

Hieronymus Bosch: *Le jardin des plaisirs*



# Conclusion

L'enjeu de ce travail de thèse visait à définir et mettre au point un système de restitution sonore spatialisée dans un contexte de visioconférence de groupe. Ce contexte de visioconférence a déterminé les principales contraintes du projet, notamment en imposant une zone d'écoute étendue pour accueillir simultanément plusieurs auditeurs et leur permettre de s'y déplacer. Cependant, d'autres aspects, également spécifiques au contexte de visioconférence, tels que les problèmes de couplage entre les microphones et les haut-parleurs, n'ont pas été pris en compte dans cette étude initiale.

La première étape du projet a cherché à dresser le bilan des méthodes existantes de spatialisation sonore (stéréophonie, techniques binaurales, Ambisonic, holophonie), en comparant leurs performances et en examinant la possibilité de les mettre en œuvre dans un système de visioconférence, notamment du point de vue de la taille de la zone d'écoute. Cette étude est rapportée dans le chapitre 2. Il en est ressorti qu'une approche de reconstruction physique du champ sonore offre la solution la plus pertinente pour obtenir une zone d'écoute étendue. L'holophonie définissant la méthode générale de reconstruction physique de champ sonore, il a été décidé d'implanter un système holophonique adapté au contexte de visioconférence. Outre la taille de la zone d'écoute, ce choix était motivé par le souci d'aborder le problème de la spatialisation sonore d'un point de vue général, en recherchant une compréhension approfondie des phénomènes physiques mis en jeu. Une fois le problème posé sur des bases physiques rigoureuses, on se ménage la possibilité d'introduire ultérieurement des simplifications — d'ordre psychoacoustique ou non — pour se ramener à des solutions de moindre complexité et dont on contrôle les performances.

Ainsi, l'objectif poursuivi tout au long de ce travail de thèse était double:

- en premier lieu, *définir* un système de spatialisation sonore offrant une restitution sur une zone étendue,
- en second lieu, *comprendre* les mécanismes de reconstruction d'un champ sonore dans le but de faire le lien entre l'approche générale — l'holophonie — et les solutions particulières proposées par les autres méthodes de spatialisation sonore.

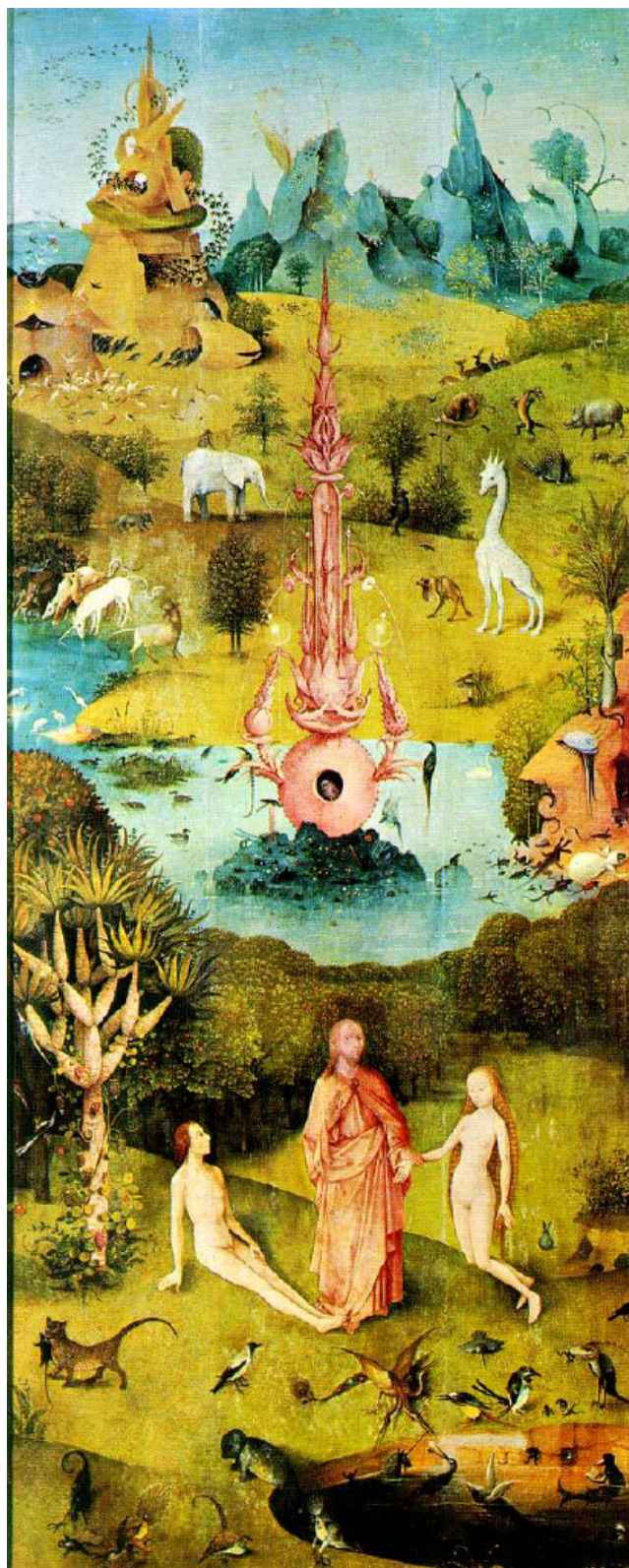
Le premier objectif a été réalisé avec la mise au point d'un système holophonique dédié à la visioconférence. Ce système est essentiellement basé sur les recherches menées au laboratoire d'Acoustique de l'U.T.D. et qui ont donné le concept de *Wavefield Synthesis*. Une première phase a donc consisté à assimiler les résultats de ces travaux antérieurs. A cette occasion, les principes fondamentaux du concept de Wavefield Synthesis ont été rappelés au chapitre 3.

Dans une seconde étape, on a cherché à approfondir l'approche de l'équipe de l'U.T.D., en analysant sa pertinence et en proposant éventuellement des solutions alternatives. Cette étape concerne les études sur les effets de l'échantillonnage spatial et de la troncature du réseau de sources secondaires, qui sont présentées aux chapitres 4 et 5.

A l'issue de cette analyse du principe holophonique, un prototype de système holophonique a été défini, puis mis en œuvre sous la forme d'une antenne de haut-parleurs pilotés par une carte DSP. Ce prototype a été validé par des mesures du champ acoustique synthétisé par les haut-parleurs. Les mesures ont été effectuées à la fois dans une salle anéchoïque et dans un studio expérimental de visioconférence. Bien qu'il s'agisse d'une première version très simplifiée, les performances du système en termes de reconstruction du champ sonore se sont révélées impressionnantes. Le système holophonique est destiné à être implémenté dans les futurs systèmes de visioconférence. Sa caractérisation objective reste cependant à compléter par une évaluation subjective avec des tests d'écoute. Il importe en particulier d'évaluer ce qu'apporte la restitution holophonique par rapport aux autres systèmes utilisés dans les systèmes de visioconférence proposés actuellement, tels que la panoramique d'intensité, par exemple. Par ailleurs, la première version implantée peut faire l'objet de plusieurs améliorations dont il convient de déterminer au préalable la pertinence.

Quant au second objectif visé, un des résultats importants de ce travail de thèse a consisté à établir le lien entre l'holophonie et Ambisonic, une autre méthode de spatialisation sonore. Holophonie et Ambisonic sont habituellement considérées comme deux approches distinctes. On a montré qu'en réalité, elles sont fondées sur des processus similaires de reconstruction physique de champ sonore. Plus exactement, Ambisonic est un cas particulier de l'holophonie. Au delà de ce lien, les deux approches ont été intégrées dans un formalisme unifié de reconstruction de champ sonore, ce qui a permis de réexaminer chacune d'elles à la lumière de l'autre. A l'issue de cette analyse, l'holophonie reste la méthode la plus convaincante, du moins d'un point de vue pratique.





Hieronymus Bosch: *Le jardin des plaisirs* — *Le Paradis* —

