l'isolation des composants du bâtiment notamment quand il est pris en compte en phase d'études préliminaires du projet (Réf:34).

N.B Nous tenons à signaler qu'il y a une différence importante entre la conception acoustique du bâtiment proprement dit, et les contrôles réglementaires de l'isolation des éléments du bâtiment.

La conception consiste à élaborer une proposition satisfaisante à partir d'un ensemble d'exigences variées. Par contre les procédures de contrôle réglementaire de l'isolation consistent à évaluer la performance acoustique d'une proposition donnée, ce problème faisant partie intégrante de la conception.

III.1 Evaluation de l'isolation contre les bruits extérieurs au bâtiment :

En fait, les méthodes d'évaluation proposées se répètent avec quelques différences au niveau de la précision des formules utilisées, cela étant dû à l'utilisation prévue du procédé. S'agit-il d'évaluer la performance d'un composant, dans un laboratoire ou sur place avec une équipe de contrôle? ou s'agit-il d'évaluer un projet de bâtiment en cours de conception?

Nous pouvons présenter ce problème comme suit :

- . La perception du bruit extérieur à l'intérieur du logement dépend :
 - de la capacité isolante de l'enveloppe du bâtiment
 - de l'environnement du bâtiment
 - de l'exposition du logement par rapport au bruit.

Les éléments cibles de cette partie de la conception sont les façades* qui représentent la préoccupation majeure des concepteurs, et les toitures (Réf:76).

* La façade est le mur, l'ouverture et les dispositions d'entrée d'air (Réf:43).

- . La démarche de conception proposée consiste à :
 - 1- Prendre en compte au maximum les protections dites gratuites.
 - 2- Déterminer les caractéristiques des bruits résultant (Réf:74)).
 - 3- Définir la composition des composants choisis.
 - 4- Sélectionner les algorithmes de calcul (de l'indice d'affaiblissement acoustique et de l'isolement) selon le contexte précédent.
 - 5- Vérifier la validité de la proposition selon un des types de mesure de l'isolation acoustique.

En général, les algorithmes choisis sont soit ceux proposés par le C.S.T.B et Qualitel, soit ceux proposés par le L.C.P.C. et le L.R.P.C qui consistent à utiliser comme outil de recherche et d'aide à la conception acoustique dans le bâtiment, des fichiers de mesure de contrôle acoustique tels que CAZA, CABAT, FACA... (Réf:75)

III.2 Evolution de l'isolation contre les bruits intérieurs au bâtiment :

Notre propos se limite à étudier les problèmes liés à la protection des occupants contre :

- 1- les bruits aériens, provenant des locaux voisins appartenant au même logement ou à d'autres logements

ou communs,

- 2- les bruits d'impacts et de chocs provenant des locaux superposés,
- 3- les bruits d'équipements.

Le but est alors de satisfaire les exigences de confort acoustique à l'intérieur du bâtiment. Ceci dépend :

- de la nature du bruit,
- du plan de logement et de la disposition relative des logements d'un même bâtiment,
- de la nature des parois et des planchers
- des équipements.

Les expériences acquises durant les trente dernières années ont permis de définir un ensemble de règles, de conseils et de recommandation devant être prises en compte d'une part lors de la conception du plan du logement et de la disposition relative des logements, et d'autre part lors de la définition des composants utilisés.

En tout état de cause, le concepteur ou le contrôleur est invité à déterminer la capacité d'isolation des composants. Pour ce faire, il existe trois types de mesure de l'isolation acoustique :

- 1- la mesure en laboratoire
- 2- la mesure dans les constructions faites suivant la norme NF-S31-002 ou bien suivant un code d'essai institué pour l'attribution du label confort acoustique
- 3- la mesure de contrôle sur place.

A cette fin, les concepteurs en phase d'études préliminaires disposent de quelques méthodes d'évaluation préalable permettant, en cas de mise en oeuvre suivie, d'avoir après construction, une performance acoustique plus ou moins identique à celle visée avant construction.

Ainsi, parmi les méthodes d'évaluation proposées, nous trouvons celles dont les principes de calcul sont simplifiés. Nous citerons la méthode de qualitel, les méthodes présentées par les Cahiers techniques de C.S.T.B, celles proposées par certains bureaux de contrôle tel que LASA Mr Meisser. D'autres méthodes sont également proposées mais elles exigent la disposition d'une bonne quantité d'informations très spécifiques dont l'acquisition est assurée par des centres de simulation spécialisés (Réf:34,73,77).

Ces méthodes permettent pour chaque type de bruit d'évaluer :

- l'indice d'affaiblissement acoustique
- l'isolement acoustique
- le niveau de pression de bruit de choc

IV La certitude des méthodes :

La certitude des méthodes d'évaluation dépend de la complétude des informations traitées, du degré de précision offert par les algorithmes adoptés , de la qualité de la mise en oeuvre de la construction et bien entendu des conditions dans lesquelles les mesures de contrôle sont effectuées.

Plus la qualité de l'information exigée est raisonnable moindre est le risque d'incomplétude.

Au niveau de l'A.P.S., le choix de méthodes appropriées est limité par la masse et la qualité d'informations disponibles. Les procédures de calculs simplifiées sont souvent empiriques et approximatives. Leurs résultats sont optimisés de manière à assurer une marge de sécurité en faveur du confort recherché. Ceci n'est vrai que si le suivi de la mise en oeuvre est assuré. Par contre l'incertitude liée aux mesures de contrôle est prise en compte par la réglementation (Réf:78, 79, 80, 81) .

ANNEXE 5

Label Confort Acoustique

MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT ET DU LOGEMENT

Direction de la construction.

Service technique.

Division de la réglementation technique.

547-0

Non parue J. O.

(72-54 bis)

CIRCULAIRE N° 72-110 DU 29 JUIN 1972
relative au « Label confort acoustique » (arrêté du 10 février 1972).

Circulaire abrogée par la présente circulaire : néant.

Circulaire modifiée par la présente circulaire :

Circulaire n° 68-25 du 19 août 1968.

Le ministre de l'équipement et du logement

à

*Messieurs les chefs de services régionaux (sous couvert
de Messieurs les préfets de région) ;*

*Messieurs les directeurs départementaux de l'équipement
sous couvert de Messieurs les préfets (pour attribu-
tion) ;*

*Messieurs les ingénieurs généraux des ponts et chaus-
sées ;*

*Messieurs les inspecteurs généraux, chargés de circonscrip-
tion territoriale (pour information).*

Les efforts entrepris pour l'amélioration de la qualité des logements ont surtout porté, jusqu'à présent, sur les composantes visibles de cette qualité et, notamment, sur la surface habitable et la qualité des équipements et revêtements.

Au moment où le public devient de plus en plus sensible à ce qui conditionne l'intimité de son cadre de vie et contribue à le protéger contre les nuisances de toutes sortes, il importe de s'attacher davantage à l'amélioration des composantes moins directement perceptibles telles que le confort acoustique.

En ce qui concerne ce dernier il s'est avéré nécessaire d'encourager les constructeurs à dépasser les niveaux d'isolation acoustique fixés par le règlement de construction du 14 juin 1969, par une rémunération spécifique liée à l'amélioration du confort acoustique.

Les arrêtés des 17 et 19 juillet 1971 relatifs à la détermination du montant des prêts accordés aux organismes d'H.L.M. pour les opérations locatives et pour les logements foyers, l'arrêté du 30 décembre 1971 relatif aux opérations d'accession H. L. M. prévoient la possibilité d'allouer un prêt complémentaire pour ces opérations lorsqu'elles satisfont aux exigences d'une bonne isolation acoustique.

L'arrêté du 10 février 1972 précise les conditions d'attribution du « Label confort acoustique » et du prêt complémentaire.

Vous voudrez bien trouver ci-dessous les instructions nécessaires à l'application de ces dispositions.

I. — Champ d'application.

Articles 1^{er} et 2.

I-1. Dans un premier temps l'attribution d'un prêt complémentaire est limitée au secteur de la construction d'habitations à loyer modéré (locative et accession).

Il n'est pas exclu que ces dispositions soient étendues ultérieurement à d'autres secteurs de la construction.

I-2. Cependant le « Label confort acoustique » peut être attribué à des opérations des secteurs autres que celui des habitations à loyer modéré, y compris les logements ne recevant aucune aide financière de l'Etat ; dans ce cas il n'ouvre droit à l'obtention d'aucun prêt complémentaire.

I-3. Le label peut être attribué quelle que soit l'importance de l'opération ; toutefois l'attention des maîtres d'ouvrage devra être attirée sur le coût des opérations de contrôle qui décroît beaucoup moins vite pour les petites opérations que le montant du prêt complémentaire susceptible d'être alloué.

I-4. Les dispositions concernant le « Label confort acoustique », y compris celles relatives au prêt complémentaire, sont applicables immédiatement même aux opérations en cours mais non terminées.

Nous souhaitons en effet que la politique que nous mettons en œuvre puisse trouver son application le plus tôt possible.

II. — Classement dans les zones de bruit d'une opération.

II-1. L'implantation de bâtiments d'habitation dont tout ou partie des façades se trouverait en zone I est très vivement déconseillée en raison des inconvénients graves que présentent ces bâtiments pour le confort de leurs occupants. Toutefois, si des bâtiments doivent malgré tout être construits dans cette zone, ils bénéficieront du label et du prêt complémentaire dans les conditions spéciales prévues pour la zone I, à cette précision près que le nombre de points attribués pour satisfaire l'exigence de protection contre les bruits extérieurs est le même en zone I qu'en zone II, et que de ce fait la différence de coût entre l'isolation nécessaire en zone II et celle nécessaire en zone I ne donne lieu à aucun prêt complémentaire.

II-2. D'après l'article 11 de l'arrêté précité il appartient aux directeurs départementaux de l'équipement de déterminer les zones de façade dans lesquelles sont situés les différents bâtiments ou parties de bâtiments de l'opération concernée.

II-3. Ce classement devra être effectué pour chaque demande de « Label confort acoustique » et sera porté à la connaissance du maître d'ouvrage.

II-4. Pour effectuer ce classement il sera tenu compte en ce qui concerne le trafic routier du niveau de pression acoustique perçu en façade estimé compte tenu :

- du trafic existant au moment de la demande de « Label confort acoustique » et de son évolution prévisible ; à moyen terme (10 ans) y compris le trafic de routes nouvelles à construire dans ce laps de temps ;
- de la distance du bâtiment au bord de la voie ;
- de l'orientation du bâtiment par rapport à cette voie ;
- de l'existence de masques.

Le classement d'une opération pourra être différent pour chaque bâtiment, voire même pour chaque façade, étant donné que le niveau du bruit perçu sur chaque façade sera différent suivant l'emplacement de celle-ci.

II-5. Vous trouverez en annexe à la présente circulaire les indications quantitatives nécessaires pour vous permettre de calculer l'incidence des critères de classement évoqués ci-dessus (cf. annexe I).

II-6. En ce qui concerne l'isolation des logements aux bruits extérieurs, le label est, pour le moment, limité au bruit du trafic routier ; il pourra éventuellement être étendu à d'autres sources de bruit.

II-7. Etant donné cependant qu'il serait anormal d'attribuer le label à des bâtiments se trouvant situés dans des zones de bruit autour des aéroports, sans que des mesures d'isolation acoustique soient prises en conséquence, il convient, pour le moment, d'assimiler à la zone de façade II de la présente circulaire, l'ensemble des bâtiments d'habitation dont la construction pourrait être autorisée dans les zones B et C mentionnées dans la circulaire du ministère des transports Ac n° 22 DBA du 26 octobre 1970.

II-8. Vous pourrez adapter, si vous le jugez utile, les dispositions de la présente circulaire concernant les bruits extérieurs à toute autre nature de bruit.

III. — Contrôles et mesures.

III-1. Les contrôles et mesures seront effectués soit directement par l'administration (C.E.T.E., U.O.C.), soit par des organismes de contrôle agréés.

III-2. Les organismes de contrôle seront agréés par l'administration centrale (direction de la construction, service technique, division de la réglementation technique) au vu de références techniques des organismes.

La liste des organismes de contrôle agréés vous sera adressée et devra être tenue à la disposition des maîtres d'ouvrage et entrepreneurs.

III-3. L'examen préalable du dossier prévu à l'article 15 de l'arrêté est destiné à éviter que maîtres d'ouvrage et entrepreneurs n'envisagent des travaux qui manifestement ne pourraient permettre l'obtention du « Label confort acoustique ».

Il sera effectué sur la base du projet établi pour la consultation de l'entreprise, ou des entreprises, susceptibles de réaliser l'opération ; ce projet devra comporter obligatoirement un bordo-

reau de renseignements normalisé, dont le modèle est joint à la présente circulaire, permettant une appréciation rapide des qualités du projet proposé en matière d'isolation acoustique (annexe II).

Cet examen préalable sera effectué avant la consultation des entreprises afin que le maître d'ouvrage et les entreprises puissent tirer le meilleur parti de l'avis formulé sur ce dossier.

Au surplus, les entreprises auront la possibilité d'apporter au projet, après avoir recueilli l'accord du maître d'œuvre, les modifications qu'elles jugeront nécessaires pour obtenir l'isolation acoustique exigée.

III-4. Les mesures effectuées par l'organisme de contrôle après exécution des ouvrages porteront sur un échantillonnage judicieusement choisi.

Le nombre de logements à tester, suivant l'importance de l'opération, est donné par le tableau ci-dessous :

EFFECTIF DE L'ÉCHANTILLON
en fonction de l'effectif du lot.

Effectif du lot.	Effectif de l'échantillon.
3 à 50 logements	2 logements
51 à 110 logements	3 logements
111 à 180 logements	4 logements
181 à 300 logements	5 logements
301 à 500 logements	7 logements
501 à 800 logements	10 logements
801 à 1.300 logements	15 logements

Un « Code des Essais » qui comportera la définition des appareils et des méthodes de mesure types sera adressé, par ailleurs, aux organismes de contrôle agréés. Ce document est joint à la présente circulaire à titre d'information (annexe III).

III-5. Afin de s'assurer de l'homogénéité des mesures effectuées par les divers organismes chargés du contrôle, la direction de la construction fera procéder, par sondages, à la vérification des mesures susvisées.

A cet effet, le C.S.T.B. est désigné comme organisme de contrôle pilote et instance d'appel. Il effectuera les mesures qui lui seront demandées soit à titre d'appel par les maîtres d'ouvrage, les entreprises ou l'administration, soit directement par l'administration.

III-6. Dans le cas où de nouvelles mesures seront demandées à titre d'appel, celles-ci comporteront obligatoirement une nouvelle exécution des mesures, objet du litige, dans des conditions identiques à celles contestées et une nouvelle série de mesures effectuées sur un échantillonnage de logements différent de l'échantillonnage initial.

IV. — Indications sur le nombre de points à attribuer.

IV — 1. DISPOSITIONS GÉNÉRALES

1.1. Vous trouverez dans les tableaux ci-après le détail des diverses rubriques visées à l'article 14 de l'arrêté du 10 février 1972.

Bâtiment collectif.

NIVEAU MAXIMAL de pression acoustique.		NOMBRE de points alloués.
Reçu dans :	Lorsque le bruit est émis dans :	
Une pièce principale 32 dB (A).....	Une pièce principale de même nature : 80 dB/octave.	3
La chambre la plus proche 27 dB (A).	D'une pièce humide : 80 dB/octave.	
Le séjour 29 dB (A).....	Une chambre : 80 dB/octave.	
Une chambre 29 dB (A).....	Le séjour : 80 dB/octave.	
Le séjour 29 dB (A).....	Une pièce humide : 80 dB/octave.	
Une chambre 29 dB (A).....	Une circulation commune : 70 dB/ octave	
Le séjour 32 dB (A).....	Une circulation commune : 70 dB/ octave.	
Les pièces principales 32 dB (A)....	Des locaux commerciaux ou industriels, des garages, des locaux collectifs ré- sidentiels : 85 dB/octave.	

Bruits aériens entre deux loge-
ments (art. 4).

	NIVEAU MAXIMAL de pression acoustique.		NOMBRE de points alloués.
	Reçu dans :	lorsque le bruit est émis dans :	
Bruits aériens à l'intérieur d'un logement (art. 8).	La partie du logement réservé au sommeil 35 dB (A).	L'autre partie du même logement : 70 dB/octave	2
Bruit d'impact (art. 5)	Les pièces principales 67 dB (A)	Toutes pièces par le bruit de choc transmis par les planchers	4
Bruits des équipements (art. 9 et 10).	Les pièces principales 25 dB (A)	Dans une autre partie quelconque du bâtiment, extérieure au logement considéré par : — un équipement collectif	3
	32 dB (A)	— tout autre équipement	2
	30 dB (A)	— dans n'importe quelle partie du logement considéré, par un équipement individuel	1
Bruit de trafic (art. 11)	Les pièces exposées aux bruits : — Isolation de 42 dB (A)	L'espace extérieur : — en zone I	5
	— Isolation de 33 dB (A)	— en zone II	5
		— en zone III	3

	NIVEAU MAXIMAL de pression acoustique.		NOMBRE de points alloués.
	Reçu dans :	Lorsque le bruit est émis dans :	
Bruits aériens entre deux logements (art. 6).	Un local quelconque de la maison : 27 dB (A).	Un local quelconque adjacent d'une maison voisine; cas de la maison proprement dite : 80 dB/octave.	6
Bruits à l'intérieur d'un même logement (art. 8).	La partie du logement réservée au sommeil : 35 dB (A).	Cas d'un local commercial ou industriel, des garages des locaux collectifs résidentiels : 85 dB/octave	
Bruit d'impact (art. 7)	Les pièces principales 64 dB (A).	L'autre partie du même logement : 70 dB/octave	2
Bruit des équipements (art. 9).	Les pièces principales 30 dB (A).	Toutes pièces, par le bruit de choc transmis par les planchers.....	4
Bruit de trafic (art. 11)	Les pièces exposées au bruit : — isolation de 42 dB (A)	Dans n'importe quelle partie du logement considéré, par un équipement individuel	1
	— isolation de 33 dB (A)	L'espace extérieur :	5
		— en zone I.....	
		— en zone II.....	
		— en zone III.....	5

Le nombre de points prévus pour chacune des rubriques du tableau figurant à l'article 14 de l'arrêté du 10 février 1972 ne peut être fractionné même dans l'hypothèse où l'isolation exigée ne serait atteinte que partiellement.

Les niveaux d'isolation acoustique prescrits et le nombre des points attribués ont été déterminés en fonction du niveau de confort ressenti par les occupants, qui est différent suivant la nature des bruits et la fonction des pièces où ils sont perçus, et du coût des ouvrages nécessaires.

IV-1.2. Aucun label, ni aucun prêt complémentaire, même partiel, ne pourront être accordés si le bâtiment n'est pas conforme au règlement de construction.

IV-1.3. Dans le souci de donner au « Label confort acoustique » une valeur suffisamment forte, seules pourront obtenir le label, et bénéficier éventuellement d'un prêt complémentaire, les opérations ayant obtenu au moins 40 p. 100 du nombre maximum des points susceptibles d'être attribués à l'opération considérée.

Cette disposition a été adoptée pour éviter qu'au prix d'un effort dérisoire certaines opérations puissent bénéficier du label.

IV-1.4. Le barème de cotation figurant à l'arrêté du 10 février 1972 a été établi en fonction de renseignements provenant d'une expérimentation limitée. Il est donc provisoire et sera revu dès que de nouvelles réalisations permettront de préciser les résultats obtenus jusqu'à présent.

IV-2. Dispositions particulières.

IV-2.1. Cas des immeubles collectifs.

En ce qui concerne les bruits aériens entre deux logements, les trois points ne sont attribués que si toutes les conditions prévues sont effectivement satisfaites simultanément.

Pour les équipements collectifs extérieurs au logement tels que : ascenseurs, chaufferies, échangeurs et sous-stations de chauffage, surpresseurs d'eau et transformateurs électriques, il ne sera alloué que deux points si le bâtiment ne comporte pas d'ascenseurs.

IV-2.2. Cas des maisons individuelles.

Il est accordé 6 points et 4 points pour la satisfaction des exigences fixées aux articles 6 et 7 de l'arrêté du 10 février 1972.

Cette cotation est essentiellement valable pour les logements en bande. Dans le cas de maisons jumelées, il ne sera accordé respectivement que trois et deux points. Aucun point n'est accordé dans le cas de maisons isolées.

IV-2.3. Dispositions communes à toutes les catégories de bâtiments.

2.3.1. En ce qui concerne la satisfaction de l'exigence visée à l'article 9 et pour laquelle il est accordé 1 point, il a été convenu de maintenir cette attribution en l'absence de chaudière individuelle de chauffage si une installation collective assure le même service d'eau chaude et de chauffage.

2.3.2. Par ailleurs, pour cette même exigence d'isolation contre les bruits de trafic, l'attention des maîtres d'ouvrage, architectes, bureaux d'études techniques, conseils techniques et entreprises

dolt être attirée sur le fait que la seule satisfaction des règles d'isolation acoustique est insuffisante si, par ailleurs, le confort thermique d'été n'est pas correctement assuré lorsque les fenêtres et les portes exposées au bruit sont fermées.

2.3.3. Détermination du nombre de points à attribuer à une opération, et du montant du prêt complémentaire dans le cas où les façades sont réparties en plusieurs zones de bruit.

Le classement en zone ayant été effectué dans les conditions fixées par la note de calcul jointe à la présente circulaire (cf. annexe I) il convient de calculer les différentes surfaces suivantes, étant entendu que, dans les cas tout à fait exceptionnels où une petite proportion de façade (10 p. 100 environ) serait malgré tout située en zone I, elle sera considérée comme étant en zone II et donc incluse dans S_{II} .

S_{II} (en m^2) = surface totale des façades situées en zone II.

S_{III} (en m^2) = surface totale des façades situées en zone III.

$S_{II} + S_{III} = S_T$ (surface totale de façade de l'opération considérée).

N_{II} le nombre de points obtenus par les logements concernés par la zone II ($N_{II} \leq 20$).

N_{III} le nombre de points obtenus par les logements concernés par la zone III ($N_{III} \leq 15$).

Le nombre moyen des points obtenus par l'opération est donné par la formule suivante :

$$N_T = N_{II} \frac{S_{II}}{S_T} + N_{III} \frac{S_{III}}{S_T}$$

N_T étant arrondi au nombre entier le plus proche et dans tous les cas inférieur ou égal à 20.

Le montant du prêt complémentaire (P.C.) est donc le suivant :

P.C. = $N_T \times 0,325$ % montant du prêt principal : H. L. M. et P. L. R.

P.C. = $N_T \times 0,26$ % montant du prêt principal : I. L. M. et I. L. N.

IV-2.3.4. Attribution du label - Détermination du maximum des points susceptibles d'être attribués à une opération dans le cas de façades réparties en plusieurs zones. Nombre d'étoiles à attribuer.

Calcul du maximum de points pouvant être attribués à l'opération considérée :

— soit :

P_{II} (en %) le pourcentage de surface de façades de l'opération situées en zone II $\left(P_{II} \% = \frac{S_{II}}{S_T} \times 100 \right)$

P_{III} (en %) le pourcentage de surface de façades de l'opération situées en zone III $\left(P_{III} \% = \frac{S_{III}}{S_T} \times 100 \right)$

Le maximum de points pouvant être attribué à l'opération est le suivant :

$$M = 20 \times P_{II} + 15 \times P_{III}$$

M étant arrondi au nombre entier le plus proche et dans tous les cas inférieur ou égal à 20.

Nombre d'étoiles du label. — Il est fixé comme suit :

$$\text{Si } 40 \leq \frac{N_T \times 100}{M} < 70 \text{ Label } *$$

$$\text{Si } 70 \leq \frac{N_T \times 100}{M} < 100 \text{ Label } **$$

$$\text{Si } \frac{N_T \times 100}{M} = 100 \text{ Label } ***$$

V. — Cahier des prescriptions spéciales.

V-1. En raison du caractère aléatoire attaché à l'attribution du prêt complémentaire, il a paru préférable de donner au supplément de prix correspondant à payer à l'entreprise la forme d'une prime.

Le prix global du marché doit donc normalement comprendre la réalisation des ouvrages de nature à permettre l'obtention du label étant entendu toutefois que l'entreprise est assurée d'obtenir la prime si elle réalise correctement les ouvrages prévus.

V-2. Cette disposition, les modalités du contrôle et la solidarité des entreprises dans la réalisation du confort acoustique ont rendu nécessaires des adjonctions au cahier des prescriptions spéciales tant des offices d'H. L. M. que des sociétés d'H. L. M.

Ces adjonctions font l'objet du document ci-joint (annexe IV).

VI. — Rémunération des organismes de contrôle.

VI-1. Dans les conditions actuelles et pour un ensemble type de mesures (80 mesures pour 5 logements), la rémunération des organismes de contrôle est fixée à 13.000 F, frais et déplacements compris.

Si le nombre des mesures doit être modifié, notamment en raison de l'importance du programme à tester, la rémunération est proportionnelle au nombre de contrôles à effectuer, déterminé conformément au tableau visé au paragraphe III-4 ci-dessus.

Les prix pourront être révisés par décision du ministère de l'équipement et du logement, dans la même proportion que l'augmentation moyenne des prix plafonds bâtiment, des différentes zones de prix, applicables aux habitations à loyer modéré à usage locatif.

VI-2. Les frais d'examen préalable sont fixés forfaitairement à 1.200 F par dossier. Ils pourront être révisés comme ci-dessus.

VI-3. Le montant des rémunérations est dans tous les cas réglé directement par le maître d'ouvrage, mais mis à la charge de l'entreprise au moyen d'une retenue sur les situations de travaux.

Dans l'hypothèse où des mesures de contrôle seraient effectuées sur appel d'une des parties à l'encontre de mesures initiales, le montant des rémunérations par logement testé sera identique et à la charge de l'appelant si les premières mesures sont confirmées, ou du premier organisme de contrôle dans le cas contraire.

VII. — Procédure administrative.

VII-1. Les décisions d'attribution ou de refus du « Label confort acoustique » sont de la compétence des préfets. Cependant, il est souhaitable que les préfets, ainsi qu'il est prévu à l'article 18 de l'arrêté du 10 février 1972, délèguent leur signature aux directeurs départementaux de l'équipement. Ces décisions doivent être notifiées aux maîtres d'ouvrage conformément au modèle de lettre joint à la présente circulaire (annexe V).

VII-2. Par ailleurs, la décision d'attribution du prêt complémentaire sera signée et notifiée dans les mêmes conditions que la décision principale, selon les modalités applicables en matière de financement des opérations d'I.L.M. à usage locatif (cf. circulaire n° 69-20 du 18 février 1969, paragraphe 24, page 30), et substituer la référence du bureau CH/FP 3 à celle du bureau CH/FP 1).

VII-3. Les directeurs départementaux de l'équipement devront faire connaître à la direction de la construction sous le timbre CH/TO 1 pour chaque label accordé le degré de ce label. Ils adresseront en même temps une copie du questionnaire normalisé et de la note de synthèse établie par l'organisme de contrôle.

VIII. — Publicité du « Label confort acoustique ».

Etant donné que la qualité de l'isolation acoustique ne peut être appréciée qu'après exécution des travaux, il convient d'éviter que pendant la période de la construction les maîtres d'ouvrage ayant sollicité l'attribution du label en fassent prématurément état.

C'est pourquoi l'article 19 a interdit à quiconque de se prévaloir du label, à quelque titre que ce soit, avant son attribution définitive.

Nous vous demandons de veiller attentivement au respect de cette disposition qui vise également la publicité qui serait organisée sur la demande du label.

Le ministre de l'équipement et du logement,

Pour le ministre et par délégation :

Le directeur de la construction,

R. LION.

ANNEXE 6

METHODE SIMPLIFIEES DE CETUR POUR LA PREVISION DES NIVEAUX SONORES

LA FORMULE GENERALE

$$Leq = 55 + 10 \log(Qv1 + EQp1) - 10 \log l + Kh + Kv + Kr + Kc$$

LES CORRECTIONS:

1 La correction de hauteur (Kh)

Pour un point situé à une hauteur (h) au-dessus du niveau du sol la distance réelle du récepteur à la source est plus importante que pour un point récepteur au niveau du sol. Le trajet direct de l'onde est d'autant plus important que la hauteur (h) est grande, et nous notons un affaiblissement du niveau croissant avec la hauteur.

$$k_h = - \frac{2(h-4)}{l} \quad \text{si } h > 4 \text{ m}$$

$$\text{et } k_h = 0 \quad \text{si } h \leq 4 \text{ m}$$

où l = largeur entre façade en mètres

h = hauteur du point récepteur par rapport au plan de roulement, en mètres.

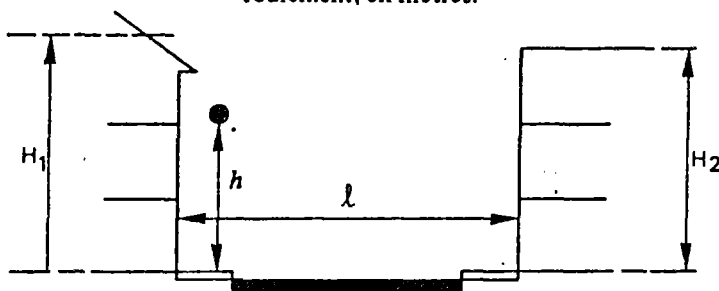


Schéma : correction de hauteur

2 Correction de vitesse (Kv)

En circulation urbaine pulsée, pour des rues de distribution et de desserte, la vitesse sera prise égale à 60km/h.

Si la vitesse moyenne est inférieure à 60km/h, nous n'appliquons pas de correction de vitesse.

Si la vitesse moyenne est supérieure à 60km/h, nous ajouterons 1dB(A) pour 10km/h en plus par rapport à 60km/h.

3 Correction de rampe (Kr)

Le bruit des véhicules légers est peu affecté par les rampes, sauf pour des allures très faibles. Les véhicules ne seront donc pas pris en compte pour la détermination de la correction de rampe.

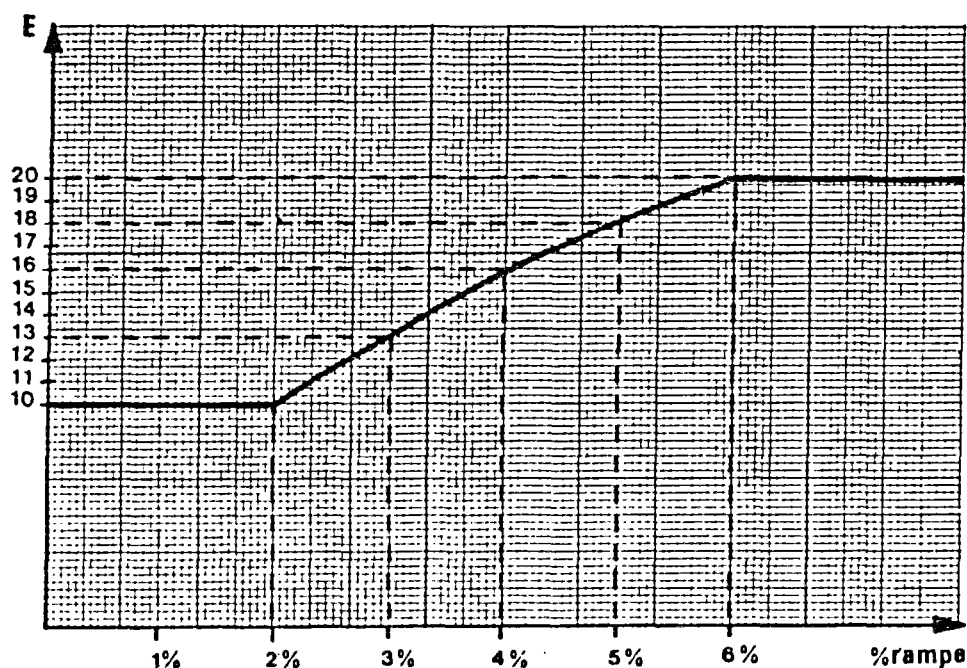
La prise en compte d'une rampe s'effectuera en augmentant de façon sensible le bruit moyen à l'émission des véhicules lourds. Pour la simplicité des calculs nous tiendrons compte de cet effet en modifiant le coefficient d'équivalence acoustique (E) comme suit :

- soit par le tableau indiquant les valeurs de E pour différentes valeurs de rampe (voir ci-dessous):

Le tableau ci-dessous indique les valeurs de E pour différentes valeurs de rampe :

E	10 (1 PL = 10 VL)	13	16	18	20
% de rampe	Inférieur ou égal à 2 %	3 %	4 %	5 %	Supérieur ou égal à 6 %

- soit en lecture directe de l'abaque ci-dessous:



*Equivalence acoustique entre un poids lourd et un véhicule léger,
en fonction de la rampe, pour un trafic urbain.*

3 Correction de carrefour (Kc)

la prise en compte de la présence d'un carrefour entre deux artères de circulation est une des nouveautés importante intriduite par la méthode simplifiée de CETUR. Le principe de cette correction consiste à calculer, poun point récepteur R situé à proximité d'un carrefour (distance inférieure à 200m), la valeur du bruit émis par la voie transversale qui doit être cumulé avec celui de l'artère principale pour connaître le niveau résultant en R (Réf:38).

ANNEXE : 7

LA STRUCTURE SYNTAXIQUE D'UNE REGLE DE PRODUCTION

Syntaxe proposée par : NAUR BACKUS

le caractère "v" désigne un blanc.

<Règle>:-vREGLEVvNUMEROv:vnnnn	(nnnn = nom de la règle)
vTRADUCTION	(commentaires sur une ou plusieurs lignes)
vREGLE	(début de la règle proprement dite)
v[SIV<antécédent>]*	(une ou plusieurs fois)
VALORS	
vvv<conséquent>*	(une ou plusieurs fois)
v<finrègle>	

<antécédent>	:-<relation> <argument> <opérateur> . <valeur>
<relation>	:-<relation quelconque> :-NOM
<argument>	:-(<djinn>) :-(<relation> <argument>)
<opérateur>	:-> :->= :-= :-< :-<=
<valeur>	:-v<argument> :-v<constante numérique> :-v<constante alphanumérique> :-vCONNU
<djinn>	:-<constante alphanumérique>
<conséquent>	:-<relation> (<djinn>) <op.affectation> <affectation> <c.v.> :-CREERV(<djinn>) :-TUERV(<djinn>) :-TUERFAITSv<relation> (<djinn>) :-TUERFAITv<relation> (<djinn>) (<djinn>) :-HARAKIRI
<op.affectation>	:-<-- :-<==
<affectation>	:-<valeur> :-<opération>
<opération>	:-<signe op> <valeur> <valeur>
<signe op>	:-+ :-= :-< :-/ :-MIN :-MAX :-
<c.v.>	:-<entier> (rien = 1 par défaut) (valeur numérique entre 0 et 1)
<fin règle>	:-FR :-FRvFINvETAPE

ANNEXE 8

Architecture et principes du logiciel "PROJET"

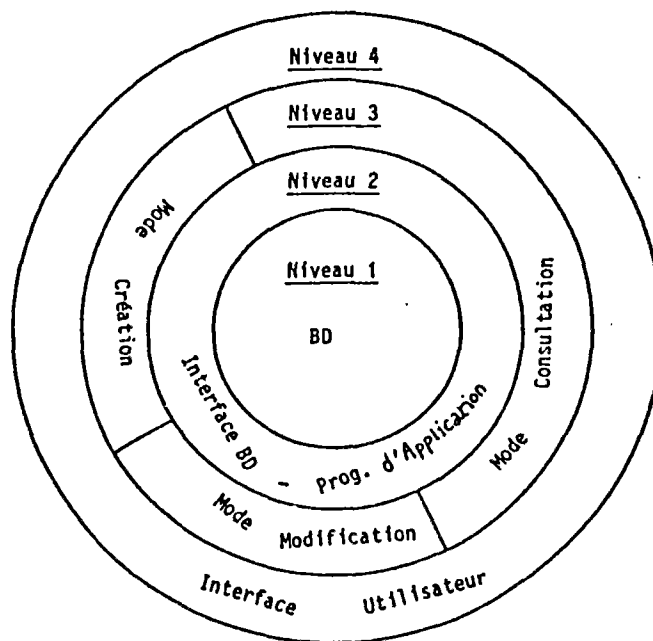
Le système "PROJET" peut se définir sous deux aspects :

- d'un point de vue externe, comme un système de CAO permettant de modéliser un bâtiment et d'assister l'architecte dans la mise au point de son projet. "PROJET" est un outil d'aide à la conception de bâtiments mis en oeuvre avec des techniques traditionnelles ou industrielles (composants compatibles) au stade de l'avant-projet d'architecture. Cette assistance peut se caractériser par la mise en oeuvre d'automatismes (complémentation, déduction et exploitation de liens, recalage, ...) de gestion de l'information, autorisant ainsi un développement progressif de la conception.

- d'un point de vue interne, comme un ensemble d'outils et d'utilitaires, permettant de développer rapidement de nouvelles applications (outils modulaires éventuellement interchangeables par les logiciels équivalents du marché).

Ces possibilités d'approche à des niveaux distincts sont la conséquence d'une conception par couches de l'architecture du système.

Elle peut se définir par le schéma suivant :



NIVEAU 1 : La base de données.

Elle gère la représentation interne du modèle de bâtiment et de ces différents constituants.



NIVEAU 2 : Les interfaces BD-programmes d'application.

Ce niveau correspond aux différents utilitaires de manipulation de la base de données.

NIVEAU 3 : Les applications internes et externes.

Ils se répartissent en trois "modes":

-Mode création-

Définition de la représentation d'un bâtiment, ou d'un composant donné.

-Mode modification-

Gestion des modifications du modèle déjà constitué dans la base.

-Mode consultation-

- . Programmes de calculs
- . Demande de visualisation
- . Consultation de bibliothèques

NIVEAU 4 : interface programmes d'application - utilisateur

Utilitaires géométriques: modeleur 2D/3D.

Les applications internes de "PROJET" gèrent un modèle interne décrivant le bâtiment. Ce modèle est constitué d'une "trame fil de fer" tridimensionnelle associée à un ensemble de composants (ouvrages, textes, symboles ...).

Ce squelette permet de définir la géométrie et la topologie du projet, et est constitué d'une hiérarchie d'objets:

- Le bâtiment
- les étages
- les unités volumiques élémentaires (UVE, volumes polyédriques quelconques) correspondant en général à la notion de pièces.
- Les facettes constitutives des UVE.

Les composants sont décrits graphiquement à l'aide de symboles 2D, gérés dans une bibliothèque générale, et de descriptions alpha-numériques, gérées par un système documentaire.

L'utilisation de "PROJET" peut se décrire schématiquement par deux phases distinctes:

- La première phase permet la saisie de la géométrie générale du bâtiment. Elle met en oeuvre des utilitaires de saisie 2D et 3D et permet de créer les entités du modèle dans la base.

Ces outils travaillent indépendamment du système, utilisant leurs propres structures de données, et sont simplement interfacés avec le système. Ils sont donc, en conséquence, interchangeables, pouvant être ainsi remplacés par des progiciels du marché. Ils peuvent enfin être utilisables dans des sessions de travail indépendantes du système général, ou activées à partir du contrôleur du système.

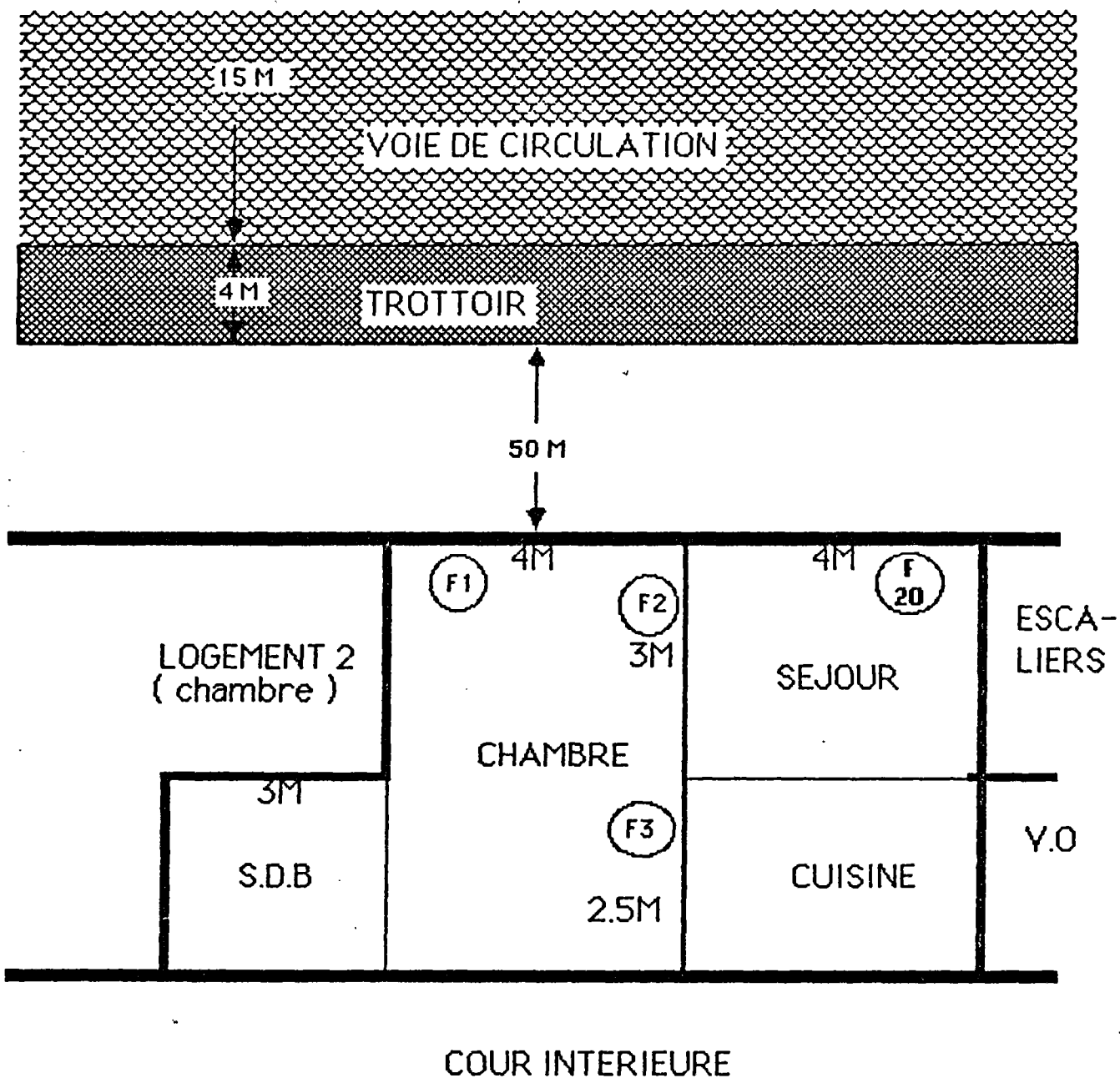
Cette idée d'utilitaires indépendants du système, dont les paramètres, et les accès sont gérés par le contrôleur, possède, semble-t-il, un réel avenir industriel à au moins deux niveaux :

- . elle autorise dans les premières phases de saisie de l'esquisse une utilisation déportée du système sur des postes de travail indépendants, permettant de minimiser les coûts d'exploitation.

- . elle représente la tentative de définir un système de CAO à partir de son architecture, comme un enchaînement de processus indépendants, dont on contrôle les paramètres et les lois d'activation.

- La deuxième phase d'utilisation du logiciel "PROJET" met en oeuvre les " connaissances contextuelles" stockées dans la base de données, activant une série d'automatismes déduits des liaisons entre les entités manipulées par l'utilisateur. Les utilitaires employés à ce niveau sont donc plus élémentaires, gérant par exemple: une désignation d'objets, une saisie d'un point ou d'un contour. Ils sont contrôlés par un moniteur général, vérifiant la validité des requêtes utilisateurs.

ANNEXE 9
Exemple d'évaluation assistée par ECHO



----- DEBUT DE PROCESSUS DE L'EVALUATION -----

 ----- ACCLSTIQUE DU BATIMENT - EN A.P.S -----

 MENU GENERAL :

- 1 - Definition de l'environnement du projet .
- 2 - Definition de l'isolement reglementaires des composants .
- 3 - Evaluation de l'isolation des composants .
- 4 - Evaluation du bruit des equipement .
- 5 - Calcul de la cotation qualitel .
- 6 - Impression des resultats .
- 7 - Fin d'evaluation .

Choisissez le traitement souhaite :

UTILISATEUR du systeme :... 1

Vous voulez travailler selon le Label Confort Accustique

 ou selon les Reglementations : L ou R ?

UTILISATEUR du systeme :... L

Donnez le nombre de voie concernees :

UTILISATEUR du systeme :... 1

Precisez la qualite de la voie : Transit,Arterielle,Divers .

UTILISATEUR du systeme :... TRANSIT

Y a-t-il un aeroport pres du batiment ?

UTILISATEUR du systeme :... NON

Donnez la rampe de la voie S.V.P :

UTILISATEUR du systeme :... 1

Donnez le type de la chaussee S.V.P : PAVE ou AUTRE

UTILISATEUR du systeme :... AUTRE

Prevoyez vous une voie dont la sinuosite forte ou non ?

UTILISATEUR du systeme :... NON

Donnez la vitesse maximale sur la voie :

UTILISATEUR du systeme :... 60

Precisez la classe de la voie : VCIU , VRU , AUT

UTILISATEUR du systeme :... VCIU

Donnez la largeur de la voie S.V.P :

UTILISATEUR du systeme :... 15

Donnez la largeur du trottoir S.V.P

UTILISATEUR du systeme :... 4

Precisez le niveau de la voie S.V.P :

- Terrain Naturel : TN
- Remblai ou Viaduc Grand Hauteur : RVGH
- Remblai Moyen Hauteur : RM
- Leger Deblai : LED
- Fort Deblai Paroi Vertical : FDPV
- Fort Deblai Paroi Incline : FORDPI

UTILISATEUR du systeme :... TN

Quel est le profil de la voie L ou U ?

UTILISATEUR du systeme :... L

Donnez la distance entre la voie et le batiment S.V.P

UTILISATEUR du systeme :... 50

Les moyens de transport traites sont :

- . VEHICULS LEGERS : VL
- . PCIDS LOURDS : PL
- . BUS
- . TRAIN
- . METRO

Donnez le nombre de moyens traites S.V.P :
 UTILISATEUR du systeme :... 3
 Designez le moyen de transport a traiter :
 UTILISATEUR du systeme :... VL
 donner le debit des v.l
 UTILISATEUR du systeme :... 5000
 donner la vitesse de V.L s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... 60
 Designez le moyen de transport a traiter :
 UTILISATEUR du systeme :... PL
 Donner le debit des P.L s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... 250
 Designez le moyen de transport a traiter :
 UTILISATEUR du systeme :... BUS
 donner le debit des BUS s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... 150
 Precisez le type de BUS : ACCE ou NONACCESSIBLE
 UTILISATEUR du systeme :... ACCE
 Est ce que le milieu urbain est TRADITIONNEL ou AUTRE
 UTILISATEUR du systeme :... TRADITIONNEL
 Est ce que le tissu urbain est CONTINU ou NONCON :
 UTILISATEUR du systeme :... CONTINU
 CALCUL DE DEBIT DE CIRCULATION

 Determination du facteur d'equivalence E .

FACTEUR D' EQUIVALENCE = 4

Facteur E = 4
 Debit total = 6000
 Debit vehicules legers = 5000
 Debit poids lourds = 250
 NOMBRE DE FILES DE CIRCULATION

 Numero de la voie etudiee est : 1
 Donnez le nombre de files de circulation continue S.V.P :
 UTILISATEUR du systeme :... 3
 Donnez le nombre de files de T.a.Gauche /0 s'il n'existe pas :
 UTILISATEUR du systeme :... 0
 Donnez le nombre de files de T.a.Droite S.V.P :
 UTILISATEUR du systeme :... 1
 Donnez le nombre de files stationnement S.V.P :
 UTILISATEUR du systeme :... 1

 Nombre total de files de circulations : 5

DEFINITION DE LA ZONE DE BRUIT

LA ZONE DE LA VOIE EST BRUYANTE
 DEFINITION DU TYPE DE LA VOIE

Numero de la voie : 1
 TYPE DE LA VOIE EST : I

.
 .
 .

MENU GENERAL :

- 1 - Definition de l'environnement du projet .
- 2 - Definition de l'isolement reglementaires des composants .

3 - Evaluation de l'isolation des composants .
 4 - Evaluation du bruit des equipement .
 5 - Calcul de la cotation qualitel .
 6 - Impression des resultats .
 7 - Fin d'evaluation .
 Choisissez le traitement souhaite :
 UTILISATEUR du systeme :... 2
 Donnez le numero du batiment s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... 1
 Est ce que le batiment est au bord d'une voie ?
 UTILISATEUR du systeme :... OUI
 Designez la voie la plus bruyante s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... 1
 Combien d'etage voulez vous evaluer ?
 UTILISATEUR du systeme :... 1
 Donnez le numero de l'etage s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... 1
 Donnez le niveau de l'etage : 0 si Rcc :
 UTILISATEUR du systeme :... 1
 Combien d'appartements contient cet etage ?
 UTILISATEUR du systeme :... 1
 Precisez la hauteur de l'etage s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... 3
 Donnez le numero de l'appartement s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... 1
 Donnez le nombre de pieces de l'appartement :
 UTILISATEUR du systeme :... 4
 Donnez le ncr de la piece : Chambre, Sejour, Pservice, Activite
 UTILISATEUR du systeme :... CHAMBRE
 Donnez le numero de la piece s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... 1
 Combien de facettes contient cette piece ?
 UTILISATEUR du systeme :... 8
 Voulez vous preciser le volume de la piece ?
 UTILISATEUR du systeme :... 60 (m3)
 Precisez la position de la facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... EXTERIEURE
 Est ce une facette Horizontale ou Verticale ? H ou V
 UTILISATEUR du systeme :... VERTICALE
 Est ce la facette donne sur une voie ?
 UTILISATEUR du systeme :... OUI
 Precisez si l'angle de vue de la voie de la facette est < ou > a 30 :
 UTILISATEUR du systeme :... 31
 Est ce qu'il y a un carrefour pres du batiment ?
 UTILISATEUR du systeme :... NCN
 Precisez la position de la facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... INTERIEURE
 Est ce une facette Horizontale ou Verticale ? H ou V
 UTILISATEUR du systeme :... VERTICALE
 Donnez le nom de la deuxieme piece contenant cette facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... SEJOUR
 Est ce que cette piece appartient au meme appartement ?
 UTILISATEUR du systeme :... OUI
 Precisez la position de la facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... INTERIEURE
 Est ce une facette Horizontale ou Verticale ? H ou V
 UTILISATEUR du systeme :... VERTICALE
 Donnez le nom de la deuxieme piece contenant cette facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... PSERVICE
 Est ce que cette piece appartient au meme appartement ?

UTILISATEUR du systeme :... OUI
 Precisez la position de la facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... EXTERIEURE
 Est ce une facette Horizontale ou Verticale ? H ou V
 UTILISATEUR du systeme :... VERTICALE
 Est ce la facette donne sur une voie ?
 UTILISATEUR du systeme :... NON
 Precisez la position de la facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... INTERIEURE
 Est ce une facette Horizontale ou Verticale ? H ou V
 UTILISATEUR du systeme :... VERTICALE
 Donnez le ncr de la deuxieme piece contenant cette facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... PSERVICE
 Est ce que cette piece appartient au meme appartement ?
 UTILISATEUR du systeme :... OUI
 Precisez la position de la facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... INTERIEURE
 Est ce une facette Horizontale ou Verticale ? H ou V
 UTILISATEUR du systeme :... VERTICALE
 Donnez le nom de la deuxieme piece contenant cette facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... CHAMBRE
 Est ce que cette piece appartient au meme appartement ?
 UTILISATEUR du systeme :... NON
 Precisez la position de la facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... INTERIEURE
 Est ce une facette Horizontale ou Verticale ? H ou V
 UTILISATEUR du systeme :... HORIZONTALE
 Donnez le nom de la deuxieme piece contenant cette facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... CHAMBRE
 Est ce que cette piece appartient au meme appartement ?
 UTILISATEUR du systeme :... NON
 Precisez la position de la facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... INTERIEURE
 Est ce une facette Horizontale ou Verticale ? H ou V
 UTILISATEUR du systeme :... HORIZONTALE
 Donnez le ncr de la deuxieme piece contenant cette facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... CHAMBRE
 Est ce que cette piece appartient au meme appartement ?
 UTILISATEUR du systeme :... NON
 Donnez le nom de la piece : Chambre, Sejour, Pservice, Activite
 UTILISATEUR du systeme :... PSERVICE
 Donnez le numero de la piece s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... 2
 Combien de facettes contient cette piece ?
 UTILISATEUR du systeme :... 5
 Voulez vous preciser le volume de la piece ?
 UTILISATEUR du systeme :... 22.5 (m3)
 Precisez la position de la facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... INTERIEURE
 Est ce une facette Horizontale ou Verticale ? H ou V
 UTILISATEUR du systeme :... VERTICALE
 Donnez le ncr de la deuxieme piece contenant cette facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... CHAMBRE
 Est ce que cette piece appartient au meme appartement ?
 UTILISATEUR du systeme :... NON
 Precisez la position de la facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... INTERIEURE
 Est ce une facette Horizontale ou Verticale ? H ou V
 UTILISATEUR du systeme :... VERTICALE
 Donnez le nom de la deuxieme piece contenant cette facette s.v.p :

UTILISATEUR du systeme :... CHAMBRE
 Est ce que cette piece appartient au meme appartement ?
 UTILISATEUR du systeme :... NON
 Precisez la position de la facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... INTERIEURE
 Est ce une facette Horizontale ou Verticale ? H ou V
 UTILISATEUR du systeme :... VERTICALE
 Donnez le nom de la deuxieme piece contenant cette facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... ACTIVITE
 Precisez le fonctionnement de la piece : Vide ordure,Chaufferie,Escalier,Ascenseur .
 UTILISATEUR du systeme :... CHAUFFERIE
 Est ce que cette piece appartient au meme appartement ?
 UTILISATEUR du systeme :... NON
 Precisez la position de la facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... INTERIEURE
 Est ce une facette Horizontale ou Verticale ? H ou V
 UTILISATEUR du systeme :... HORIZONTALE
 Donnez le nom de la deuxieme piece contenant cette facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... PSERVICE
 Est ce que cette piece appartient au meme appartement ?
 UTILISATEUR du systeme :... NON
 Precisez la position de la facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... INTERIEURE
 Est ce une facette Horizontale ou Verticale ? H ou V
 UTILISATEUR du systeme :... HORIZONTALE
 Donnez le nom de la deuxieme piece contenant cette facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... PSERVICE
 Est ce que cette piece appartient au meme appartement ?
 UTILISATEUR du systeme :... NON
 Donnez le nom de la piece : Chambre,Sejour,Service,Activite
 UTILISATEUR du systeme :... PSERVICE
 Donnez le numero de la piece s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... 3
 Combien de facettes contient cette piece ?
 UTILISATEUR du systeme :... 5
 Voulez vous preciser le volume de la piece ?
 UTILISATEUR du systeme :... 30 (m3)
 Precisez la position de la facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... INTERIEURE
 Est ce une facette Horizontale ou Verticale ? H ou V
 UTILISATEUR du systeme :... VERTICALE
 Donnez le nom de la deuxieme piece contenant cette facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... SEJOUR
 Est ce que cette piece appartient au meme appartement ?
 UTILISATEUR du systeme :... OUI
 Precisez la position de la facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... INTERIEURE
 Est ce une facette Horizontale ou Verticale ? H ou V
 UTILISATEUR du systeme :... VERTICALE
 Donnez le nom de la deuxieme piece contenant cette facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... ACTIVITE
 Precisez le fonctionnement de la piece : Vide ordure,Chaufferie,Escalier,Ascenseur .
 UTILISATEUR du systeme :... V.O
 Est ce que cette piece appartient au meme appartement ?
 UTILISATEUR du systeme :... NON
 Precisez la position de la facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... EXTERIEURE
 Est ce une facette Horizontale ou Verticale ? H ou V
 UTILISATEUR du systeme :... VERTICALE
 Est ce la facette donne sur une voie ?

UTILISATEUR du systeme :... NON
 Precisez la position de la facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... INTERIEURE
 Est ce une facette Horizontale ou Verticale ? H ou V
 UTILISATEUR du systeme :... HORIZONTALE
 Donnez le nom de la deuxieme piece contenant cette facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... PSERVICE
 Est ce que cette piece appartient au meme appartement ?
 UTILISATEUR du systeme :... NON
 Precisez la position de la facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... INTERIEURE
 Est ce une facette Horizontale ou Verticale ? H ou V
 UTILISATEUR du systeme :... HORIZONTALE
 Donnez le nom de la deuxieme piece contenant cette facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... PSERVICE
 Est ce que cette piece appartient au meme appartement ?
 UTILISATEUR du systeme :... NON
 Donnez le nom de la piece : Chambre,Sejour,Pservie,Activite
 UTILISATEUR du systeme :... SEJOUR
 Donnez le numero de la piece s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... 4
 Combien de facettes contient cette piece ?
 UTILISATEUR du systeme :... 4
 Voulez vous preciser le volume de la piece ?
 UTILISATEUR du systeme :... 36 (m3)
 Precisez la position de la facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... INTERIEURE
 Est ce une facette Horizontale ou Verticale ? H ou V
 UTILISATEUR du systeme :... VERTICALE
 Donnez le nom de la deuxieme piece contenant cette facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... ACTIVITE
 Precisez le fonctionnement de la piece : Vide ordure,Chaufferie,Escalier,Ascenseur
 UTILISATEUR du systeme :... ESCALIER
 Est ce que cette piece appartient au meme appartement ?
 UTILISATEUR du systeme :... NON
 Precisez la position de la facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... EXTERIEURE
 Est ce une facette Horizontale ou Verticale ? H ou V
 UTILISATEUR du systeme :... VERTICALE
 Est ce la facette donne sur une voie ?
 UTILISATEUR du systeme :... OUI
 Precisez si l'angle de vue de la voie de la facette est < ou > a 30 :
 UTILISATEUR du systeme :... 31
 Est ce qu'il y a un carrefour pres du batiment ?
 UTILISATEUR du systeme :... NON
 Precisez la position de la facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... INTERIEURE
 Est ce une facette Horizontale ou Verticale ? H ou V
 UTILISATEUR du systeme :... HORIZONTALE
 Donnez le nom de la deuxieme piece contenant cette facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... SEJOUR
 Est ce que cette piece appartient au meme appartement ?
 UTILISATEUR du systeme :... NON
 Precisez la position de la facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... INTERIEURE
 Est ce une facette Horizontale ou Verticale ? H ou V
 UTILISATEUR du systeme :... HORIZONTALE
 Donnez le nom de la deuxieme piece contenant cette facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme :... SEJOUR
 Est ce que cette piece appartient au meme appartement ?

```

UTILISATEUR du systeme :...   NCN
VOULEZ VOUS CHANGER,MODIFIEZ,REECRIVEZ LES XVIII TABLEAUX
UTILISATEUR du systeme :...   NON
Voulez vous changer ou modifier le XIX tableau ?
UTILISATEUR du systeme :...   NON
Voulez vous evaluer le type d'isolement ?
UTILISATEUR du systeme :...   CUI
NOMBRE DES FACETTES :          22
Type d'isolement de la facette :
-----
NUMERO DE LA FACETTE =          1
Recherche du type d'isolement .
-----
Type d'isolement de la facette est : B
-----
Isolement de la facette
.....
Recuperation cu type en cours
Recuperation du type d'isolement
Recuperation cu type d'exposition
=====
L'ISOLEMENT OBLIGATOIRE DE LA FACETTE EST :          40
=====
+++++
Isolement de la facette :          2 selon le L.C.A est =          57
+++++
+++++
Isolement de la facette :          2 selon les REGLEMENT =          54
+++++
+++++
Isolement de la facette :          3 selon le L.C.A est =          59
+++++
+++++
Isolement de la facette :          3 selon les REGLEMENT =          56
+++++
Type d'isolement de la facette :
-----
NUMERO DE LA FACETTE =          4
Recherche du type d'isolement .
-----
Type d'isolement de la facette est : B
-----
Isolement de la facette
.....
Recuperation cu type en cours
Recuperation cu type d'isclement
Recuperation cu type d'exposition
=====
L'ISOLEMENT CELIGATOIRE DE LA FACETTE EST :          35
=====
+++++
Isolement de la facette :          5 selon le L.C.A est =          59
+++++
+++++
Isolement de la facette :          5 selon les REGLEMENT =          56
+++++
+++++
Isolement de la facette :          6 selon le L.C.A est =          35
+++++

```

Isolement de la facette :	6 selon les REGLEMENT =	35
+++++		
Isolement de la facette :	7 selon le L.C.A est =	35
+++++		
Isolement de la facette :	7 selon les REGLEMENT =	35
+++++		
Isolement de la facette :	8 selon le L.C.A est =	35
+++++		
Isolement de la facette :	8 selon les REGLEMENT =	35
+++++		
Isolement de la facette :	9 selon le L.C.A est =	35
+++++		
Isolement de la facette :	9 selon les REGLEMENT =	35
+++++		
Isolement de la facette :	10 selon le L.C.A est =	35
+++++		
Isolement de la facette :	10 selon les REGLEMENT =	35
+++++		
Isolement de la facette :	11 selon le L.C.A est =	35
+++++		
Isolement de la facette :	11 selon les REGLEMENT =	35
+++++		
Isolement de la facette :	12 selon le L.C.A est =	35
+++++		
Isolement de la facette :	12 selon les REGLEMENT =	35
+++++		
Isolement de la facette :	13 selon le L.C.A est =	35
+++++		
Isolement de la facette :	13 selon les REGLEMENT =	35
+++++		
Isolement de la facette :	14 selon les REGLEMENT =	54
+++++		
Isolement de la facette :	15 selon le L.C.A est =	35
+++++		
Isolement de la facette :	15 selon les REGLEMENT =	35
+++++		
Type d'isolement de la facette :		

NUMERO DE LA FACETTE =	16	
Recherche du type d'isolement .		

Type d'isolement de la facette est : 8		

```

Isolement de la facette
.....
Recuperation du type en cours
Recuperation cu type d'isolement
Recuperation cu type o'exposition
=====
L'ISOLEMENT OBLIGATOIRE DE LA FACETTE EST : 35
=====
+++++
Isolement de la facette : 17 selon le L.C.A est = 35
+++++
+++++
Isolement de la facette : 17 selon les REGLEMENT = 35
+++++
+++++
Isolement de la facette : 18 selon le L.C.A est = 35
+++++
+++++
Isolement de la facette : 18 selon les REGLEMENT = 35
+++++
+++++
Isolement de la facette : 19 selon le L.C.A est = 35
+++++
+++++
Isolement de la facette : 19 selon les REGLEMENT = 35
+++++
Type d'isolement de la facette :
-----
NUMERO DE LA FACETTE = 20
Recherche du type d'isolement .
-----
Type d'isolement de la facette est : B
-----
Isolement de la facette
.....
Recuperation du type en cours
Recuperation cu type d'isolement
Recuperation cu type d'exposition
=====
L'ISOLEMENT OBLIGATOIRE DE LA FACETTE EST : 40
=====
+++++
Isolement de la facette : 21 selon le L.C.A est = 35
+++++
+++++
Isolement de la facette : 21 selon les REGLEMENT = 35
+++++
+++++
Isolement de la facette : 22 selon le L.C.A est = 35
+++++
+++++
Isolement de la facette : 22 selon les REGLEMENT = 35
+++++
----- DEBUT DE PROCESSUS DE L'EVALUATION -----
-----
----- ACOUSTIQUE DU BATIMENT - EN A.P.S -----
-----
-----
MENU GENERAL :
-----

```

1 - Definition de l'environnement du projet .
 2 - Definition de l'isolement reglementaires des composants .
 3 - Evaluation de l'isolation des composants .
 4 - Evaluation du bruit des equipement .
 5 - Calcul de la cotation qualitel .
 6 - Impression des resultats .
 7 - Fin d'evaluation .
 Choisissez le traitement souhaite :
 UTILISATEUR du systeme :... 3
 -
 Choisissez le temps de reverberation qui vous convient :
 0.5 , 0.8 , 1.0
 UTILISATEUR du systeme : 1.0
 -
 Numero du batiment : 1
 Numero de l'etage : 1
 Numero de l'appartement : 1
 Numero de la facette : 1
 -
 Avez vous choisi vos composants ?

 UTILISATEUR du systeme : Non
 -
 Prevoyez vous de :fenetres/portes ou porte-fenetres ?
 UTILISATEUR du systeme : Oui
 Attention :

 LA QUALITE DE VOTRE BAIE EST PREDCMINANTE POUR EVALUER LA QUALITE DU COMPOSANT
 -
 Voulez vous definir vous meme vos composants ?
 UTILISATEUR du systeme : Non
 -
 Suggestions:

 -
 1 : Recuperation des choix pris par d'autres intervenants .
 2 : Appel a la B.D.X .
 3 : Appel a la bibliotheque interne de SONO .
 UTILISATEUR du systeme : 3

BIBLIOTHEQUE.....
 N.B :
 SI VOTRE FACETTE CONTIENT DES BAIES VITREES ALORS VOTRE CHOIX REPRESENTE LA PARTIE OPAQUE
 Donnez le numero correspondant a votre choix s.v.p :
 1 : BLOC PLEIN c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"
 2 : BLOC CREUX c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"
 3 : BRIQUE PLEINE
 4 : BRIQUE CREUSE
 5 : BRIQUE PERFOREE
 6 : BETON CELLULAIRE
 UTILISATEUR du systeme :... 1
 Veuillez preciser l'epaisseur de votre facette en metre s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme : 2.0000000000000002E-01
 Numero de la facette : 1
 Donnez la surface de la facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme : 1.2000000000000001E+01
 La surface laterale est estimee = 2.000000000000000E+01
 -
 Combien de baies sont associees a cette facette ?
 UTILISATEUR du systeme : 1

Donnez la surface de la baie s.v.p :
UTILISATEUR du systeme : 1.10C00C000000000CE+00

Donnez son indice d'affaiblissement s.v.p :
UTILISATEUR du systeme : 2.80C00000000000002E+01

FR := 2.8219159760317524E+01

-

TREV := 1.00C0CC00000000000E+00
A:=0.16*V/TR 1.05600000000000002E+01

Donnez Dn10 souhaite ou 0 sinon :
UTILISATEUR du systeme : 3.50C0C0C0000000002E+01

X4 := 1.6573675032630530E+05

-

L'isolement de la facette DN est := 2.804245099C104315E+01

-

Avez vous choisi vos composants ?
.....
UTILISATEUR du systeme : Non

-

Prevoyez vous de :fenetres,portes ou porte-fenetres ?
UTILISATEUR du systeme : Oui

Attention :

LA QUALITE DE VOTRE BAIE EST PREDCMINANTE POUR EVALUER LA QUALITE DU COMPOSANT

-

Voulez vous definir vous meme vos composants ?
UTILISATEUR du systeme : Nor

-

Suggestions:

-

1 : Recuperation des choix pris par d'autres intervenants .
2 : Appel a la B.D.X .
3 : Appel a la bibliotheque interne ce SCNO .

-

UTILISATEUR du systeme : 3

.....BIBLICTHEQUE.....

N.B :

SI VOTRE FACETTE CONTIENT DES BAIES VITREES ALORS VOTRE CHOIX REPRESENTE LA PARTIE OPAQUE

Donnez le numero correspondant a votre choix s.v.p :

1 : BLOC PLEIN c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"
2 : BLOC CREUX c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"
3 : BRIQUE PLEINE
4 : BRIQUE CREUSE
5 : BRIQUE PERFOREE
6 : BETON CELLULAIRE

UTILISATEUR du systeme :... 2

Veuillez preciser l'epaisseur de votre facette en metre s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 1.00C00000000000000E-01

Numero de la facette : 2

Donnez la surface de la facette s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 9.00C00000000000000E+00

La surface laterale est estimee = 7.10C00000000000000E+01

-

Combien de baies sont associees a cette facette ?
UTILISATEUR du systeme : 1

Donnez la surface de la baie s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 1.80C00000000C00000E+00

Donnez son indice d'affaiblissement s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 2.80CCCCCCCCCCCC0000002E+01
FR := 2.3718110219761439E+01

-
Etes vous pret a donner plus de details ?

UTILISATEUR du systeme : Non

Est ce qu'il y a de problemes d'interphonie des conduits de ventilation dans votre local

UTILISATEUR du systeme : Non

-
Avez vous choisi vos composants ?

.....

UTILISATEUR du systeme : Non

-
Prevoyez vous de :fenetres/portes ou porte-fenetres ?

UTILISATEUR du systeme : Non

Voulez vous definir vous meme vos composants ?

UTILISATEUR du systeme : Non

-
Suggestions:

-
1 : Recuperation des choix pris par d'autres intervenants .

2 : Appel a la B.D.X .

3 : Appel a la bibliotheque interne de SONO .

-

UTILISATEUR du systeme : 3

.....BIBLIOTHEQUE.....

N.B :

SI VOTRE FACETTE CONTIENT DES BAIES VITREES ALORS VOTRE CHOIX REPRESENTE LA PARTIE OPAQUE

Donnez le numero correspondant a votre choix s.v.p :

1 : BLOC PLEIN c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"

2 : BLOC CREUX c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"

3 : BRIQUE PLEINE

4 : BRIQUE CREUSE

5 : BRIQUE PERFORÉE

6 : BETON CELLULAIRE

UTILISATEUR du systeme :... 2

Veuillez preciser l'epaisseur de votre facette en metre s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 1.CCCCCCCCCCCCCCCCCC000000E-C1

Numero de la facette : 3

Donnez la surface de la facette s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 7.50CCCCCCCCCCCCCCCC0000004E+00

La surface laterale est estimee = 6.65CCCCCCCCCCCCCCCC000000E+01

-
Etes vous pret a donner plus de details ?

UTILISATEUR du systeme : Non

Est ce qu'il y a de problemes d'interphonie des conduits de ventilation dans votre local

UTILISATEUR du systeme : Non

-

Numero du batiment : 1

Numero de l'etage : 1

Numero de l'appartement : 1

Numero de la facette : 4

-

Avez vous choisi vos composants ?

.....

UTILISATEUR du systeme : Non

-

Prevoyez vous de :fenetres/portes ou porte-fenetres ?

UTILISATEUR du systeme : Non

Voulez vous definir vous meme vos composants ?

UTILISATEUR du systeme : Non

Suggestions:

1 : Recuperation des choix pris par c'autres intervenants .

2 : Appel a la B.D.X .

3 : Appel a la bibliotheque interne de SONO .

UTILISATEUR du systeme : 3

.....BIBLIOTHEQUE.....

N.B :

SI VOTRE FACETTE CONTIENT DES BAIES VITREES ALORS VOTRE CHOIX REPRESENTE LA PARTIE OPAQUE

Donnez le numero correspondant a votre choix s.v.p :

1 : BLOC PLEIN c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"

2 : BLOC CREUX c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"

3 : BRIQUE PLEINE

4 : BRIQUE CREUSE

5 : BRIQUE PERFORÉE

6 : BETON CELLULAIRE

UTILISATEUR du systeme :... 1

Veuillez preciser l'epaisseur de votre facette en metre s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 2.0000000000000002E-01

Numero de la facette : 4

Donnez la surface de la facette s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 1.2000000000000001E+01

La surface laterale est estimee = 8.0000000000000005E+01

TREV := 1.0000000000000000E+00

A:=0.16*V/TR 1.05600000000000002E+01

Donnez Dn10 souhaite ou 0 sinon :

UTILISATEUR du systeme : 3.5000000000000002E+01

X4 := 3.2867108639482924E+04

L'isolement de la facette DN est := 3.5069024178627157E+01

Avez vous choisi vos composants ?

UTILISATEUR du systeme : Non

Prevoyez vous de : fenetres, portes ou porte-fenetres ?

UTILISATEUR du systeme : Oui

Attention :

LA QUALITE DE VOTRE BAIE EST PREDOMINANTE POUR EVALUER LA QUALITE DU COMPOSANT

Voulez vous definir vous meme vos composants ?

UTILISATEUR du systeme : Non

Suggestions:

1 : Recuperation des choix pris par c'autres intervenants .

2 : Appel a la B.D.X .

3 : Appel a la bibliotheque interne de SONO .

UTILISATEUR du systeme : 3

.....BIBLIOTHEQUE.....

N.B :

SI VOTRE FACETTE CONTIENT DES BAIES VITREES ALORS VOTRE CHOIX REPRESENTE LA PARTIE OPAQUE

Donnez le numero correspondant a votre choix s.v.p :

1 : BLOC PLEIN c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"

2 : BLOC CREUX c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"

3 : BRIQUE PLEINE

4 : BRIQUE CREUSE

5 : BRIQUE PERFOREE

6 : BETON CELLULAIRE

UTILISATEUR du systeme :... 2

Veuillez preciser l'epaisseur de votre facette en metre s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 1.000000C000000000E-01

Numero de la facette : 5

Donnez la surface de la facette s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 7.500000C000000000E+00

La surface laterale est estimee = 6.65C000C000000000E+01

Combien de baies sont associees a cette facette ?

UTILISATEUR du systeme : 1

Donnez la surface de la baie s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 1.80C000C000000000E+00

Donnez son indice d'affaiblissement s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 2.80C000C000C00002E+01

FR := 2.3162248108279392E+01

Etes vous pret a donner plus de details ?

UTILISATEUR du systeme : Non

Est ce qu'il y a de problemes d'interphonie des conduits de ventilation dans votre loc.

UTILISATEUR du systeme : Non

Avez vous choisi vos composants ?

.....
UTILISATEUR du systeme : Non

Prevoyez vous de : fenetres, portes ou porte-fenetres ?

UTILISATEUR du systeme : Non

Voulez vous definir vous meme vos composants ?

UTILISATEUR du systeme : Non

Suggestions:

1 : Recuperation des choix pris par d'autres intervenants .

2 : Appel a la B.D.X .

3 : Appel a la bibliotheque interne de SONO .

UTILISATEUR du systeme : 3

.....BIBLIOTHEQUE.....

N.B :

SI VOTRE FACETTE CONTIENT DES BAIES VITREES ALORS VOTRE CHOIX REPRESENTE LA PARTIE OPAQUE

Donnez le numero correspondant a votre choix s.v.p :

1 : BLOC PLEIN c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"

2 : BLOC CREUX c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"

3 : BRIQUE PLEINE

4 : BRIQUE CREUSE

5 : BRIQUE PERFOREE

6 : BETON CELLULAIRE

UTILISATEUR du systeme :... 2
 Veuillez preciser l'epaisseur de votre facette en metre s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme : 1.5000000000000000GE-01
 Numero de la facette : 6
 Donnez la surface de la facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme : 9.0000000000000000GE+00
 La surface laterale est estimee = 7.1000000000000006E+01
 -
 Etes vous pret a donner plus de details ?
 UTILISATEUR du systeme : Non
 Est ce qu'il y a de problemes d'interphonie des conduits de ventilation dans votre local ?
 UTILISATEUR du systeme : Non
 -
 Avez vous choisi vos composants ?

 UTILISATEUR du systeme : Non
 Veuillez preciser l'epaisseur de votre facette en metre s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme : 1.0000000000000000GE-01
 Numero de la facette : 7
 Donnez la surface de la facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme : 2.2000000000000001E+01
 La surface laterale est estimee = 2.4000000000000005E+01
 -
 Etes vous pret a donner plus de details ?
 UTILISATEUR du systeme : Non
 Est ce qu'il y a de problemes d'interphonie des conduits de ventilation dans votre local ?
 UTILISATEUR du systeme : Non
 -
 C'est facette horizontale exige le calcul de bruit de CHOC .
 -
 DETERMINATION DE NIVEAU DE PRESSION ACOUSTIQUE

 Les cas suivants sont disponibles ,precisez votre choix :
 DETERMINATION DE NIVEAU DE PRESSION-ACOUSTIQUE

 Les cas suivants sont disponibles , precisez votre choix :
 X1:DALLE PLEINE EN BETON
 X2:PLANCHER CORPS CREUX
 X3:DALLE FLOTTANTE SUR UNE DALLE PLEINE OU UN PLANCHER CORPS CREUX
 X4:PLANCHER METALLIQUE OU EN BOIS
 X5:PLANCHER A CAISSON
 Si pas de choix alors X0
 UTILISATEUR du systeme :... X2
 CHOIX DU REVETEMENT DE SOL

 Pourriez vous preciser l'efficacite normalise du revetement du sol: "DELTA-L" ?
 UTILISATEUR du systeme :... NON
MINI-BIBLIOTHEQUE..CHOIX DU REVETEMENT DE SOL

Nb	NOM	NATURE	EXPANSE	INCORPCRE	E:mm	M:kg/m2	L	A
1:	NELCA VIVA	TEXTIL	OUI	CUI	9	2.2	44	40
2:	TEMPLETON.C	TEXTIL	OUI	OUI	10	2.16	45	39
3:	NELCA MIDO	TEXTIL	OUI	OUI	8	2.1	49	34
4:	BAT TARAFLEX	TEXTIL				1.35		53 32
5:	MGM	TEXTIL	OUI	CUI	6	2	54	30
6:	SARLINO T.A	TEXTIL	OUI	OUI	7	1.9	50	54

.....Fin provisoire de la Bibliotheque.....
 ..Choisissez le numero correspondant..
 UTILISATEUR du systeme : 1
 -

Avez vous choisi vos composants ?

 UTILISATEUR du systeme : Non

-

Veillez preciser l'epaisseur de votre facette en metre s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme : 1.2000000000000001E-01
 Numero de la facette : 8
 Donnez la surface de la facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme : 2.2000000000000001E+01
 La surface laterale est estimee = 8.4000000000000005E+01

-

Etes vous pret a donner plus de details ?
 UTILISATEUR du systeme : Non
 Est ce qu'il y a de problemes d'interphonie des conduits de ventilation dans votre lcca
 UTILISATEUR du systeme : Nor

-

C'est facette horizontale exige le calcul de bruit de CHOC .

-

DETERMINATION DE NIVEAU DE PRESSION ACOUSTIQUE

 Les cas suivants sont disponibles ,precisez votre choix :
 DETERMINATION DE NIVEAU DE PRESSICN-ACCUSTIQUE

 Les cas suivants sont disponibles , precisez votre choix :
 X1:DALLE PLEINE EN BETON
 X2:PLANCHER CCRPS CREUX
 X3:DALLE FLOTTANTE SUR UNE DALLE PLEINE OU UN PLANCHER CORPS CREUX
 X4:PLANCHER METALIQUE CU EN BOIS
 X5:PLANCHER A CAISSON
 Si pas de choix alors X0
 UTILISATEUR du systeme :... X2
 CHOIX DU REVETEMENT DE SOL

Pourriez vous preciser l'efficacite ncrmalise du revetement du sol: "DELTA-L" ?
 UTILISATEUR du systeme :... NON
MINI-BIBLIOTHEQUE..CHOIX DU REVETEMENT DE SOL

Nb	NOM	NATURE	EXPANSE	INCORPORE	E:mm	M:kg/m2	L	A
1:	NELCA VIVA	TEXTIL	OUI	CUI	9	2.2	44	40
2:	TEMPLETON.C	TEXTIL	OUI	CUI	10	2.16	45	39
3:	NELCA MIDO	TEXTIL	OUI	OUI	8	2.1	49	34
4:	BAT TARAFLEX	TEXTIL			1.35		53	32
5:	MGM	TEXTIL	OUI	CUI	6	2	54	30
6:	SARLINO T.A	TEXTIL	OUI	OUI	7	1.9	50	54

.....Fin provisoire de la Bibliotheque.....
 ..Choisissez le numero correspondant..
 UTILISATEUR du systeme : 1

-

Avez vous choisi vos composants ?

 UTILISATEUR du systeme : Non

-

Prevoyez vous de :fenetres/portes ou porte-fenetres ?
 UTILISATEUR du systeme : Non
 Voulez vous definir vous meme vos composants ?
 UTILISATEUR du systeme : Nor

-

Suggestions:

 -

- 1 : Recuperation des choix pris par d'autres intervenants .
- 2 : Appel a la B.D.X .
- 3 : Appel a la bibliotheque interne de SONO .

 UTILISATEUR du systeme : 3

.....BIBLIOTHEQUE.....

N.B :
 SI VOTRE FACETTE CONTIENT DES BAIES VITREES ALORS VOTRE CHOIX REPRESENTA LA PARTIE OPAQUE
 Donnez le numero correspondant a votre choix s.v.p :

- 1 : BLOC PLEIN c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"
- 2 : BLOC CREUX c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"
- 3 : BRIQUE FLEINE
- 4 : BRIQUE CREUSE
- 5 : BRIQUE PERFOREE
- 6 : BETON CELLULAIRE

UTILISATEUR du systeme :... 2

Veuillez preciser l'epaisseur de votre facette en metre s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 1.5000000000000000E-01

Numero de la facette : 9

Donnez la surface de la facette s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 9.0000000000000000E+00

La surface laterale est estimee = 3.9000000000000001E+C1

 Etes vous pret a donner plus de details ?

UTILISATEUR du systeme : Non

Est ce qu'il y a de problemes d'interphonie des conduits de ventilation dans votre local ?

UTILISATEUR du systeme : Non

 Avez vous choisi vos composants ?

UTILISATEUR du systeme : Non

 Prevoyez vous de :fenetres/portes ou porte-fenetres ?

UTILISATEUR du systeme : Non

Voulez vous definir vous meme vos composants ?

UTILISATEUR du systeme : Non

 Suggestions:

- 1 : Recuperation des choix pris par d'autres intervenants .
 2 : Appel a la B.D.X .
 3 : Appel a la bibliotheque interne de SONO .

 UTILISATEUR du systeme : 3

.....BIBLIOTHEQUE.....

N.B :
 SI VOTRE FACETTE CONTIENT DES BAIES VITREES ALORS VOTRE CHOIX REPRESENTA LA PARTIE OPAQUE
 Donnez le numero correspondant a votre choix s.v.p :

- 1 : BLOC PLEIN c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"
- 2 : BLOC CREUX c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"
- 3 : BRIQUE FLEINE
- 4 : BRIQUE CREUSE
- 5 : BRIQUE PERFOREE
- 6 : BETON CELLULAIRE

UTILISATEUR du systeme :... 2

Veuillez preciser l'epaisseur de votre facette en metre s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 1.5000000000000000E-01

Numero de la facette : 10
 Donnez la surface de la facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme : 7.50C00000000000004E+00
 La surface laterale est estimee = 4.05C0000000000000C2E+01
 -
 Etes vous pret a donner plus de details ?
 UTILISATEUR du systeme : Non
 Est ce qu'il y a de problemes d'interphorie des conduits de ventilation dans votre local
 UTILISATEUR du systeme : Non
 Avez vous choisi vos composants ?

 UTILISATEUR du systeme : Non
 -
 Prevoyez vous de : fenetres, portes ou porte-fenetres ?
 UTILISATEUR du systeme : Oui
 Attention :

 LA QUALITE DE VOTRE BAIE EST PREDCMINANTE POUR EVALUER LA QUALITE DU COMPOSANT
 -
 Voulez vous definir vous meme vos composants ?
 UTILISATEUR du systeme : Non
 -
 Suggestions:

 -
 1 : Recuperation des choix pris par d'autres intervenants .
 2 : Appel a la B.D.X .
 3 : Appel a la bibliotheque interne de SONO .
 -
 UTILISATEUR du systeme : 3
 Veuillez preciser l'epaisseur de votre facette en metre s.v.p :

BIBLICTHEQUE.....
 N.B :
 SI VOTRE FACETTE CONTIENT DES BAIES VITREES ALORS VOTRE CHOIX REPRESENTE LA PARTIE OPAQUE
 Donnez le numero correspondant a votre choix s.v.p :
 1 : BLOC PLEIN c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"
 2 : BLOC CREUX c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"
 3 : BRIQUE PLEINE
 4 : BRIQUE CREUSE
 5 : BRIQUE PERFOREE
 6 : BETON CELLULAIRE
 UTILISATEUR du systeme :... 2
 UTILISATEUR du systeme : 1.50C00000000000000E-01
 Numero de la facette : 11
 Donnez la surface de la facette s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme : 9.00C00000000000000E+00
 La surface laterale est estimee = 3.9000000000000001E+01
 -
 Combien de baies sont associees a cette facette ?
 UTILISATEUR du systeme : 1
 Donnez la surface de la baie s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme : 2.50CCQC0000000000E-01
 Donnez son indice d'affaiblissement s.v.p :
 UTILISATEUR du systeme : 2.80G00000000000002E+01
 FR := 3.0166265291210661E+01
 -
 Etes vous pret a donner plus de details ?
 UTILISATEUR du systeme : Non
 Est ce qu'il y a de problemes d'interphonie des conduits de ventilation dans votre local

```

- UTILISATEUR du systeme : Non
-
Avez vous choisi vos composants ?
.....
UTILISATEUR du systeme : Non
-
Veuillez preciser l'epaisseur de votre facette en metre s.v.p :
UTILISATEUR du systeme : 1.5000000000000000E-01
Numero de la facette : 12
Donnez la surface de la facette s.v.p :
UTILISATEUR du systeme : 7.5000000000000004E+00
La surface laterale est estimee = 4.0500000000000002E+01
-
Etes vous pret a donner plus de details ?
UTILISATEUR du systeme : Non
Est ce qu'il y a de problemes d'interphonie des conduits de ventilation dans votre local ?
UTILISATEUR du systeme : Non
-
C'est facette horizontale exige le calcul de bruit de CHCC .
-
Avez vous choisi vos composants ?
.....
UTILISATEUR du systeme : Non
-
Veuillez preciser l'epaisseur de votre facette en metre s.v.p :
UTILISATEUR du systeme : 1.5000000000000000E-01
Numero de la facette : 13
Donnez la surface de la facette s.v.p :
UTILISATEUR du systeme : 7.5000000000000004E+00
La surface laterale est estimee = 4.0500000000000002E+01
-
Etes vous pret a donner plus de details ?
UTILISATEUR du systeme : Non
Est ce qu'il y a de problemes d'interphonie des conduits de ventilation dans votre local ?
UTILISATEUR du systeme : Non
-
C'est facette horizontale exige le calcul de bruit de CHCC .
-
Avez vous choisi vos composants ?
.....
UTILISATEUR du systeme : Non
-
Prevoyez vous de :fenetres/portes ou porte-fenetres ?
^ UTILISATEUR du systeme : Oui
Attention :
-----
LA QUALITE DE VOTRE BAIE EST PREDOMINANTE POUR EVALUER LA QUALITE DU COMPOSANT
-
Voulez vous definir vous meme vos composants ?
UTILISATEUR du systeme : Non
-
Suggestions:
-----
-
1 : Recuperation des choix pris par c'autres intervenants .
2 : Appel a la B.D.X .
3 : Appel a la bibliotheque interne de SONO .
-
UTILISATEUR du systeme : 3
-----

```

.....BIBLICTHEQUE.....

N.B :

SI VOTRE FACETTE CONTIENT DES BAIES VITREES ALORS VOTRE CHOIX REPRESENTA LA PARTIE OPAQUE

Donnez le numero correspondant a votre choix s.v.p :

1 : BLOC PLEIN c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"

2 : BLOC CREUX c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"

3 : BRIQUE PLEINE

4 : BRIQUE CREUSE

5 : BRIQUE PERFOREE

6 : BETON CELLULAIRE

UTILISATEUR du systeme :... 2

Veuillez preciser l'epaisseur de votre facette en metre s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 1.00C0000000000000E-01

Numero de la facette : 14

Donnez la surface de la facette s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 1.20C00000000000001E+01

La surface laterale est estimee = 4.70C00000000000001E+01

Combien de baies sont associees a cette facette ?

UTILISATEUR du systeme : 1

Donnez la surface de la baie s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 1.10C00000000000000E+00

Donnez son indice d'affaiblissement s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 2.80C00000000000002E+01

FR := 2.5723370100587319E+01

Etes vous pret a donner plus de details ?

UTILISATEUR du systeme : Non

Est ce qu'il y a de problemes d'interphonie des conduits de ventilation dans votre loca

UTILISATEUR du systeme : Non

Avez vous choisi vos compcsants ?

.....

UTILISATEUR du systeme : Non

Prevoyez vous de :fenetres/portes ou porte-fenetres ?

UTILISATEUR du systeme : Non

Voulez vous definir vous meme vos composants ?

UTILISATEUR du systeme : Non

Suggestions:

1 : Recuperation des choix pris par d'autres intervenants .

2 : Appel a la B.D.X .

3 : Appel a la bibliotheque interne de SONO .

UTILISATEUR du systeme : 3

.....BIBLIOTHEQUE.....

N.B :

SI VOTRE FACETTE CONTIENT DES BAIES VITREES ALORS VOTRE CHOIX REPRESENTA LA PARTIE CPAQU

Donnez le numero correspondant a votre choix s.v.p :

1 : BLOC PLEIN c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"

2 : BLOC CREUX c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"

3 : BRIQUE PLEINE

4 : BRIQUE CREUSE

5 : BRIQUE PERFOREE

6 : BETON CELLULAIRE

UTILISATEUR du systeme :... 2

Veuillez preciser l'epaisseur de votre facette en metre s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 1.500000000000000E-01

Numero de la facette : 15

Donnez la surface de la facette s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 7.500000000000000E+00

La surface laterale est estimee = 5.149999999999999E+01

Etes vous pret a donner plus de details ?

UTILISATEUR du systeme : Non

Est ce qu'il y a de problemes d'interphonie des conduits de ventilation dans votre local

UTILISATEUR du systeme : Non

Numero du batiment : 1

Numero de l'etage : 1

Numero de l'appartement : 1

.....BIBLIOTHEQUE.....

N.B :

SI VOTRE FACETTE CONTIENT DES BAIES VITREES ALORS VOTRE CHOIX REPRESENTE LA PARTIE OPAQUE

Donnez le numero correspondant a votre choix s.v.p :

1 : BLOC PLEIN c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"

2 : BLOC CREUX c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"

3 : BRIQUE FLEINE

4 : BRIQUE CREUSE

5 : BRIQUE PERFOREE

6 : BETON CELLULAIRE

UTILISATEUR du systeme : ... 1

Numero de la facette : 16

Avez vous choisi vos composants ?

.....
UTILISATEUR du systeme : Non

Prevoyez vous de : fenetres, portes ou porte-fenetres ?

^ UTILISATEUR du systeme : Oui

Attention :

LA QUALITE DE VOTRE BAIE EST PREDOMINANTE POUR EVALUER LA QUALITE DU COMPOSANT

Voulez vous definir vous meme vos composants ?

UTILISATEUR du systeme : Non

Suggestions:

1 : Recuperation des choix pris par d'autres intervenants .

2 : Appel a la B.D.X .

3 : Appel a la bibliotheque interne de SCNO .

UTILISATEUR du systeme : 3

.....BIBLIOTHEQUE.....

N.B :

SI VOTRE FACETTE CONTIENT DES BAIES VITREES ALORS VOTRE CHOIX REPRESENTE LA PARTIE OPAQUE

Donnez le numero correspondant a votre choix s.v.p :

1 : BLOC PLEIN c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"

2 : BLOC CREUX c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"

3 : BRIQUE FLEINE

4 : BRIQUE CREUSE

5 : BRIQUE PERFOREE

6 : BETON CELLULAIRE

UTILISATEUR du systeme :... 1

Veillez preciser l'epaisseur de votre facette en metre s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 2.C0CC00C00C000002E-01

Numero de la facette : 16

Donnez la surface de la facette s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 1.20CC00C00C000001E+01

La surface laterale est estimee = 4.70C0000000000001E+01

Combien de baies sont associees a cette facette ?

UTILISATEUR du systeme : 1

Donnez la surface de la baie s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 1.10C000C000000000E+00

Donnez son incide d'affaiblissement s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 2.80C0000000000002E+01

FR := 2.8219159760317524E+01

TREV := 1.CCC0CC000CC0C0C0E+00

A:=0.16*V/TR 4.8000000000000004E+00

Donnez Dn10 souhaite ou 0 sinon :

UTILISATEUR du systeme : 3.5CC0C0C000C00002E+01

X4 := 1.0244700991693336E+05

L'isolement de la facette DN est := 2.670741950C461495E+01

Avez vous choisi vos composants ?

UTILISATEUR du systeme : Non

Veillez preciser l'epaisseur de votre facette en metre s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 1.5CC0000000000000E-01

Numero de la facette : 17

Donnez la surface de la facette s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 1.C0C0000000C00000E+01

La surface laterale est estimee = 4.8000000000000002E+01

Etes vous pret a donner plus de details ?

UTILISATEUR du systeme : Non

Est ce qu'il y a de problemes d'interphonie des conduits de ventilation dans votre loc

UTILISATEUR du systeme : Non

C'est facette horizontale exige le calcul de bruit de CHOC .

Avez vous choisi vos composants ?

UTILISATEUR du systeme : Non

Veillez preciser l'epaisseur de votre facette en metre s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 1.50C0000000000000E-01

Numero de la facette : 18

Donnez la surface de la facette s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 1.C0C0000000000000E+01

La surface laterale est estimee = 4.8000000000000002E+01

Etes vous pret a donner plus de details ?

UTILISATEUR du systeme : Non

Est ce qu'il y a de problemes d'interphonie des conduits de ventilation dans votre lc

UTILISATEUR du systeme : Nor

C'est facette horizontale exige le calcul de bruit de CHOC .

Avez vous choisi vos composants ?

.....
UTILISATEUR du systeme : Non

Prevoyez vous de : fenetres, portes ou porte-fenetres ?

^ UTILISATEUR du systeme : Oui

Attention :

LA QUALITE DE VOTRE BAIE EST PREDOMINANTE POUR EVALUER LA QUALITE DU COMPOSANT

Voulez vous definir vous meme vos composants ?

UTILISATEUR du systeme : Non

Suggestions:

1 : Recuperation des choix pris par d'autres intervenants .

2 : Appel a la B.D.X .

3 : Appel a la bibliotheque interne de SONO .

UTILISATEUR du systeme : 3

.....BIBLIOTHEQUE.....

N.B :

SI VOTRE FACETTE CONTIENT DES BAIES VITREES ALORS VOTRE CHOIX REPRESENTE LA PARTIE OPAQUE

Donnez le numero correspondant a votre choix s.v.p :

1 : BLOC PLEIN c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"

2 : BLOC CREUX c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"

3 : BRIQUE PLEINE

4 : BRIQUE CREUSE

5 : BRIQUE PERFOREE

6 : BETON CELLULAIRE

UTILISATEUR du systeme : ... 1

Veuillez preciser l'epaisseur de votre facette en metre s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 2.CCCCCC0000000002E+01

Numero de la facette : 19

Donnez la surface de la facette s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 9.000000000000000E+00

La surface laterale est estimee = 5.7000000000000003E+01

Combien de baies sont associees a cette facette ?

UTILISATEUR du systeme : 1

Donnez la surface de la baie s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 2.2000000000000001E+00

Donnez son indice d'affaiblissement s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 2.8000000000000002E+01

FR := 2.4098169311998509E+01

Etes vous pret a donner plus de details ?

UTILISATEUR du systeme : Non

Est ce qu'il y a de problemes d'interphonie des conduits de ventilation dans votre local

UTILISATEUR du systeme : Non

Numero du batiment : 1

Numero de l'etage : 1

Numero de l'appartement : 1

Numero de la facette : 20

Avez vous choisi vos composants ?

.....
UTILISATEUR du systeme : Non

Prevoyez vous de :fenetres,portes ou porte-fenetres ?

^ UTILISATEUR du systeme : Oui

Attention :

LA QUALITE DE VOTRE BAIE EST PREDOMINANTE POUR EVALUER LA QUALITE DU COMPOSANT

Voulez vous definir vous meme vos composants ?

UTILISATEUR du systeme : Non

Suggestions:

1 : Recuperation des choix pris par d'autres intervenants .

2 : Appel a la B.D.X .

3 : Appel a la bibliothheque interne de SONO .

UTILISATEUR du systeme : 3

.....BIBLIOTHEQUE.....

N.B :

SI VOTRE FACETTE CONTIENT DES BAIES VITREES ALORS VOTRE CHOIX REPRESENTE LA PARTIE OPAQ
Donnez le numero correspondant a votre choix s.v.p :

1 : BLOC PLEIN c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"

2 : BLOC CREUX c.a.d "BETON SABLE ET GRAVILLON"

3 : BRIQUE PLEINE

4 : BRIQUE CREUSE

5 : BRIQUE PERFOREE

6 : BETON CELLULAIRE

UTILISATEUR du systeme :... 1

Veillez preciser l'epaisseur de votre facette en metre s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 2.0000000000000002E-01

Numero de la facette : 20

Donnez la surface de la facette s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 1.2000000000000001E+01

La surface laterale est estimee = 5.4000000000000003E+01

Combien de baies sont associees a cette facette ?

UTILISATEUR du systeme : 1

Donnez la surface de la baie s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 1.1000000000000000E+00

Donnez son incice d'affaiblissement s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 2.8000000000000002E+01

FR := 2.8219159760317524E+01

TREV := 1.0000000000000000E+00

A:=0.16*V/TR 5.7600000000000006E+00

Donnez Dn10 scuhaite ou 0 sinon :

UTILISATEUR du systeme : 3.5000000000000002E+01

X4 := 1.1299529998516202E+05

L'isolement de la facette DN est := 2.7073621039482866E+01

.....
UTILISATEUR du systeme : Non

Veuillez preciser l'epaisseur de votre facette en metre s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 1.5000000000000000E-01

Numero de la facette : 21

Donnez la surface de la facette s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 1.2000000000000001E+01

La surface laterale est estimee = 5.4000000000000003E+01

Etes vous pret a donner plus de details ?

UTILISATEUR du systeme : Non

Est ce qu'il y a de problemes d'interphonie des conduits de ventilation dans votre local

UTILISATEUR du systeme : Non

C'est facette horizontale exige le calcul de bruit de CHOC .

DETERMINATION DE NIVEAU DE PRESSION ACOUSTIQUE

Les cas suivants sont disponibles ,precisez votre choix :

DETERMINATION DE NIVEAU DE PRESSION-ACOUSTIQUE

Les cas suivants sont disponibles , precisez votre choix :

X1:DALLE PLEINE EN BETON

X2:PLANCHER CCRPS CREUX

X3:DALLE FLCTIANTE SUR UNE DALLE PLEINE CU UN PLANCHER CCRPS CREUX

X4:PLANCHER METALIQUE OU EN BOIS

X5:PLANCHER A CAISSON

Si pas de choix alors XC

UTILISATEUR du systeme :... X2

CHOIX DU REVETEMENT DE SOL

Pourriez vous preciser l'efficacite normalise du revetement du sol: "DELTA-L" ?

UTILISATEUR du systeme :... NON

.....MINI-BIBLIOTHEQUE..CHOIX DU REVETEMENT DE SOL

Nb	NOM	NATURE	EXPANSE	INCORPORE	E:mm	M:kg/m2	L	A
1:	NELCA VIVA	TEXTIL	OUI	OUI	9	2.2	44	40
2:	TEMPLETON.C	TEXTIL	OUI	OUI	10	2.16	45	39
3:	NELCA MIDC	TEXTIL	OUI	OUI	8	2.1	49	34
4:	BAT TARAFLEX	TEXTIL			1.35		53	32
5:	MGM	TEXTIL	OUI	OUI	6	2	54	30
6:	SARLINO T.A	TEXTIL	OUI	OUI	7	1.9	50	54

.....Fin provisoire de la Bibliotheque.....

..Choisissez le numero correspondant..

UTILISATEUR du systeme : 1

Avez vous choisi vos composants ?

UTILISATEUR du systeme : Ncr

Veuillez preciser l'epaisseur de votre facette en metre s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 1.5000000000000000E-01

Numero de la facette : 22

Donnez la surface de la facette s.v.p :

UTILISATEUR du systeme : 1.2000000000000001E+01

La surface laterale est estimee = 5.4000000000000003E+01

Etes vous pret a donner plus de details ?

UTILISATEUR du systeme : Non

Est ce qu'il y a de problemes d'interphonie des conduits de ventilation dans votre local

UTILISATEUR du systeme : Non

C'est facette horizontale exige le calcul de bruit de CHOC .

DETERMINATION DE NIVEAU DE PRESSION ACOUSTIQUE

Les cas suivants sont disponibles ,precisez votre choix :

DETERMINATION DE NIVEAU DE PRESSION-ACOUSTIQUE

Les cas suivants sont disponibles , precisez votre choix :

X1:DALLE PLEINE EN BETON

X2:PLANCHER CCRPS CREUX

X3:DALLE FLCTTANTE SUR UNE DALLE PLEINE OU UN PLANCHER CORPS CREUX

X4:PLANCHER METALIQUE OU EN BOIS

X5:PLANCHER A CAISSON

Si pas de choix alors X0

UTILISATEUR du systeme :... X2

CHOIX DU REVETEMENT DE SOL

Pourriez vous preciser l'efficacite normalise du revetement du sol: "DELTA-L" ?

UTILISATEUR du systeme :... NON

.....MINI-BIBLIOTHEQUE..CHOIX DU REVETEMENT DE SOL

Nb	NOM	NATURE	EXPANSE	INCORPORE	E:mm	M:kg/m2	L	A
1:	NELCA VIVA	TEXTIL	OUI	OUI	9	2.2	44	40
2:	TEMPLETON.C	TEXTIL	OUI	OUI	10	2.16	45	39
3:	NELCA MIDO	TEXTIL	OUI	OUI	8	2.1	49	34
4:	BAT TARAFLEX	TEXTIL			1.35		53	32
5:	MGM	TEXTIL	OUI	OUI	6	2	54	30
6:	SARLINO T.A	TEXTIL	OUI	OUI	7	1.9	50	54

.....Fin provisoire de la Bibliotheque.....

..Choisissez le numero correspondant..

UTILISATEUR du systeme : 1

MENU GENERAL :

- 1 - Definition de l'environnement du projet .
- 2 - Definition de l'isolement reglementaires des composants .
- 3 - Evaluation de l'isolation des composants .
- 4 - Evaluation du bruit des equipement .
- 5 - Calcul de la cotation qualitel .
- 6 - Impression des resultats .
- 7 - Fin d'evaluation .

Choisissez le traitement souhaite :

UTILISATEUR du systeme :... 4

MENU GENERAL :

- 1 - Definition de l'environnement du projet .
- 2 - Definition de l'isolement reglementaires des composants .
- 3 - Evaluation de l'isolation des composants .
- 4 - Evaluation du bruit des equipement .
- 5 - Calcul de la cotation qualitel .
- 6 - Impression des resultats .
- 7 - Fin d'evaluation .

Choisissez le traitement souhaite :

UTILISATEUR du systeme :... 5

MENU GENERAL :

- 1 - Definition de l'environnement du projet .
- 2 - Definition de l'isolement reglementaires des composants .
- 3 - Evaluation de l'isolation des composants .

- 4 - Evaluation du bruit des equipement .
- 5 - Calcul de la cotation qualitel .
- 6 - Impression des resultats .
- 7 - Fin d'evaluation .

Choisissez le traitement souhaite :

UTILISATEUR du systeme :...			6
FP PQ 3810 =	1PNUM :		1
FP PQ 3810 =	1PNUM :		1
FP PQ 3810 =	1PNUM :		1
FP PQ 3810 =	1PNUM :		1
FP PQ 3810 =	1PNUM :		1
FP PQ 3810 =	1PNUM :		1
FP PQ 3810 =	1PNUM :		1
FP PQ 3810 =	1PNUM :		1
FP PQ 3810 =	1PNUM :		2
FP PQ 3810 =	1PNUM :		2
FP PQ 3810 =	1PNUM :		2
FP PQ 3810 =	1PNUM :		2
FP PQ 3810 =	1PNUM :		2
FP PQ 3810 =	1PNUM :		3
FP PQ 3810 =	1PNUM :		3
FP PQ 3810 =	1PNUM :		3
FP PQ 3810 =	1PNUM :		3
FP PQ 3810 =	1PNUM :		3
FP PQ 3810 =	1PNUM :		4
FP PQ 3810 =	1PNUM :		4
FP PQ 3810 =	1PNUM :		4
FP PQ 3810 =	1PNUM :		4

RESULTATS
=====

APPARTEMENT NLMERO :	1	NCTATION :	1

PIECE NUMERO :	1	NOTATION :	1

FACETTE NUMERO :	1	ISCLEMENT ASSURE :	2.8042450990104315E+01

FACETTE NUMERC :	1	NOTATION :	1

FACETTE NUMERO :	2	ISCLEMENT ASSURE :	2.2422624263985939E+01

FACETTE NUMERO :	2	NOTATION :	1

FACETTE NUMERC :	3	ISCLEMENT ASSURE :	3.8200002152390577E+01

FACETTE NUMERC :	3	NOTATION :	1

FACETTE NUMERO :	4	ISCLEMENT ASSURE :	3.5069024178627157E+01

FACETTE NUMERO :	4	NOTATION :	3

FACETTE NUMERC :	5	ISCLEMENT ASSURE :	2.265857461298014CE+01

-		
FACETTE NUMERC :	5 NOTATION :	1

FACETTE NUMERO :	6 ISOLEMENT ASSURE :	4.4403871812780764E+01

-		
FACETTE NUMERC :	6 NOTATION :	1

FACETTE NUMERC :	7 NOTATION :	1

FACETTE NUMERO :	8 NOTATION :	1

PIECE NUMERC :	2 NOTATION :	1

-		
FACETTE NUMERO :	9 ISOLEMENT ASSURE :	3.9730257638475696E+01

-		
FACETTE NUMERO :	9 NOTATION :	1

FACETTE NUMERC :	10 ISOLEMENT ASSURE :	4.0522070098951947E+01

-		
FACETTE NUMERO :	10 NOTATION :	1

FACETTE NUMERO :	11 ISOLEMENT ASSURE :	2.7197165161130094E+01

-		
FACETTE NUMERC :	11 NOTATION :	1

FACETTE NUMERO :	12 NOTATION :	1

FACETTE NUMERO :	13 NOTATION :	1

PIECE NUMERO :	3 NOTATION :	1

-		
FACETTE NUMERO :	14 ISOLEMENT ASSURE :	1.9754269970506752E+01

-		
FACETTE NUMERO :	14 NOTATION :	1

FACETTE NUMERC :	15 ISOLEMENT ASSURE :	4.1771457465034946E+01

-		
FACETTE NUMERC :	15 NOTATION :	1

FACETTE NUMERC :	16 ISOLEMENT ASSURE :	2.6707419500461495E+01

-		
FACETTE NUMERC :	16 NOTATION :	1

FACETTE NUMERC :	17 NOTATION :	1

FACETTE NUMERO :	18 NOTATION :	1

PIECE NUMERO :	4 NOTATION :	1

-		

FACETTE NUMERO :	19	ISCLEMENT ASSURE :	2.3170269008477193E+01

FACETTE NUMERO :	19	NOTATION :	1

FACETTE NUMERC :	20	ISCLEMENT ASSURE :	2.7073621039482866E+01

FACETTE NUMERC :	20	NOTATION :	1

FACETTE NUMERO :	21	NOTATION :	1

FACETTE NUMERC :	22	NOTATION :	1

.....FIN DU PROGRAMME.....			

ANNEXE 10
Exemple d'utilisation du SONARE

PROGRAMME SONSCH

* INITIALISATION DE SOUS-SCHEMA *

VERSION AVEC TRACE(O/N)

UTILISATEUR du systeme : Non

NOM DU FICHIER:

UTILISATEUR du systeme : DARE

CONFIRMER LA CREATION DE CETTE NOUVELLE BASE (O/N):

UTILISATEUR du systeme : Oui

TAILLE DE LA BASE (max 32000)

UTILISATEUR du systeme : 10000

* PROGRAMME SCHEMA *

* INITIALISATION DU SCHEMA DE LA BD *

VERSION AVEC TRACE(O/N)

UTILISATEUR du systeme : Non

NOM DU FICHIER:

UTILISATEUR du systeme : DARE

PROGRAMME SONARE

VERSION AVEC TRACE OU NON ?

UTILISATEUR du systeme : Non

..... DEBUT du PROGRAMME PRINCIPALE.....

----- ACOUSTIQUE du BATIMENT - EN A.P.S -----

NOM DU FICHIER:

UTILISATEUR du systeme : DARE

Avez vous un projet a faire ?

UTILISATEUR du systeme : Oui

Avez vous initialise vos objets ,attributs et relations ?

UTILISATEUR du systeme : Non

La B.D PROJET a-t-elle deja initialisee ?

UTILISATEUR du systeme : Non

INITIALISATION du SITE

Est ce qu'il y a un aeroport pres de cette zone ?

UTILISATEUR du systeme : Non

Pour une zone de 200 metre de diametre :

Y a-t-il une voie au bord du BATIMENT

UTILISATEUR du systeme : Oui

Peut on circuler sur cette voie ?

UTILISATEUR du systeme : Oui

Les Vehicules Legers circulent ils sur cette voie?

UTILISATEUR du systeme : Oui

Les Poids Lourds circulent ils sur cette voie ?

UTILISATEUR du systeme : Oui

Les bus circulent ils sur cette voie ?

UTILISATEUR du systeme : Oui

Le metro circule-t-il dans le voisinage immediat ?

UTILISATEUR du systeme : Non

Les trains desservent ils la zone ?

UTILISATEUR du systeme : Non

MENU GENERAL :

-
- 1 - Definition de l'environnement du projet .
 - 2 - Definition de l'isolement reglementaires des composants .
 - 3 - Evaluation de l'isolation des composants .
 - 4 - Evaluation du bruit des equipement .
 - 5 - Calcul de la cotation qualitel .

6 - Impression des resultats .
 7 - Fin de PROCESSUS .
 Choisissez le traitement souhaite :
 UTILISATEUR du systeme : 1
 Donnez le nombre de voies concernees : ...
 UTILISATEUR du systeme : 1
 Numero de la voie etudiee est = 1
 Qualite de la voie est elle : Transit ,
 Arterielle,
 ou Divers .
 UTILISATEUR du systeme : Transit
 Y a-t-il un Aeroport dans l'environnement : OUI ,ou NON .
 UTILISATEUR du systeme : Non
 Donnez la rampe de la voie : ...
 UTILISATEUR du systeme : 1
 Preciser le type de la chausee : Pave
 ou Diver
 UTILISATEUR du systeme : Diver
 Sinuosite : oui , non ?
 UTILISATEUR du systeme : Non
 Quel est la vitesse maximale sur la voie : ...
 UTILISATEUR du systeme : 60
 La classe de la voie est elle :
 VCIU : Voie Urbaine
 VRU : Voie Rapide Urbaine
 AUT : Autoroute .
 UTILISATEUR du systeme : VOIU
 Donnez la largeur de la voie en metre : ...
 UTILISATEUR du systeme : 15
 Donnez la largeur du trottoir en metre : ...
 UTILISATEUR du systeme : 4
 Preciser le niveau de la voie :
 FORDPI : Fort Deblai Paroie Inclinee
 FDPV : Fort Deblai Paroie Verticale
 LED : Leger Deblai
 RM : Remblai Moyenne
 RVGH : Remblai Verticale Grande Hauteur
 TN : Terrain Naturelle
 UTILISATEUR du systeme : TN
 Preciser le profil de la voie : L ou U
 UTILISATEUR du systeme : L
 Preciser la distance entre la voie et le BATIMENT : ...
 UTILISATEUR du systeme : 50
 Numero de la voie etudiee est = 1
 Les moyens de transport disposes sont :
 V.L : Vehicule Leger
 P.L : Poids Lourd
 BUS : Bus
 METRO : Metro
 TRAIN : Train
 Combien de moyens de transport existent-ils sur la voie ?
 UTILISATEUR du systeme : 3
 Designer le moyen de transport en question : VL
 : PL
 : BUS
 : METRO
 : TRAIN
 UTILISATEUR du systeme : VL
 Donnez le debit des v.l./S.V.P :
 UTILISATEUR du systeme : 5000

Donnez la vitesse de v.l./S.V.P :

UTILISATEUR du systeme : 60

Designer le moyen de transport en question : VL

: PL

: BUS

: METRO

: TRAIN

UTILISATEUR du systeme : PL

Donnez le debit des P.L./S.V.P :

UTILISATEUR du systeme : 250

Designer le moyen de transport en question : VL

: PL

: BUS

: METRO

: TRAIN

UTILISATEUR du systeme : Bus

Donnez le debit des bus/S.V.P :

UTILISATEUR du systeme : 150

Type de bus : Acce / Nonacce

UTILISATEUR du systeme : Acce

Le milieu urbain est il TRAD : traditionnel ou AUTRE : autre?

UTILISATEUR du systeme : Trad

Categorie de tissu urbain CONTINU ou NONCONTINU

UTILISATEUR du systeme : Continu

Calcul de debit de circulation

Determination de E: facteur d'equivalence

Facteur d'equivalence =

10

FACTEUR / DEBIT TOTAL / DEBIT VL / DEBIT PL

10

7500

5000

250

Le debit de circulation :

7500

Nombre de files de circulation

Donnez le nombre de files de circulation continue :

UTILISATEUR du systeme : 3

Donnez le nombre de files T-a-Gauche :

UTILISATEUR du systeme : 0

Donnez le nombre de files T-a-Droite :

UTILISATEUR du systeme : 1

Donnez le nombre de files de Stationnement :

UTILISATEUR du systeme : 1

Nombre de files de circulation :

5

Definition de la zone de bruit

La zone de la voie est :NON BRUYANTE

Definition de type de la voie :

Type de la voie est : 1

===

MENU GENERAL :.

- 1 - Definition de l'environnement du projet .
2 - Definition de l'isolement reglementaires des composants .
3 - Evaluation de l'isolation des composants .
4 - Evaluation du bruit des equipement .

5 - Calcul de la cotation qualitel .
 6 - Impression des resultats .
 7 - Fin de PROCESSUS .
 Choisissez le traitement souhaite :
 UTILISATEUR du systeme : 2
 Vous voulez travailler selon le Label Confort Acoustique

 ou selon les Reglementations : L ou R ?

 UTILISATEUR du systeme : LCA
 Le BATIMENT a-t-il une facade au bord d'une voie ?
 UTILISATEUR du systeme : Oui
 VOULEZ VOUS PRECISEZ LE TYPE D'ISOLEMENT?
 UTILISATEUR du systeme : Oui
 Nombre des FACETTES :
 22
 L'isolement de la FACETTE numero :
 1
 - Selon le LABEL CONFORT ACOUSTIQUE est =
 54
 L'isolement de la FACETTE numero :
 2
 - Selon le LABEL CONFORT ACOUSTIQUE est =
 54
 Numero de la FACETTE =
 20
 Type d'isolement de la Facette est :
 B
 L'isolement impose de la FACETTE est :
 40
 L'isolement de la FACETTE numero :
 4
 - Selon le LABEL CONFORT ACOUSTIQUE est =
 53
 L'isolement de la FACETTE numero :
 5
 - Selon le LABEL CONFORT ACOUSTIQUE est =
 48
 L'isolement de la FACETTE numero :
 6
 - Selon le LABEL CONFORT ACOUSTIQUE est =
 48
 Type d'isolement de la Facette est :
 B
 L'isolement impose de la FACETTE est :
 40
 L'isolement de la FACETTE numero :
 8
 - Selon le LABEL CONFORT ACOUSTIQUE est =
 53
 L'isolement de la FACETTE numero :
 9
 - Selon le LABEL CONFORT ACOUSTIQUE est =
 54
 L'isolement de la FACETTE numero :
 10
 - Selon le LABEL CONFORT ACOUSTIQUE est =
 48
 L'isolement de la FACETTE numero :
 11

```

      - Selon le LABEL CONFORT ACOUSTIQUE est =
        48
Type d'isolement de la Facette est :
B
L'isolement impose de la FACETTE est :
  40
L'isolement de la FACETTE numero :
  13
  - Selon le LABEL CONFORT ACOUSTIQUE est =
    54
L'isolement de la FACETTE numero :
  14
  - Selon le LABEL CONFORT ACOUSTIQUE est =
    54
L'isolement de la FACETTE numero :
  15
  - Selon le LABEL CONFORT ACOUSTIQUE est =
    54
  16
  - Selon le LABEL CONFORT ACOUSTIQUE est =
    54
L'isolement de la FACETTE numero :
  17
  - Selon le LABEL CONFORT ACOUSTIQUE est =
    54
L'isolement de la FACETTE numero :
  18
  - Selon le LABEL CONFORT ACOUSTIQUE est =
    48
Type d'isolement de la Facette est :
B
L'isolement impose de la FACETTE est :
  40
L'isolement de la FACETTE numero :
  20
  - Selon le LABEL CONFORT ACOUSTIQUE est =
    48
L'isolement de la FACETTE numero :
  21
  - Selon le LABEL CONFORT ACOUSTIQUE est =
    54
Type d'isolement de la Facette est :
B
L'isolement impose de la FACETTE est :
  35
MENU GENERAL :
-----
1 - Definition de l'environnement du projet .
2 - Definition de l'isolement reglementaires des composants .
3 - Evaluation de l'isolation des composants .
4 - Evaluation du bruit des equipement .
5 - Calcul de la cotation qualitel .
6 - Impression des resultats .
7 - Fin de PROCESSUS .
Choisissez le traitement souhaite :
  UTILISATEUR du systeme : 7
-----
-----
Fin D'EVALUATION
-----

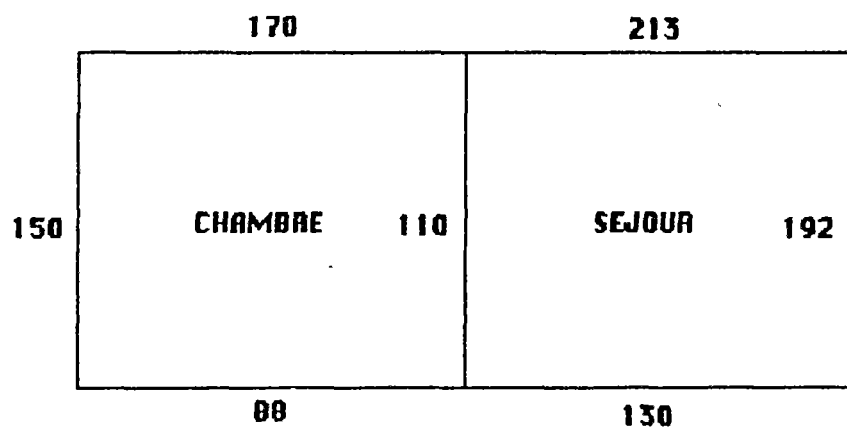
```


ANNEXE 11

Exemple d'application assistée par SONO

**EXEMPLE TRAITE PAR LE
SYSTEME EXPERT : SONO**

VOIE DE CIRCULATION



J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

```

ELEMENT(F)=FACETTE
ORIGINE(F)=(PIECE1)
EXTREMITE(F)=(PIECE2)
ALORS
(T111)<==$(X(PIECE1),X(PIECE2))
(T11)<==$(DIV((T111),2)
(T1)<==$(T11),2)
(T222)<==$(Y(PIECE1),Y(PIECE2))
(T22)<==$(DIV((T222),2)
(T2)<==$(T22),4)
$DESSINE(X(PIECE1),Y(PIECE1),X(PIECE2),Y(PIECE2),1)
STEXTE((T1),(T2),0,6,(F))

```

A partir des faits suivants:

ELEMENT DE 213 EST FACETTE
ORIGINE DE 213 EST 215
EXTREMITE DE 213 EST 217

Je deduis:

X DE 215 EST	900.00
X DE 217 EST	500.00
Y DE 215 EST	800.00
Y DE 217 EST	800.00
X DE 215 EST	900.00
Y DE 215 EST	800.00
X DE 217 EST	500.00
Y DE 217 EST	800.00

A partir des faits suivants:

ELEMENT DE 192 EST FACETTE
ORIGINE DE 192 EST 194
EXTREMITE DE 192 EST 196

Je deduis:

X DE 194 EST	900.00
X DE 196 EST	900.00
Y DE 194 EST	100.00
Y DE 196 EST	800.00
X DE 194 EST	900.00
Y DE 194 EST	100.00
X DE 196 EST	900.00
Y DE 196 EST	800.00

A partir des faits suivants:

ELEMENT DE 170 EST FACETTE
ORIGINE DE 170 EST 172
EXTREMITE DE 170 EST 174

Je deduis:

X DE 172 EST	500.00
X DE 174 EST	900.00
Y DE 172 EST	100.00
Y DE 174 EST	100.00
X DE 172 EST	500.00
Y DE 172 EST	100.00
X DE 174 EST	900.00

Y DE 174 EST 100.00

A partir des faits suivants:

ELEMENT DE 150 EST FACETTE
ORIGINE DE 150 EST 152
EXTREMITE DE 150 EST 154

Je deduis:

X DE 152 EST	100.00
X DE 154 EST	100.00
Y DE 152 EST	800.00
Y DE 154 EST	100.00
X DE 152 EST	100.00
Y DE 152 EST	800.00
X DE 154 EST	100.00
Y DE 154 EST	100.00

A partir des faits suivants:
ELEMENT DE 130 EST FACETTE
ORIGINE DE 130 EST 132
EXTREMITE DE 130 EST 134

Je deduis:

X DE 132 EST	500.00
X DE 134 EST	100.00
Y DE 132 EST	800.00
Y DE 134 EST	800.00
X DE 132 EST	500.00
Y DE 132 EST	800.00
X DE 134 EST	100.00
Y DE 134 EST	800.00

A partir des faits suivants:
ELEMENT DE 110 EST FACETTE
ORIGINE DE 110 EST 112
EXTREMITE DE 110 EST 114

Je deduis:

X DE 112 EST	500.00
X DE 114 EST	500.00
Y DE 112 EST	100.00
Y DE 114 EST	800.00
X DE 112 EST	500.00
Y DE 112 EST	100.00
X DE 114 EST	500.00
Y DE 114 EST	800.00

A partir des faits suivants:
ELEMENT DE 88 EST FACETTE
ORIGINE DE 88 EST 90
EXTREMITE DE 88 EST 92

Je deduis:

X DE 90 EST	100.00
X DE 92 EST	500.00
Y DE 90 EST	100.00

Y DE 92 EST	100.00
X DE 90 EST	100.00
Y DE 90 EST	100.00
X DE 92 EST	500.00
Y DE 92 EST	100.00

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

ELEMENT(F)=FACETTE
CELLULE(PIECE)=PIECE
CONTIENT(PIECE)=(F)
DEFINI(ETA)=ETAGE
CONSTRUCTION(C)=BATIMENT
APPARTIENT(PIECE)=(ETA)
APPARTIENT(ETA)=(C)
ALORS
APPARTIENT(PIECE)<==(ETA)
APPARTIENT(ETA)<==(C)
APPARTIENT(F)<==(C)

A partir des faits suivants:
DEFINI DE 39 EST ETAGE
CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT
CELLULE DE 45 EST PIECE
ELEMENT DE 213 EST FACETTE
CONTIENT DE 45 EST 213

Je deduis:

APPARTIENT DE 45 EST 39
APPARTIENT DE 39 EST 37
APPARTIENT DE 213 EST 37

A partir des faits suivants:
DEFINI DE 39 EST ETAGE
CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT
CELLULE DE 45 EST PIECE
ELEMENT DE 192 EST FACETTE
CONTIENT DE 45 EST 192

Je deduis:

APPARTIENT DE 45 EST 39
APPARTIENT DE 39 EST 37
APPARTIENT DE 192 EST 37

A partir des faits suivants:
DEFINI DE 39 EST ETAGE
CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT
CELLULE DE 45 EST PIECE
ELEMENT DE 110 EST FACETTE
CONTIENT DE 45 EST 110
Je deduis:
APPARTIENT DE 45 EST 39
APPARTIENT DE 39 EST 37
APPARTIENT DE 110 EST 37

A partir des faits suivants:
DEFINI DE 39 EST ETAGE
CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT
CELLULE DE 43 EST PIECE
ELEMENT DE 170 EST FACETTE
CONTIENT DE 43 EST 170
Je deduis:
APPARTIENT DE 43 EST 39
APPARTIENT DE 39 EST 37
APPARTIENT DE 170 EST 37

A partir des faits suivants:
DEFINI DE 39 EST ETAGE
CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT
CELLULE DE 43 EST PIECE
ELEMENT DE 150 EST FACETTE
CONTIENT DE 43 EST 150
Je deduis:
APPARTIENT DE 43 EST 39
APPARTIENT DE 39 EST 37
APPARTIENT DE 150 EST 37

A partir des faits suivants:
DEFINI DE 39 EST ETAGE
CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT
CELLULE DE 43 EST PIECE
ELEMENT DE 130 EST FACETTE
CONTIENT DE 43 EST 130
Je deduis:
APPARTIENT DE 43 EST 39
APPARTIENT DE 39 EST 37
APPARTIENT DE 130 EST 37

A partir des faits suivants:
DEFINI DE 39 EST ETAGE
CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT
CELLULE DE 43 EST PIECE
ELEMENT DE 110 EST FACETTE
CONTIENT DE 43 EST 110
Je deduis:
APPARTIENT DE 43 EST 39
APPARTIENT DE 39 EST 37
APPARTIENT DE 110 EST 37

A partir des faits suivants:
DEFINI DE 39 EST ETAGE
CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT
CELLULE DE 43 EST PIECE
ELEMENT DE 88 EST FACETTE
CONTIENT DE 43 EST 88

Je deduis:
APPARTIENT DE 43 EST 39
APPARTIENT DE 39 EST 37
APPARTIENT DE 88 EST 37

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

CELLULE(PIECE)=PIECE
APPARTIENT(PIECE)=(ETA)
NATURE(A)=APPARTEMENT
DEFINI(ETA)=ETAGE
ALORS
APPARTENANCE(PIECE)<==(A)
APPARTIENT(A)<==(ETA)

A partir des faits suivants:
DEFINI DE 39 EST ETAGE
CELLULE DE 45 EST PIECE
APPARTIENT DE 45 EST 39
NATURE DE 41 EST APPARTEMENT
je deduis:
APPARTENANCE DE 45 EST 41
APPARTIENT DE 41 EST 39

A partir des faits suivants:
DEFINI DE 39 EST ETAGE
CELLULE DE 43 EST PIECE
APPARTIENT DE 43 EST 39
NATURE DE 41 EST APPARTEMENT
je deduis:
APPARTENANCE DE 43 EST 41
APPARTIENT DE 41 EST 39

A partir des faits suivants:
CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT
je deduis:
NOM DE 37 EST ?
ZONE DE 37 EST ?
BORD DE 37 EST ?
AU-BORD DE 37 EST ?
APPROXIMATE DE 37 EST ?
ACCOLE DE 37 EST ?
MUR-SOUTÈNEMENT DE 37 EST ?

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
ALORS
QUALITE(V)<===?
DEBIT(V)<===?
ZONE(V)<===?
NUISANCE(V)<===?

CHAUSSÉE(V)<===?
RAMPE(V)<===?
SINUOSITE(V)<===?
TYPE(V)<===?
CIRCUL-SUR(V)<===?
BUS-SUR(V)<===?

A partir des faits suivants:
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
je deduis:
QUALITE DE 264 EST ?
DEBIT DE 264 EST ?
ZONE DE 264 EST ?
NUISANCE DE 264 EST ?
CHAUSSÉE DE 264 EST ?
RAMPE DE 264 EST ?
SINUOSITE DE 264 EST ?
TYPE DE 264 EST ?
CIRCUL-SUR DE 264 EST ?
BUS-SUR DE 264 EST ?

A partir des faits suivants:
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
je deduis:
LARGEUR DE 264 EST ?
LARGEUR-TROTTOIR DE 264 EST ?
NOMBRE-DE-FILES DE 264 EST ?
LEVEL DE 264 EST ?
DISTANCE DE 264 EST ?
PROFIL DE 264 EST ?
CLASSIFI DE 264 EST ?
NIVEAU-SONCRE DE 264 EST ?
VITESSE-SUR DE 264 EST ?
EVA-DEBIT DE 264 EST ?
VITESSE-MOY-SUR DE 264 EST ?

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

NATURE(VL)=VEHICULE-LEGER
ALORS
DEBIT(VL)<===?
CIRCUL(VL)<===?

A partir des faits suivants:
NATURE DE 266 EST VEHICULE-LEGER
Je deduis:
DEBIT DE 266 EST ?
CIRCUL DE 266 EST ?

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

MARQUE(PL)=POIDS-LOURD
ALORS
DEBIT(PL)<===?

CIRCUL(PL)<===?

A partir des faits suivants:
MARQUE DE 268 EST POIDS-LOURD
Je deduis:
DEBIT DE 268 EST ?
CIRCUL DE 268 EST ?

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

NATURE(L)=BUS
ALORS
DEBIT(L)<===?
TYPE(L)<===?

A partir des faits suivants:
NATURE DE 270 EST BUS
Je deduis:
DEBIT DE 270 EST ?
TYPE DE 270 EST ?

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

NATURE(M)=METRO
ALORS
VITESSE(M)<===?
MOD-CIRC(M)<===?
MOD-ROUL(M)<===?
DEBIT(M)<===?
EXISTE(M)<===?

A partir des faits suivants:
NATURE DE 272 EST METRO
Je deduis:
VITESSE DE 272 EST ?
MOD-CIRC DE 272 EST ?
MOD-ROUL DE 272 EST ?
DEBIT DE 272 EST ?
EXISTE DE 272 EST ?

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

NATURE(T)=TRAIN
ALORS
TYPE(T)<===?
DEBIT(T)<===?
EXISTE(T)<===?

A partir des faits suivants:
NATURE DE 274 EST TRAIN
Je deduis:
TYPE DE 274 EST ?
DEBIT DE 274 EST ?
EXISTE DE 274 EST ?

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

ELEMENT(F)=FACETTE
ALORS
NOM(F)<===?
ANGLE-DE-VUE(F)<===?
AU-BORD(F)<===?
CONSULTER-ISC(F)<===?
TYPE-ISOL(F)<===?
DEFEXT(F)<===?
DECRI(F)<===?
EXPOSITION(F)<===?
CAREFOUR(F)<===?
X-DIST-V2(F)<===?
EVA-NS(F)<===?
NSON(F)<===?
NSONO(F)<===?

A partir des faits suivants:

ELEMENT DE 213 EST FACETTE

Je deduis:

NOM DE 213 EST ?
ANGLE-DE-VUE DE 213 EST ?
AU-BORD DE 213 EST ?
CONSULTER-ISC DE 213 EST ?
TYPE-ISOL DE 213 EST ?
DEFEXT DE 213 EST ?
DECRI DE 213 EST ?
EXPOSITION DE 213 EST ?
CAREFOUR DE 213 EST ?
X-DIST-V2 DE 213 EST ?
EVA-NS DE 213 EST ?
NSON DE 213 EST ?
NSONO DE 213 EST ?

A partir des faits suivants:

ELEMENT DE 192 EST FACETTE

Je deduis:

NOM DE 192 EST ?
ANGLE-DE-VUE DE 192 EST ?
AU-BORD DE 192 EST ?
CONSULTER-ISC DE 192 EST ?
TYPE-ISOL DE 192 EST ?
DEFEXT DE 192 EST ?
DECRI DE 192 EST ?
EXPOSITION DE 192 EST ?
CAREFOUR DE 192 EST ?
X-DIST-V2 DE 192 EST ?
EVA-NS DE 192 EST ?
NSON DE 192 EST ?
NSONO DE 192 EST ?

A partir des faits suivants:

ELEMENT DE 170 EST FACETTE

Je deduis:

NOM DE 170 EST ?
ANGLE-DE-VUE DE 170 EST ?
AU-BORD DE 170 EST ?
CONSULTER-ISC DE 170 EST ?
TYPE-ISOL DE 170 EST ?
DEFEXT DE 170 EST ?
DECRI DE 170 EST ?
EXPOSITION DE 170 EST ?
CAREFOUR DE 170 EST ?
X-DIST-V2 DE 170 EST ?
EVA-NS DE 170 EST ?
NSON DE 170 EST ?
NSONO DE 170 EST ?

A partir des faits suivants:

ELEMENT DE 150 EST FACETTE

Je deduis:

NOM DE 150 EST ?
ANGLE-DE-VUE DE 150 EST ?
AU-BORD DE 150 EST ?
CONSULTER-ISO DE 150 EST ?
TYPE-ISOL DE 150 EST ?
DEFEXT DE 150 EST ?
DECRIE DE 150 EST ?
EXPOSITION DE 150 EST ?
CAREFOUR DE 150 EST ?
X-DIST-V2 DE 150 EST ?
EVA-NS DE 150 EST ?
NSON DE 150 EST ?
NSONO DE 150 EST ?

A partir des faits suivants:

ELEMENT DE 130 EST FACETTE

Je deduis:

NOM DE 130 EST ?
ANGLE-DE-VUE DE 130 EST ?
AU-BORD DE 130 EST ?
CONSULTER-ISC DE 130 EST ?
TYPE-ISOL DE 130 EST ?
DEFEXT DE 130 EST ?
DECRIE DE 130 EST ?
EXPOSITION DE 130 EST ?
CAREFOUR DE 130 EST ?
X-DIST-V2 DE 130 EST ?
EVA-NS DE 130 EST ?
NSON DE 130 EST ?
NSONO DE 130 EST ?

A partir des faits suivants:

ELEMENT DE 110 EST FACETTE

Je deduis:

NOM DE 110 EST ?
ANGLE-DE-VUE DE 110 EST ?
AU-BORD DE 110 EST ?
CONSULTER-ISC DE 110 EST ?
TYPE-ISOL DE 110 EST ?
DEFEXT DE 110 EST ?
DECRIE DE 110 EST ?
EXPOSITION DE 110 EST ?
CAREFOUR DE 110 EST ?
X-DIST-V2 DE 110 EST ?
EVA-NS DE 110 EST ?
NSON DE 110 EST ?
NSONO DE 110 EST ?

A partir des faits suivants:

ELEMENT DE 88 EST FACETTE

Je deduis:

NOM DE 88 EST ?
ANGLE-DE-VUE DE 88 EST ?
AU-BORD DE 88 EST ?
CONSULTER-ISC DE 88 EST ?
TYPE-ISOL DE 88 EST ?
DEFEXT DE 88 EST ?
DECRIE DE 88 EST ?
EXPOSITION DE 88 EST ?
CAREFOUR DE 88 EST ?
X-DIST-V2 DE 88 EST ?
EVA-NS DE 88 EST ?
NSON DE 88 EST ?
NSONO DE 88 EST ?

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

ELEMENT(F)=FACETTE
ALORS
ISOL(F)<==?
NIVEAU-SONCRE(F)<==?
ZONE(F)<==?
INSO1(F)<==?
INSO2(F)<==?
INSO3(F)<==?
REGISO(F)<==?
LCAISO(F)<==?
SITU(F)<==?

A partir des faits suivants:

ELEMENT DE 213 EST FACETTE

Je deduis:

ISOL DE 213 EST ?
NIVEAU-SONCRE DE 213 EST ?
ZONE DE 213 EST ?
INSO1 DE 213 EST ?
INSO2 DE 213 EST ?
INSO3 DE 213 EST ?
REGISO DE 213 EST ?

LCAISO DE 213 EST ?
SITU DE 213 EST ?

A partir des faits suivants:

ELEMENT DE 192 EST FACETTE

Je deduis:

ISOL DE 192 EST ?
NIVEAU-SONORE DE 192 EST ?
ZONE DE 192 EST ?
INSO1 DE 192 EST ?
INSO2 DE 192 EST ?
INSO3 DE 192 EST ?
REGISO DE 192 EST ?
LCAISO DE 192 EST ?
SITU DE 192 EST ?

A partir des faits suivants:

ELEMENT DE 170 EST FACETTE

Je deduis:

ISOL DE 170 EST ?
NIVEAU-SONCRE DE 170 EST ?
ZONE DE 170 EST ?
INSO1 DE 170 EST ?
INSO2 DE 170 EST ?
INSO3 DE 170 EST ?
REGISO DE 170 EST ?
LCAISO DE 170 EST ?
SITU DE 170 EST ?

A partir des faits suivants:

ELEMENT DE 150 EST FACETTE

Je deduis:

ISOL DE 150 EST ?
NIVEAU-SONORE DE 150 EST ?
ZONE DE 150 EST ?
INSO1 DE 150 EST ?
INSO2 DE 150 EST ?
INSO3 DE 150 EST ?
REGISO DE 150 EST ?
LCAISO DE 150 EST ?
SITU DE 150 EST ?

A partir des faits suivants:

ELEMENT DE 130 EST FACETTE

Je deduis:

ISOL DE 130 EST ?
NIVEAU-SONORE DE 130 EST ?
ZONE DE 130 EST ?
INSO1 DE 130 EST ?
INSO2 DE 130 EST ?
INSO3 DE 130 EST ?

REGISO DE 13C EST ?
LCAISO DE 130 EST ?
SITU DE 130 EST ?

A partir des faits suivants:

ELEMENT DE 110 EST FACETTE

Je deduis:

ISOL DE 110 EST ?
NIVEAU-SONORE DE 110 EST ?
ZONE DE 110 EST ?
INSO1 DE 11C EST ?
INSO2 DE 11C EST ?
INSO3 DE 110 EST ?
REGISO DE 110 EST ?
LCAISO DE 11C EST ?
SITU DE 110 EST ?

A partir des faits suivants:

ELEMENT DE 88 EST FACETTE

Je deduis:

ISOL DE 88 EST ?
NIVEAU-SONORE DE 88 EST ?
ZONE DE 88 EST ?
INSO1 DE 88 EST ?
INSO2 DE 88 EST ?
INSO3 DE 88 EST ?
REGISO DE 88 EST ?
LCAISO DE 88 EST ?
SITU DE 88 EST ?

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

SITE(U)=TISSU-URBAIN
CONSTRUCTION(C)=BATIMENT
ALORS
DANS(U)<===(C)
DISCONTINuite(U)<===?
CATEGORIES(U)<===?
MILIEU(U)<===?

A partir des faits suivants:

SITE DE 276 EST TISSU-URBAIN
CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT

Je deduis:

DANS DE 276 EST 37
DISCONTINuite DE 276 EST ?
CATEGORIES DE 276 EST ?
MILIEU DE 276 EST ?

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

DEFINI(ETA)=ETAGE

ELEMENT(F)=FACETTE
POSITION(F)=EXTERIEURE
ALORS
FACADE(ETA)<===(F)
NIVEAU(ETA)<===?
HAUTEUR(ETA)<===?

A partir des faits suivants:

DEFINI DE 39 EST ETAGE
ELEMENT DE 213 EST FACETTE
POSITION DE 213 EST EXTERIEURE

Je deduis:

FACADE DE 39 EST 213
NIVEAU DE 39 EST ?
HAUTEUR DE 39 EST ?

A partir des faits suivants:
DEFINI DE 39 EST ETAGE
ELEMENT DE 170 EST FACETTE
POSITION DE 170 EST EXTERIEURE
Je deduis:
FACADE DE 39 EST 170
NIVEAU DE 39 EST ?
HAUTEUR DE 39 EST ?

A partir des faits suivants:
DEFINI DE 39 EST ETAGE
ELEMENT DE 150 EST FACETTE
POSITION DE 150 EST EXTERIEURE
Je deduis:
FACADE DE 39 EST 150
NIVEAU DE 39 EST ?
HAUTEUR DE 39 EST ?

A partir des faits suivants:
DEFINI DE 39 EST ETAGE
ELEMENT DE 130 EST FACETTE
POSITION DE 130 EST EXTERIEURE
Je deduis:
FACADE DE 39 EST 130
NIVEAU DE 39 EST ?
HAUTEUR DE 39 EST ?

A partir des faits suivants:
DEFINI DE 39 EST ETAGE
ELEMENT DE 88 EST FACETTE
POSITION DE 88 EST EXTERIEURE
Je deduis:
FACADE DE 39 EST 88
NIVEAU DE 39 EST ?
HAUTEUR DE 39 EST ?

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

CONSTRUCTION(C)=BATIMENT
APPROXIMATE(C)=?
ALORS
'SI PRES D UN AEROPORT ECRIVEZ AEROPORT
APPROXIMATE(C)<==SASK(1)

A partir des faits suivants:
CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT
Je deduis:
APPROXIMATE DE 37 EST NON

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

CONSTRUCTION(C)=BATIMENT
ACCOLE(C)=?
ALORS
'EST CE UN BATIMENT ACCOLE,OUI,NON
ACCOLE(C)<==SASK(1)

A partir des faits suivants:
CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT
Je deduis:
ACCOLE DE 37 EST OUI

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

CONSTRUCTION(C)=BATIMENT
SITE(U)=TISSU-URBAIN
DANS(U)=(C)
MILIEU(U)=?
ALORS
'LE BATIMENT SE TROUVE T IL EN MILIEU TRADITIONNEL OU AUTRE
MILIEU(U)<===\$ASK(1)

A partir des faits suivants:
CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT
SITE DE 276 EST TISSU-URBAIN
DANS DE 276 EST 37
je deduis:
MILIEU DE 276 EST TRADITIONNEL

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

CONSTRUCTION(C)=BATIMENT
VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
AU-BORD(C)=?
ALORS
'SI BATIMENT AU BORD D'UNE VOIE DE CIRCULATION ECRIVEZ OUI NON
BORD(C)<---\$ASK(1)

A partir des faits suivants:
CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT
AU-BORD DE 37 EST ?
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
je deduis:
BORD DE 37 EST OUI

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

CONSTRUCTION(C)=BATIMENT
VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
BORD(C)=OUI
ALORS
AU-BORD(C)<---(V)

A partir des faits suivants:
CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT
BORD DE 37 EST OUI
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
je deduis:
AU-BORD DE 37 EST 264

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
QUALITE(V)=?
ALORS
'CHOISISSEZ LE TYPE DE LA VOIE:ARTERIELLE,TRANSIT,AUTRES
QUALITE(V)<===\$ASK(1)

A partir des faits suivants:
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
je deduis:
QUALITE DE 264 EST TRANSIT

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
CHAUSSEE(V)=?
ALORS
'DESIGNEZ LE TYPE DE CHAUSSEE PAVE,AUTRE
CHAUSSEE(V)<===\$ASK(1)

A partir des faits suivants:
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
Je deduis:
CHAUSSÉE DE 264 EST PAVE

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
AU-BORD(C)=(V)
RAMPE(V)=?
ALORS
'PRECISER LA RAMPE DE LA VOIE
RAMPE(V)<==ASK(1)

A partir des faits suivants:
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
AU-BORD DE 37 EST 264
Je deduis:
RAMPE DE 264 EST 1.00

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
SINUOSITE(V)=?
ALORS
'PRECISEZ SI LA SINUOSITE EST ACCENTUEE, AUTRE
SINUOSITE(V)<==ASK(1)

A partir des faits suivants:
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
Je deduis:
SINUOSITE DE 264 EST NON

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
LARGEUR-TROTTOIR(V)=?
ALORS
'PRECISEZ LA LARGEUR DE TROTTOIR?
LARGEUR-TROTTOIR(V)<==ASK(1)

A partir des faits suivants:
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
Je deduis:
LARGEUR-TROTTOIR DE 264 EST 4.00

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
LARGEUR(V)=?
ALORS
'DONNEZ LA LARGEUR DE LA VOIE

LARGEUR(V)<==ASK(1)

A partir des faits suivants:
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
Je deduis:
LARGEUR DE 264 EST 12.00

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
DISTANCE(V)=?
ALORS
'DONNEZ LA DISTANCE DE LA VOIE AU BATI
DISTANCE(V)<==ASK(1)

A partir des faits suivants:
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
Je deduis:
DISTANCE DE 264 EST 50.00

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

```
VOIRIE(V)=VCIE-DE-CIRCULATION
LEVEL(V)=?
ALORS
'QUEL EST LE NIVEAU DE LA VOIE :   TERRAIN-NATUREL
'                                     EN-REMBLAI(OU VIADUC GRANDE HAUTEUR)
'                                     REMBLAI-MOYENNE
'                                     LEGER-DEBLAI
'                                     FORT-DEBLAI-PAROIS-VERT
'                                     FORT-DEBLAI-PAROIS-INCLIN
LEVEL(V)<===$ASK(1)
```

A partir des faits suivants:
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
Je deduis:
LEVEL DE 264 EST TERRAIN-NATUREL

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

```
VOIRIE(V)=VCIE-DE-CIRCULATION
CONSTRUCTION(C)=BATIMENT
AU-BORD(C)=(V)
PROFIL(V)=?
ALORS
'QUEL EST LE PROFIL DE LA VOIE ? U/L
PROFIL(V)<===$ASK(1)
```

A partir des faits suivants:
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT
AU-BORD DE 37 EST 264
Je deduis:
PROFIL DE 264 EST U

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

```
VOIRIE(V)=VCIE-DE-CIRCULATION
CLASSIFI(V)=?
ALORS
'PRECISEZ LA CLASSE DE LA VOIE? AUTOCROUTE VRU VU
CLASSIFI(V)<===$ASK(1)
```

A partir des faits suivants:
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
Je deduis:
CLASSIFI DE 264 EST VRU

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

```
VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
CIRCUL-SUR(V)=?
ALORS
'SI BUS SUR LA VOIE ECRIVEZ OUI OU NON
CIRCUL-SUR(V)<===$ASK(1)
```

A partir des faits suivants:
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
Je deduis:
CIRCUL-SUR DE 264 EST NON

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

```
NATURE(VL)=VEHICULE-LEGER
VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
CIRCUL(VL)=?
ALORS
'EST CE QU IL Y A DE VEHICULES LEGERES SUR LA VOIE ? OUI NON
CIRCUL(VL)<===$ASK(1)
```

A partir des faits suivants:
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
NATURE DE 266 EST VEHICULE-LEGER
Je deduis:
CIRCUL DE 266 EST OUI

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

NATURE(VL)=VEHICULE-LEGER
CIRCUL(VL)=CUI
DEBIT(VL)=?
ALORS
'DONNER LE DEBIT DE V.L
DEBIT(VL)<===\$ASK(1)

A partir des faits suivants:

CIRCUL DE 266 EST OUI
NATURE DE 266 EST VEHICULE-LEGER
Je deduis:
DEBIT DE 266 EST 5000.00

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

VOIRIE(V)=VCIE-DE-CIRCULATION
MARQUE(PL)=PCIDS-LOURD
CIRCUL(PL)=?
ALORS
'EST CE QU IL Y A DE POIDS LOURD SUR LA VOIE ? OUI NON
CIRCUL(PL)<===\$ASK(1)

A partir des faits suivants:
VOIRIE DE 264 EST VCIE-DE-CIRCULATION
MARQUE DE 268 EST POIDS-LOURD
Je deduis:
CIRCUL DE 268 EST OUI

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

MARQUE(PL)=POIDS-LOURD
CIRCUL(PL)=OUI
DEBIT(PL)=?
ALORS
'DONNER LE DEBIT DE P.L
DEBIT(PL)<===\$ASK(1)

A partir des faits suivants:
MARQUE DE 268 EST POIDS-LOURD
CIRCUL DE 268 EST OUI
Je deduis:
DEBIT DE 268 EST 250.00

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

NATURE(M)=METRO
EXISTE(M)=?
ALORS
'Y A -T- IL UN METRO ? OUI NON
EXISTE(M)<===\$ASK(1)

A partir des faits suivants:
NATURE DE 272 EST METRO
Je deduis:
EXISTE DE 272 EST NON

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

NATURE(T)=TRAIN
EXISTE(T)=?

ALORS
'EST CE QU IL Y A UN TRAIN PRES DU BATI ? OUI NON
EXISTE(T)<===\$ASK(1)

A partir des faits suivants:
NATURE DE 274 EST TRAIN
Je deduis:
EXISTE DE 274 EST NON

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

```
DEFINI(ETA)=ETAGE
NIVEAU(ETA)=?
ALORS
'QUEL EST LE NIVEAU DE L'ETAGE?
NIVEAU(ETA)<==ASK(1)
```

A partir des faits suivants:

```
DEFINI DE 39 EST ETAGE
Je deduis:
NIVEAU DE 39 EST      1.00
```

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

```
DEFINI(ETA)=ETAGE
HAUTEUR(ETA)=?
ALORS
'PRECISEZ LA HAUTEUR DE L'ETAGE?
HAUTEUR(ETA)<==ASK(1)
```

A partir des faits suivants:

```
DEFINI DE 39 EST ETAGE
Je deduis:
HAUTEUR DE 39 EST      3.00
```

J'AI APPLIQUE LA REGLE DE COMMANDE:

```
CONSTRUCTION(C)=BATIMENT
VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
AU-BORD(C)=(V)
COEFFICIENT(E)=FACTEUR-E
ALORS
V(E)<==?
```

A partir des faits suivants:

```
CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
AU-BORD DE 37 EST 264
COEFFICIENT DE 278 EST FACTEUR-E
Je deduis:
V DE 278 EST ?
```

!(*CALCUL-DE-FACTEUR-D'EQUIVALANCE-E-POUR-CALCULER-LE-DEBIT-DE-CIR*)

```
CONSTRUCTION(C)=BATIMENT
VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
AU-BORD(C)=(V)
MARQUE(PL)=POIDS-LOURD
CIRCUL(PL)=OUI
COEFFICIENT(E)=FACTEUR-E
V(E)=?
ALORS
EVA-DEBIT(V)<==OUI
```

A partir des faits suivants:

```
CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
AU-BORD DE 37 EST 264
MARQUE DE 268 EST POIDS-LOURD
CIRCUL DE 268 EST OUI
COEFFICIENT DE 278 EST FACTEUR-E
V DE 278 EST ?
Je deduis:
EVA-DEBIT DE 264 EST OUI
```

J'AI APPLIQUE LA REGLE NUMERO: 6

```
PROFIL(V)=U
VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
EVA-DEBIT(V)=OUI
RAMPE(V)<=2
COEFFICIENT(E)=FACTEUR-E
ALORS
V(E)<==10
```

A partir des faits suivants:

```
PROFIL DE 264 EST U
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
EVA-DEBIT DE 264 EST OUI
RAMPE DE 264 EST      1.00
COEFFICIENT DE 278 EST FACTEUR-E
Je deduis:
V DE 278 EST      10.00
```

J'AI APPLIQUE LA REGLE NUPERC: 26

VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
CIRCUL(VL)=OUI
NATURE(VL)=VEHICULE-LEGER
DEBIT(VL)=(V.L)
MARQUE(PL)=POIDS-LOURD
CIRCUL(PL)=OUI
DEBIT(PL)=(P.L)
COEFFICIENT(E)=FACTEUR-E
V(E)=/?
DEBIT(V)=?
ALORS
(E.PL)<==\$(P.L),V(E))

DEBIT(V)<==\$(V.L),(E.PL))

A partir des faits suivants:
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
MARQUE DE 268 EST POIDS-LOURD
CIRCUL DE 268 EST OUI
COEFFICIENT DE 278 EST FACTEUR-E
V DE 278 EST 10.00
CIRCUL DE 266 EST OUI
NATURE DE 266 EST VEHICULE-LEGER
DEBIT DE 266 EST 5000.00
DEBIT DE 268 EST 250.00
Je deduis:
V DE 278 EST 10.00
DEBIT DE 264 EST 7500.00

J'AI APPLIQUE LA REGLE NUMERO: 29

VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
QUALITE(V)=TRANSIT
DEBIT(V)>5000
ALORS
ZONE(V)<==BRUYANTE

A partir des faits suivants:
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
QUALITE DE 264 EST TRANSIT
DEBIT DE 264 EST 7500.00
Je deduis:
ZONE DE 264 EST BRUYANTE

J'AI APPLIQUE LA REGLE NUMERO: 36

VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
ZONE(V)=BRUYANTE
TYPE(V)=/TYPE-1
ALORS
TYPE(V)<==TYPE-2

A partir des faits suivants:
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
ZONE DE 264 EST BRUYANTE
Je deduis:
TYPE DE 264 EST TYPE-2

J'AI APPLIQUE LA REGLE NUMERO: 36

VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
ZONE(V)=BRUYANTE
TYPE(V)=/TYPE-1
ALORS
TYPE(V)<==TYPE-2

A partir des faits suivants:

VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
ZONE DE 264 EST BRUYANTE
Je deduis:
TYPE DE 264 EST TYPE-2

J'AI APPLIQUE LA REGLE NUMERO: 39

VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
LARGEUR(V)=(L1)
BUS-SUR(V)=/CUI
ALORS
NOMBRE-DE-FILES(V)<==SIDIV((L1),2.5)

A partir des faits suivants:
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
LARGEUR DE 264 EST 12.00
BUS-SUR DE 264 EST ?
Je deduis:
NOMBRE-DE-FILES DE 264 EST 4.00

J'AI APPLIQUE LA REGLE NUMERO: 48

VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
ZONE(V)=BRUYANTE
CONSTRUCTION(C)=BATIMENT
AU-BORD(C)=(V)
ELEMENT(F)=FACETTE
DISTANCE(V)<200
APPARTIENT(F)=(C)
ANGLE-DE-VUE(F)>30
POSITION(F)=EXTERIEURE
ALORS
EXPOSITION(F)<==EXPOSITION-DIRECTE

A partir des faits suivants:
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
ZONE DE 264 EST BRUYANTE
CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT
AU-BORD DE 37 EST 264
DISTANCE DE 264 EST 50.00
ELEMENT DE 213 EST FACETTE
APPARTIENT DE 213 EST 37
POSITION DE 213 EST EXTERIEURE
ANGLE-DE-VUE DE 213 EST 31.00
Je deduis:
EXPOSITION DE 213 EST EXPOSITION-DIRECTE

J'AI APPLIQUE LA REGLE NUMERO: 49

VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
CONSTRUCTION(C)=BATIMENT
AU-BORD(C)=(V)
AU-BORD(F)=(V)
ZONE(V)=BRUYANTE

ELEMENT(F)=FACETTE
POSITION(F)=EXTERIEURE
APPARTIENT(F)=(C)
ANGLE-DE-VUE(F)=/?
ANGLE-DE-VUE(F)<=30
DISTANCE(V)<200
ALORS
EXPOSITION(F)<==EXPOSITION-INDIRECTE

A partir des faits suivants:
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
ZONE DE 264 EST BRUYANTE
CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT
AU-BORD DE 37 EST 264
DISTANCE DE 264 EST 50.00
ELEMENT DE 192 EST FACETTE
AU-BORD DE 192 EST 264
POSITION DE 192 EST EXTERIEURE
APPARTIENT DE 192 EST 37
ANGLE-DE-VUE DE 192 EST 29.00
ANGLE-DE-VUE DE 192 EST 29.00
Je deduis:
EXPOSITION DE 192 EST EXPOSITION-INDIRECTE

J'AI APPLIQUE LA REGLE NUMERO: 50

```
CONSTRUCTION(C)=BATIMENT
AU-BORD(C)=(V)
VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
ACCOLE(C)=OUI
SITE(U)=TISSU-URBAIN
DANS(U)=(C)
DISCONTINUE(U)=?
ALORS
*(CONSIDEREZ-VOUS-QUE-LA-DISCONTINUE-DU-TISSU-EN-QUESTION-SUPERIEURE
*A-20%,(OUI-NON))
DISCONTINUE(U)<===$ASK(1)
```

A partir des faits suivants:
CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT
ACCOLE DE 37 EST OUI
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
AU-BORD DE 37 EST 264
SITE DE 276 EST TISSU-URBAIN
DANS DE 276 EST 37
Je deduis:
DISCONTINUE DE 276 EST OUI

J'AI APPLIQUE LA REGLE NUMERO: 1

```
CONSTRUCTION(C)=BATIMENT
ACCOLE(C)=OUI
DANS(U)=(C)
SITE(U)=TISSU-URBAIN
DISCONTINUE(U)=OUI
ALORS
```

CATEGORIES(U)<==DISCONTINU

A partir des faits suivants:
CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT
ACCOLE DE 37 EST OUI
DANS DE 276 EST 37
SITE DE 276 EST TISSU-URBAIN
DISCONTINUE DE 276 EST OUI
Je deduis:
CATEGORIES DE 276 EST DISCONTINU

J'AI APPLIQUE LA REGLE NUMERO: 298

```
DEFINI(F)=CUI
ELEMENT(F)=FACETTE
VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
TYPE(V)=TYPE-2
EXPOSITION(F)=EXPOSITION-DIRECTE
TYPE-ISOL(F)=B
ALORS
ISOL(F)<==35
```

A partir des faits suivants:
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
TYPE DE 264 EST TYPE-2
DEFINI DE 213 EST OUI
ELEMENT DE 213 EST FACETTE
EXPOSITION DE 213 EST EXPOSITION-DIRECTE
TYPE-ISOL DE 213 EST B
Je deduis:
ISOL DE 213 EST 35.00

J'AI APPLIQUE LA REGLE NUMERO: 303

```
DEFINI(F)=OUI
ELEMENT(F)=FACETTE
VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
AU-BORD(C)=(V)
TYPE(V)=TYPE-2
EXPOSITION(F)=EXPOSITION-INDIRECTE
SITE(U)=TISSU-URBAIN
DANS(U)=(C)
CONSTRUCTION(C)=BATIMENT
APPARTIENT(F)=(C)
CATEGORIES(U)=DISCONTINU
TYPE-ISOL(F)=B
ALORS
```

A partir des faits suivants:
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
TYPE DE 264 EST TYPE-2
SITE DE 276 EST TISSU-URBAIN
CATEGORIES DE 276 EST DISCONTINU
DANS DE 276 EST 37
AU-BORD DE 37 EST 264

CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT
DEFINI DE 192 EST OUI
ELEMENT DE 192 EST FACETTE
EXPOSITION DE 192 EST EXPOSITION-INDIRECTE
APPARTIENT DE 192 EST 37
TYPE-ISOL DE 192 EST B
Je deduis:
ISOL DE 192 EST 30.00

J'AI APPLIQUE LA REGLE NUMERO: 307

ELEMENT(F)=FACETTE
VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
ZONE(V)=BRUYANTE
AU-BORD(C)=(V)
CONSTRUCTION(C)=BATIMENT
TYPE-ISOL(F)=/A
TYPE-ISOL(F)=/B
TYPE-ISOL(F)=/C
TYPE-ISOL(F)=/D
ALORS
ISOL(F)<==ISOLEMENT-COURANT

A partir des faits suivants:
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
ZONE DE 264 EST BRUYANTE
CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT
AU-BORD DE 37 EST 264
ELEMENT DE 170 EST FACETTE
TYPE-ISOL DE 170 EST ?
TYPE-ISOL DE 170 EST ?
TYPE-ISOL DE 170 EST ?
TYPE-ISOL DE 170 EST ?
Je deduis:
ISOL DE 170 EST ISOLEMENT-COURANT

A partir des faits suivants:
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
ZONE DE 264 EST BRUYANTE
CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT
AU-BORD DE 37 EST 264
ELEMENT DE 150 EST FACETTE
TYPE-ISOL DE 150 EST ?
TYPE-ISOL DE 150 EST ?
TYPE-ISOL DE 150 EST ?
TYPE-ISOL DE 150 EST ?
Je deduis:
ISOL DE 150 EST ISOLEMENT-COURANT

A partir des faits suivants:
VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
ZONE DE 264 EST BRUYANTE
CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT

AU-BORD DE 37 EST 264
ELEMENT DE 130 EST FACETTE
TYPE-ISOL DE 130 EST ?
TYPE-ISOL DE 130 EST ?
TYPE-ISOL DE 130 EST ?
TYPE-ISOL DE 130 EST ?
Je deduis:
ISOL DE 130 EST ISOLEMENT-COURANT

A partir des faits suivants:
 VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
 ZONE DE 264 EST BRUYANTE
 CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT
 AU-BORD DE 37 EST 264
 ELEMENT DE 110 EST FACETTE
 TYPE-ISOL DE 110 EST ?
 TYPE-ISOL DE 110 EST ?
 TYPE-ISOL DE 110 EST ?
 TYPE-ISOL DE 110 EST ?
 Je deduis:
 ISOL DE 110 EST ISOLEMENT-CCURANT

J'AI APPLIQUE LA REGLE NUMERO: 329

VOIRIE(V)=VOIE-DE-CIRCULATION
 CLASSIFI(V)=VRU
 VITESSE-SUR(V)=/80
 ALORS
 VITESSE-SUR(V)<==80

A partir des faits suivants:
 VOIRIE DE 264 EST VOIE-DE-CIRCULATION
 CLASSIFI DE 264 EST VRU
 Je deduis:
 VITESSE-SUR DE 264 EST 80.00

J'AI APPLIQUE LA REGLE NUMERO: 336

ELEMENT(F)=FACETTE
 CELLULE(PIECE1)=PIECE
 CELLULE(PIECE2)=PIECE
 NATURE(A)=APPARTEMENT
 DEFINI(ETA)=ETAGE
 CONSTRUCTION(C)=BATIMENT
 APPARTIENT(ETA)=(C)
 APPARTIENT(A)=(ETA)
 APPARTENANCE(PIECE1)=(A)
 APPARTENANCE(PIECE2)=(A)
 POSITION(F)=INTERIEURE
 CONTIENT(PIECE1)=(F)
 CONTIENT(PIECE2)=(F)
 ALORS
 INS01(F)<==OK

A partir des faits suivants:
 CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT
 CELLULE DE 45 EST PIECE
 CELLULE DE 43 EST PIECE
 APPARTENANCE DE 45 EST 41
 NATURE DE 41 EST APPARTEMENT
 APPARTENANCE DE 43 EST 41
 ELEMENT DE 110 EST FACETTE
 POSITION DE 110 EST INTERIEURE
 CONTIENT DE 45 EST 110
 CONTIENT DE 43 EST 110
 DEFINI DE 39 EST ETAGE
 APPARTIENT DE 39 EST 37
 APPARTIENT DE 41 EST 39
 Je deduis:
 INS01 DE 110 EST OK

J'AI APPLIQUE LA REGLE NUMERO: 336

ELEMENT(F)=FACETTE
 CELLULE(PIECE1)=PIECE
 CELLULE(PIECE2)=PIECE
 NATURE(A)=APPARTEMENT
 DEFINI(ETA)=ETAGE
 CONSTRUCTION(C)=BATIMENT
 APPARTIENT(ETA)=(C)
 APPARTIENT(A)=(ETA)
 APPARTENANCE(PIECE1)=(A)
 APPARTENANCE(PIECE2)=(A)
 POSITION(F)=INTERIEURE
 CONTIENT(PIECE1)=(F)
 CONTIENT(PIECE2)=(F)
 ALORS
 INS01(F)<==OK

A partir des faits suivants:
 CONSTRUCTION DE 37 EST BATIMENT
 CELLULE DE 43 EST PIECE
 CELLULE DE 45 EST PIECE
 APPARTENANCE DE 43 EST 41
 NATURE DE 41 EST APPARTEMENT
 APPARTENANCE DE 45 EST 41
 ELEMENT DE 110 EST FACETTE
 POSITION DE 110 EST INTERIEURE
 CONTIENT DE 43 EST 110
 CONTIENT DE 45 EST 110
 DEFINI DE 39 EST ETAGE
 APPARTIENT DE 39 EST 37
 APPARTIENT DE 41 EST 39
 Je deduis:
 INSO1 DE 110 EST OK

J'AI APPLIQUE LA REGLE NUMERO: 339

ELEMENT(F)=FACETTE
 CELLULE(PIECE1)=PIECE

CELLULE(PIECE2)=PIECE
 INSO1(F)=OK
 CONTIENT(PIECE1)=(F)
 CONTIENT(PIECE2)=(F)
 NOM(PIECE1)=CHAMBRE
 NOM(PIECE2)=SEJOUR
 REGISO(F)=?
 LCAISO(F)=?
 ALORS
 REGISO(F)<==35
 LCAISO(F)<==41

A partir des faits suivants:
 CELLULE DE 43 EST PIECE
 NOM DE 43 EST CHAMBRE
 CELLULE DE 45 EST PIECE
 NOM DE 45 EST SEJOUR
 ELEMENT DE 110 EST FACETTE
 INSO1 DE 110 EST OK
 CONTIENT DE 43 EST 110
 CONTIENT DE 45 EST 110
 Je deduis:
 REGISO DE 110 EST 35.00
 LCAISO DE 110 EST 41.00

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Réf 1 : A la formation de l'esprit scientifique. G.BACHELARD
J.VRIN - PARIS
1977.
- Réf 2 : Le mal bruit M.SEGAUD
"h" n° 83
Mars - 1983
- Réf 3 : Protection acoustique des bâtiments contre les bruits de circulation . Application de l'arrêté du 6 Oct. 1978. D.TATUSESCO
EYROLLES - 1981.
- Réf 4 : Mesure des bruits pour l'évaluation de la gêne dans les zones d'habitation La Norme Française
S31010 - Avr 1969.
- Réf 5 : Guide pratique de la construction. C.CAROLINI
Y.RAFFESTINI,
MONITEUR - 1977.
- Réf 6 : Conception Assistée par Ordinateur: Contribution à L'évaluation technique et économique de structure et second oeuvre d'avant projets de bâtiments. J.DUFAU
Thèse de Doctorat
d'Etat - INSA
LYON - Mai 1981.
- Réf 7 : Méthodologie de Conception de Bâtiment. Un Système de Conception Assistée par Ordinateur: Evaluation Technique et Economique d'Avant Projet. M.MIRAMOND
Thèse de Doctorat
Es Sciences- INSA
LYON - Mai 1981.
- Réf 8 : Pour une recherche sur l'évaluation de la qualité technique et économique de l'esquisse et de l'avant projet sommaire d'un bâtiment collectif à usage d'habitation. Un système interactif sur microordinateur. D.BOISSIER
J.DUFAU
M.MIRAMOND
Plan-Construction
INSA-LYON 1981.
- Réf 9 : La réhabilitation des logements construits de 1945,1970. L'amélioration acoustique. P.CUBAU,A.MAUGARD
Cahiers techniques
du Bâtiment, n°29
Juin,Juil 1980.

- Réf 10 : Fonctions acoustiques J.J.MULARD
Le Bâtiment Bâtir
n° 1 , Jan 1981.
- Réf 11 : Correction acoustique J.J.MILARD
Le Bâtiment Bâtir
n° 617, Juin/Juil
1980.
- Réf 12 : Lutte contre le bruit:
un exemple, des solutions. J.M.RAPIN,G.ZELLER
J.MARTI,M.PAULIK,
M.BENOISET
Cahiers techniques
du Bâtiment
n°44-1982.
- Réf 13 : CAO en architecture. P.QUINTRAND
HERMES - 1986.
- Réf 14 : Les enjeux de l'informatisation
des professions du bâtiment. J.CHABERT
CSTB entretiens,
Informatique et
Cybernétique.
1,2,3 Juin1982.
- Réf 15 : La CAO pour l'architecture et
le bâtiment . Situation actuelle
et orientation. M.GANGNET,
TANGRAM S.A.
Mai 1985.
- Réf 16 : Les professionnels de
construction face à
l'informatique. Le moniteur des
travaux publics
n° 25 - Juin 1984.
- Réf 17 : Validation et amélioration
des conditions d'utilisation
du système de CAO. GERMINAL
Rapport 3/3079/
DEKI, 1977.
- Réf 18 : Structuration et intégrité des
informations dans les bases de
données en CAO. Définitions d'un
modèle de donnée et réalisation
d'une maquette. L.CHOLVY
Thèse de Docteur
Ingénieur - ENSAE
Dec. 1983.
- Réf 19 : Une application de l'I.A à la
CAO : TROPIC . J.C.LATOMBE
Thèse Doctorat
d'Etat, USMG-INPG
Grenoble 1977.

- | | | |
|----------|---|--|
| Réf 20 : | L'environnement informatique de l'architecte. | J.ZEITOUN
Rapport de la mission de coordination DGRST/GAMSAU 3/1981. |
| Réf 21 : | L'homme et sa destinée. | Le comte de NOUY 1948. |
| Réf 22 : | Modèles en urbanisme. | J.ZEITOUN
CRU - 1971. |
| Réf 23 : | Le macroscopie vers une vision globale. | J.DE ROSNAY
SEUIL - 1975. |
| Réf 24 : | The systems approaches. | H.W.BODE
Applied science & engineering-1967. |
| Réf 25 : | From circuit theory to systeme theory. | L.A.ZADEH
1962. |
| Réf 26 : | Les systèmes et la formation de l'ingénieur. | J.CHINAL
L'armement-1975. |
| Réf 27 : | La démarche systémique et la formation professionnelle de l'ingénieur. | A.B.TURGEON
L'ingénieur, n°330 Mar/Avr 1979. |
| Réf 28 : | Contribution à la prise en compte des interactions "Sols-Fondations-Bâti" dans la conception des bâtiments.Approche probabiliste de la sécurité. | D.BOISSIER
Thèse de Doctorat d'ETAT - INSA Jui- 1982. |
| Réf 29 : | Intégration d'un modèle d'évaluation technique et économique de gros oeuvre de bâtiment dans un système de CAO utilisant un système de gestion de base de données réseau. | J.DUFAU
H.GALLEY
J.C.MANGIN
CAD & ROBOTICS in architecture & construction Marseille- Juin 1985. |

- | | | |
|----------|---|--|
| Réf 30 : | Politiques de protection des logements aux bruits extérieurs: leur impact économique. | P.ELIAS
P.DE TRICAUD
Cahiers du CSTB
n°241 Jui-Aou
1983. |
| Réf 31 : | Traité de calcul de probabilités et ses applications. | E.BOREL.
PARIS / 1924. |
| Réf 32 : | Gestion et manipulation des données morphologiques dans un système de CAO orienté architecture. | M.FREGIER
Mission de coordination
DGRST/GAMSAU
3/1981. |
| Réf 33 : | Bruit et formes urbaines. | CETUR
Juil/1981. |
| Réf 34 : | Acoustique. | REEF - Volume II
CSTB / 1982. |
| Réf 35 : | Journal officiel. | N.C - 11 Nov/1978. |
| Réf 36 : | Journal officiel. | N.C - 5 Mar/1983: |
| Réf 37 : | Arrêté du 1er Fev/1972. | |
| Réf 38 : | Guide du bruit des transports. Prévision des niveaux sonores. | CETUR
Nov/1980. |
| Réf 39 : | Les fenêtres quelques aspects acoustiques. | S.AUZOU, M.REHFELD
Cahiers du CSTB
n° 240 Juin/1983. |
| Réf 40 : | Comment concevoir une protection satisfaisante des bâtiments vis-à-vis des bruits extérieurs. | Service Acoustique
du CSTB-GRENALE
Cahiers du CSTB
n° 1855 Juin/1983. |
| Réf 41 : | Etude des caractéristiques acoustiques de matériaux et d'équipements. | S.AUZOU
Cahiers du CSTB
n° 1397 Oct/1976. |
| Réf 42 : | La Méthode de QUALITEL. | QUALITEL, 1984. |
| Réf 43 : | L'isolation acoustique des façades d'immeubles. | Cahiers techniques
du bâtiment. n° 18
Sep/1978. |

- Réf 44 : Le comportement acoustique des isolants thermiques. S.AUZOU
J.F.MATHIEU,
Cahier du CSTB
n° 1884 Oct/1983.
- Réf 45 : Protection contre les bruits aériens. Protection contre les bruits de choc; Protection contre les bruits de fonctionnement des équipements. Cahier du CSTB
n° 1373
Avr/1976.
- Réf 46 : La reprise de l'isolation acoustique. P.FRANCOIS
Cahier du CSTB
n° 194, Nov/1978.
- Réf 47 : Exemples de solutions pouvant satisfaire au règlement de la constructionet (ou) aux définitions du LCA. Cahiers du CSTB
n° 168, Avr/1976.
- Réf 48 : LE PETIT ROBERT.
- Réf 49 : Les utilitaires et systèmes de CAO dans le domaine de l'architecture. J.P.LEININGER
Mémoire DPLG
4 Oct/1985.
- Réf 50 : Pour un système de Conception Assistée par Ordinateur en Avant-Projet Sommaire de Bâtiment. CIMA
ENSMET
LGCH-Uni de SAVOIE
INSA-LYON
Mai / 1984.
- Réf 51 : Computer Aided Design, past, present and futur. J.GERO
Architectural
Science Review
Vol 26, n°1
Mar/1983.
- Réf 52 : PROJET : une Base de Données relationnelle en CAO, pour le projet d'architecture. PLAN DE
CONSTRUCTION,
CIMA, Sep/1982.
- Réf 53 : X2A, pour un système de CAO en Avant-Projet Sommaire de bâtiment. ARCIMA, rapport
final de recherche
Juin/1986.
- Réf 54 : Sur l'analyse des processus intuitifs de conception. C.M.EASTMAN
Centre MMI, n° 6
Jan/1977.

- Réf 55 : Représentation et utilisation des connaissances. 1ère partie : les Systèmes Experts. J.L.LAURIERE
T.S.I n° 1
1982.
- Réf 56 : DIALOG : Interactivité d'un système de CAO en architecture dans le contexte de Système - Expert. C.HOURCADE
K.ZREIK
Rapport final
Juin/1986.
- Réf 57 : Utilisation des connaissances déclaratives. J.PITRAT
Lab. C.F.PICARD
Juil/1985.
- Réf 58 : LEGO, un Système Expert pour la résolution de quelques problèmes en architecture. C.MANAGO
Thèse 3ème Cycle
Univ. PARIS VI
Jan/1984.
- Réf 61 : Un langage déclaratif SNARK. J.L.LAURIERE
T.S.I, Vol 5, n°3
Mai, Juin/1986.
- Réf 62 : Un système Expert pour la conception de bâtiment par composants compatibles. C.MANAGO
MICAD,
Nov/1983.
- Réf 63 : Un système qui traite des contraintes. C.MANAGO
COGNITIVA 85,
Juin/1985.
- Réf 64 : Problématique de l'intégration des concepts de l'intelligence artificielle dans un système de CAO architecture. F.GUENA
J.P.LEININGER
K.ZREIK
CAD & ROBOTICS
in Architectur &
Construction,
Marseille
Juin/1986.
- Réf 65 : Un exemple de définition d'un système-expert en amont du processus de conception architecturale: Delta DIALOG. C.HOURCADE
K.ZREIK
ARCIMA- PARIS
Mai/1986.
- Réf 66 : Computer aided building design. U.S General
Accounting office
Juil/1978.

- Réf 67 : Programme de calcul automatique des niveaux sonores dus à la circulation routière : BRUIT. CETUR.
- Réf 68 : Arrêté de 6 Octobre 1978.
- Réf 69 : La pratique de l'acoustique dans le bâtiment. M.MEISSER
EYROLLES 1978.
- Réf 70 : Notions d'acoustique à l'usage des architectes, ingénieurs, urbanistes. R.JOSSE
EYROLLES 1977.
- Réf 71 : Recent developments in representation in the science of design. C.M.EASTMAN
Design Studies
Vol 3, n° 1,
Jan/1982.
- Réf 72 : L'isolation acoustique des logements. R.JOSSE
EYROLLES.
- Réf 73 : La pratique de l'isolation des bâtiments. J.PUJOLLE
EYROLLES 1978.
- Réf 74 : Historiques des mesures thermiques et acoustiques réglementaires et initiatives dans les constructions neuves et existantes. R.J.DAUSSY
seminaire de
formation continue
ENPC? Mai/1984.
- Réf 75 : Utilisation des fichiers de mesures acoustiques comme outils de recherche et d'aide à la conception dans le bâtiment. LCPC - Paris
LRPC - STRASBOURG
LRPC - ANGERS
Document interne.
- Réf 76 : Bien choisir un plafond. Cahiers techniques
du bâtiment n° 36
Mai/1981.
- Réf 77 : Outil des études acoustiques sur maquettes urbaines. CSTB - GRENOBLE.
- Réf 78 : Le bruit des équipements dans le bâtiment. Les bruits provenant des équipements individuels. J.PUJOLLE
Cahiers Techniques
du Bâtiment, n° 9
Mars/1977.
- Réf 79 : La réglementation acoustique dans les bâtiments d'habitation. Le Bâtiment Bâtir
n° 12, Dec/1979.

- | | | |
|----------|--|--|
| Réf 80 : | La réglementation acoustique
dans les bâtiments d'habitation | P.FOUBEAU
La Bâtiment Bâtir
n° 1, Jan/1980. |
| Réf 81 : | La réglementation acoustique
dans les bâtiments d'habitation. | Le Bâtiment Bâtir
n° 4, Avr/1980. |
| Réf 82 : | Guide acoustique de l'isolation
acoustique. | Collection COMAPI. |
| Réf 83 : | Comportement acoustique des
toitures. | Ph.CRESTOIS
Formation Continue
ENPC, Mai/1984. |
| Réf 84 : | Acoustique. | V.GAVREAU. |
| Réf 85 : | L'isolation acoustique et
thermique dans le bâtiment. | M.ROUGERON
MONITEUR. |
| Réf 86 : | Savoir bâtir. | G.BLACHERE
EYROLLES 1974. |
| Réf 87 : | Acoustique. | P.CHEMILLIER
Sciences du
Bâtiment, ENPC. |
| Réf 88 : | Représentation des connaissances
dans les Systèmes Experts. | S.PINSON
RAIRO Informatique
Computer Science
Vol 15 n°4 1981. |
| Réf 89 : | Représentation de connaissances. | J.L.LAURIERE
TSI n°2 1982. |
| Réf 90 : | Transfert interactif d'expertise
Expérience avec EMYCIN pour la
construction du programme LITHO. | A.BONNET
Journées Systèmes
-Experts AVIGNON
Mai/1981. |
| Réf 91 : | Introduction aux Systèmes-
Experts. | M.GANDRAN,
EYROLLES/1985. |
| Réf 92 : | Eléments d'introduction des
Systèmes-Experts en CAO. | V.BEGG,
HERMES / 1984. |
| Réf 93 : | Pratiquez l'Intelligence
Artificielle. | J.P.AUBERT,
R.SCOMBERG
EYROLLES/1985. |

- Réf 94 : Artificial Intelligence. P.H.WINSTON
Wesly Publishing
Company/1979.
- Réf 95 : Applications des Langages
Orientés Objet à la CAO de
l'architecture. E.CHOURAQUI,
Ph.DUGERDIL
Journées BIGRE
IRCAM Jan/1986.
- Réf 96 : The role of Frame-Based
representation in Reasoning. R.FIKES & T.KEHLER
Communication of
the ACM, Vol 28
n° 9, Sep/1985.
- Réf 97 : Un langage pour les Systèmes-
Experts : ALLOUETTE. D.MULET-MARQUIS
& M.GANDRAN , EDF
Mai/1984.
- Réf 98 : Design Knowledge in
architectural CAD. W.H.FAWCETT
CAD, Vol 18, n°2
Mars/1986.
- Réf 99 : SNARK : Un moteur d'inférence
pour Systèmes-Experts en logique
du premier ordre. J.L.LAURIERE
rapport institut
de programmation,
n° 430, Nov/1983.
- Réf 100 : La structure de contrôle dans
les Systèmes Experts. J.P.LAURENT
TSI, Vol 3, n°3
1984.
- Réf 101 : Introduction to Artificial
Intelligence. Ph.C.JACKSON
PETROCELL I/
CHARTER 1974.
- Réf 102 : Architectural design as a
system of research programmes. S.ANDERSON
DSIGN STUDIES
Vol 5, n° 3
Juil/1984.
- Réf 103 : Bases de Données. les systèmes
et leurs langages. G.GARDRAN
EYROLLES/1985.
- Réf 104 : Expert System in CAD. J.GERO
CAD , Vol 17
Nov/1985.

- Réf 105 : la conception des systèmes experts. J.G.GANASCIA
La Recherche,
n° 170, Oct/1985.
- Réf 106 : La naissance de l'intelligence artificielle. J.PITRAT
La Recherche
n° 170, Oct/1985.
- Réf 107 : Functional specification for CAD databases. S.M.STALEY &
D.C.ANDERSON,
CAD, Vol 18, n°3
Avr/1986.
- Réf 108 : Conceptualisation, cohérence et validation des bases de connaissances. C.ASSEMAT &
A.BONNET, Journées
des Systèmes-
experts AVIGNON
Avr/1986.
- Réf 109 : Building Expert-Systems. HAYES-ROTH, F.,
WATERMAN, D.A., &
LENAT, D.B. ,
Addison-Wisley,
1983.
- Réf 110 : An expert systems approach to mathematical design modelling and optimization. M.BALACHANDRAN
J.GERO, Univ. of
SYDNEY. 1985.
- Réf 111 : Systèmes experts et approches orientées objets. J.FERBER
Journées des
Systèmes Experts,
AVIGNON, Avr/1986.
- Réf 112 : SHIRKA : des systèmes experts centrés objet. F.RECHENMANN &
A.BENSAID &
D.GRANIER.
AVIGNON, Mai/1984.
- Réf 113 : Intelligence Artificielle & Langages orientés objets. J.P.LAURENT &
C.ROCHE, RFIA
GRENOBLE/1985.
- Réf 114 : SHIRKA: mécanismes d'inférence sur une base de connaissance centrée objet. F.RECHENMANN
RFIA - GRENOBLE
Nov/1985.

Réf 115 : Construction informatique et
formation.

O.MAREC
Collection
formation/1984.

TABLE DE MATIERES

TABLE DE MATIERES

AVANT PROPOS
RESUME
ABSTRACT
SOMMAIRE
INTRODUCTION

PREMIERE : PARTIE

CHAPITRE I :

DOMAINE DE L'ETUDE

LE PHENOMENE ET LA CONCEPTION ACOUSTIQUE

INTRODUCTION	3
LA CONCEPTION ACOUSTIQUE EN AVANT PROJET SOMMAIRE	
I.1 - Les exigences en acoustique dans le bâtiment	6
- Les bruits extérieurs au bâtiment	6
- Les bruits intérieurs au bâtiment	7
I.2 - Le confort acoustique vu par la réglementation	7
I.3 - La conception acoustique en phase d'études préliminaires et en phase d'avant-projet sommaire	8
I.4 - Problématique de l'évaluation de la performance acoustique au stade de l'A.P.S du bâtiment	11
- Position du problème	12
- Domaine d'action retenu	13
- Niveaux de conception retenus	13
I.5 - La conception acoustique dans l'habitat	14
I.6 - Types et méthodes d'évaluation acoustique	15

I.7 - Des méthodes de conception acoustique dans le bâtiment	19
- L'organigramme général de la démarche du traitement	20
- Les critères de base de la recherche de méthodes d'évaluation acoustique	21
I.8 - Problématique de L'utilisation de l'informatique pour l'évaluation acoustique dans le bâtiment	21
I.9 - La Conception Assistée par ordinateur	23

CHAPITRE II

VERS UN MODELE D'EVALUATION ACOUSTIQUE

Introduction	28
II.1 - L'approche méthodologique proposée pour l'évaluation de la performance acoustique en phase d'A.P.S	28
II.2 - La dépendance des choix	30
- Types des relations de dépendance	31
- Situation du problème	31
II.3 - Les critères du choix d'un système d'évaluation acoustique	35
- Le critère économique	36
- Le critère technologique	37
- Le critère de sécurité	37
- Les critères architecturaux-urbanistes	37
II.4 - Proposition pour un sous-système "acoustique"	38
II.5 - Modèle du sous-système acoustique	38
II.5.1 - Une modélisation d'une représentation du bâtiment	39
II.5.2 - Présentation du modèle de calcul retenu	41
II.5.3 - Une approche économique	67

II.5.4 - Caractéristique de la démarche choisie	68
II.5.5 - Présentation du modèle de données	70
- Les données extérieures au bâti	72
- La représentation géométrique du bâtiment et de ses éléments constructifs	74
- La représentation des informations technico-économiques liées au bâtiment ...	76
- Conclusion	78
II.5.6 - Méthodologie du traitement	78
II.5.7 - Conclusion de la première partie	82

DEUXIEME PARTIE

VERS UN SYSTEME DE CAO

CHAPITRE III

SCENARII DE DEVELOPPEMENT

III.1 - Schéma du scénario de localisation du poste acoustique par rapport au processus de conception du bâtiment	92
III.2 - Schéma du scénario d'évolution du traitement suggéré	93
III.3 - La manipulation des données	94
- La saisie des données	94
- La préparation des données	95
III.4 - Manipulation des procédures de calculs	97
III.6 - Conclusion	99

CHAPITRE IV

1^{er} DEVELOPPEMENT

UN OUTIL AUTOMATIQUE POUR L'EVALUATION DE LA PERFORMANCE ACOUSTIQUE EN AVANT PROJET

IV.1 - Introduction	101
IV.2 - Définition du 1 ^{er} développement	101
IV.3 - L'adaptation du modèle bâtiment	102
- Le modèle géométrique	102
- Le modèle de données choisi	105
IV.4 - L 'architecture du programme ECHO	106
IV.5 - Présentation de différentes procédures d'évaluation associées au programme ECHO	107
IV.6 - La structure informatique des données manipulées	111
IV.7 - ECHO est un outil automatique interactif spécialisé en acoustique	112
- L'organisation et la manipulation des processus d'évaluation par ECHO	112
- Définitions du type et de la nature du rapport Homme-Système	113
- Exemple d'évaluation assistée par ECHO	116
- Les contraintes de l'utilisation d'ECHO	119
IV.8 - Conclusion	121

2ème DEVELOPPEMENT

SONARE :

UN SYSTEME DE CONCEPTION ASSISTEE PAR ORDINATEUR POUR L'EVALUATION ACOUSTIQUE EN AVANT PROJET SOMMAIRE DU BATIMENT

CHAPITRE V

CONTEXTE ET ENVIRONNEMENT DE L'ETUDE :

LE SYSTEME " X2A "

V.1 - Introduction	124
V.2 - Définitions	124
V.3 - Le contexte de la recherche	125
V.4 - Présentation du système de CAO adopté	129
- Objectif du système X2A	129
- Architecture du système	130
- Les apports d'une telle architecture au poste d'évaluation acoustique	132
- La base de données , concepts et principes de fonctionnement	133
- Le Langage de Requêtes du SGBD	134
- Modélisation du bâtiment dans la BD	134
- Les modes de travail de X2A	136

CHAPITRE VI

DESCRIPTION ET FONCTIONNALITE DU SYSTEME SONARE

VI.1 - Introduction vers une nouvelle stratégie	140
VI.2 - Architecture de SONARE	140
VI.3 - La structure des données	143

VI.4 - Scénarii de la définition des objets	153
VI.5 - La technique d'interaction entre SONARE et les BD(s) du système X2A	154
- L'intégration des primitives du Langage de Requêtes dans le corps du système "SONARE" ...	154
- Implantation et support du Langage de Requêtes	158
VI.6 - Scénario du fonctionnement de SONARE	158
VI.7 - Les relations HOMME-MACHINE	160
VI.8 - Les limites et les contraintes du système	162
VI.9 - Les apports du système SONARE	164
VI.10 - Conclusion, extension et proposition	165

3ème PARTIE

L'INTEGRATION DES CONCEPTS DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE DANS UN SYSTEME DE CAO-BATIMENT

Résumé	169
--------------	-----

Chapitre VII

VERS UNE EVALUATION EXPERTE DE LA PERFORMANCE ACOUSTIQUE EN A.P.S DE BATIMENT BASEE SUR LES CONCEPTS DES TECHNIQUES DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

VII.1 - Introduction	171
VII.2 - La notion des processus intuitifs de conception	175
VII.3 - Synthèse de la recherche	176
VII.4 - Cadre et objectif de l'action	179
VII.5 - La relation Evaluation acoustique - Expertise	179
VII.6 - Le propos de l'expert acousticien	180
VII.7 - Objet de l'expertise	181

VII.8 - Nature de l'expertise	182
VII.9 - Les modalités de l'expertise en matière d'évaluation acoustique	183
VII.10 - Les expertises en matière d'évaluation acoustique	183
VII.11 - L'intégration de la notion de l'expertise dans un système de CAO	184
VII.12 - Conclusion	185

Chapitre VIII

3ème développement

CONTRIBUTION A LA REALISATION D'UNE MAQUETTE D'UN SYSTEME EXPERT POUR L'EVALUATION DE LA PERFORMANCE ACOUSTIQUE EN A.P.S DU BATIMENT

VIII.1 - Présentation générale	188
VIII.2 - Introduction	189
VIII.3 - Contexte du développement	190
VIII.4 - Problématique de l'utilisation de la technique des systèmes experts pour l'évaluation acoustique	191
VIII.5 - Méthodologie de développement proposée	197
- Les moyens disponibles	197
- La stratégie du développement	197
VIII.6 - KRIS est le moteur d'inférence d'ordre 1 adopté pour le développement du S.E - SONO	198
- La structure de KRIS	199
- La représentation de connaissances en KRIS	200

- Les moyens de dialogue mis en jeu par KRIS	203
- Fonctionnement de KRIS	205
- Conclusion	205
VIII.7 - Présentation d'un S.E pour l'évaluation de la performance acoustique en A.P.S du Bâtiment : SONO	206
- Définition de l'environnement informatique dont nous disposons à ce stade de la recherche	206
- Caractéristiques de la zone de travail	207
- L'architecture du système SONO	208
- La base de connaissances de SONO	208
VIII.8 - Le lancement du SE-SONO	224
VIII.9 - Présentation et explication du raisonnement du SE-SONO	225
VIII.10 - La mise en oeuvre du SE-SONO	227
- Les problèmes envisagés lors de la conception d'un SE spécialisé dans le bâtiment	227
- Les problèmes de la construction de la BC-SONO	230
- Les problèmes liés à l'utilisation d'un tel SE dans un environnement de CAO spécialisé	233
VIII.11 - Validité et limitation du système	233
VIII.12 - Conclusion et extension	234
VIII.12.1 - Résultats escomptés	234
VIII.12.2 - Extension proposée du système	236
ANNEXE1	242
ANNEXE2	247
ANNEXE3	251
ANNEXE4	258
ANNEXE5	268
ANNEXE6	280
ANNEXE7	284
ANNEXE8	286
ANNEXE9	290

ANNEXE10.....	321
ANNEXE11.....	327
BIBLIOGRAPHIE	350