

4 - ETUDE DE L'ORGUE



Figure 4.1 - Le Grand Orgue de la Basilique de la Madeleine, à St Maximin en Provence.

1. Etude comparative d'un orgue, avant et après restauration : 1985 - 2001

Groupe de recherche : Ch.Besnainou; B. Fabre; Ch. Piron.

1.1. Généralités

L'orgue, considéré dans son ensemble, pose d'emblée des problèmes complexes qu'il nous a été possible d'aborder dès 1985, grâce aux connaissances acquises pendant la thèse sur l'étude acoustique des tuyaux à bouche et leur perception, mais aussi grâce à une pratique musicale personnelle de l'instrument.

Son 18

Orgue et acoustique du lieu. Comparaison entre le son de l'orgue entendu depuis la nef (début de l'exemple sonore) puis et à la tribune de l'organiste. Enregistrement simultané. Orgue de Poitiers, Mission Juin 1988, avant restauration de l'instrument - Grand fond d'orgue en 16' (G.G. Nivers); MC

La première demande d'étude de la qualité sonore d'un orgue a été formulée par la Commission Supérieure des Monuments Historiques en 1986, dans un contexte difficile¹⁰. Il nous était demandé d'établir un "relevé sonore de l'instrument" devant servir de référence pour le comparer avec celui de l'instrument après restauration .

L'enjeu était d'importance. Nous avons déjà effectué quelques enregistrements d'instruments de musiques avant restauration pour le compte du Musée du Conservatoire. Mais la Vièle de Gambe comme le Clavecin ou le Pianoforte sont des instruments dont on fait rapidement l'inventaire sonore, et que l'on peut enregistrer dans des conditions acoustiques optimales. Il n'en est pas de même pour l'orgue qui nous posait de nouveaux problèmes.

D'une part, l'orgue est un instrument de grandes dimensions qui possède plusieurs milliers de tuyaux et de nombreuses possibilités de combinaisons entre les divers jeux. D'autre part il est fixé dans un lieu (généralement une église) dont les caractéristiques acoustiques sont extrêmement complexes. Pour s'en convaincre on pourra comparer, dans l'exemple sonore N°18, le son de l'orgue à deux positions différentes, lors d'une prise de son simultanée dans la nef et à la tribune).

10. le choix du facteur d'orgue restaurateur décidé en région était contesté par les membres de la CSMH

1.2. Protocole d'enregistrement

Le premier problème à résoudre consiste donc à définir une méthode d'enregistrement parfaitement reproductible, permettant de s'affranchir des variabilités du champ acoustique, pour pouvoir comparer le son de l'instrument à plusieurs années d'intervalle. L'idée proposée par Ch. Besnainou, consiste à fixer les micros sur une structure triangulaire suspendue à la voûte et dont la base est fixée aux murs Nord, Ouest et Sud de l'édifice. Les cables, coupés à longueur, sont conservés et réutilisés lors d'une nouvelle installation. Au cours de la première mission à St Maximin nous avons pu réaliser deux séries d'enregistrements effectués en Août et en Novembre de la même année, et constater, avant le démontage, que les résultats étaient parfaitement reproductibles.

Le deuxième problème à résoudre est celui de la définition du programme d'enregistrement. Ce programme doit répondre à deux objectifs : offrir de la matière sonore pour l'analyse acoustique, mais aussi et surtout, permettre des écoutes, des comparaisons auditives. En effet, la notion de "qualité acoustique" ne peut se réduire à quelques indices spectraux et, aujourd'hui encore, seul l'auditeur humain est capable d'apprécier globalement les caractéristiques perceptives d'un son.

Le programme suivant a été défini et fixé dès la première séance. Il comporte :

- - des *gammes chromatiques* en jeu détaché, *sur toute la tessiture*, jeu par jeu, puis sur des associations de jeux courantes (fonds, plein jeu, jeux de tierces, grands-jeux), et en combinant les claviers. Ces gammes chromatiques sont jouées selon deux tempi : 1 note par seconde et 4 notes par seconde. Ex **Sons 19 a 22**
- - des *gammes diatoniques* en jeu détaché, dans le *medium du clavier* (DO25 à Sol44), sur les jeux isolés et les associations de jeux, claviers séparés et claviers accouplés. Ex
- - des *accords enchainés* successivement dans le *grave* puis dans *l'aigu* de la tessiture, sur les principales associations de jeux. Ces accords donnent une bonne indication sur l'équilibre général entre les basses et les aigus. Par ailleurs, ils renseignent sur la qualité de la fourniture d'air de la soufflerie. **Sons 23 a 25**
- - des *pièces musicales* jouées par l'organiste, puis par nous mêmes. Nous avons ainsi mis au point un programme musical de base qui a été appliqué à tous les instruments.

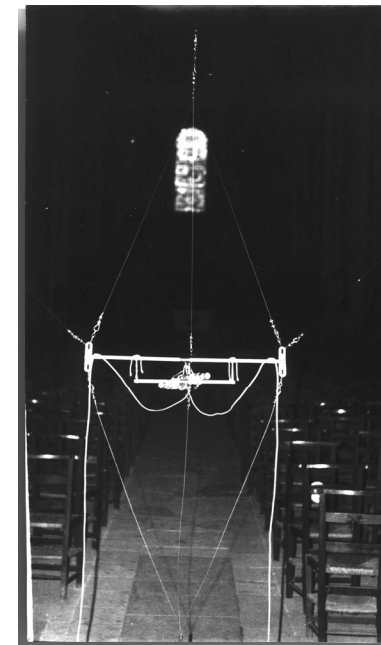


Figure 4.1 - Système de suspension des micros prêt à être hissé à la voûte.

Son 19

Orgue d'Ebersmunster : annonce des conditions d'enregistrement de la mission 1997.

Son 20

Bourdon 8', Gamme chromatique descendante, notes détachées. Jeu lent puis rapide. Ebersmunster 1997,

Son 21

Prestant 4', Gamme chromatique descendante lente; Ebersmunster 1997.

Son 22

Prestant 4', Gamme chromatique descendante lente puis rapide, Ebersmunster, 1999 après restauration.

Son 23

Accords sur les « Principaux » du Grand-Orgue : A chaque fois 1999 puis 1997.

Son 24

Accords sur le « Plein jeu » du Positif; pour chaque séquence d'accords 1999 puis 1997.

Son 25

Accords sur les « Grands Jeux ». 1999 puis 1997.

Son 26

Fond d'orgue de Nivers; 1999, puis 1997.

Son 27

Plein jeu du Positif de Nivers; 1999 puis 1997

Son 28

Grand jeu de Gigault; 1999 puis 1997

Son 29

Dessus de tierce du positif de Nivers; 1999 puis 1997

Son 30

Basse de trompette de Nivers; 1999 puis 1997

Ce programme, reproduit fidèlement par la même personne depuis 1986, sur différents orgues, permet de comparer la sonorité des instruments, indépendamment du contenu musical, et indépendamment de l'interprète. Ex *Sons 26 a 30*

L'enregistrement d'un instrument se fait en deux ou trois nuits, selon les conditions météorologiques et selon l'importance de l'instrument.

1.3. Missions effectuées

Les instruments suivants ont été enregistrés.

Saint Maximin la Sainte Baume : orgue de J.E. Isnard (1773; 4 claviers; 43 jeux; 2710 tuyaux. Août 1986 - Nov.1986 - et Nov. 1992 après restauration.

Paris, église Saint Sulpice : Orgue d'A. Cavaillé Coll (1862); 5 claviers; 102 jeux; plus de 4000 tuyaux. Oct.1987 - (pas d'enregistrement après restauration).

Vallée de la Roya, 6 orgues italiens; **Tende** : C. et G. Serassi (1807); La Brigue : G. et L. Lingiardi (1849); **Saorge** : G. et L. Lingiardi (1847); **Sospel** : Vittino (1891); Fontan : Vittino (1850); **Breil sur Roya** : facteur anonyme.-Avr. 1988 et Sept. 1989

Poitiers, Cathédrale Saint-Pierre : Orgue de F.H. Clicquot (1790) ; 4 claviers; 44 jeux; 3023 tuyaux. Nov. 1988 - Juin 1989 et Nov. 2000 après restauration.

Dole, Collégiale : orgue de Riepp/Callinet/Stiehr (1858); 4 claviers; 61 jeux.Nov. 1989. Pas de restauration pour l'instant.

Ebersmunster, Abbatale St Maurice : Orgue A. Silberman (1731); 29 jeux; Nov. 1997 et Nov. 1999 après restauration.

L'exploitation des enregistrements nécessite plusieurs mois de travail. Il comprend le dépouillement et le montage des bandes; des analyses acoustiques systématiques (sonogrammes de gammes chromatiques; spectres, IDS), des tests auditifs, et des analyses particulières mettant en évidence certaines caractéristiques identifiées au cours des tests.

Les principes directeurs de notre étude et quelques résultats spécifiques sont présentés dans les publications suivantes.

Au: 6. - CASTELLENGO M., (1994), Approche acoustique de l'identité sonore de l'orgue F.H. Clicquot, L'orgue François-Henri Clicquot de la cathédrale de Poitiers, Ministère de la Culture, Poitiers, p.82-86,

Au: 11. - CASTELLENGO M., (1991), A propos de l'étude acoustique de l'orgue de Saint-Maximin, in L'orgue de Jean-Esprit et Joseph Isnard dans la basilique de la Madeleine à Saint-Maximin, ARCAM-PACA, Nice, p.197-201,

Au: 15. - CASTELLENGO M., (1990), Etude acoustique des orgues italiens de la vallée de la Roya, L'orgue Italien, Cahier des Alpes-maritimes, N°7.

A ce jour, seuls les instruments de St Maximin et d'Ebersmunster on fait l'objet d'une analyse comparative complète, avant et après restauration (R1 et R.6B)

Ct: 1. - CASTELLENGO M., BESNAINOU CH., POLACK J.D., BERNHARD J.Y., (2000), Etude Acoustique de l'orgue Andreas Silberman (1731); Eglise St Maurice d'Ebersmunster. Rapport d'étude pour la Direction du Patrimoine du Ministère de la Culture; 58 p. + 7 disques CD (74 mn).

Ct: 6. - PIRON Ch., CASTELLENGO M., (1993).Enregistrements sonores et études spectrales de l'orgue de l'église de Saint- Sulpice à Paris. Première phase : avant restauration,. Rapport d'étude pour la Direction du Patrimoine du Ministère de la Culture, 66p.

Une présentation synthétique de la méthode et des principaux résultats a été exposée lors d'une conférence invitée dans le cadre du Symposium international de Göteborg. Elle fait l'objet d'une publication en cours de rédaction.

Cg: 7. - CASTELLENGO M., BESNAINOU CH., PIRON CH, FABRE B., (2000); Study of the acoustical quality of the organ. Comparing the instrument before and after restoration Göteborg international organ academy; GOart technical session; Sweden.

2. Caractérisation de la qualité sonore des sons d'orgue

Groupe de recherche : B. Fabre; Ch. Besnainou; F. Guyot; Ch. Piron; P. Goad; P. Jugy.

2.1. Introduction

Un orgue contient couramment de 20 à 50 jeux, soit de 1000 à 3000 tuyaux. C'est le premier et le plus étonnant synthétiseur de sonorités jamais inventé. Mais surtout il offre une particularité très intéressante pour un acousticien, puisque chaque son est produit par une source (pratiquement) indépendante, dont les caractéristiques ne peuvent pas être modifiées en cours de jeu. Au cours de l'harmonisation le facteur règle les paramètres de chaque tuyau à l'oreille pour obtenir la qualité acoustique désirée. Les ajustements de ces paramètres aux spécificités de l'audition humaine sont inscrits dans la géométrie des tuyaux. Quand à la qualité sonore, elle est indépendante de l'instrumentiste et peut traverser les siècles. L'étude de l'orgue est donc un domaine privilégié pour aborder la qualité sonore. On peut considérer qu'un jeu d'orgue - Montre, Cornet, Trompette - est un "instrument à part entière», constitué d'une série de

sons réglés individuellement en intensité, en qualité d'attaque et en sonorité, parlant dans une tessiture de quatre octaves et demie.

L'étude de la caractérisation des sons comporte deux aspects. D'une part l'extraction des critères acoustiques qui nous permettent d'identifier la source (timbre du jeu), d'autre part le repérage des caractéristiques spectrales induisant les changements de qualités du son (sonorités des notes conjointes).

Au: 30. - CASTELLENGO M., (1977), Analyses spectrographiques de quelques jeux d'un orgue, La revue Musicale 295-296, Paris.

Enfin chaque orgue est un instrument unique du point de vue sonore, tant du point de vue de sa conception intrinsèque que du point de vue du lieu dans lequel il a été placé.

Lors des premières recherches, nous avons proposé deux séries de critères pour caractériser la sonorité, l'une pour les sons des tuyaux à bouche, à spectre réduit, l'autre pour les sons des tuyaux d'anche, à spectre très large (P. Jugy). La validation perceptive a fait l'objet des deux études suivantes.

2.2. Etude de la pertinence perceptive de deux critères acoustiques pour caractériser la sonorité des sons à spectre réduit. (DEA B. Fabre, F. Guyot).

Le travail a porté sur la validation perceptive de deux critères : le rapport impair/pair (IP) défini comme le rapport des amplitudes des harmoniques impairs sur celles des harmoniques pairs, et le centre de gravité spectrale (CGS). A partir d'une série de tests (choix forcé, classement) pratiqués sur des sons synthétiques composés de 5 harmoniques¹¹, il a été possible de construire une échelle psychométrique de variation du CGS, et d'en définir les seuils différentiels de perception. La relation d'imparité s'est révélée plus complexe à caractériser.

Cg: 35. - CASTELLENGO M., FABRE B., (1989). Représentation de l'évolution du timbre des instruments de musique en fonction de la tessiture : application à l'orgue, C.R. du 13ème Congrès international d'Acoustique, Belgrade.

Cg: 25. - GUYOT F., CASTELLENGO M., FABRE B., (1995). Etude de la qualité sonore d'un corpus de sons complexes continus, International Symposium on Musical Acoustics (Dourdan), actes édités par la SFA, pp. 582-588

11. Le choix des 5 premiers harmoniques vient de l'intérêt porté par l'étude de la sonorité du jeu de Cornet, vraie synthèse sonore de cinq rangs de tuyaux réglés très finement par le facteur d'orgue. Par ailleurs on sait que l'oreille sépare aisément ces composantes qui tombent chacune dans des bandes critiques différentes.

difficile à interpréter, mais elle a pour mérite de rendre compte de la réalité musicale. Elle a été fortement appréciée des auditeurs (organistes et facteurs d'orgue) qui n'avaient jamais pu pratiquer une telle écoute comparative du même orgue, comparé avant et après restauration.

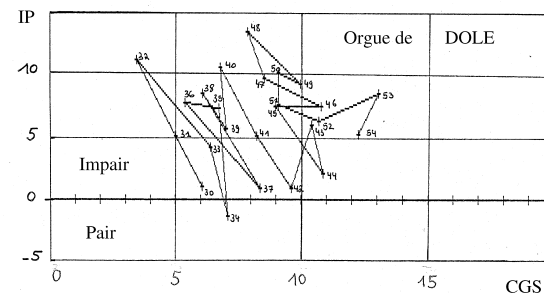
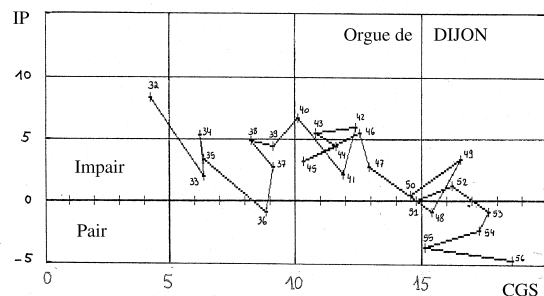
- PIRON C., (1993) Approche de l'identité sonore d'un orgue : comparaisons spectrales et perceptives d'enregistrements avant et après restauration. Mémoire du stage pratique UTC, Compiègne.

2.4. Comparaison des qualités sonores des jeux d'anche de quatre orgues classiques

Cette expertise a été demandée au laboratoire d'acoustique pour évaluer la qualité acoustique de l'orgue de la cathédrale de Dijon, classé Monument historique, en raison d'un désaccord entre le maître d'oeuvre et le maître d'ouvrage en charge de la restauration.

Son 31

Etude de la « Nasalité ». Comparaison du cromorne du positif à l'orgue de Dole et à l'orgue restauré de Dijon. Notes d'une gamme chromatique descendante. Successivement: 5 sons de Dole; 5 sons de Dijon - 7 sons de Dole; 7 sons de Dijon. 1994. (P. Goad)



$$IP_{(dB)} = 10 \log \frac{\sum_{i=0}^N a_{2i+1}}{a_1 + \sum_{i=0}^N a_{2i}}$$

$$CGS = \frac{1}{f_1} \times \frac{\sum_{i=1}^N f_i a_i}{\sum_{i=1}^N a_i}$$

Figure 4.3 - Trajets IP/CGS de chacune des notes du cromorne de l'orgue de Dijon et de celui de Dole. Les caractéristiques d'un cromorne «à la Française» sont un important indice IP et un CGS inférieur à 12. (Pamela Goad). Ex Son N°31

En l'absence de documentation sonore sur l'orgue, muet depuis plus de 10 ans, notre travail a consisté à comparer l'état rénové de l'harmonie de cet orgue avec celui de trois autres instruments similaires, considérés comme représentatifs du style classique français (orgues de Poitiers, Dole et St Maximin). Malgré les difficultés de l'étude : diversité des lieux, des instruments, des diapasons, nous avons pu dégager les principaux traits acoustiques caractérisant la sonorité particulière des jeux d'anche de style "français". cf figure 4.3 et Ex **Son 31**.

Sur la base des critères étudiés précédemment, CGS et IP (rapport Impair/Pair), l'harmonie des jeux d'anche de l'orgue de Dijon, mise en cause à juste titre par les auditeurs qui la qualifiaient de «nasale», «sans rondeur», a pu être caractérisée de façon objective.

Ct: 4. - CASTELLENGO M., (1996), Rapport d'expertise sur l'orgue de la Cathédrale de Dijon. Etude acoustique de la qualité sonore de jeux d'anches, par comparaison avec les jeux correspondants des orgues de Dole, Poitiers et Saint-Maximin, Rapport d'expertise pour le Ministère de la Culture, Direction du Patrimoine

2.5. Test d'écoute comparatif sur la nasalité des sons d'orgue (Pamela Goad¹²)

A la suite de cette expertise, un test d'écoute des sons d'anche (cromorne, trompette, clairon et bombarde) des quatre orgues fut mis en place pour tenter de préciser le qualificatif de nasalité. Devant l'abondance du matériel (plus de 200 sons), la forme d'un test "par choix forcé" a été préférée à la catégorisation libre. Les sons de chaque note (des quatre orgues) ont été égalisés en intensité et en hauteur, de façon que l'appréciation auditive des deux sons d'une paire puisse porter uniquement sur la qualité sonore.

Le test a montré que le terme de nasalité pouvait désigner deux qualités différentes qui se rapportent d'une part à la faiblesse du fondamental et à la richesse spectrale (aspect nasillard), et d'autre part à certaines zones de réjection pouvant conférer un caractère sourd au son (nasonnement). Ce thème de recherche doit être repris, dans le cadre de l'étude des voix chantées traditionnelles souvent qualifiées de «nasales»

Cg: 22. - CASTELLENGO M., GOAD P., (1996), Comparison of Reed Stops of Four French Classical Organs, 4th Int. conf. on music Perception and Cognition.; Mc Gill University - Montréal.

Cg: 20. - CASTELLENGO M., GOAD P.; (1997) Etude comparée de la qualité sonore du jeu de cromorne dans quatre orgues classiques : évaluation psychoacoustique de la "nasalité" . 4ème Congrès Français d'Acoustique, Marseille, 617-620

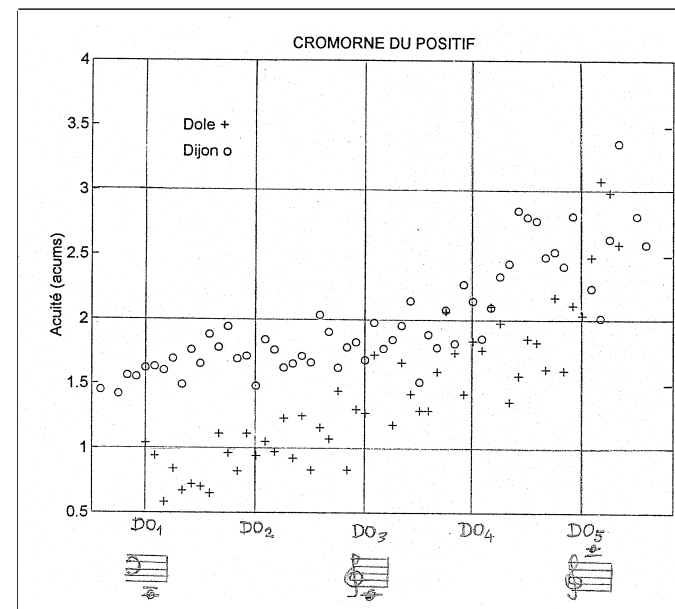


Figure 4.4 - Mesures comparées de l'acuité du cromorne de l'orgue de Dole et celui de l'orgue de Dijon. - Ex Son N° 31

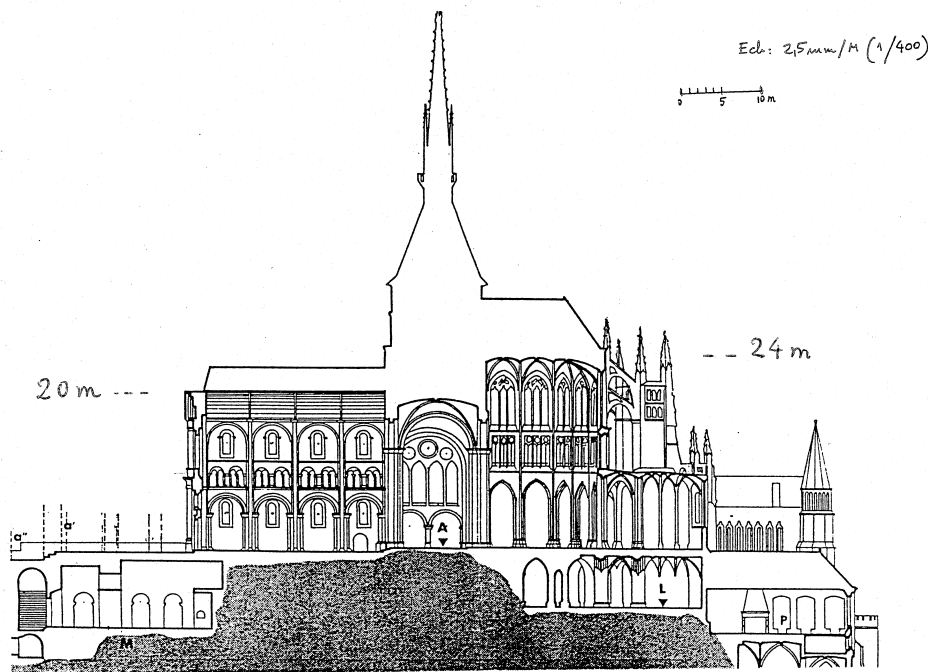
12. Psychoacousticienne en Post-Doc au LAM

3. Position d'un orgue dans l'édifice : simulation acoustique.

Groupe de travail : B. Fabre; Ch. Besnainou; J.D. Polack; E. de Rocquigny .

3.1. Introduction

Abbaye du Mont Saint-Michel - Etude pour l'implantation d'un orgue



Elévation et coupe longitudinale de l'abbaye dans l'axe de la nef

Figure 4.5 - Coupe de l'Abbatiale du Mont St Michel.

Pourquoi cette thématique ?

A l'occasion du projet de construction d'un nouvel orgue à la Cathédrale Notre Dame de Paris, la demande nous a été formulée par la Direction de la musique du Ministère de la Culture, d'évaluer l'incidence acoustique des emplacements envisagés : croisée du transept, ou nef (buffet en nid d'hirondelle).

L'acoustique des salles connaissait alors un important développement, mais les études concernaient essentiellement les lieux de spectacles : théâtres, salles de concert, et d'une façon générale, des lieux dont la durée de réverbération était bien inférieure à celle des églises catholiques¹³ où sont situées habituellement les orgues. Enfin la base de ces travaux était la mesure des paramètres physiques de la propagation du son, mesures difficiles à

13. En effet les recherches effectuées aux Etats-Unis portaient sur des édifices de culte protestant dans lesquels la parole est privilégiée. La durée de réverbération est de l'ordre d'1seconde et demie.

mettre en rapport avec une évaluation de qualité pertinente sur le plan musical. E.Leipp proposait une méthode d'étude plus "réaliste", partant du principe que, pour obtenir un avis des utilisateurs, il fallait aussi diffuser des signaux enregistrés (musique, parole), parallèlement aux mesures classiques de temps de réverbération et de décroissance précoce.

Nous avons, avec Leipp, étudié l'acoustique de plusieurs églises en utilisant l'orgue existant pour produire des clusters, tous jeux tirés. Et nous avons constaté que l'orgue est une source puissante, couvrant un très large spectre. Les plus grands instruments, comme celui qui était projeté à N.D. de Paris, produisent une énergie importante dans les très basses fréquences, jusque vers 16Hz. En l'absence d'instrument, nous ne pouvions nous contenter de diffuser de la musique d'orgue sur une enceinte portable! Une nouvelle méthode a été mise au point.

3.2. Méthode d'étude

Dès la première mission nous avons posé les principes de l'étude :

--> **Disposer d'une source simulant un orgue** par sa puissance, sa surface de rayonnement, et "jouant" comme un orgue, de façon à pouvoir pratiquer des tests d'écoute contrôlés, avec des auditeurs de toutes catégories. Cette source comprend une séquence de musique d'orgue enregistrée au préalable sur un instrument¹⁴ dont les sons (ceux de tuyaux réels!) ont été numérisés en chambre sourde. (**Son 32**) La séquence est diffusée sur un "mur d'enceintes" (8 à 10) alimentées par des amplificateurs de puissance, le tout disposé au lieu prévu : à la tribune, dans le triforium etc. A la cathédrale St Jean de Lyon où l'orgue du transept était encore jouable, nous avons pu faire la comparaison entre notre système de simulation (**Son 33**) et l'instrument réel (**Son 34**)

--> Effectuer **in situ des tests d'écoute** avec des groupes de volontaires (mélomanes, organistes, personnes sans formation musicale) effectuant un trajet précis entre les différentes places définies au préalable. Si plusieurs positions de l'orgue sont envisagées il faut disposer d'autant de

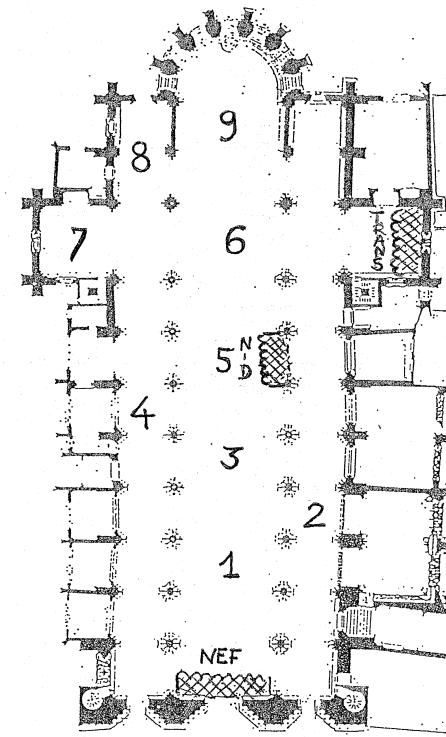


Figure 4.6 - Plan au sol de la Cathédrale de Lyon, montrant les 6 positions d'écoute des auditeurs, et les trois positions d'émission de l'orgue simulé : en fond de Nef, en « Nid d'hirondelle » et au fond du Transept Sud où est situé l'orgue existant. cf Exemples sonores 32 et 33.

Son 32

Bande numérique originale, sans réverbération, diffusée sur les enceintes acoustiques. (Orgue Hohner, M. Pinardel)

Son 33

Enregistrement à la position 6, de la bande originale diffusée sur les enceintes, depuis le transept.

Son 34

Son de l'orgue à tuyaux du transept, enregistré à la même position 6.

Son 35

Ecoute depuis la position N° 3 dans la nef (voir figure Figure 4.6) de l'orgue émis depuis trois positions de diffusion différentes. a/ Emission depuis le FOND DE LA NEF

Son 36

b/ Emission depuis le TRANSEPT SUD.

Son 37

c/ Emission depuis la position en NID D'HIRONDELLE dans la nef.

sources que de positions à étudier, et recommencer les tests d'écoute avec le public pour chaque position d'émission. Ex *Son 35, 36, et 37.*

--> **Effectuer les mesures classiques** connues pour obtenir le temps de décroissance, le temps de montée et les premières décroissances. Ces signaux (impulsions de pétards, explosions de ballon, bandes de bruit) sont émis depuis les positions de l'orgue et recueillis aux places d'écoute.

Le dépouillement des questionnaires et des mesures acoustiques sont ensuite réalisés en laboratoire.

Chaque mission requiert une forte mobilisation, tant pour l'organisation technique (location de matériel, essais et calibrations, transport et installation dans le lieu) que pour les contacts et autorisations nécessaires pour travailler la nuit dans un Monument Historique. La réalisation pratique a pu se faire grâce à la participation de la plupart des membres du laboratoire (C. Besnainou, B. Fabre, X. Boutillon etc), et grace à celle de nombreux bénévoles.

Ct: 8. - CASTELLENGO M., FABRE B., VIVIE E., Etude acoustique pour la situation d'un nouvel orgue à Notre-Dame de Paris, Rapport d'étude sur contrat, Ministère de la culture, Direction du Patrimoine, Paris, 1987.

Ct: 7. - CASTELLENGO M., FABRE B., BESNAINOU C., JULLIEN JP., SALIOU A., POLACK JD., DODD G., Etude acoustique pour la situation d'un nouvel orgue à l'abbaye du Mont Saint-Michel., Contrat d'étude du Ministère de la Culture, DRAC Basse Normandie (1991).

Ct: 5. - de ROCQUIGNY E., CASTELLENGO M., et coll. (1992-1993), Etude de l'emplacement optimal d'un nouvel orgue à la Primatiale St-Jean de Lyon; Contrat d'étude du Ministère de la Culture, DRAC Rhône-Alpes, 50p..

J'ai assumé la responsabilité totale des trois missions et la rédaction des rapports d'étude de N.D. de Paris et du Mont-St-Michel. L'étude de la Cathédrale de Lyon a été effectuée par E. de Rocquigny dans le cadre de son stage de fin d'études de l'Ecole Polytechnique. Plusieurs de ces études ont fait l'objet de présentations orales devant les membres de la Commission Supérieure des Monuments Historiques ou à l'adresse des responsables locaux (Préfet, Responsables de DRAC). Malheureusement, aucun de ces ambitieux projets de construction n'a abouti, et nous n'avons jamais pu confronter les résultats de nos études sur une source simulée avec celles d'un instrument réel.

14. L'orgue numérique proposé par Hohner répondait parfaitement à nos besoins. C'était le seul instrument du marché dont les sons d'orgue avaient un transitoire d'attaque et un transitoire d'extinction naturels. De plus, l'absence de réverbération des sons d'origine reproduisait exactement les conditions d'un instrument. In situ, la simulation était parfaite.