

**L'ORGUE DE JEAN-ESPRIT ET JOSEPH ISNARD
DANS LA BASILIQUE DE LA MADELEINE
A SAINT-MAXIMIN - 1774**

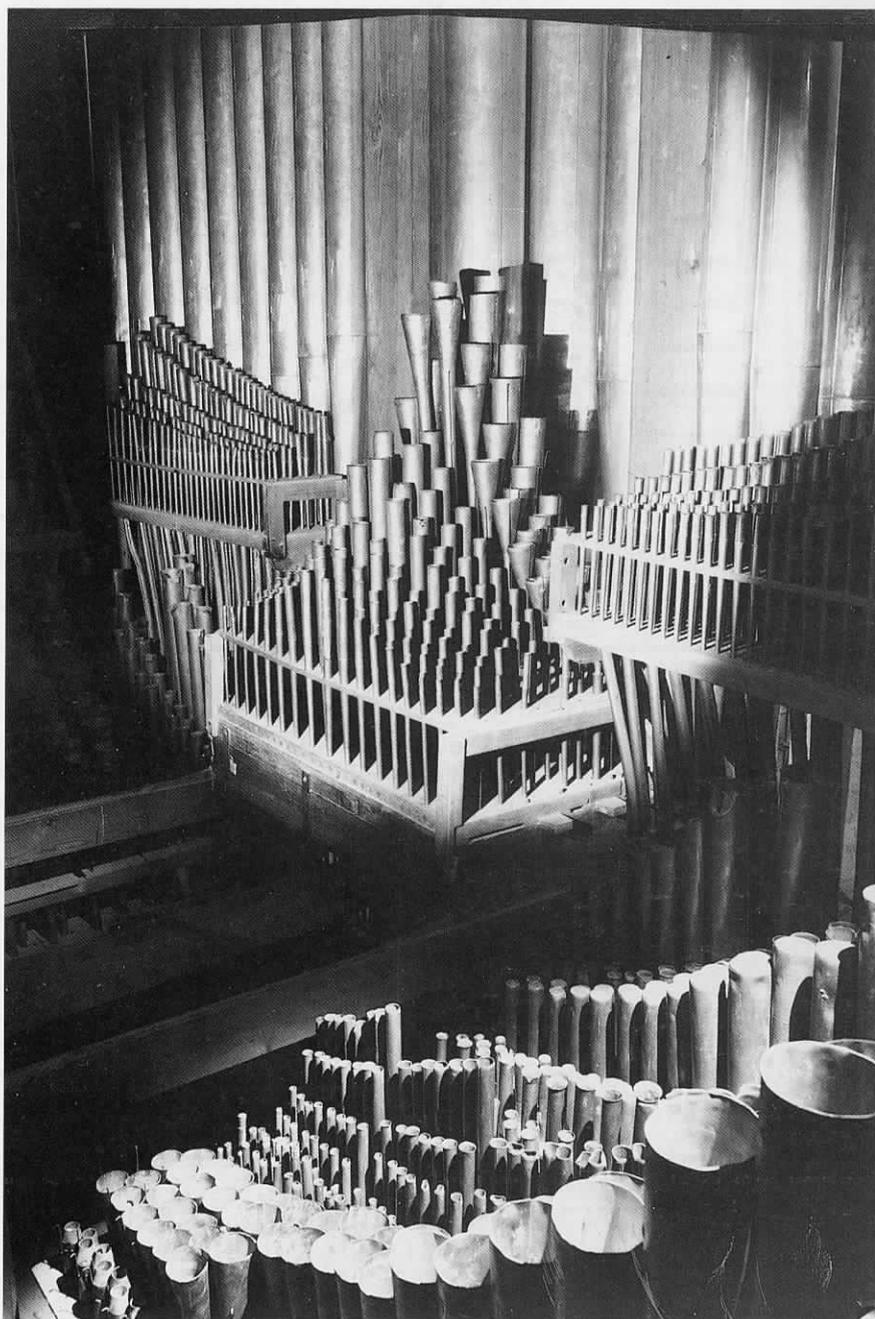
Michèle CASTELLENGO

L'étude acoustique d'un instrument comme l'orgue peut revêtir une multitude d'aspects. Synthétiseur sonore de grandes dimensions, situé dans un espace dont les qualités acoustiques entrent pour une part déterminante dans le résultat sonore final, l'orgue se prête à des recherches incluant l'acoustique des salles, l'analyse du timbre et son interprétation perceptive, mais aussi l'étude de la soufflerie ou celle du toucher des claviers. A l'occasion de la restauration de l'orgue de la basilique de Saint-Maximin, le technicien conseil Claude Aubry a demandé que soit effectué un enregistrement de l'instrument avant le démontage. Cette opération "pilote", répétée depuis sur d'autres grands instruments, a permis d'établir une documentation sonore et acoustique complète de l'instrument en Août 1986, mais l'étude ne prendra son sens que lorsque nous aurons effectué les mêmes enregistrements après achèvement de la restauration. Celle-ci n'étant pas terminée au moment où nous écrivons cet article, nous nous proposons de décrire les opérations que nous avons effectuées et d'exposer quelques uns des problèmes qui sont apparus.

Nous avons la chance aujourd'hui de disposer d'importants moyens d'enregistrement et d'analyse des sons, ce qui permet dans un premier temps de décrire les phénomènes et leur variation temporelle à laquelle l'oreille est très sensible. Mais à la question "comment qualifier les qualités d'un orgue" il n'existe pas de réponse simple. D'ailleurs les avis des auditeurs sont souvent divergents et peuvent changer avec le temps. Tel mélange, telle harmonie appréciés à une époque ne le sont plus cinquante ans plus tard. Tout au plus pouvons nous constater un état acoustique, décrire à quoi correspond un mélange donné. En ce domaine la démarche scientifique de base est la comparaison. Nous pouvons comparer deux intensités, deux spectres, deux transitoires d'attaque et dire s'ils sont identiques ou en quoi ils diffèrent.

La comparaison d'un orgue avant et après restauration pose plusieurs questions. Qu'est-ce qui a changé de l'orgue ou de son environnement ? Pourquoi ? Que doit-on effectivement comparer ? En effet plusieurs niveaux d'études sont possibles : le niveau "cellulaire" tuyau par tuyau, le niveau "organique" de la collection des tuyaux d'un jeu, enfin les ensembles fonctionnels que sont les diverses synthèses de flûtes ou d'anches d'un clavier et finalement les claviers entre eux.

Au cours d'une restauration tous les tuyaux sont déposés pour être lavés et redressés. Comme le signale Dom Bédos, le seul fait de prendre un tuyau et de le remettre dans l'orgue peut en altérer la sonorité si on ne le replace pas exactement avec la même orientation. A Saint-Maximin la position de chacun des tuyaux à bouche a été soigneusement notée par M. Chéron et prise en compte par le facteur. La restauration des parties mécaniques de transmission des notes et des registres : claviers, abrégés, soupapes, sommiers, n'affecte pas, en principe, la sonorité d'un instrument mais il n'en est pas de même de l'alimentation en vent, "poumon"



et "gosier" de l'orgue. Deux données sont à considérer : les valeurs de la pression statique de l'air et l'évolution dynamique de cette pression en cours de jeu.

En l'absence de son, la pression statique de l'air dans les réservoirs dépend de la charge déposée sur la table supérieure ; celle que l'on trouve dans la laye lui est souvent un peu inférieure en raison de fuites diverses. Dès que les tuyaux parlent il se produit des variations de pression qui dépendent du nombre et de la dimension des tuyaux joués, mais aussi des caractéristiques de la soufflerie laquelle possède ses propres oscillations de réajustement aux chutes de pression. L'harmonie d'un tuyau à bouche ou à anche est réalisée en fonc-

Le Récit : au centre, le *cornet* du Récit, adossé contre le *hautbois* et la *trompette*. A gauche, le *cornet* de la Raisonance, à droite celui du Grand-Orgue. Au premier plan, quelques tuyaux de *voix humaine*, le *clairon*, la *trompette* et les 10 rangs de mixture dominés par la résultante de 32 pieds.

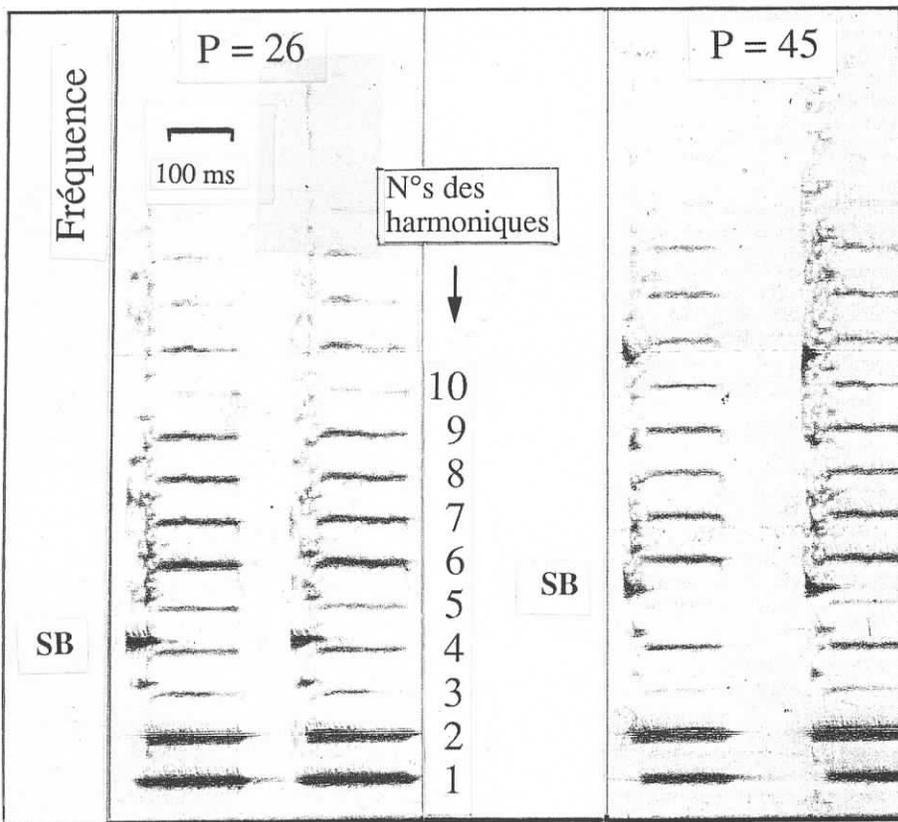


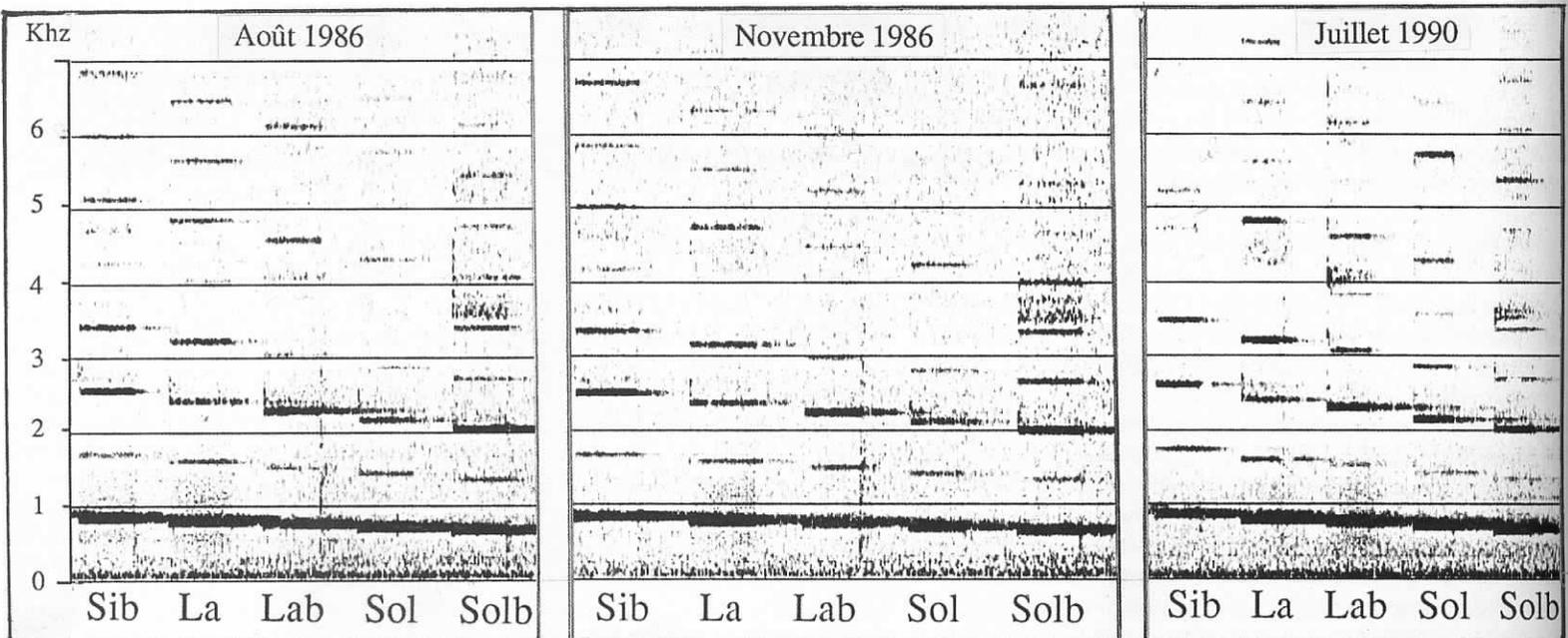
Figure 1 - Effets de la modification de pression sur le son d'un tuyau à bouche. Le tuyau est joué deux fois de suite. L'analyse au sonagramme montre le détail des harmoniques figurés par des traits horizontaux équidistants, l'intensité étant représentée par la noirceur des traits. Au début du son on voit très bien les bruits d'attaque : bruit de souffle et son de bouche indiqué par SB sur la figure. Lorsque la pres-

sion d'un état donné de la soufflerie. Pour un tuyau à bouche par exemple, l'augmentation de pression (mesurée dans le pied) se traduit figure 1 par une augmentation de l'intensité, du nombre des harmoniques et par l'élévation en fréquence du son de bouche. A Saint-Maximin les réservoirs à plis parallèles ont été remplacés par des soufflets cunéiformes de mêmes dimensions que les soufflets originaux dont le tracé est encore visible sur le mur du fond. Plusieurs mesures de pression statique ayant été effectuées par P. Chéron dans les gravures, il était facile de retrouver ces valeurs avec la nouvelle soufflerie. Or dès la remise en place des premiers tuyaux nettoyés ceux-ci paraissaient avoir trop de vent. Ils semblaient mieux parler lorsqu'on pouvait réduire

légèrement le trou d'alimentation, par exemple en repoussant de quelques millimètres le registre pour simuler un mauvais tirage ou une obstruction partielle des trous par la poussière. Ce n'est qu'un exemple parmi d'autres montrant que le relevage mécanique d'un orgue ne redonne pas nécessairement les conditions sonores existant avant démontage.

Pour qui veut comparer un instrument à plusieurs mois, voire à plusieurs années de distance, il est de la plus haute importance de s'assurer de la reproductibilité des moyens d'enregistrement. S'il est aisé de conserver le même matériel : microphones, câbles, magnétophone et bande magnétique de même type, le point délicat à résoudre est celui du point de prise de son. La situation au sol, bonne pour l'écoute, n'est pas favorable à l'analyse acoustique car la part due aux réverbérations y est trop importante. Nous avons donc résolu de nous placer face au grand-orgue, à hauteur du toit du Positif soit 11m du sol, et à une distance d'environ 9m du grand buffet. La reproductibilité est assurée par le repérage précis des points d'accroche : trou de passage des câbles dans la voûte, balustrade de la tribune et piliers latéraux, ainsi que par la confection de câbles en acier coupés à la longueur convenable pour la Basilique de Saint-Maximin. Il ne reste plus qu'à placer les microphones sur un trapèze spécialement conçu pour notre système d'accrochage et lesté par un poids de 2kg dont la projection au sol est repérée.

L'enregistrement complet de l'instrument a été effectué en Août 1986, mais le démontage n'ayant pas été décidé immédiatement nous avons pu tester la reproductibilité de notre système de prise de son lors d'une réunion de la commission du suivi des travaux, en Novembre de la même année. La comparaison des analyses s'est révélée probante comme on peut le constater figure 2 sur quelques notes du bourdon 8' du Positif. Par contre, l'écoute des enregistrements était impraticable en raison d'une importante différence de diapason. En été la température à la tribune était de 26° et le diapason de 402 Hz ; en automne la température ayant chuté à 12° le diapason était à 392 Hz ce qui fait pratiquement un quart de ton d'écart. Or un change-



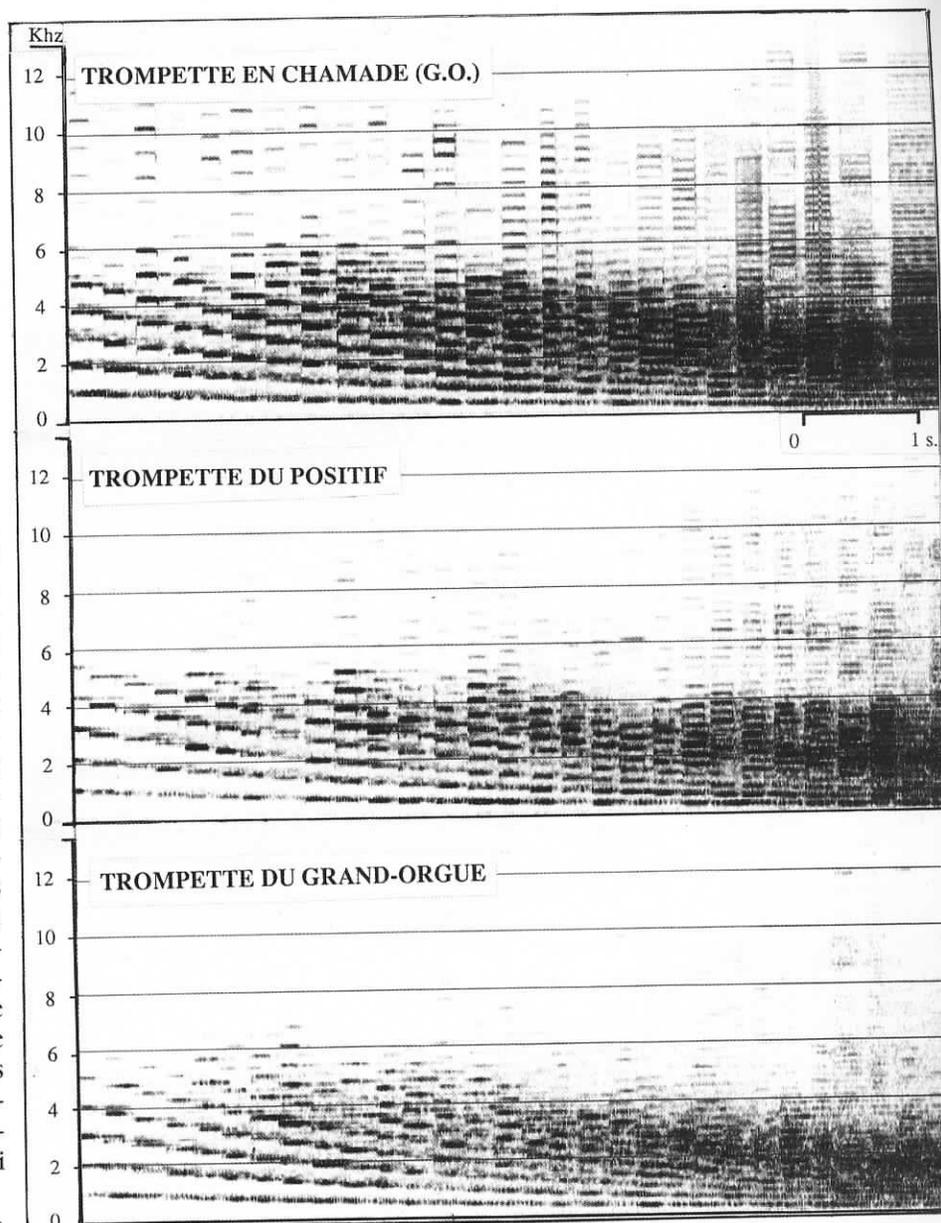
ment brutal de diapason est non seulement désagréable à l'écoute, mais provoque en outre un changement perceptif de timbre. L'instrument sonnait plus bas paraît plus sourd, plus terne. Il s'agit bien sûr d'un artefact car dans la réalité les variations de température sont très progressives et notre mémoire peu fidèle ! Lorsqu'on a ajusté la vitesse du magnétophone pour retrouver le même diapason qu'en Août on a pu constater que la sonorité de l'orgue n'était pas changée comme en témoignaient les analyses.

Le programme d'enregistrement d'une étude acoustique doit pouvoir permettre plusieurs sortes d'investigations. La première étape consiste dans l'inventaire systématique de tous les sons de l'orgue, tuyau par tuyau. Cette opération, assez fastidieuse, est essentielle. C'est l'analogue acoustique des relevés de mensurations établis par Pierre Chéron. Nous enregistrons donc la succession des notes jouées en gammes chromatiques sur chaque jeu isolé. Les gammes sont jouées détachées, selon deux rapidités. Nous avons ainsi accès à la signature acoustique de chaque tuyau de l'orgue, exception faite bien sûr des jeux à rangs multiples. Le même travail est effectué sur les principaux mélanges de jeux à bouche et de jeux d'anche, jusqu'aux synthèses complètes comme le plein jeu et le grand jeu. Dans une deuxième étape nous jouons sur les mélanges précédents, une séquence d'accords successivement dans les basses et les dessus de chacun des claviers afin d'apprécier l'équilibre grave/aigu de chaque clavier et celui des divers plans sonores de l'instrument. La troisième étape, destinée essentiellement à l'écoute, consiste dans l'enregistrement de pièces jouées par l'organiste en notant soigneusement la registration, ainsi que d'une séquence de phrases musicales caractéristiques qui pourront être jouées sur d'autres instruments pour permettre des comparaisons entre orgues de style voisin. Nous disposons d'ores et déjà des mêmes séquences jouées à Saint-Maximin, à l'orgue de la Cathédrale de Poitiers et à celui de la Collégiale de Dole.

Pour compléter l'étude acoustique nous effectuons également des tests permettant de caractériser les particularités du local ainsi que celle des buffets. Un bruit spécifique est utilisé à cet effet, le bruit blanc, offrant une répartition égale de l'énergie dans tout l'étendue du spectre. Ce bruit est diffusé au moyen d'une enceinte placée tour à tour sur le toit du positif, à l'intérieur du buffet du positif et à l'intérieur du buffet du Grand-orgue. En comparant le signal émis et le signal reçu par nos microphones on peut en déduire les transformations acoustiques temporelles et spectrales opérées par la salle et par les deux buffets.

La durée d'extinction du son ou "temps de réverbération" de la Basilique a pour valeur globale 6,5 secondes mais en réalité elle change avec la fréquence comme on peut le voir figure 3. La chute d'une seconde dans la zone de 250 Hz (Do3) pourrait expliquer la bonne intelligibilité musicale de ce lieu. Cette mesure a été faite en Juillet 1990 en présence du filet de protection à mailles lâches placé sous la voûte de la nef, dont nous ne connaissons pas l'effet.

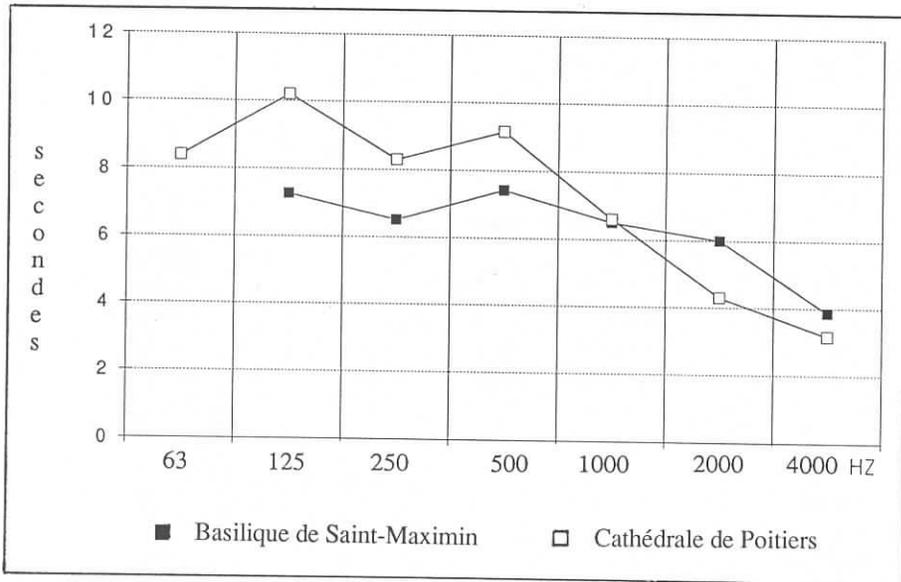
Les transformations produites par les buffets sont complexes. L'analyse des réponses au bruit blanc révèle une absorption croissante des fréquences aiguës, plus accentuée pour le buffet du grand-orgue. Il est intéres-



sant de ce point de vue de comparer sur le sonagramme les spectres de trois jeux de trompette : celle du grand-orgue, celle du positif et le dessus de trompette en chamade du grand-orgue (figure 4). Les pavillons des trompettes en chamade étant à l'extérieur du buffet et posés horizontalement, les microphones captent principalement le son provenant en direct des tuyaux. Pour les trompettes du positif et du Grand-orgue, placées verticalement, le son subit plusieurs réflexions à l'intérieur du buffet avant de parvenir aux microphones ce qui produit deux effets : d'une part une perte de netteté des transitoires, (début et fin du son), d'autre part une atténuation du son surtout aux fréquences aiguës. Cette atténuation est plus importante pour le buffet du grand-orgue par ailleurs plus éloigné. Indépendamment des différences d'harmonisation qui existent vraisemblablement, la situation des tuyaux dans l'instrument entre donc pour une part certaine dans le caractère sonore, d'où le mordant un peu agressif des trompettes en chamade, la netteté claire de celles du positif et l'éclat enveloppé des trompettes du grand-orgue.

sion, mesurée dans le pied du tuyau, passe de 26 à 45 mm d'eau, le tuyau parle plus fort, les bruits de souffle sont plus importants, les harmoniques aiguës sont plus fortes. L'attaque est considérablement modifiée : l'harmonique 2 plus intense, apparaît avant le fondamental et le son de bouche qui a montré en fréquence est situé maintenant entre les harmoniques 5 et 6.

Figure 2 - Analyse au sonagramme de 5 notes du bourdon 8' du positif, à différentes périodes. La comparaison entre Août et Novembre 1986 permet de tester la reproductibilité du système d'enregistrement. En Juillet 1990 les tuyaux ont été nettoyés mais ne sont ni accordés



ni réharmonisés. La comparaison avec les deux images précédentes permet d'apprécier la permanence d'identité sonore.

Figure 3 - Temps de réverbération en fonction de la fréquence mesuré au point d'enregistrement des orgues de Saint-Maximin et de Poitiers. On peut voir que l'équilibre graves/aigus est très différent dans ces deux édifices.

Figure 4 - Analyse sonographique de gammes chromatiques descendantes jouées sur trois jeux de trompette de l'orgue de Saint-Maximin. Les enregistrements et les analyses ont été faits au même niveau d'intensité. On peut noter la richesse en harmoniques aigus de la trompette en chamade ainsi que sa précision d'attaque traduite par la netteté des colonnes d'harmoniques de chaque note. Ces deux caractéristiques s'atténuent pour les trompettes situées dans les buffets, surtout pour le buffet du grand-orgue.

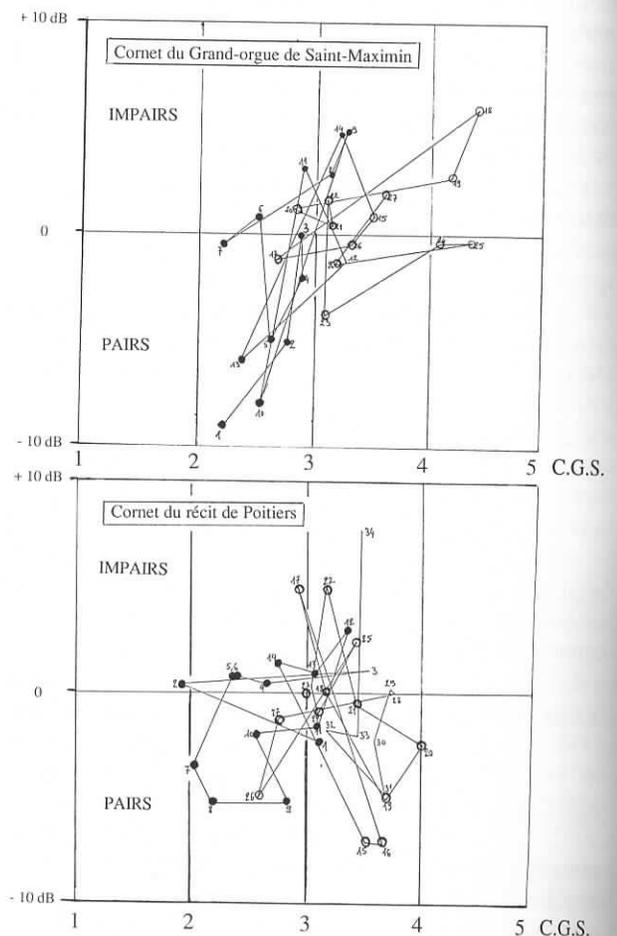
Figure 5 - Variation relative de deux critères caractérisant la sonorité pour chacune des notes du jeu de corne. Cette analyse n'est valable que pour le point d'enregistrement que nous avons choisi ; elle permettra d'effectuer des comparaisons après restauration.

Les premiers dépouillements des analyses de tous les sons d'un jeu joués en gamme chromatique ont posé d'emblée un problème passionnant mais difficile : celui de la caractérisation de la sonorité et par voie de conséquence celui de l'homogénéité de sonorité. Chacun sait que la forme et les proportions des tuyaux permettent d'obtenir les différents timbres que l'on trouve dans l'orgue. Les tuyaux bouchés, les tuyaux à cheminée, les tuyaux ouverts de diverses tailles forment des familles sonores que l'on reconnaît fort bien à l'oreille. Par ailleurs les facteurs ont des règles de proportion permettant de passer continûment du tuyau le plus grave au tuyau le plus aigu d'un jeu donné. Si la forme géométrique des tuyaux conditionne en grande partie le contenu sonore du son, c'est en définitive l'harmoniste qui lui donne son vrai caractère en ajustant au mieux les diverses parties du pied et de la bouche pour régler l'attaque, l'intensité et le contenu harmonique du son. Il importe donc que lors d'un relevage, les tuyaux soient manipulés avec un soin extrême pour limiter les opérations de réharmonisation. L'enregistrement que nous avons pu faire dès Juillet 1990 de quelques jeux venant tout juste d'être posés sur le sommier, sans accord ni réharmonisation, témoigne des précautions prises à Saint-Maximin. L'analyse des cinq tuyaux du bourdon du positif, comparée à celle des deux enregistrements précédents montre vraiment peu de différences (figure 2).

Lors d'une première étude spectrographique des jeux d'orgue (1977) nous avons déjà remarqué la variété d'allure des notes d'un même jeu. L'orgue est pourtant le seul instrument dans lequel chaque son est produit par un générateur indépendant, réglé de façon autonome : le tuyau. L'égalisation d'intensité et de timbre recherchée lors du travail d'harmonisation semble donc possible si l'on y passe le temps voulu. Certes les effets dus au mode de rayonnement du tuyau, aux buffets et à la réverbération induisent des variations spectrales mais nous avons pu vérifier lors de notre étude, qu'aux irrégularités constatées au niveau des microphones correspondaient des irrégularités autres, mais de même importance, lorsqu'on analysait le son des tuyaux dans le buffet, là où se tient l'harmoniste.

Dans un premier temps nous avons cherché à

apprécier l'ordre de grandeur des variations de sonorité en étudiant le jeu de corne dont tous les tuyaux sont regroupés sur un ou deux petits sommiers. Dans ce jeu, chaque note est la synthèse de cinq tuyaux, chacun d'eux ayant pour fondamental un des cinq premiers harmoniques de cette note. On peut caractériser la sonorité du corne à l'aide de deux critères. D'une part en appréciant le rapport d'intensité entre les harmoniques impairs : fondamental, douzième (quinte), dix-septième (tierce), et les harmoniques pairs : octave et double octave mais aussi le Fondamental. D'autre part en calculant où se trouve, entre les cinq premiers harmoniques, la zone du maximum d'énergie ou centre de gravité spectrale (CGS). Nous avons pu constater que le premier rang d'un corne est rarement le plus intense. Généralement les rangs élevés sont plus intenses dans les notes graves et la balance s'inverse dans l'aigu du jeu. On peut alors placer toutes les notes du jeu de corne sur un graphique dont chaque axe représente les deux critères décrits plus haut. La figure 5 où l'on voit le corne du grand-orgue de Saint-Maximin montre un nuage de points dont la dispersion est étonnante. Disons d'emblée que si toutes les notes de ce corne étaient identiques, à la fréquence près, comme on le rencontre dans certains instruments électroniques, elles seraient toutes concentrées en un seul point du graphique, ce qui est loin d'être le cas. Les notes, numérotées dans l'ordre d'une gamme chromatique descendante, sont reliées par un trait. Les zigzags verticaux, nombreux et importants, correspondent à des changements du rapport d'intensité (10 à 12 dB) entre harmoniques pairs

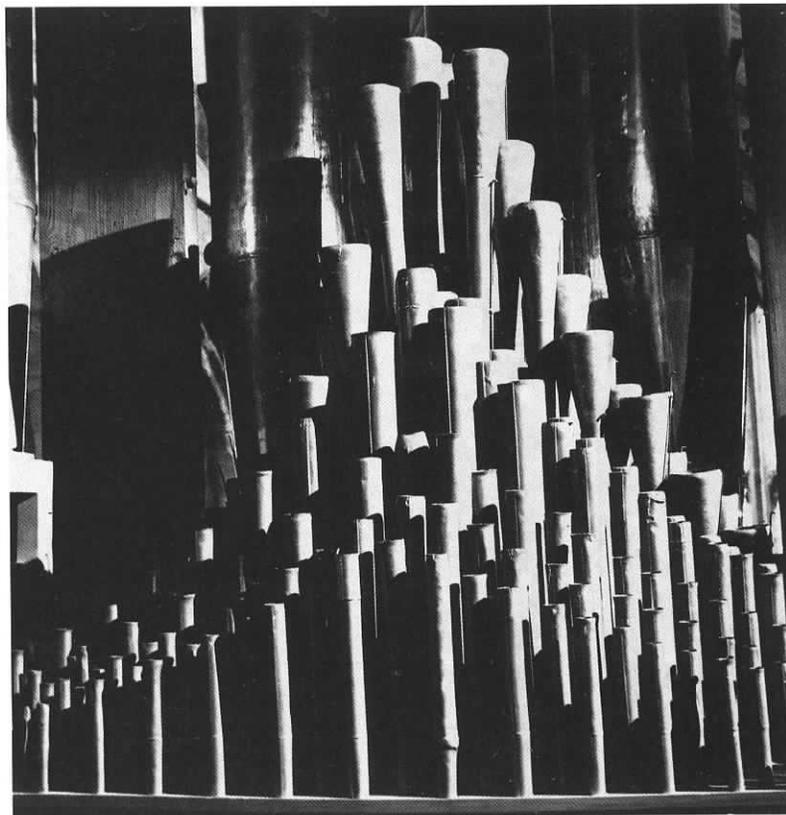


et impairs. Les variations horizontales sont plus progressives. On retrouve les notes aiguës vers la gauche (CGS = 2) et les notes graves à l'extrême droite (CGS = 4,5). Un tel graphique caractérise avec précision la sonorité du cornet du grand-orgue enregistré en Août 1986. Il sera intéressant de le comparer avec celui que nous pourrions faire après relevage, pour apprécier l'amplitude et l'allure des variations. A titre indicatif on peut, sur la même figure, voir la représentation du cornet de récit de l'orgue de la cathédrale de Poitiers.

Cette recherche soulève beaucoup de questions. Puisque les notes successives d'un jeu, bien que semblables, montrent d'importantes différences de sonorité - de même que les enfants d'une même famille se ressemblent tout en étant des individus bien distincts - comment peut-on objectivement apprécier l'inhomogénéité d'un jeu ? A partir de quel degré d'irrégularités un jeu est-il perçu comme mal harmonisé ? Nous savons, et la théorie de l'information l'a confirmé, que l'uniformité engendre l'ennui, et qu'à l'audition d'une succession de sons totalement prévisible un auditeur détourne rapidement son attention... Or dans le cas de l'orgue où les sons ne peuvent être changés par le musicien et sont relativement stables, de tels chatoiements de sonorité intrinsèques à un jeu sont sans doute d'une grande importance perceptive car elles donnent de l'intérêt à l'écoute. Mais une autre question se pose. L'appréciation du degré d'inhomogénéité ne change-t-elle pas selon les époques ? L'idéal esthétique d'une égalisation parfaite est propre au XIX^e siècle. Il est exprimé dans les traités pédagogiques et fait l'objet de recherches dans la facture des instruments à vent. L'exemple de la voix chantée est à cet égard intéressant. On trouve mention dans les traités du XVIII^e siècle d'une grande gamme de sonorités que l'artiste doit travailler : sons étouffés, violents, majestueux, tendres ou maniérés. Alors qu'au siècle suivant il s'agit de rechercher "le" beau son, et de travailler son égalisation sur toute la tessiture. Les inégalités de sonorité peuvent donc, selon les époques, être perçues comme des défauts ou comme des qualités.

Nous n'avons pu aborder tous les problèmes. Il faudrait parler de l'incidence sur la sonorité d'ensemble de l'instrument du tempérament, recherché patiemment par le facteur Y. Cabourdin, P. Chéron et G. Lhôte. L'abondance et la qualité des jeux d'anche de l'orgue de Saint-Maximin mériteraient une étude spécifique en relation avec celle des mesures des tuyaux, et une comparaison avec les anches d'autres instruments d'Isnard.

L'orgue a depuis toujours été l'objet d'études acoustiques mais celles-ci ont changé de nature en fonction des moyens d'investigation. Depuis une trentaine d'années nous avons véritablement accès à l'étude du son rayonné par les instruments. De ce point de vue, l'orgue est des plus complexes qui soient en raison de ses dimensions, de la multiplicité des sources (plus de deux mille tuyaux !) et des phénomènes compliqués dus à la propagation de son dans un espace clos réverbérant. Une des interrogations les plus intrigantes de la psychologie de l'audition est le fait que, nous promenant dans la basilique, nous pouvons écouter l'instrument avec la sensation effective de la permanence d'une identité sonore, celle de l'orgue de Saint-Maximin précisément, alors que des analyses du son recueilli par un



microphone placé sur le même parcours montreraient d'incessantes et importantes variations spectrales. Il est vrai que nous avons deux oreilles et que surtout, l'écoute humaine inclut un traitement cognitif complexe de l'information auditive, traitement auquel nous allons tenter de donner un parallèle objectif dans notre recherche.

L'étude acoustique des orgues historiques suscitée par le Ministère de la Culture réserve encore bien des surprises. Elle permettra en outre de disposer d'une banque de données sonore des principaux instruments de notre patrimoine. En ce qui concerne Saint-Maximin nous donnons rendez vous au lecteur dans quelques temps, lorsque nous aurons pu enregistrer l'instrument après restauration et affiner nos méthodes d'analyse.

Les études acoustiques sur l'orgue menées au Laboratoire d'Acoustique Musicale de Paris (Université Paris 6 et CNRS) sont le fait d'une équipe qui comprend également Charles BESNAINOU, Benoît FABRE et Luc WEEGER.

BIBLIOGRAPHIE

CASTELLENGO Michèle, Analyses spectrographiques de quelques jeux d'un orgue, *La Revue Musicale*, N°7- 295-296, Paris, Fév. 1977.

FABRE Benoît, *Caractérisation de la sonorité d'un jeu d'orgue*, mémoire de D.E.A., Université du Maine, 1988.

FABRE Benoît et CASTELLENGO Michèle, Représentation de l'évolution de la sonorité des instruments de musique en fonction de la tessiture : application à l'orgue, *Comptes rendus du 13^e Congrès international d'acoustique*, Belgrade, 1989.

LEIPP Emile, *Acoustique et musique*, Masson, Paris 1971.

Le Récit : hautbois et cornet.