

NAVIGATION SONORE INTERACTIVE



Raumfaltung
exposition *Der doppelte Boden ist tiefer als man denkt*
6 juillet – 14 septembre 2003
Kunst Museum Bonn

Plan

- 1 Rappel scène auditive
- 2 Spatialisation et écriture en temps différé
- 3 Spatialisation et écriture en temps réel
- 4 Cas d'étude: "Listen Lisboa"
- 5 Références et glossaire
- 6 Exercice

Analyse de scènes auditives

Bregman AS (1990) *Auditory scene analysis*

Le système auditif traite l'information acoustique pour déterminer la présence, la position et la nature des sources sonores de l'environnement, afin de pouvoir comprendre leur comportement ou les messages qu'elles émettent. Tout cela implique l'organisation perceptive d'un environnement composé de sources multiples, processus que Bregman appelle "l'analyse des scènes auditives" .

Bregman AS (1990) *Auditory scene analysis : The perceptual organization of sound*, MIT Press/Bradford Books, Cambridge, Mass.

Bregman AS (1994) L'analyse des scènes auditives : l'audition dans des environnements complexes. *In : Penser les sons : Psychologie cognitive de l'audition* (McAdams S, Bigand E), PUF, Paris, 11-40.

L'organisation perceptive de l'environnement sonore

Stephen McAdams

Rencontres IPSEN en ORL, 1997 Copyright © Ed Irvin 1997

<http://mediatheque.ircam.fr/articles/textes/McAdams97b/>

- L'environnement est composé d'une multitude d'objets qui vibrent. Ces vibrations sont transmises au milieu aérien dans lequel elles se propagent. Les ondes sonores se combinent de façon linéaire avant d'arriver aux oreilles d'un auditeur. Au niveau du système auditif périphérique la mixture sonore est "décomposée" dans les fibres auditives, mais chaque fibre peut véhiculer les informations provenant de plusieurs sources.
- Nous faisons l'hypothèse qu'un ensemble de processus effectue un groupement perceptif liant les composantes de la représentation sensorielle provenant de la même source sonore et séparant celles qui proviennent de sources distinctes. Ces processus de groupement s'appliquent aux composantes qui se chevauchent temporellement et à celles qui se succèdent au cours du temps.

Les processus de groupement séquentiel / Les processus de groupement simultané

- *L'identification du début et de la fin du son / Le synchronisme des attaques et des chutes.*
- *L'enveloppe d'amplitude et l'intensité / La cohérence de la modulation d'amplitude.*
- *Le contenu fréquentiel et l'enveloppe spectrale / L'harmonicité commune et la séparation des fréquences fondamentales.*
- *La position dans l'espace / La position commune dans l'espace.*

SPATIALISATION ET ECRITURE (1)

Emmanuel Rio

RSX206Conception sonore
interactive CNAM2011

rappels d'acoustiques

ce qui se passe physiquement et ce que nous en percevons

Détermination de la position d'un son dans l'espace



Détermination de l'azimut et zenith

- Différence de temps entre les deux oreilles
- Différence d'amplitude avant arrière (ombre de la tête)
- Différence spectrale liées aux réflexions asymétriques (pavillons, épaules, torses)

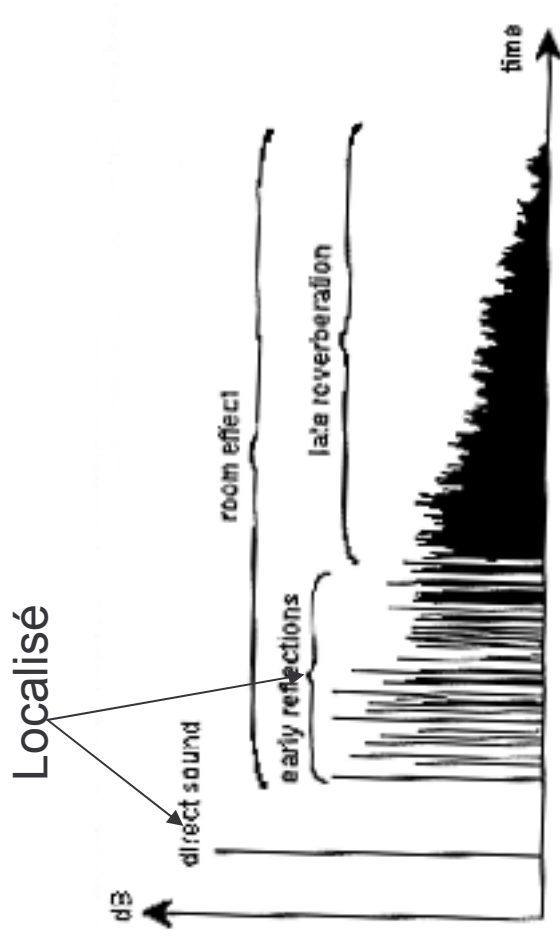
Détermination de la distance

- Rapport entre le signal direct et le signal réverbéré
- Pertes des composantes hautes fréquences
- Pertes des détails

RSX206Conception sonore
interactive CNAM2011

Spatialisation

Effet de réverbération
Effet de localisation

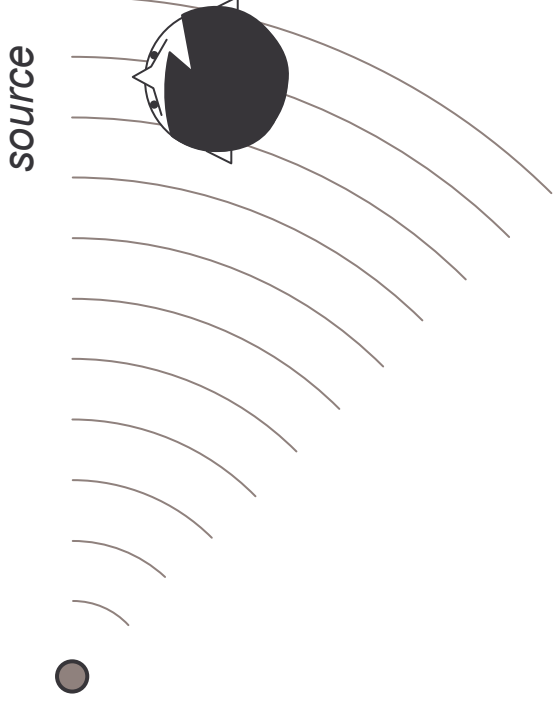


Son direct

propagation dans l'air, sans obstacle
la direction est perçue

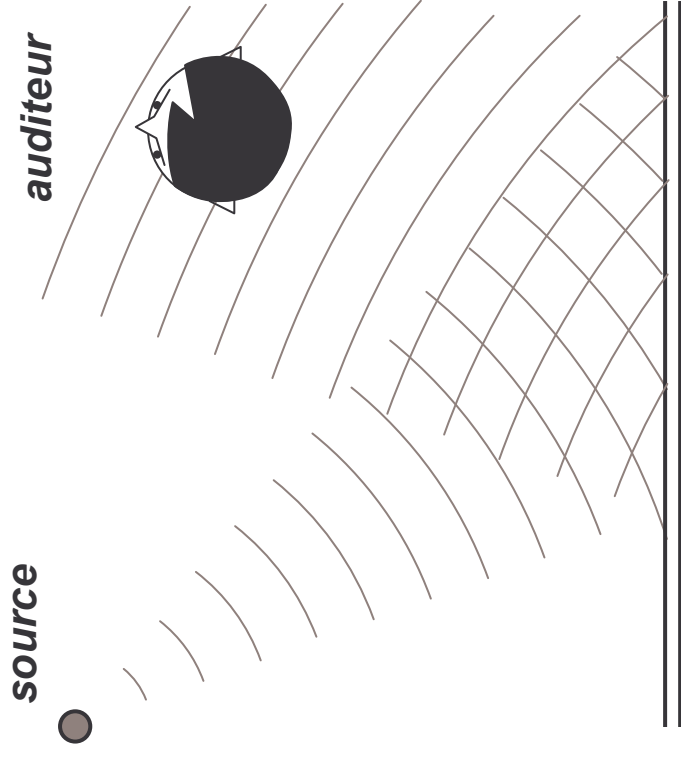
différences entre les deux oreilles :

- différence de temps (ITD)
- différence de niveau (ILD)
- différences spectrales liées à l'influence du torse, de la tête et des pavillons



Réflexion

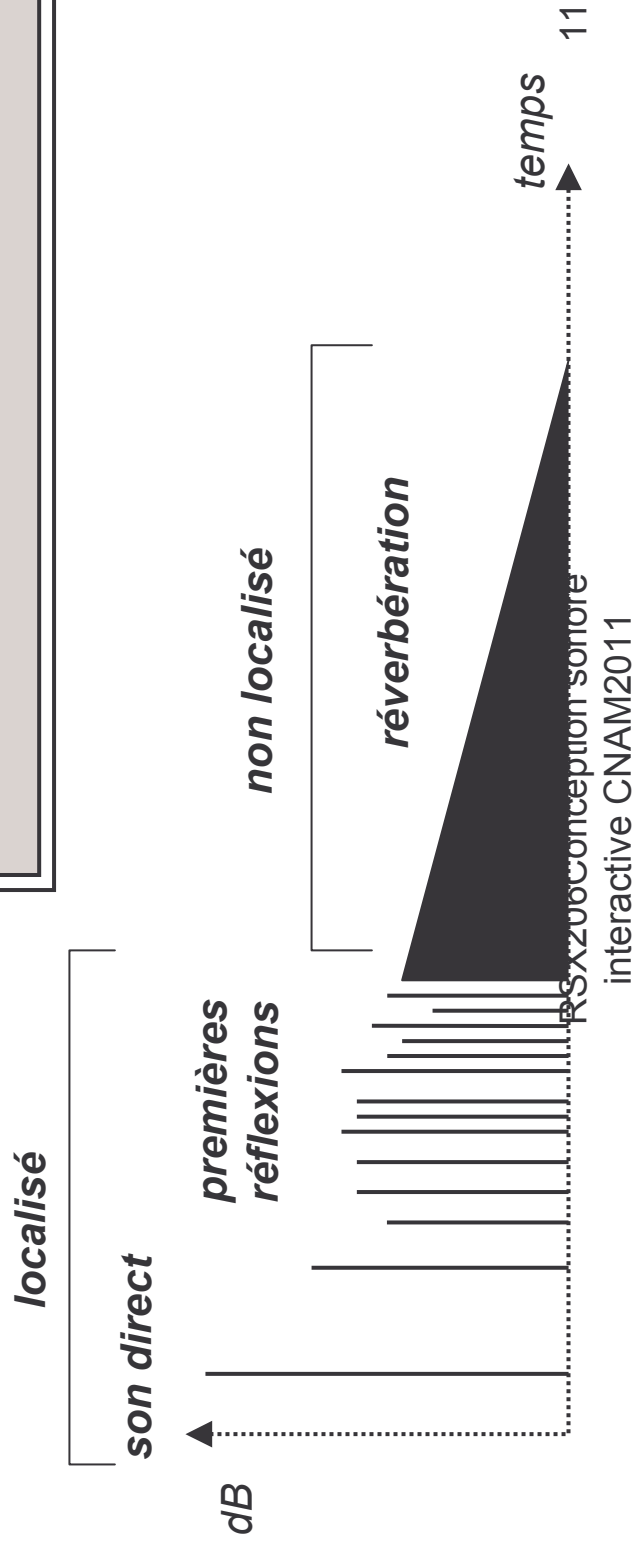
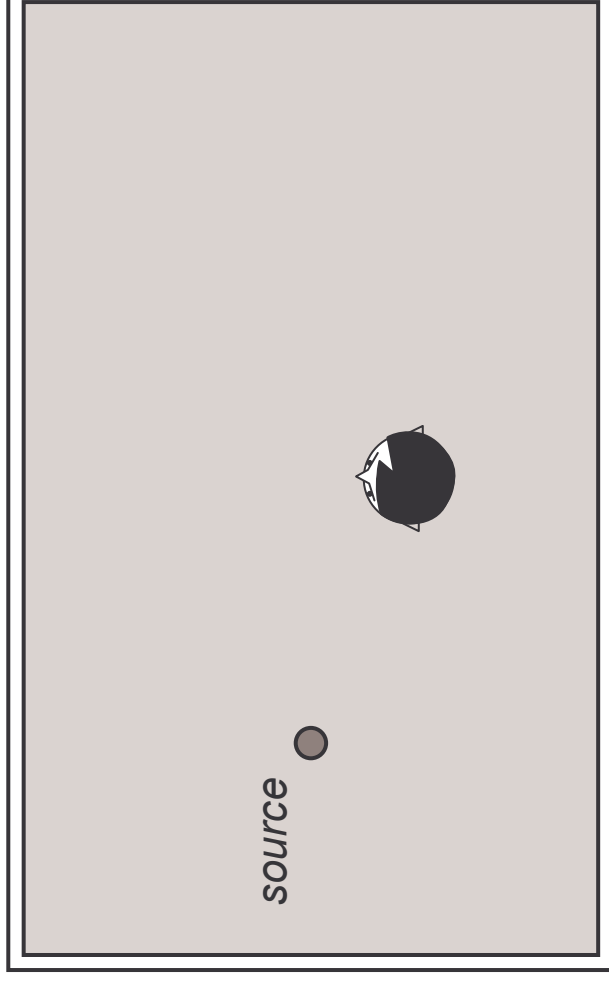
réflexion contre les murs



Réverbération

Réverbération :

- on ne perçoit plus de direction
- champ « diffus »



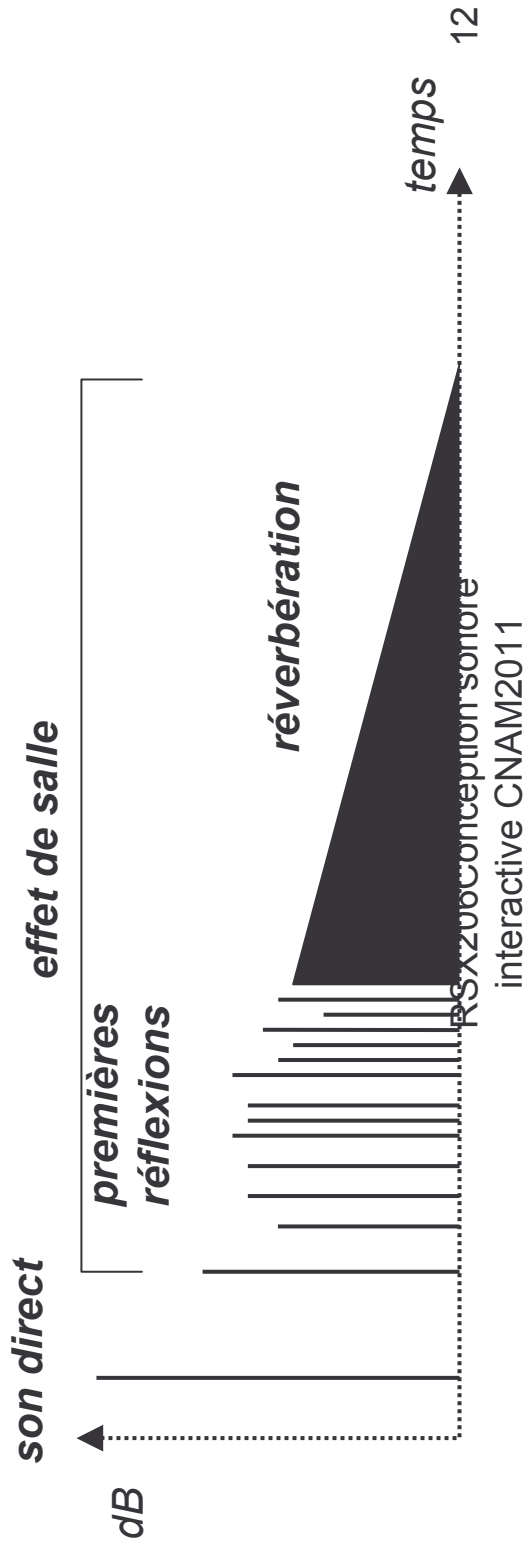
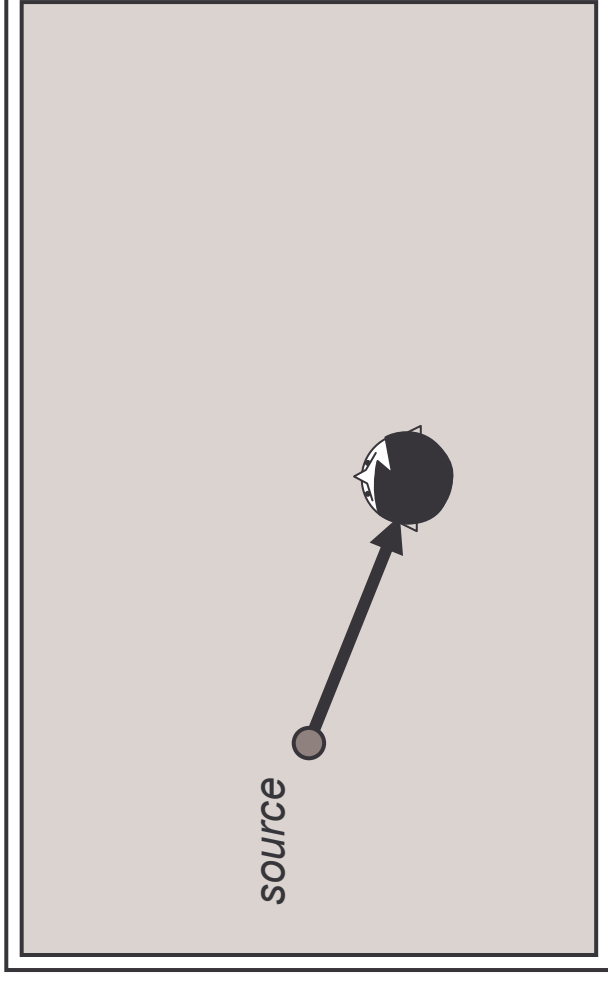
Son direct / Effet de salle

Son direct :

- propagation dans l'air
- atténuation en fonction de la distance

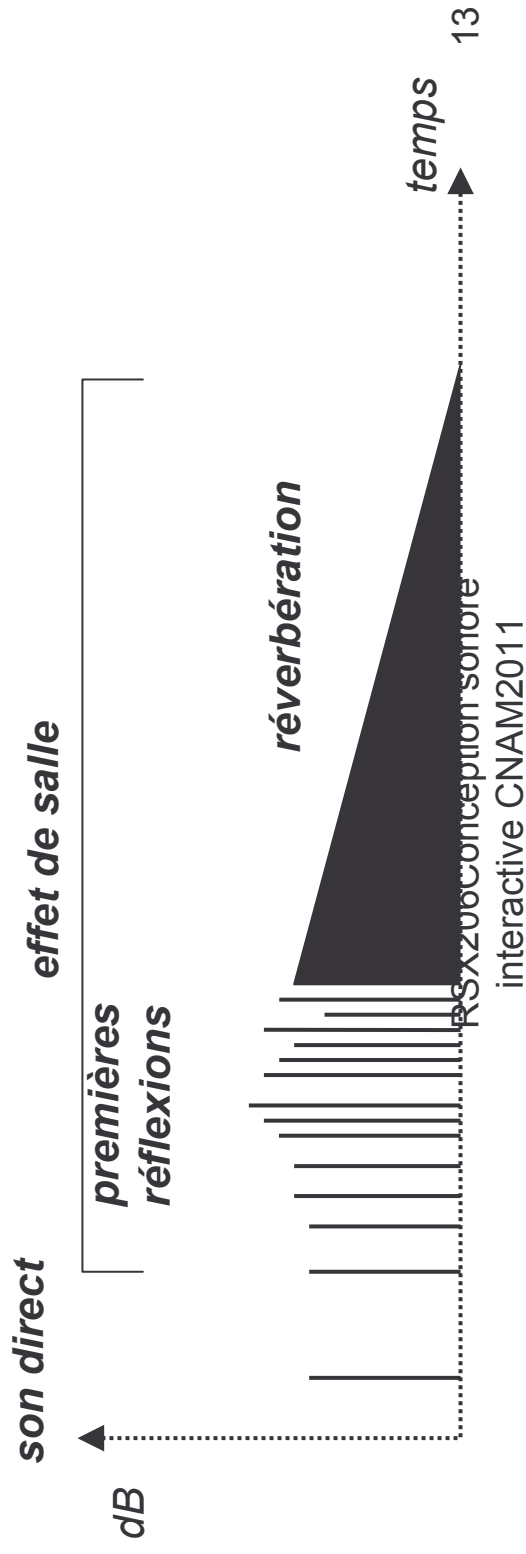
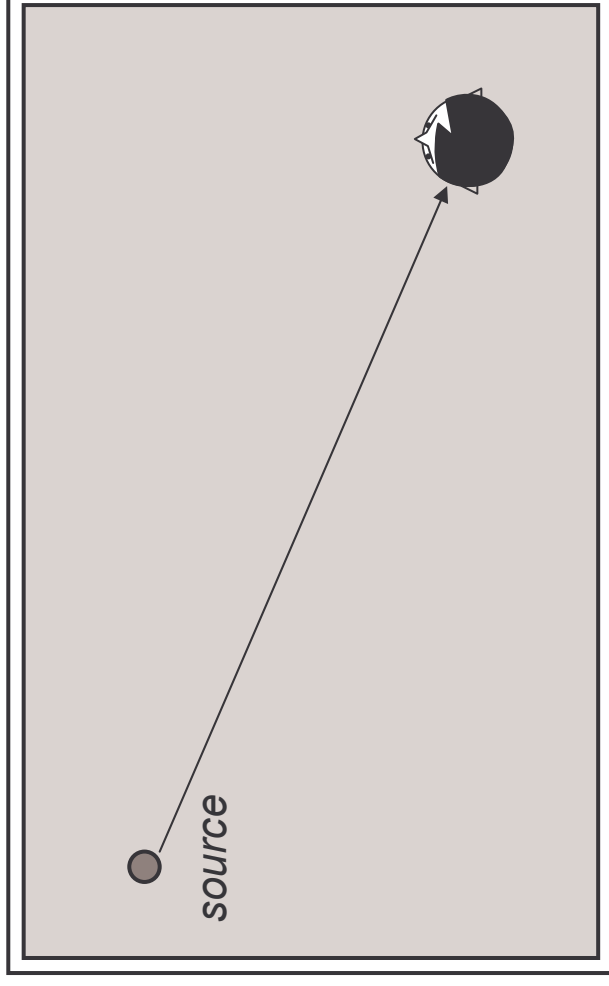
Effet de salle :

- premières réflexions
- réverbération
- moins de variation avec la distance



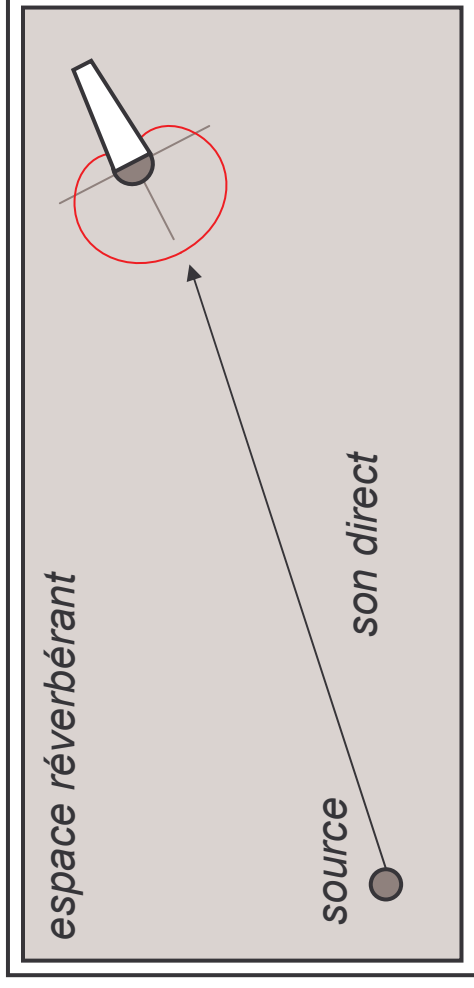
Perception de la distance

Rapport son direct / réverbération

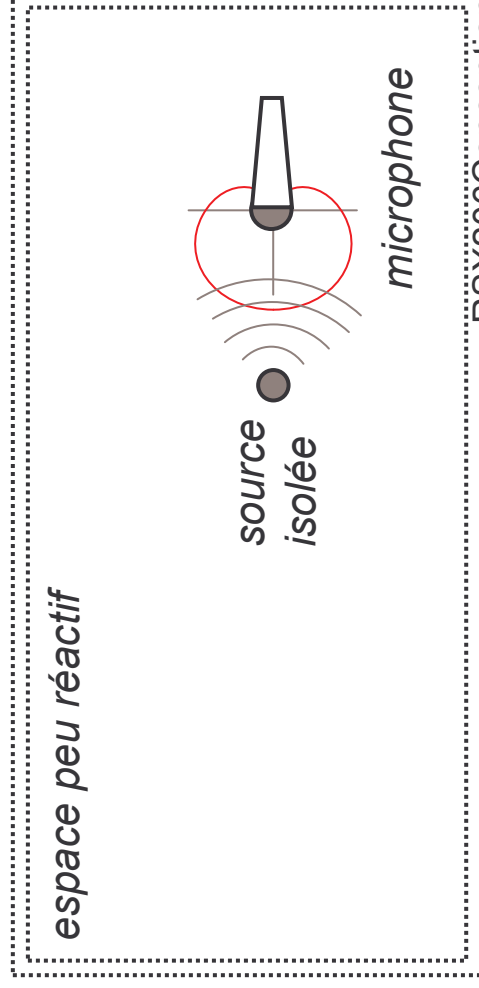


espace capté, espace composé, espace restitué

Espace capté (1) : distance, effet de salle



- Captation éloignée :
- son direct
 - présence d'un effet de salle



- Captation en proximité :
- son direct majoritairement
 - chambre sourde, studio

Espace composé

spatialisation de sources monophoniques

- positionnement des sources (direction et distance)
- projection des sources dans une acoustique virtuelle
- synthèse d'un effet de salle

transformation de scènes déjà spatialisées

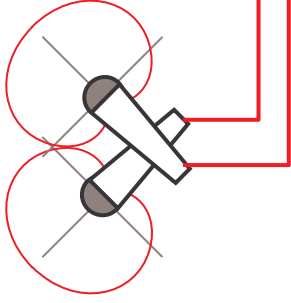
- scènes stéréophoniques
- scènes multi-canal

Exemple 1 Stéréophonie

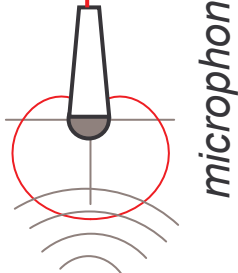
espace capté

scène complexe

source
stéréo



source
isolée



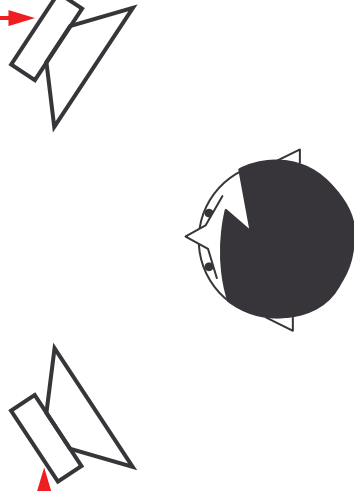
microphone

traitements
mixage

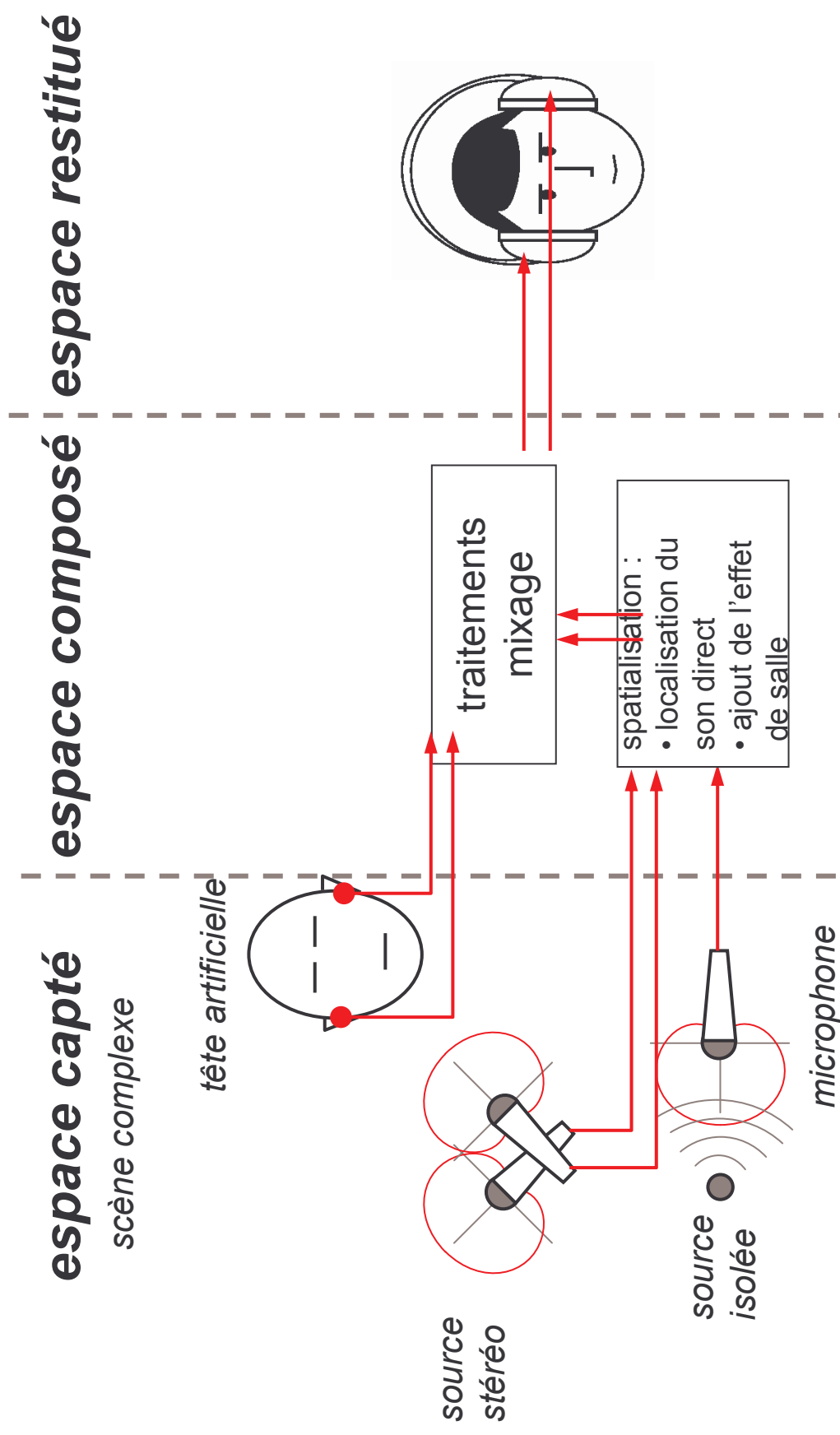
spatialisation :
• localisation du
son direct
• ajout de l'effet
de salle

espace composé

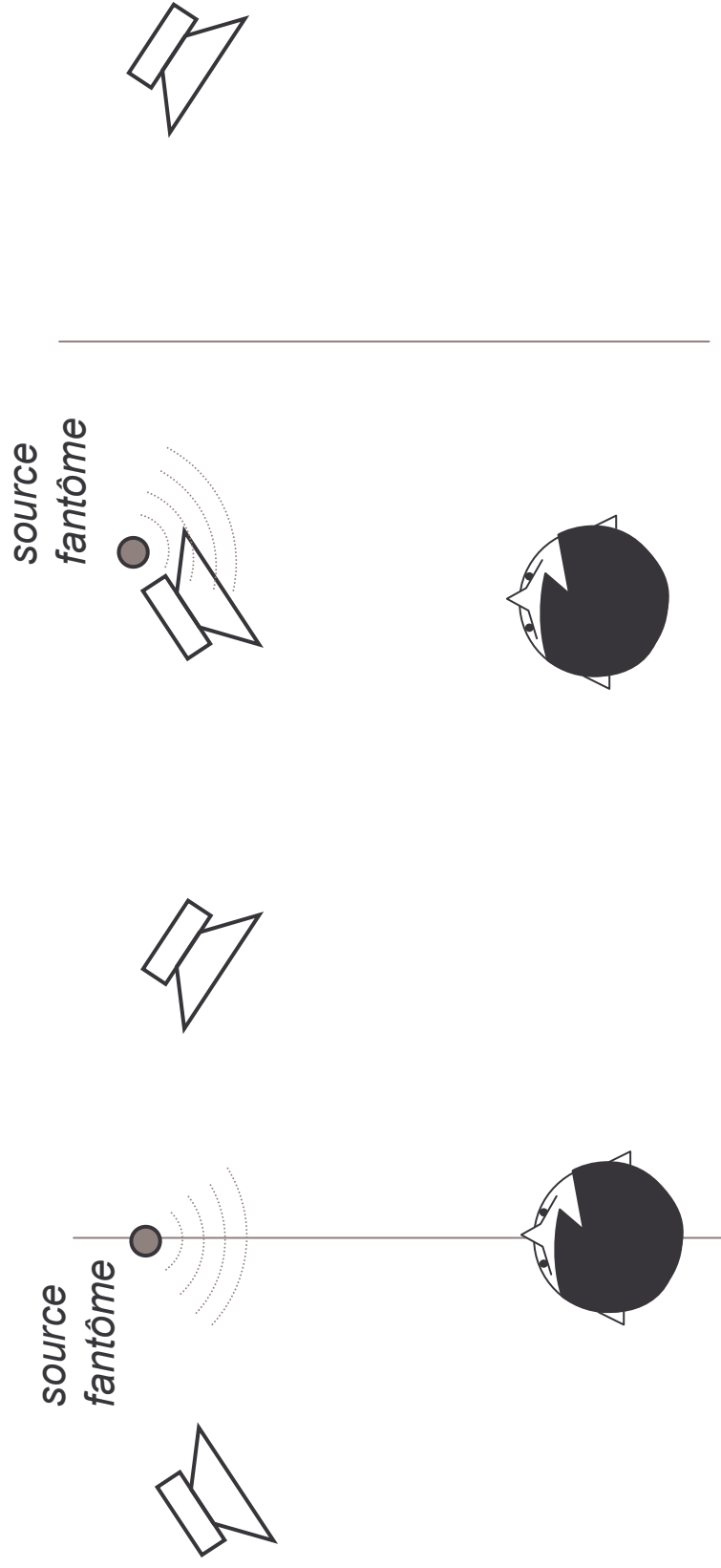
espace restitué



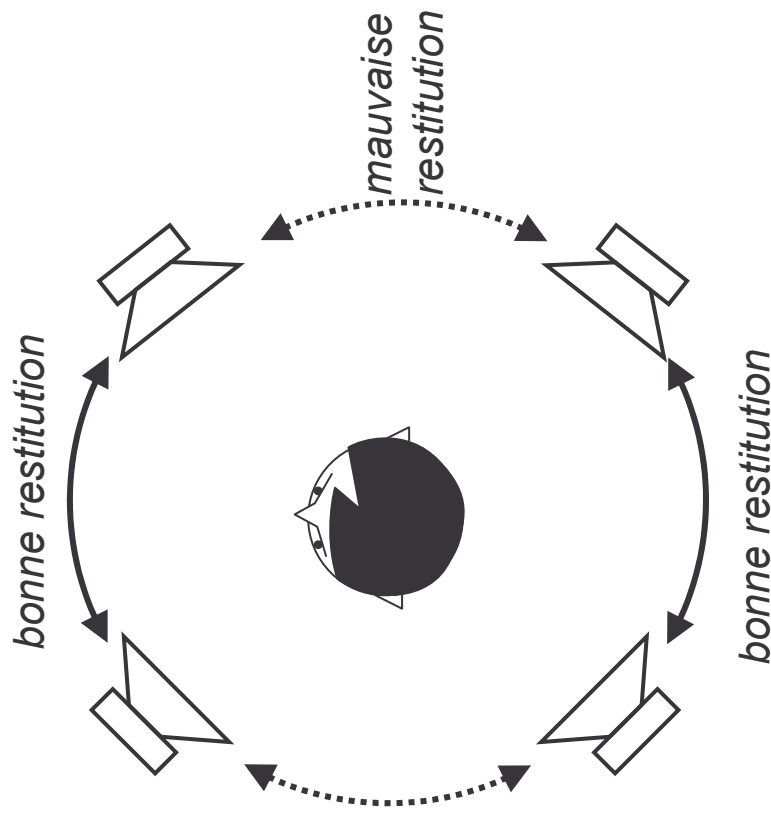
Exemple 2 binaural



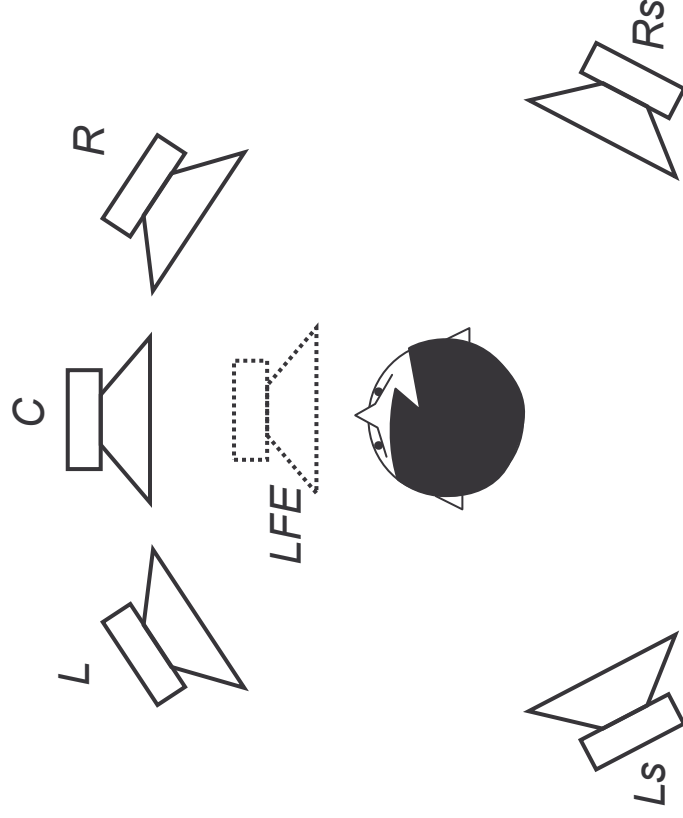
Espace restitué : stéréophonie



Espace restitué : quadraphonie



Espace restitué : 5.1



L et R :

- stéréophonie classique

C :

- dialogues
- ne dépend pas de la position de l'auditeur

Ls et Rs :

- partie surround
- localisation imprécise

LFE :

- low frequency effects

SPATIALISATION ET ECRITURE (2)

Cécile Le Prado

RSX206Conception sonore
interactive CNAM2011

Exemples

- “Le Triangle d’Incertitude”
- “Secrète Lisboa” et “Listen Lisboa”

Le Triangle d'Incertitude

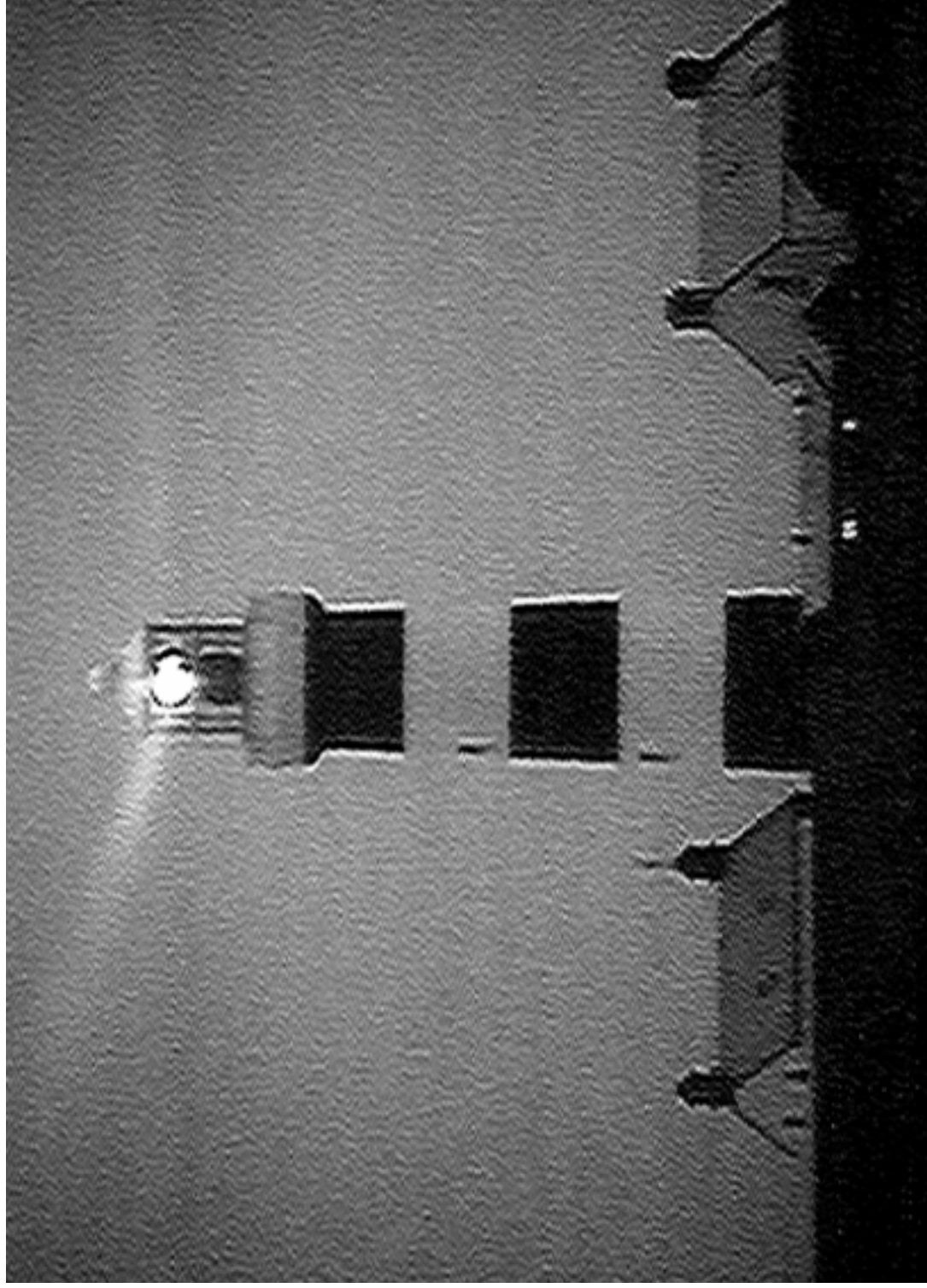
Cécile Le Prado avec la collaboration de

Jean Marc Jot/ Ircam

Suite for maritime landscape

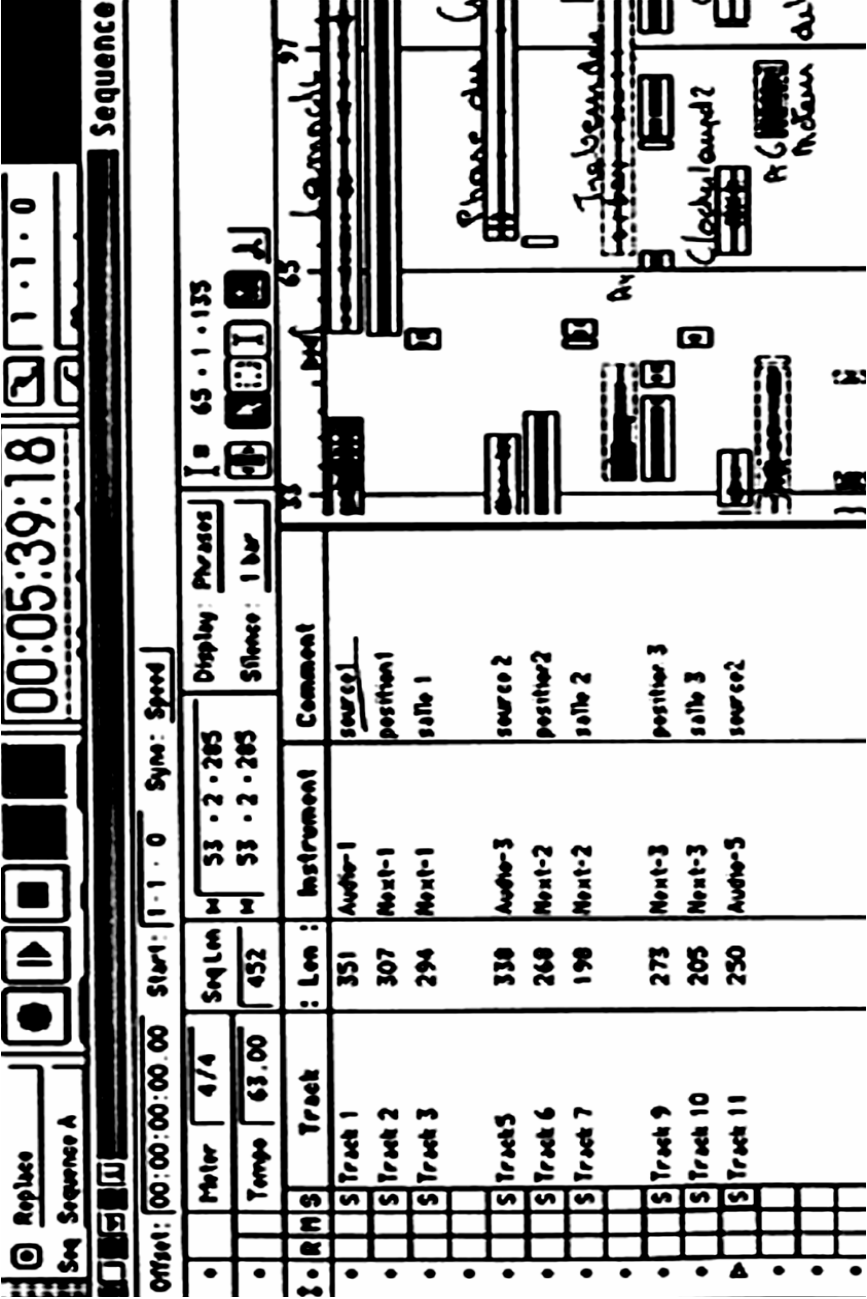
Concrete music for sound installation, produced as part of
the "Irish Imaginary" events in France/1996

1 Espace capté



2. Espace composé Librairie Spat/Ircam

Séquenceur: Protocols



Spat_Oper

Spat1 ☒ DISPLAY

☐ patchers speakers ☐ Doppler delay

☒ patcher radiation ☒ Air absorption

☐ log2 < drop mode

☐ 6. drop (dB)

☐ 8. Dist (m)

Az (deg) El (deg)

Es (dB) Desl (dB) Desh

Rev (dB) Edt (s) Rd1 (dB) Rrt (s) Dxt1 (lin) Dxt2

source presence source brilliance 60

source warmth 60

room presence running reverberance 50

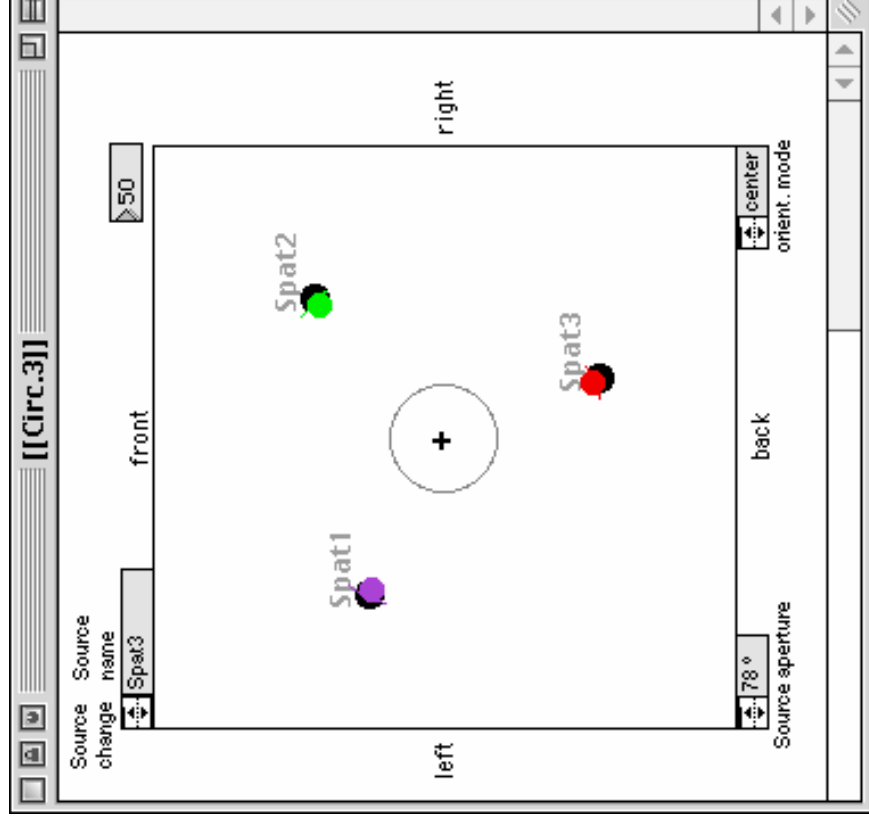
late reverberance 100

heaviness 50

liveness 50

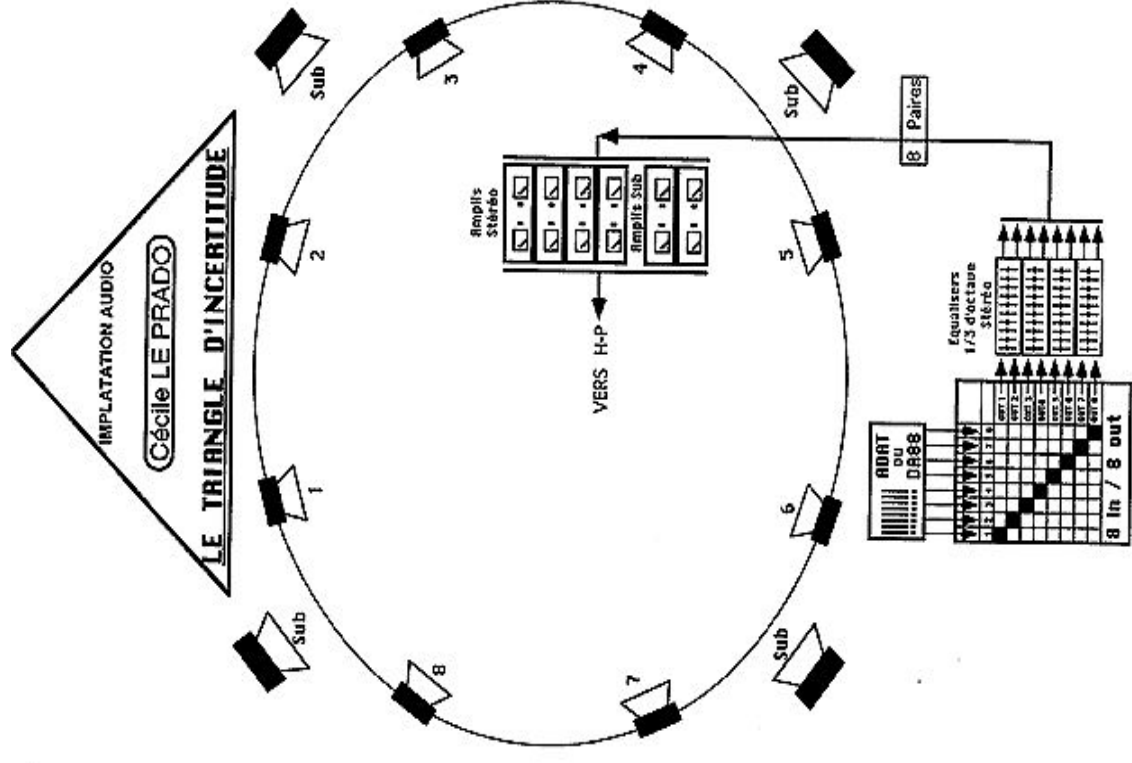
<..... source perception> <..... source / room interaction> <..... late room decay>

Circ



3.Espace restitué

Implantation audio



INDICATIVE CITROËN C4 PICASSO

Ecoute Triangle D'Incertitude

- Exemples d'immersion
- Comparaison écoute transaurale et binaurale

-page 4

-page 7

ESQUISSE N°0

Listen Lisboa

Cécile Le Prado

Assistée de Romain Kronenberg

Avec la collaboration d'Emmanuel Rio, Olivier Delerue et Olivier Warusfel

Expérimentations autour de scènes sonores interactives
mettant en œuvre les développements effectués par
l'équipe Acoustique des Salles de l'IRCAM dans le cadre
du projet LISTEN ainsi que l'écriture de scènes et la
composition musicale provenant du projet SECRETE
LISBOA.

Résumé Listen

- Environnement immersif augmenté par le son “**audio augmented reality**”
- Scène sonore interactive
- Suivi de position “**tracking**”
- Superposition d’ un paysage sonore écouté au **casque** avec un **déplacement physique** dans l’espace
- Exploration par l’utilisateur des deux scènes au même moment
- Utilisation de la simulation au casque “**binaural rendering**” avec une **acoustique virtuelle** “**room simulation**” augmentant la perception

Listen Project

European project : Austrian partners, Gmd, Kunst Museum Bonn, Ircam

Réalisation of an augmented reality device system:

- Movements of the visitor / listener in a real space (exposition, installation)
- Superposition of a virtual sound space (headphones)



Création of didactic ou artistic contents for this type of system

RSX206Conception sonore
interactive CNAM2011

Réalisations (1)



Beat Zoderer, *Raumfaltung*

exposition *Der doppelte Boden ist tiefer als man denkt*
6 juillet – 14 septembre 2003
Kunst Museum Bonn

RSX206Conception sonore
interactive CNAM2011

Réalisations (2)



Macke Labor

exposition sur le peintre allemand August Macke

15. Oktober – 23. November 2003

Kunst Museum Bonn
RSX206Conception sonore
interactive CNAM2011

Secrète Lisboa



Un projet radiophonique aux multiples écoutes

- Commande de France culture , collaboration Ircam
- De la même dramaturgie , faire des propositions pour des écoutes multiples : une installation sonore en multicanal 5.1, une écoute radiophonique simple et une écoute radiophonique en écoute“élargie“Dolby SR,

Origine : Secrète Lisboa ,écriture linéaire

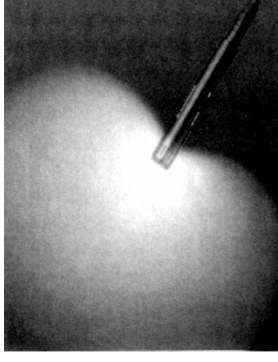


- Espace capté
- Espace composé
- Espace visité
 - Ecriture d'une fiction
 - Immersion de l'auditeur

L'espace capté

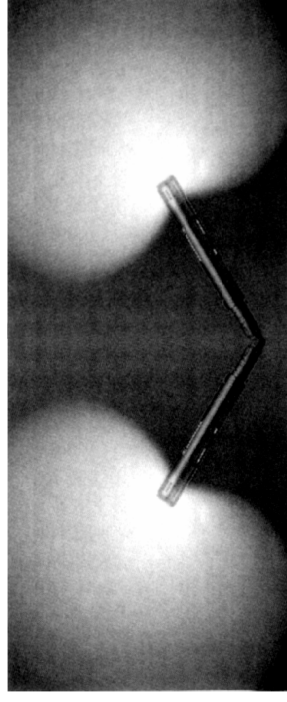
monophonique (1 canal) :

- sources isolées
- instruments
- voix



stéréophonique (2 canaux) :

- scènes complexes
- spatialisation gauche / droite
- impression de distance
- adapté à la restitution stéréo usuelle



ambisonique (4 canaux) :

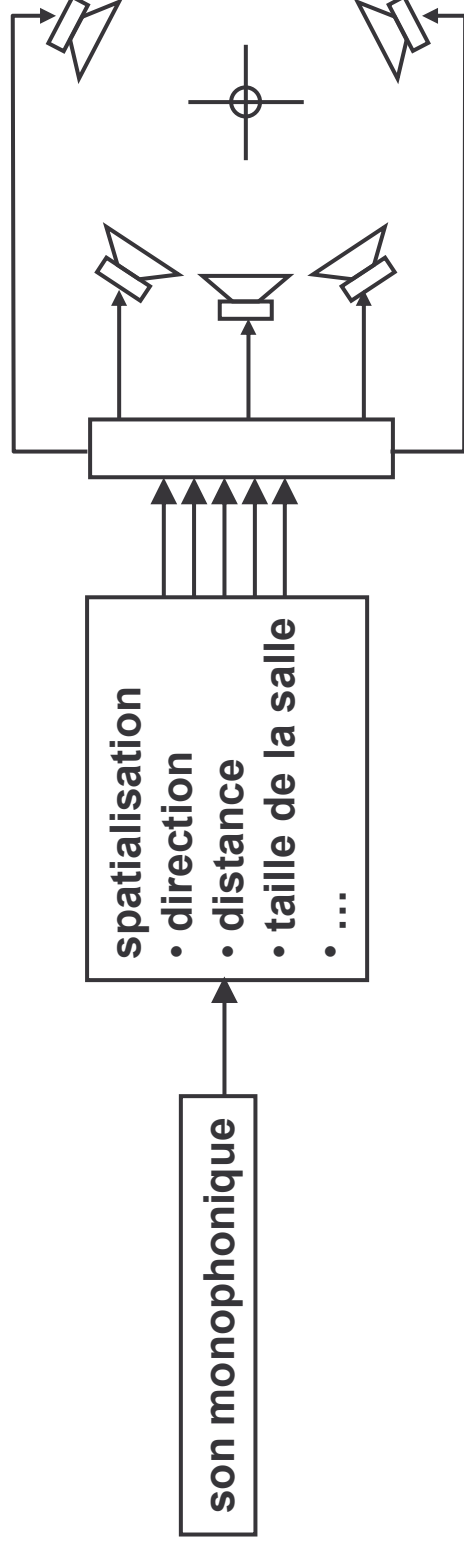
- scènes complexes
- captation selon les 3 directions de l'espace
- capacité d'immersion
- restitution avec plusieurs haut-parleurs



L'espace modélisé en studio

Spatialisation de sons monophoniques

- logiciel de traitement en temps-réel : *Max/MSP*
- outil de spatialisation : *Spat~* (Espaces Nouveaux / Ircam)
 - contrôle de la position des sons dans l'espace
 - projection de ces sources avec une acoustique simulée



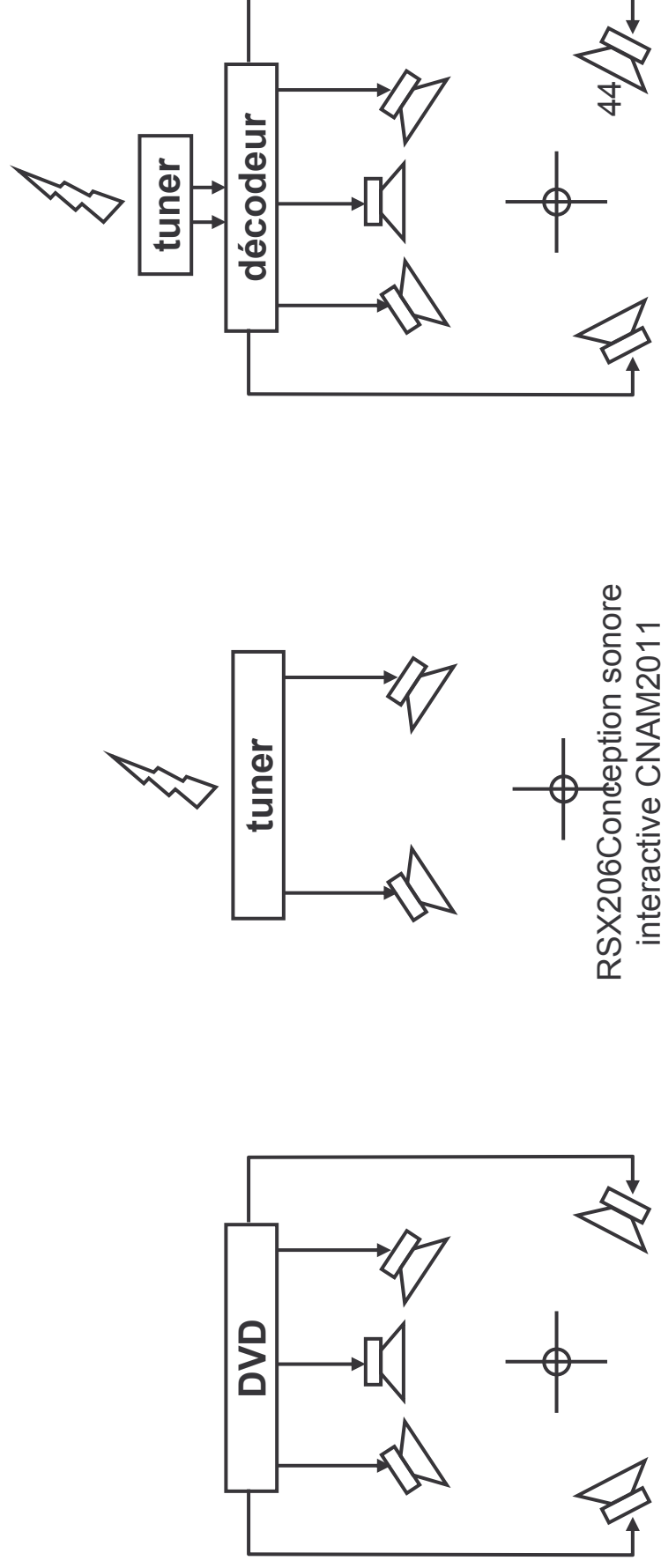
Transformations sur des matériaux déjà spatialisés

- stéréophoniques
- ambisoniques

L'espace restitué : un projet radiophonique aux multiples écoutes

De la même dramaturgie, faire des propositions pour des écoutes multiples :

- installation sonore en multicanal 5.1 (*Résonances*, octobre 2003, *Ircam*)
- écoute radiophonique en stéréophonie (*ACR*, novembre 2003)
- écoute radiophonique en écoute *élargie* (Dolby SR)



Ecoute Secrete Lisboa

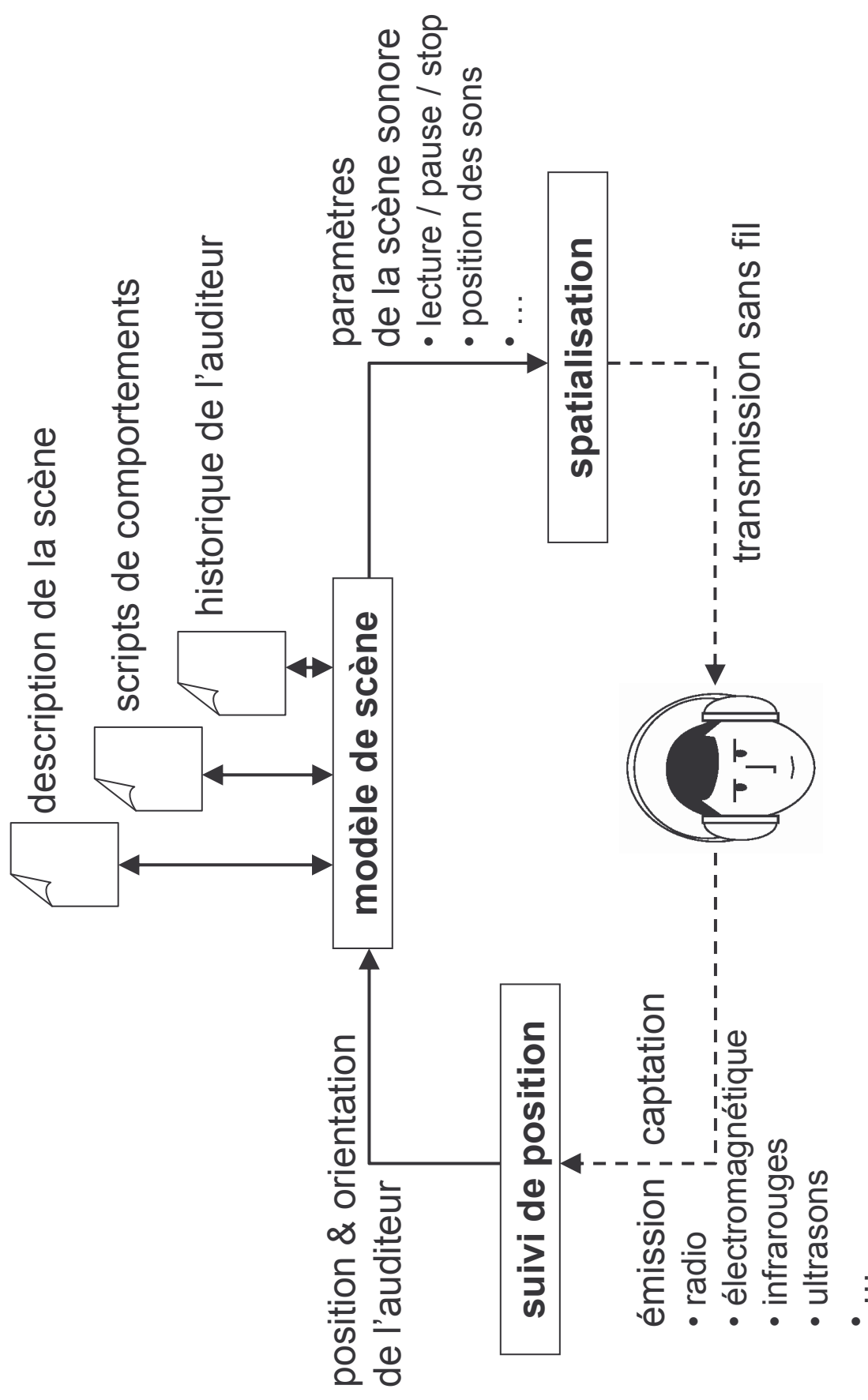
- Analyse de scène:
 - position,
 - effet de salle,
 - mouvement,
 - largeur de l'image sonore
- Comparaison écoute transaurale et binaurale

Esquisse n°0 – Listen Lisboa

Objectifs de Listen Lisboa

- **Evaluation auditive et proprioceptive de l'environnement**
- **Développements techniques**
 - modules de spatialiation (environnement *MaxMSP* et *ListenSpace*)
 - éditeur de script
- **Travail d'esquisse**
 - choix des matériaux sonores
 - écriture de scènes interactives
- **Tests d'écoute**

Organigramme



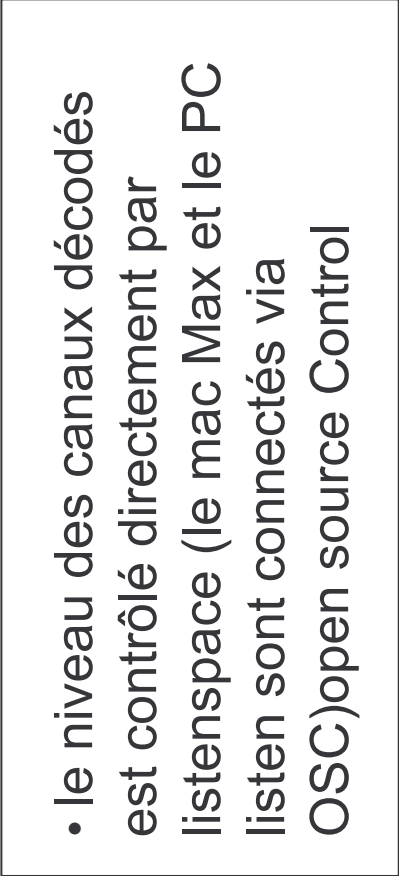
Conditions d'expérimentation

- Flock of birds
- Casque avec fil
- Taille de l'espace d'expérimentation : 6 m²
- Technique Spat/Max Msp + Listen Space
- Démonstration vidéo clip1

[Clip 01](#)

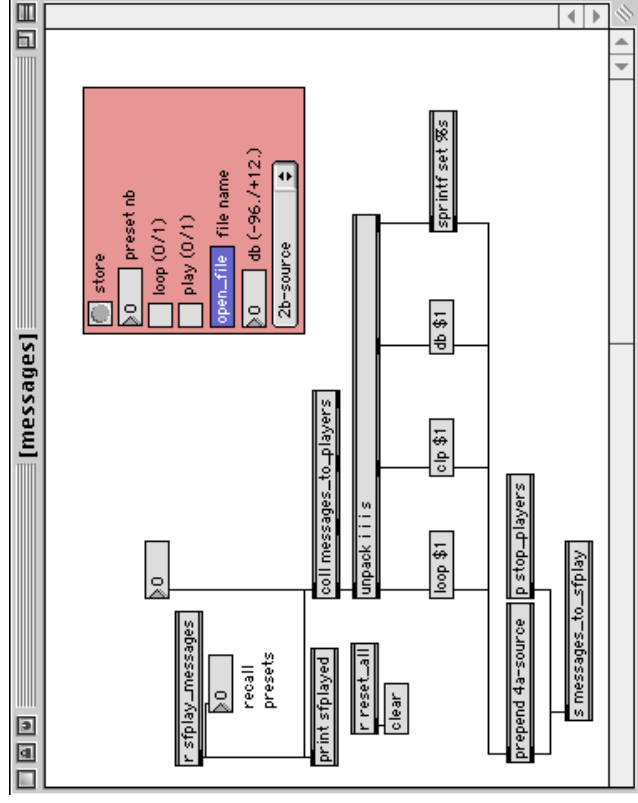
QuickTime™ et un
décompresseur
sont requis pour visionner cette image.

Caïs-level



- le niveau des canaux décodés est contrôlé directement par listenspace (le mac Max et le PC listen sont connectés via OSC)open source Control

Déclenchement des sons



- une liste des différents déclenchements possibles est stockée dans ce patch; les déclenchements sont conditionnés par les règles.

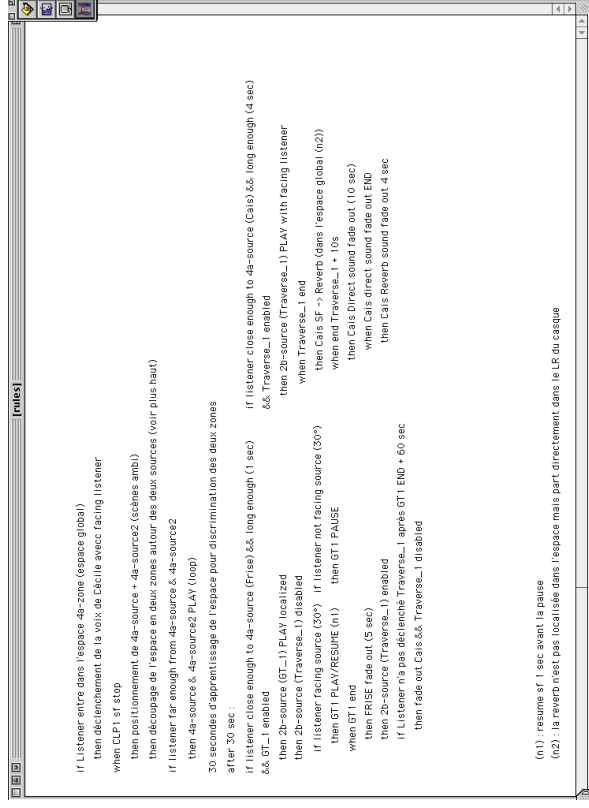
Pourquoi et comment la classification

- **Références** venant des scènes interactives des jeux vidéos : Sons et musiques de niveaux ou décors, musique scénarisée en fonction de la dramaturgie en temps réel, sons et musiques d'interface et de guide d'action
- **Fonction**: répartition des tâches spatiales et des types de déclenchements
- **Association de comportements possibles à un type de son** (programmation orientée objet)

Tentative de classification

<i>type</i>	<i>fonction</i>	<i>comportement spatial</i>	<i>déclenchement</i>
scène ambisonique	immersion	fixe avec animation interne	boucle permanente
son source monophonique	décor réaliste ou repère géographique	fixe	une fois par scène
voix CLP	chronologie journal	suit l'auditeur	détection sur le décor une fois par scène
journalistes	conducteur <i>in situ</i>	(non expérimenté)	(non expérimenté)
histoires	écoute sémantique	suit l'auditeur ou fixe	détection sur le décor (temps ou regard)
musique	immersion écoute réduite	fixe	boucle permanente ou détection sur le décor en fonction du temps d'écoute

Rules



Des règles précises sont énoncées et retranscrites sous forme algorithmique pour établir des modalités du déclenchement

Descriptif des niveaux

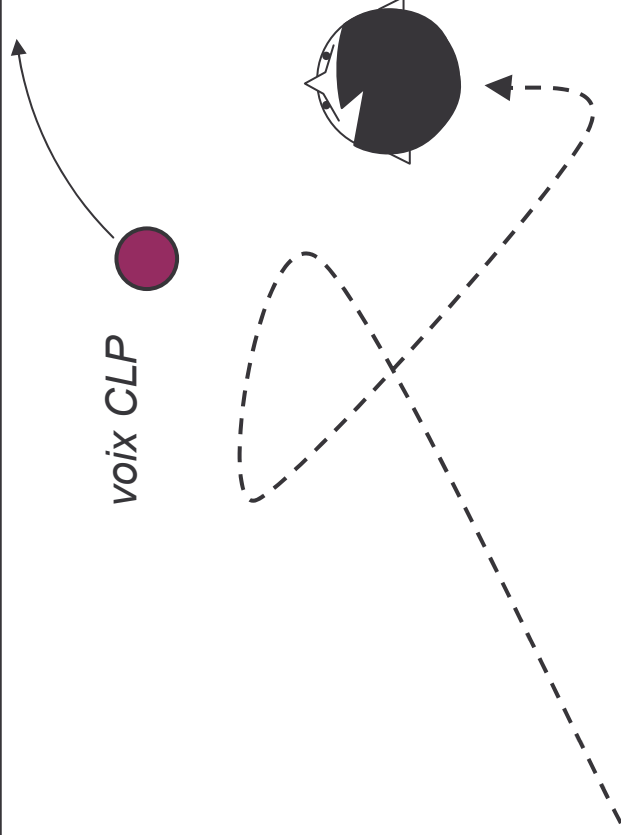
- **Niveau 1 :**
 - attente inactive de l'évènement
- **Niveau 2 :**
 - immersion
 - recherche de 2 zones géographiques cartographiées au sol
- **Niveau 3 :**
 - attitude réactive des sources par rapport au comportement du listener

Jusqu'ici, la carte est encore immobile et stable
Les éléments en changent seulement par niveaux

Synopsis des interactions (1)

Niveau 1 :

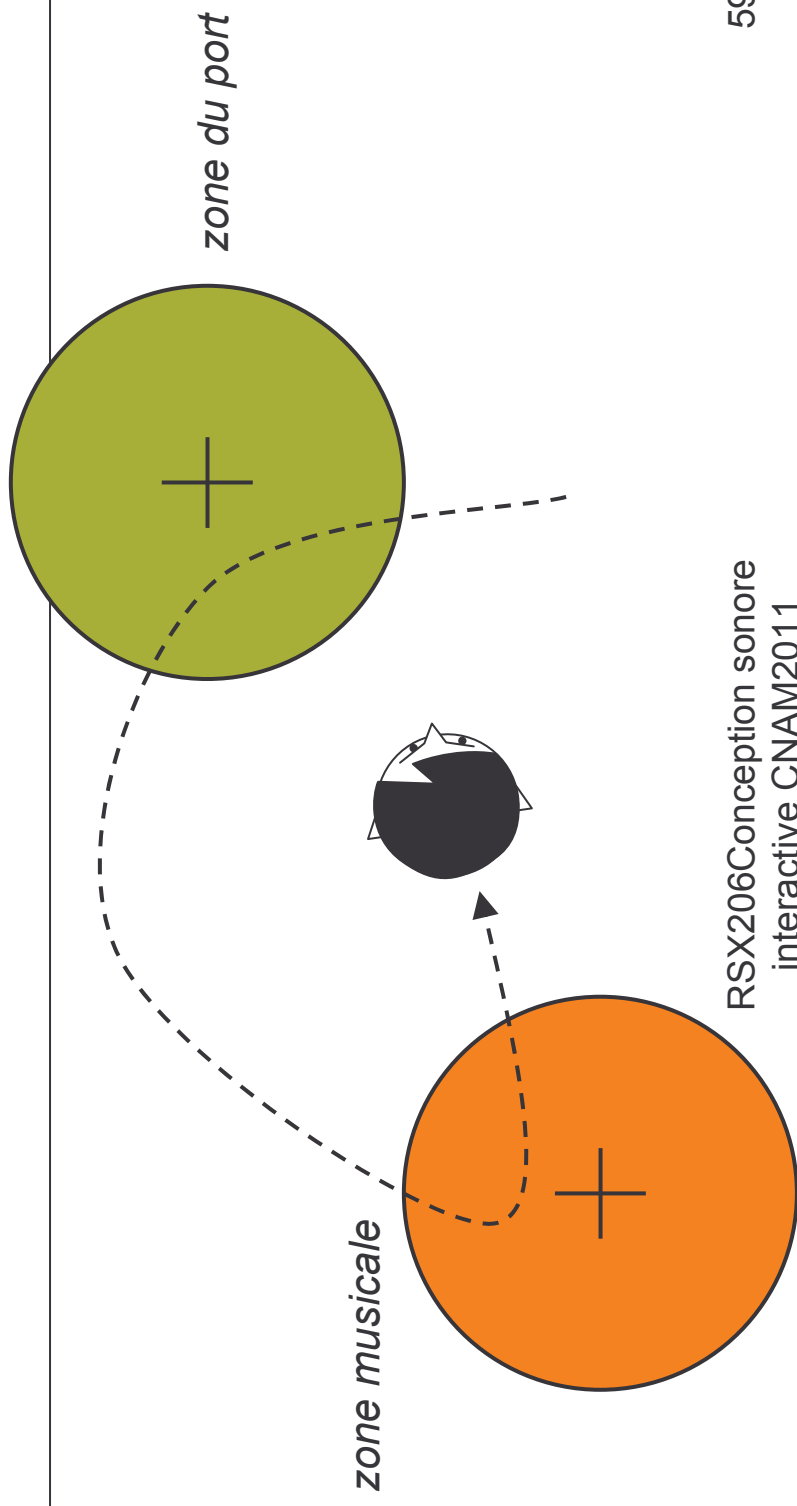
- Espace fixe, listener mobile
- Espace unique
- Temps de silence avant l'arrivée d'une information
- Une voix mono "guide", avec effet de suivi du listener de face, avec une certaine latence
 - voix CLP après 8 secondes de silence
 - à partir du début de lecture du fichier, rotation pour venir face à l'auditeur



Synopsis des interactions (2)

Niveau 2 :

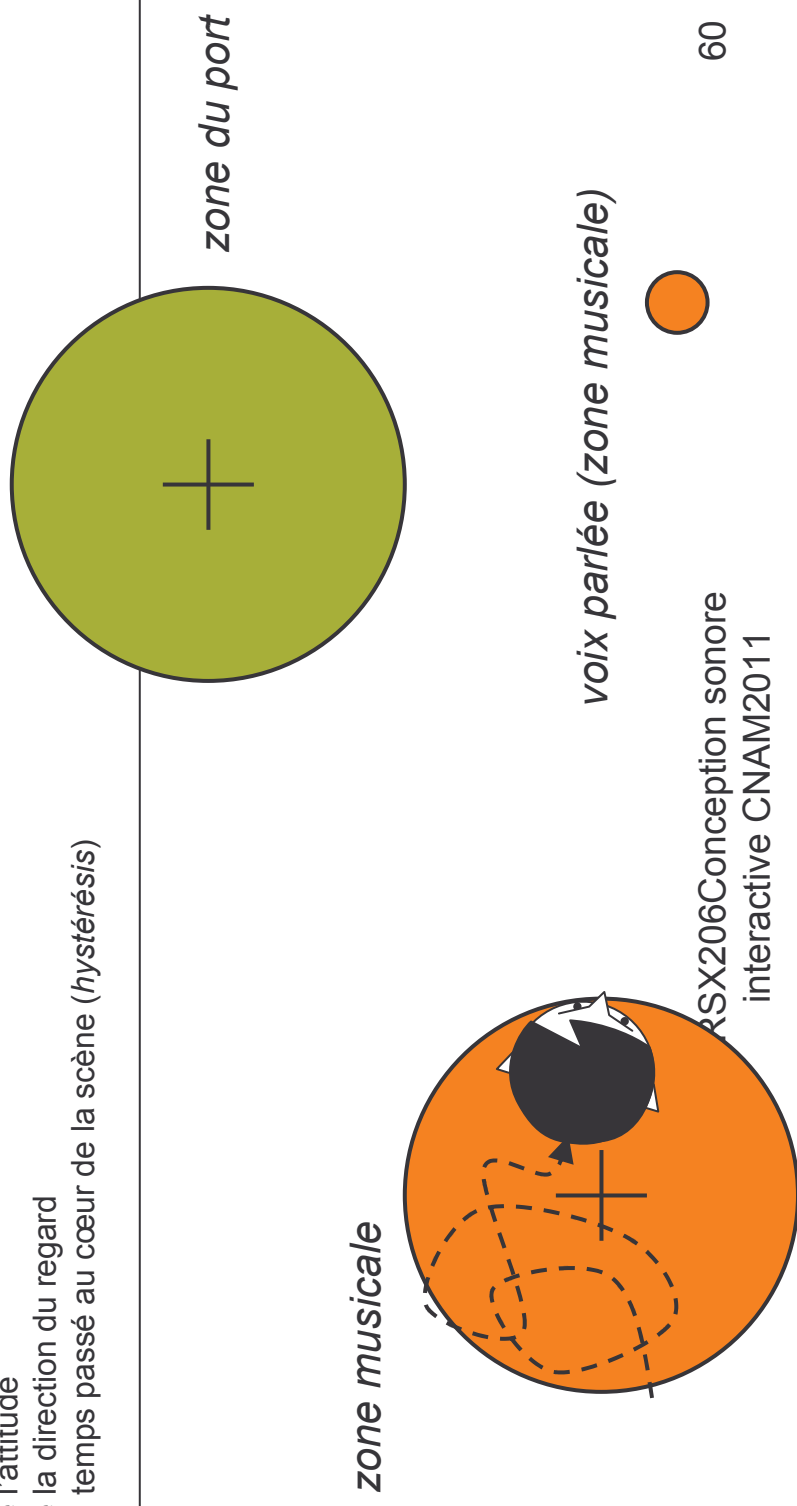
- Espace coupé en deux zones repérables physiquement , deux scènes ambisoniques
- Silence si le visiteur se situe trop près des cœurs des scènes ambisoniques
- Temps de repérage géographique des deux zones, invitation à la déambulation
- Conscience de zones inactives, muettes
- deux zones à détecter
 - si l'auditeur est à plus d'un mètre du centre des deux scènes ambisoniques
 - une durée de 30 secondes est laissée comme temps de repérage des deux zones (pas de déclenchement des fichiers voix)



Synopsis des interactions (3)

Niveau 3 :

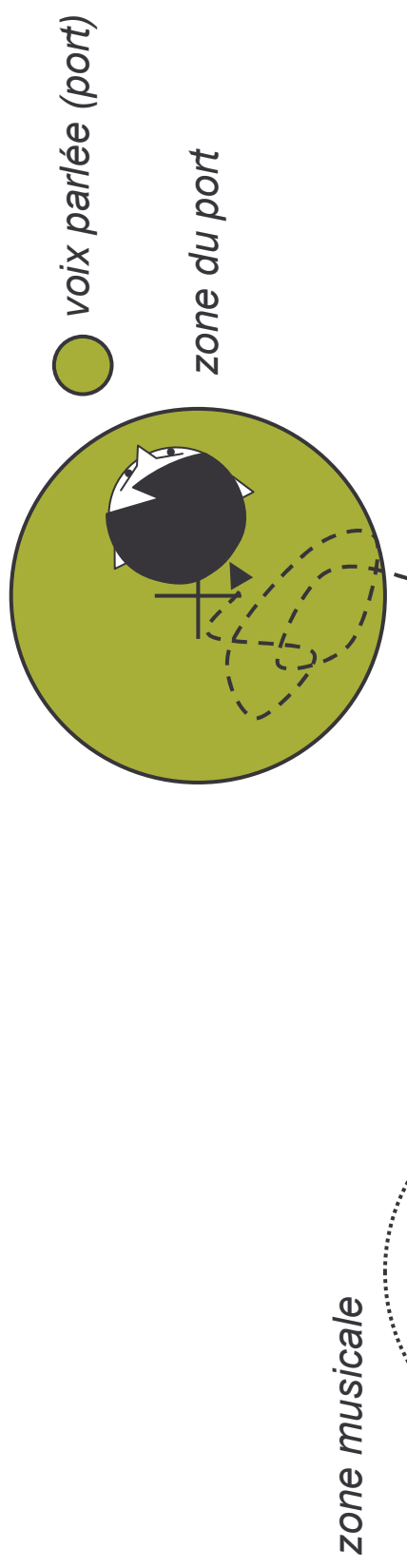
- Révélation de nouveaux éléments en fonction soit de:
 - Temps passé du visiteur à l'écoute aux centre d'une scène
 - Attitude appuyée du regard, symbole d'une certaine attention vers un son entendu, entr'aperçu!
- Attitude réactive, intelligente, des sources
- dans chacune des zones, déclenchement d'une histoire lue
- déclenchement en fonction :
 - de l'attitude
 - de la direction du regard
 - du temps passé au cœur de la scène (*hystérésis*)



Synopsis des interactions (4)

Rapport entre les deux zones :

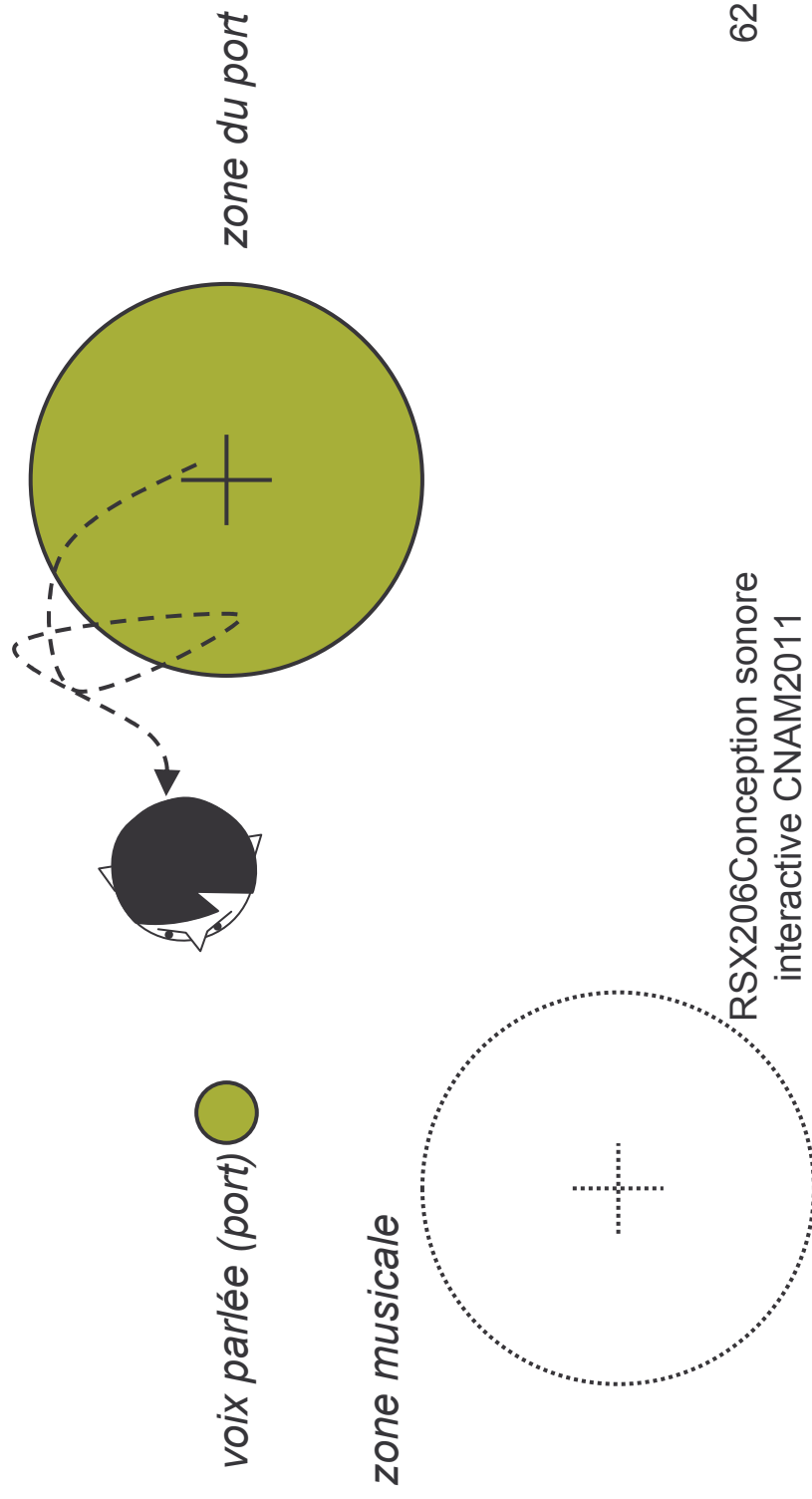
- si la zone du port est déclenchée en premier, la zone musicale meurt
- sinon, les deux zones restent vivantes
- la zone du port est plus difficilement déclenchable que la zone musicale tant que cette dernière n'a pas été lue jusqu'au bout (l'hystérésis de la voix du port passe alors de 10 secondes à 1 seconde)



Synopsis des interactions (5)

Spécificité de la zone du port :

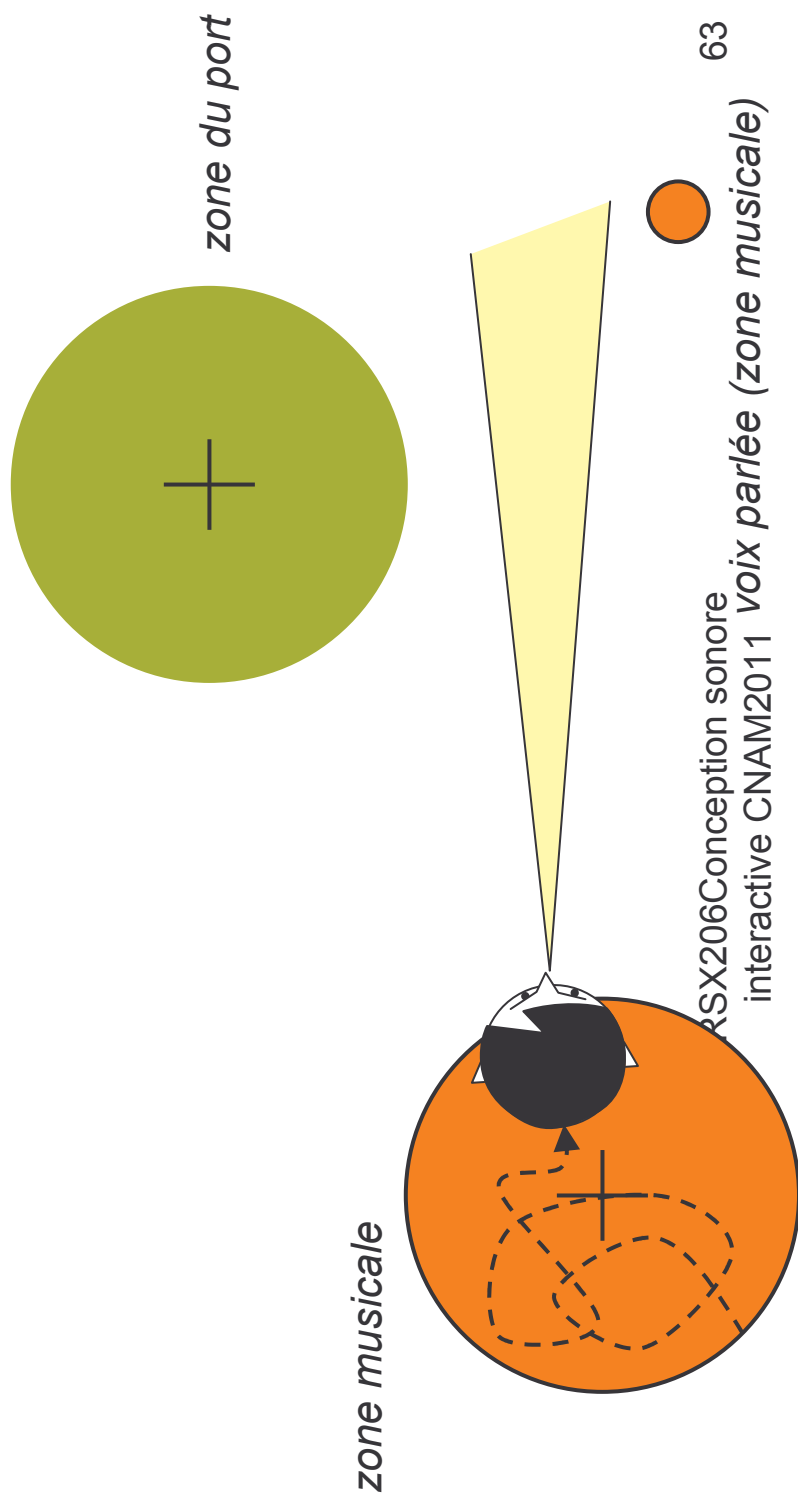
- dans la zone du port, la scène ambisonique reste fixe
- la voix suit l'auditeur même lorsqu'il sort de la zone d'écoute
- à la fin de la voix, la scène ambisonique ne diffuse plus que sa réverbération tardive jusqu'à disparaître



Synopsis des interactions (6)

Spécificité de la zone musicale :

- la voix de la zone musicale a un champ auditif réduit
- elle n'est perceptible que lorsque l'auditeur lui fait face
- pour des raisons de compréhension il y a recouvrement d'une seconde à chaque reprise de lecture du fichier)



Démonstration Listen Lisboa

Collective (écoute transaurale)
Navigation
individuelle(clavier/souris/écoute
binaurale)

Conclusions perceptives

- **Position du corps** / respiration / paroles / yeux ouverts ou clos / toucher : autant de paramètres à inclure comme multi-sensoriels et indicateurs de réception auditive et plus largement d'imaginaire de paysages.
- **Nécessité d'un temps d'expérimentation** :
 - apprentissage des règles de l'espace
 - apprentissage de son corps combiné à l'écoute dans un espace presque non voyant
- **Le temps du désir de l'écoute, de la réceptivité** :
 - installations de James Turrel
 - *Le principe de l'axolotl* (G.A. Tiberghien) : «Le paysage est derrière le paysage»
- **Cécité et nécessité du noir pour un imaginaire auditif?**
- **Effets psycho-acoustiques** liés aux choix des sons par rapport aux conditions de perception

Références

LISTEN

Augmenting everyday environments through interactive soundscapes

Olivier Warusfel, IRCAM, Paris, France.

Gerhard Eckel, Fhg-IMK, Bonn, Germany

EARTOY : INTERACTIONS LUDIQUES PAR L'AUDITION

Isabelle Viaud-Delmon, CNRS UMR 7593

Frédéric Bevilacqua, Pierre Roy, Olivier Warusfel, Jean Bresson, IRCAM

François Pachet SONY CSL

CONNECTING VIRTUAL SOUND AND PHYSICAL SPACE IN AUDIOAUGMENTED ENVIRONMENTS

Joachim Goßmann

OLIVIER DELERUE¹, AND OLIVIER WARUSFEL²

ZKM – Center for Art and Media Institute for Music and Acoustics

An Experiment in the Perception of Space through Sound in VirtualWorld and Games

Antoine Gonorat^{1,2}, Stéphane Natkin¹, Marc Emerit² and Noël Chateau²

CNAM, CEDRIC laboratory, France Telecom Group, Lannion

LISTEN LISBOA:

Scripting Languages for Interactive Musical Installations

Cécile Le Prado, Stéphane Natkin CEDRIC CNAM

AUTHORING OF VIRTUAL SOUND SCENES IN THE CONTEXT OF THE LISTEN PROJECT

Olivier Delrue, liver Warusfel, IRCAM

Auditory scene analysis : The perceptual organization of sound,

MIT Press/Bradford Books, Cambridge, Mass.

Penser les sons : Psychologie cognitive (S. Delrue, O. Warusfel, E. PUF, Paris, 11-40.

Perception of sound (S. Delrue, O. Warusfel, E. PUF, Paris, 11-40.
interactive CNAM2011

GLOSSAIRE

RSX206Conception sonore
interactive CNAM2011

-Amplitude: paramètre dépendant de l'ambitus d'oscillation d'un corps vibrant, de la pression sonore ou du voltage d'un circuit électrique.

-Enveloppe d'amplitude: fonction désignant l'évolution temporelle de l'onde sonore. Elle contient trois phases: l'attaque(cf transitoires), la partie stable, et l'extinction

-Harmonicité: Caractère harmonique ou périodique d'un son. D'un point de vue mathématique, la périodicité est synonyme de l'harmonicité bien que la première renvoie à la régularité du son dans le temps et la seconde à une régularité dans l'organisation des fréquences. Par opposition, les termes d'inharmonicité et d'apériodicité sont habituellement réservés aux sons complexes(c'est à dire aux sons composés de partiels inharmoniques) et aux sons aléatoires comme le bruit.

-Fréquence fondamentale: fréquence la plus basse à partir de la quelle se déploient les harmoniques

-Spectre: Ensemble des fréquences composant une onde sonore. Le spectre d'amplitude est représenté par la fréquence en abscisse et l'amplitude en ordonnée. Un son pur sera représenté par une seule ligne verticale située en abscisse à la fréquence correspondante et ayant en ordonnée une hauteur appropriée à son intensité; par opposition , un son complexe sera représenté par plusieurs lignes verticales correspondant à ses multiples composantes.

-Enveloppe spectrale: la courbe reliant le haut de ses lignes s'appelle l'enveloppe spectrale.

-Ecriture spatiale:comportement des sources sonores dans l'espace et dans le temps(chorégraphie)

-La scène sonore autour de l'audience peut être traitée comme un paysage, avec son arrière plan et son premier plan, et des sources fixes ou en mouvements. Cette scène sonore peut être fixée en lecture ou contrôlée par des gestes en concert “ (Harada et Al 1992)ou tout autre interaction temps réel...

-Spatialisation:Positionnement dans l'espace d'un stimulus auditif (Dictionnaire Larousse), ...localisation et simulation d'une certaine acoustique virtuelle
Dans la réalité virtuelle du studio, les compositeurs spatialisent les sons en imposant des retards, des filtres, des panoramisations et de la réverbération, ce qui conduit à l'illusion de sons émergeant d'environnements imaginaires.“

-Localisation: **Azimuth** ou angle horizontal ,**distance** pour les sons statiques ou vélocité pour des sons en mouvement et **élévation** ou angle vertical

-Les illusions de spatialisations les plus connues sont la **panoramisation horizontale**,déplacement latéral d'un son d'un haut parleur à l'autre, et la **réverbération** ajout d'un modèle dense et diffus d'écho à un son pur le situer dans un espace plus large.

-Réverbération : interaction entre une source sonore et le lieu dans lequel il se propage

-Effet cocktail party: phénomène psychoacoustique permettant de contrôler la directivité de l'écoute, en focalisant son attention sur une zone précise de l'espace

-HRTF (Head related transfer function)

Fonction mathématique représentant les caractéristiques acoustiques de la tête d'un individu et utilisée pour calculer les traitements appliqués pour simuler des espaces 3d à partir de 2 canaux (casques)

-Ecoute binaurale: écoute sur deux canaux au casque

-Réalité augmentée

Par *système de réalité augmentée* on entend un système (au sens informatique) qui rend possible la superposition d'un modèle virtuel 3D ou 2D à la perception (visuelle, auditive, etc.) que nous avons naturellement de la réalité et ceci en temps réel. D'après Milgram et Kishino le concept d'*environnement de réalité augmentée* peut être placé quelque part le long d'un « continuum de virtualité » (*virtuality continuum*), entre l'*environnement réel* et l'*environnement purement virtuel*. Les auteurs définissent ainsi le terme plus générique de « réalité mixte », qui sous-entend différents degrés de fusion des mondes réels et virtuels

Exercice

- Déduire les besoins techniques de Listen Lisboa pour la reproduire dans sa configuration actuelle
- Quelles solutions envisagées sur écran?
- Idem pour la version sur internet
- Idem pour la version en salle en réalité augmentée
- Idem pour la version en ville sur Iphone en réalité augmentée