

Serge LEMOUTON

Assistant musical, Ircam – Centre Georges Pompidou

lemouton@ircam.fr

DU ROLE DES TECHNIQUES AUDIONUMERIQUES DANS UN OPERA DU VINGT-ET-UNIEME SIECLE. Exemple de *K...* de Philippe Manoury

1. Préambule

Que l'art lyrique fasse appel aux techniques de son temps afin de susciter l'intérêt du spectateur, afin de renforcer l'illusion du spectacle, voilà qui n'a rien de nouveau, ni de bien étonnant. Convoquer sur scène des technologies nouvelles ne saurait en aucun cas être un gage de modernité. Ma collaboration à la réalisation des parties électroacoustiques de *K...* de Philippe Manoury, d'après *Le Procès* de Franz Kafka, m'a amené à m'interroger sur le rôle de la machine dans ce type d'œuvre d'art.

Il est désormais possible d'utiliser l'informatique musicale en temps réel dans le cadre d'une production d'opéra. Au cours des dernières années du vingtième siècle ces techniques sont devenues d'un usage plus aisé (puissance des machines, disponibilité, facilité d'utilisation, coût, ...).

Les questions soulevés par l'utilisation de l'informatique en matière de création musicale sont nombreuses et ne sont pas sans lien avec l'importance de la technologie dans notre vie quotidienne : quelle est la place de la machine ? comment s'intègre t'elle dans l'œuvre ? tient-elle un rôle, au même titre qu'un personnage, d'opéra, par exemple ? n'est-elle, comme on dit au cinéma, rien d'autre qu'un « effet spécial » tel que ceux que prenait en charge la machinerie de l'opéra baroque (un « deus ex machina ») ?

A ce sujet, deux points de vue s'opposent : pour le premier, la machine serait porteuse de potentialités complètement neuves, inouïes, ouvrant le chemin vers des modes d'expression impossibles par d'autres moyens. D'un autre point de vue, elle ne ferait que prendre la place de quelque chose qui aurait pu exister indépendamment d'elle, dont elle serait l'ersatz ou la simulation.

Si, dans *K...*, la partie électroacoustique ne tient pas un rôle accessoire, ni le rôle d'un accessoire, si elle ne relève ni du pittoresque, ni de l'anecdotique, c'est parce que cette partie a été « composée » avec les autres — au sens où la composition est l'art d'arranger en un tout des éléments hétérogènes (la composition d'un opéra portant cet art à un niveau supérieur) — dans une œuvre cohérente, unitaire. Dans la suite de ce texte, nous verrons comment Philippe Manoury a intégré diverses techniques audionumériques aux autres « parties constitutives » qui, ensemble, forment un spectacle d'opéra.

2. K... en projet

Vers 1990, Manoury avait un premier projet avec l'Opéra-Bastille. Cet opéra aurait eu Orson Welles pour sujet. Ce projet fut abandonné mais il en reste néanmoins une suite pour orchestre et voix : *Chronophonies* (1994). On peut voir dans le choix du sujet de *K...* un double hommage à la fois à l'écriture de Franz Kafka et à la mise en scène d'Orson Welles (*Le Procès*, 1962) — même si le compositeur affirme ne pas avoir revu le film pendant la réalisation de l'opéra.

Son premier opéra, *Soixantième parallèle* (1995/96) fut créé au Théâtre du Châtelet en 1997. Pour cet opéra, il a fait appel à des techniques électroacoustiques, réalisées à l'Ircam.

Le travail sur *K...* s'est déroulé à l'Ircam en plusieurs périodes, échelonnées sur presque deux ans et demi (d'octobre 1998 à janvier 2001). La réalisation de la partie électronique était complètement imbriquée avec celle des autres composantes de la réalisation de l'opéra (rédaction du livret, composition, orchestration, mise en scène, etc.).

Le fait de pouvoir travailler sur un projet à aussi longue échéance et d'aussi grande ampleur nous a permis de tirer partie de la pluridisciplinarité inhérente à l'Ircam. Ce projet a mobilisé de nombreuses collaborations au sein de l'institut (scientifiques, développeurs, techniciens, ingénieurs du son), permettant ainsi aux nombreuses aspirations du compositeur de trouver une concrétisation.

Pendant cette période, nous nous sommes rendus à plusieurs reprises dans la salle de l'opéra afin d'étudier le dispositif de diffusion sonore spatial, afin de l'adapter au mieux à cette salle qui se caractérise par sa grande envergure. De ce point de vue, cet espace gigantesque présente à la fois des difficultés mais offre également de riches possibilités.

Nous avons également procédé à des essais dans l'espace de projection de l'Ircam où nous avons réalisé une simulation en modèle réduit de la salle de l'Opéra.

Les répétitions se sont déroulées à partir de janvier 2001 dans différents espaces de l'Opéra Bastille. De la volonté commune du compositeur, du metteur en scène (André Engel) et du chef d'orchestre (Dennis Russell-Davies), la partie électronique a été présente quasiment en permanence tout au long de ces répétitions.

Six représentations ont eu lieu au cours du mois de mars 2001. Au cours de ces spectacles, le travail mené pendant deux années à l'Ircam, puis deux mois intenses à la Bastille a finalement porté ses fruits. Pendant ces représentations, la partie électroacoustique s'est intégrée d'une façon satisfaisante dans la globalité du spectacle. Un travail d'aussi longue haleine est nécessaire quand on sait que cet équilibre est fragile tant ses composantes sont nombreuses : par rapport à l'espace, à l'orchestre, aux voix, à la dramaturgie. Si toutes ces composantes arrivent à fusionner dans l'unicité d'un spectacle d'opéra, alors on peut dire que celui-ci est réussi.

De toutes les manifestations artistiques, l'opéra est sans doute celle qui se rapproche le plus d'un « puzzle », composé qu'il est d'une mosaïque d'éléments *a priori* hétérogènes (musique, texte, mise en scène, etc. ...). C'est pour cela qu'il est le plus proche d'une forme d'« art total » (Wagner). La scène lyrique fait appel à de nombreuses compétences, de nombreux métiers. Le spectacle se déploie dans de nombreux milieux (sons, mots, espace, objets). Il fait appel à une forme de « spécialisation dans le pluridisciplinaire » en ce sens où, par exemple, le chanteur d'opéra est musicien ET acteur.

Le public et la critique ont à peu près unanimement reconnu le succès de ce spectacle qui doit être repris par l'Opéra Bastille en mars 2003.

3. L'orchestre électronique

Aujourd'hui, les possibilités de l'informatique musicale sont tellement variées que l'on ne peut plus considérer l'ordinateur simplement comme un instrument de musique mais plutôt comme un ensemble d'instruments, constitués chacun des différentes techniques audionumériques qui se sont cristallisés au cours de son histoire. Dans *K...*, Philippe Manoury a réutilisé des techniques qu'il avait développées pour son cycle *Sonvs Ex Machina*. Ce cycle de pièces pour divers instruments et dispositifs électroacoustiques est un exemple à peu près unique de par sa durée dans l'utilisation de

l'informatique musicale. Cette expérience très longue donc permet de suivre l'évolution de ces techniques, ainsi que d'observer leur cohérence dans l'œuvre du compositeur, depuis 1987, avec *Jupiter* pour flûte et 4X jusqu'à cet opéra. L'environnement de traitement sonore, son « instrumentarium électronique » s'est enrichi progressivement depuis 1987, à l'occasion de chacune des pièces du cycle.¹

On peut répartir les différentes techniques électro-acoustiques en quatre familles : synthèse, transformation, échantillonnage et spatialisation.

¹ *Jupiter* pour flûte et système électronique en temps réel (1987-93), *Pluton* pour piano et dispositif électronique (1988), *La Partition du ciel et de l'enfer* pour flûte, 2 pianos, ensemble et électronique (1989), *Neptune* pour percussions et électronique, *En Echo* pour soprano et électronique (1994).

Modules extraits des pièces de Philippe Manoury

	Détection	Synthèse	Echantillonnage	Transformation	Spatialisation
Jupiter 1987-93	J_Pitch	J_Noise J_Pafs J_Oscs1 J_Oscs2	J_Sampler	J_Reverb J_Freq-shift J_Harms J_Phasing	J_Spat
Pluton 1988		P_Fft+osc	P_Samplers	P_Reverb1 P_Reverb2 P_Freq-shift P_Harm	P_Spat
Neptune 1992		N_Noise N_Pafs	N_Samplers	N_Reverb N_Freq-shift N_Harm N_Filters	N_Spat
En écho 1994	E_Pitch E_Lpc	E_Noise E_Pafs1 E_Pafs2	E_Sampler	E_Harms	E_Spat
K... 2001		K_Noise K_Pafs K_Psola	K_Sampler	K_Reverb K_Freq-shift K_Harms K_Leslie	K_Spat

serge lemouton - 1998/2001

Figure 5. Les modules électroacoustiques utilisés dans le cycle *sonus ex machina* (librairie PMA LIB 2), source : Philippe Manoury et Serge Lemouton.

Pour K..., nous avons développé cet ensemble de modules dans ces trois directions : synthèse d'un chœur virtuel, spatialisation tridimensionnelle et effet Leslie.

3.1. Effet Leslie

Manoury souhaitait simuler de façon informatique cet effet bien connu produit par la rotation d'un haut-parleur, effet que l'on trouve sur les orgues « Hammond », et que Stockhausen a utilisé dans *Kontakte* (1958-60). Manoury a utilisé cet effet sur des sons de foule représentant la rumeur qui accuse K. Ce type de transformation permet de donner l'illusion d'un mouvement spatial du son, qui semble tourner sur place.

3.2. Espace

L'idée de départ de Manoury était de créer une sorte de sphère sonore englobant les spectateurs. Alors qu'il est désormais assez courant de diffuser des sons autour du public (quadriphonie, cinéma, voire « home movie ») sur un plan horizontal, les expériences de diffusion du son sur trois dimensions, incluant l'élévation, sont relativement rares (on peut citer *Les Polytopes* de Xenakis). La grande hauteur sous plafond de la salle de l'opéra se prête bien à une telle expérience. Par contre, les deux balcons présentent des difficultés particulières. La salle est équipée en haut-parleurs en nombre suffisant et d'excellente qualité, intégrés dans les murs, donc invisibles (ces haut-parleurs sont d'ailleurs très rarement utilisés pour les productions de répertoire).

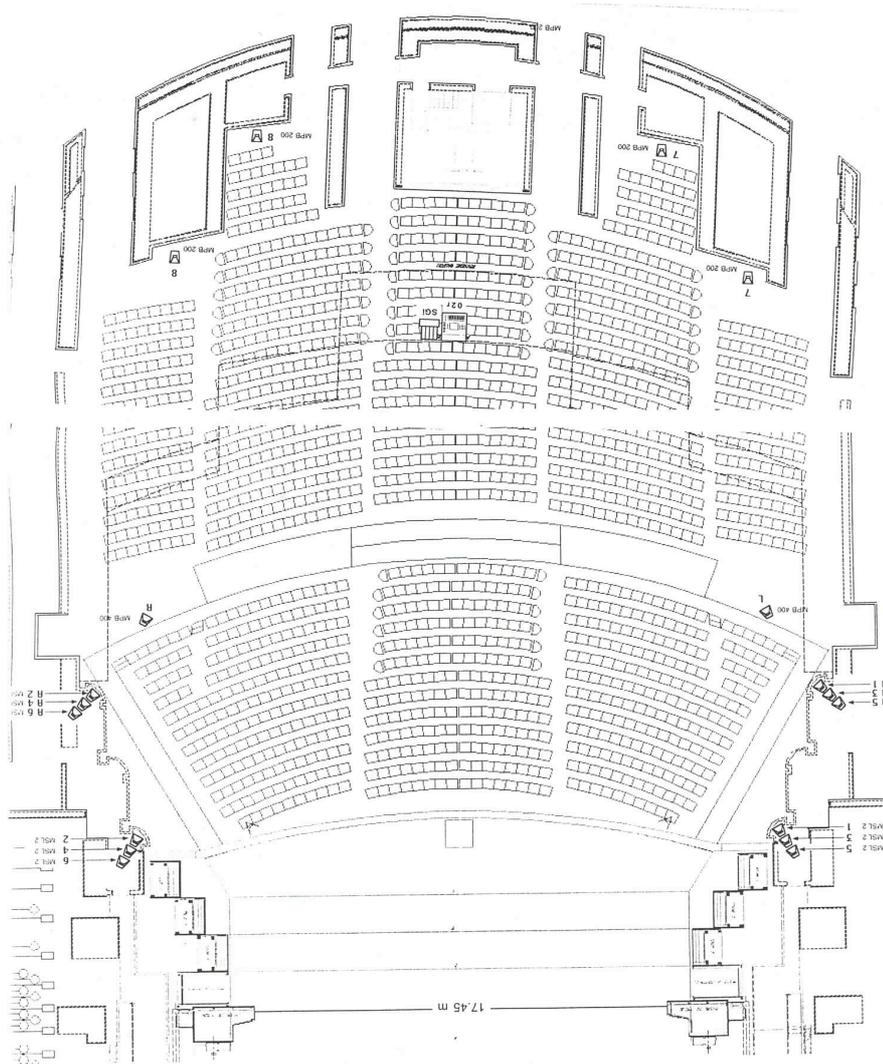


Figure 6. Positions des haut-parleurs dans la salle de l'Opéra Bastille (source : Ph. M. & S.L.).

Nous avons mené des recherches et des expériences sur le *Spatialisateur* de l'Ircam² afin que celui-ci nous permette de diffuser le son sur une configuration tridimensionnelle de 16 haut-parleurs. De nombreux essais « in situ » ont permis de régler ce système de diffusion. On peut dire plusieurs choses sur la façon dont, pour cette œuvre, le paramètre spatial est intégré à la composition musicale :

- Tout d'abord, que la spatialisation est spécifique au lieu ; elle a été conçue et réalisée spécialement pour l'occasion de ces représentations, c'est-à-dire que, si cet opéra devait être joué dans une autre salle, la mise en espace serait différente. Le système informatique a été conçu de façon à pouvoir remplacer aisément ce module. Manoury a « composé » un certain nombre de trajectoires spatiales en 3D, telles que rotations, zigzags panoramiques avant-arrière, mouvements en spirale.

² Logiciel développé par une équipe de spécialistes en acoustique des salles : Olivier Warusfel, Jean-Marc Jot et Véronique Larcher :

Cf. : JOT, Jean-Marc et WARUSFEL, Olivier : *A real-time spatial sound processor for music and virtual reality applications*, International Computer Music Conference, Banff, 1995.

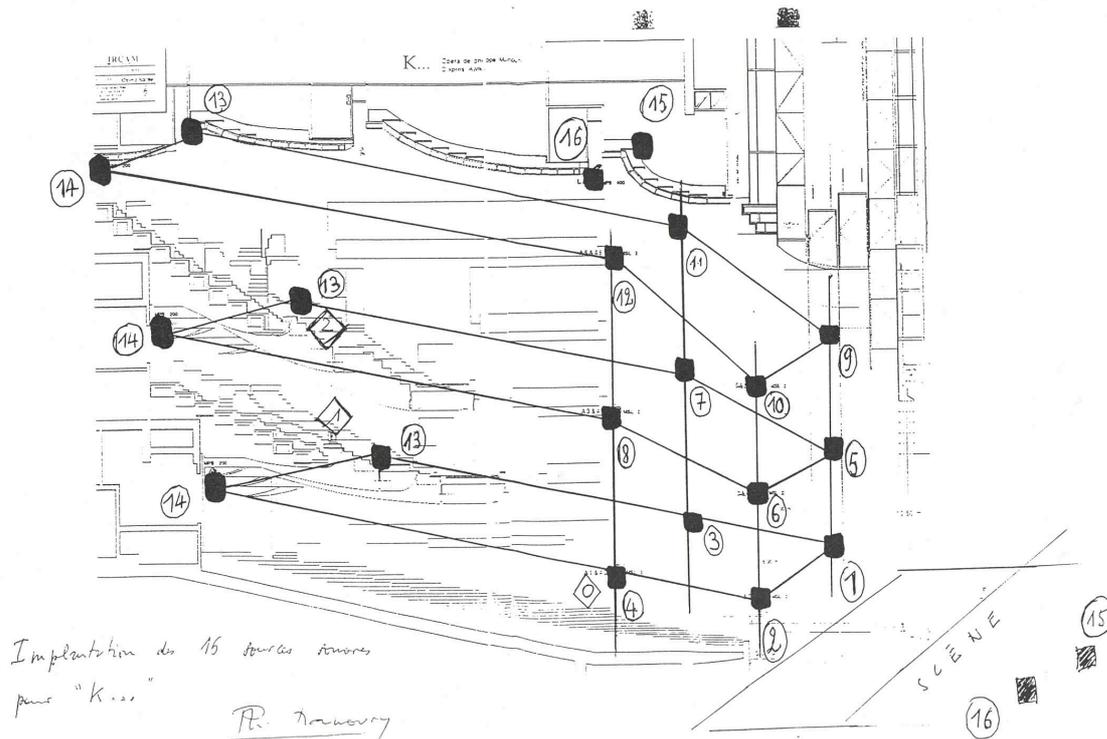


Figure 7. Exemple de trajectoire spatiale (source : Ph. M. & S.L.).

Pendant les représentations, nous avons appliqué ce vocabulaire d'effets aux sons électroniques.

- D'autre part, pour que la composition de l'espace soit efficace, il faut que ce paramètre soit lié à une autre composante du discours musical. Par exemple, une spirale ascendante accompagne un mouvement mélodique ascendant (début de la scène de la banque). Les effets spatiaux peuvent également accompagner un élément de mise en scène (afin de faire ressentir *la même impression par différents organes*) ; ainsi, un mouvement ascendant accompagne le lever du rideau.

Le fait de plonger le spectateur dans un environnement sonore qui l'enserme aurait pu perturber la relation que celui-ci entretient habituellement avec le spectacle qui lui est présenté, relation essentiellement frontale. Le danger étant de créer deux univers — ce qui se passe sur la scène et ce qui se passe dans la salle — deux univers qui ne se rencontrent pas et qui, en jouant l'un contre l'autre, finissent par détruire l'unité du spectacle. Voici un autre exemple d'utilisation de l'espace en un geste dramatique, celui du tout dernier son électronique qui accompagne la mort de M. K. : ce son tourne au plafond puis part du fond de la salle, la traverse dans toute sa longueur en un zigzag accéléré pour finir dans la fosse d'orchestre.

Le *spatialisateur* a également servi pour la scène entre K. et l'aumônier dans le but de créer l'acoustique virtuelle de la cathédrale dans laquelle se déroule leur dialogue. L'idée étant d'arriver à donner l'illusion que l'opéra se transforme, acoustiquement, en une cathédrale, qu'en un même lieu on puisse arriver à faire exister simultanément plusieurs espaces.

3.3. Chœur virtuel

Manoury a voulu faire jouer le rôle de la foule par un chœur de synthèse. Même si nous avons cherché la meilleure qualité sonore, le plus grand réalisme dans la simulation d'un chœur d'opéra, l'objectif n'était évidemment pas de remplacer une partie de chœur par un système électronique. Il était plutôt de pouvoir soumettre ces sons

parfois plausibles à des transformations inouïes, d'avoir un matériau plus malléable, des possibilités étendues. La technique que nous avons choisie permet justement cela : une grande ductilité du matériau, puisque tous les paramètres sonores sont contrôlés indépendamment (hauteur, vitesse, timbre) et la possibilité d'un grand réalisme puisque partant de sons vocaux réels. Cette technique³ qui consiste à décomposer un son préenregistré en ses composantes temporelles « atomiques » (la forme d'onde) pour la reconstruire ensuite, à partir de cette décomposition, est à mi-chemin entre l'échantillonnage, la synthèse et le traitement numérique.

Une voix isolée de chœur étant produite par cette technique, c'est-à-dire une synthèse de type granulaire, (*synthesis by sampling*), l'effet-chœur lui-même est reconstitué par une accumulation bien contrôlée de ces différentes voix. Alors que dans le domaine de la synthèse du son, il existe beaucoup de recherches et de méthodes de synthèse pour une seule voix, on trouve peu de choses dans le domaine de la synthèse d'un ensemble de voix⁴. Par conséquent, il nous a fallu trouver les paramètres de contrôle de cette accumulation.

Dans un premier temps, nous avons défini un premier ensemble de paramètres de contrôle, correspondant à des hypothèses que l'on fait sur des phénomènes supposés *a priori* à l'œuvre dans un ensemble choral. Par exemple : dans quelle mesure la synchronisation des vibratos des différents chanteurs d'un même pupitre peut-elle être contrôlée ?, quelles variations trouve-t-on d'un chanteur à l'autre, en timbre, en intonation (ce que Sundberg appelle « degree of unison »⁵) ? Une fois définis ces paramètres de contrôle, il s'agit de trouver des valeurs typiques de ces paramètres, correspondant à des ensembles choraux existants.

Afin de mener cette étude, nous avons procédé à l'enregistrement du chœur de l'opéra Bastille. Philippe Manoury a écrit dix courtes phrases musicales sur des textes tchèques, puisque *Le Procès* se déroule à Prague. Nous avons enregistré dans l'acoustique la plus neutre de l'espace de projection de l'Ircam ces phrases chantées successivement par 1, 2, 4, 6 puis 10 chanteurs de chacun des pupitres (sopranos, altos, ténors et basses) soit 200 échantillons différents.

³ Appelée *Psola* (Pitch Synchronous Overlap Add). cf. PEETERS, Geoffroy : *Analyse-Synthèse des sons musicaux par la méthode PSOLA*, Journées d'Informatique Musicale, Agelonde, 1998.

⁴ Un des rares textes sur le sujet étant :

TERNSTRÖM, S : *Acoustical Aspects of Choir Singing*, Royal Institute of Technology, Northern Illinois, 1989.

⁵ SUNDBERG, Johann : *The Science of Singing Voice*, University Press, Stockholm, 1987.

ALTOS/TENORS

1
taïne paan ge-dau iê taïne paan

2
a) sli - chikhe b) sli - chikhe c) sli - chikhe d) (parlé) sli - chikhe

3
nes - nes - i - tel - nié nes - nes - i - tel - nié

4
a) pos - loou - cheikhe b) pos - loou - cheikhe

5
do zhew roou tsé - nyeh zam - kou

6
dlou - ho - ou shod - bo - cu nê - Ken - etch - noou

7
a) tchlo - viê - tché b) tchlo - viê - tché c) tchlo - viê - tché d) tchlo - viê - tché

8
a) spro - va - zen na - ken - tsi b) spro - va - zen na - ken - tsi c) (parlé) spro - va - zen na - ken - tsi

9
a) viet b) (parlé) viet

Figure 8. Extraits musicaux pré-enregistrés par des membres du chœur de l'opéra Bastille (source : Ph. M. & S.L.).

Nous avons ensuite analysé les séquences sonores enregistrées afin de tenter de répondre à la question suivante : qu'est ce qui différencie, au niveau du signal, la même phrase musicale chantée par un seul chanteur de la même phrase chantée par un groupe à l'unisson ? Les différentes méthodes classiques d'analyse du signal sonore (recherche de fréquence fondamentale, pics spectraux, enveloppes spectrales) s'appliquent difficilement : soit elles ne donnent pas de bons résultats (méthodes pas appropriées), soit elles ne permettent pas de discriminer la version soliste de la version chorale.

Finalement, nous avons procédé en comparant empiriquement la re-synthèse d'un ensemble de voix avec l'enregistrement original, utilisé comme « référence ». On recherche les valeurs caractéristiques des paramètres de contrôle. On cherche également à savoir combien de voix virtuelles sont nécessaires pour donner l'illusion de 10 voix réelles, par exemple.

Grâce à la technique utilisée, on arrive à une dé-corrélation complète hauteurs-durées (et timbre), et c'est, en fin de compte ce qui est à l'œuvre à l'intérieur d'un pupitre, d'une section, de chœur ; les différents chanteurs qui le composent, même s'ils chantent "la même chose", produisent des signaux individuels et différents.

On peut également s'abstraire du vibrato présent dans l'enregistrement, de façon à pouvoir dé-corréler ce paramètre, ce qui se révèle extrêmement efficace pour la perception de l'« effet-chœur ».

La qualité de la transposition obtenue avec Psola est meilleure que celle des techniques habituelles (utilisant un ré-échantillonnage) puisque la forme d'onde, et par conséquent le spectre, n'est pas affectée par le changement de fréquence fondamentale.

Enfin, l'estimation de voisement autorise des effets très intéressants. Ce qui se passe couramment dans un chœur est qu'il y a différents degrés de synchronisation, les consonnes percussives correspondant à des points de synchronisation plus forts que les voyelles. De plus, notre perception sonore d'un chœur a tendance à séparer les consonnes, bruiteuses, des voyelles, périodiques.

On peut également appliquer une dilatation temporelle qui varie en fonction du coefficient de voisement, par exemple pour étirer de préférence les parties quasi-stationnaires du signal.

La technique employée a certaines limitations, particulièrement en ce qui concerne les voix très aiguës. De plus, nous nous sommes rendus compte que le vibrato vocal ne s'applique pas seulement au fondamental, mais affecte aussi l'amplitude et le timbre. En supprimant le vibrato comme nous le faisons (lissage de la fréquence fondamentale), on ne supprime pas cet effet, ce qui donne quelque chose d'assez rugueux, gênant, dans certains cas.

Il est intéressant de voir comment les techniques électroacoustiques influencent les compositeurs même dans leurs pièces purement acoustiques, comment nous nous incorporons les technologies, qui deviennent une part propre de notre expérience et de notre façon de penser. Manoury a puisé dans son expérience avec le chœur artificiel (que nous venons de détailler) qui joue le rôle de la foule du procès de Monsieur K. des idées compositionnelles qu'il met en pratique pour un chœur cette fois-ci bien réel (créé pour l'ensemble *Accentus*) dans la pièce qu'il a composé immédiatement après l'opéra : *Slova*.

3.4. K... en représentation

Tous les événements électroniques (au nombre d'environ 2000) de la partition étaient déclenchés par un clavier faisant partie de l'orchestre, situé dans la fosse, permettant ainsi une synchronisation parfaite de la partie électronique et de la partie orchestrale. Philippe Manoury aurait souhaité disposer d'un système de suivi vocal comme dans *En écho* mais la complexité d'une production d'opéra, et le fait que les dispositifs disponibles de suivi de partition manquent encore de robustesse, ne l'ont pas permis.

Pendant toutes les représentations, le compositeur assurait la projection du son dans la salle, de façon à assurer un bon équilibre entre les niveaux sonores relatifs de la

partie électronique, un mélange homogène entre les parties synthétiques, orchestrales et vocales.

4. Conclusion

Parce que l'opéra est un art d'illusion et d'artifices, il semble assez logique qu'il fasse appel aujourd'hui aux techniques immatérielles et artificielles permises par l'informatique. Parce que cette forme d'art se caractérise par la réunion de « tous les charmes des Beaux-arts » (Jean-Jacques Rousseau⁶), il est naturel qu'elle intègre sans difficulté de nouvelles formes d'expression. Et le fait que l'opéra est toujours été, longtemps avant l'invention de ce terme, « multimédia », trouvait, à mon sens une parfaite illustration dans ce spectacle qui par la mise en scène d'André Engel rappelait opportunément l'architecture, la peinture, la sculpture, le cinéma et bien évidemment la littérature.

5. Références

SCHNELL, Norbert et al., *Synthesizing a choir in real-time using Pitch Synchronous Overlap Add*, International Computer Music Conference, Berlin, 2000.

⁶ C'est ainsi qu'il définit le genre Opéra dans son *dictionnaire de Musique* :

" *Spectacle dramatique et lyrique où l'on s'efforce de réunir tous les charmes des Beaux-arts dans la représentation d'une action passionnée, pour exciter, à l'aide de sensations agréables, l'intérêt et l'illusion. Les parties constitutives d'un opéra sont, le poème, la musique et la décoration. Par la poésie, on parle à l'esprit; par la musique, aux oreilles; par la peinture, aux yeux : et le tout doit se réunir pour émouvoir le cœur, et y porter à-la-fois la même impression par différents organes.*