



5/18/2025

Traitement et réalisation

STÉRÉOPHONIE ET MULTICANAL

Sarah FASSEUR – Ingénieure du son

SOMMAIRE

1. Introduction
2. Perception de l'espace sonore
3. Écoute sur HP et écoute au casque
4. Historique des formats audio multicanaux
5. Dolby Atmos
6. HRTF
7. Le système Ambisonic

INTRODUCTION

- Le terme « **stéréo** » ne se restreint pas à désigner la reproduction habituelle sur deux haut-parleurs mais est à prendre au sens du terme grec *stéreo*, qui signifie « solide » ou « à 3 dimensions ».
- L'étude de l'enregistrement et de la reproduction stéréophonique ne peut être dissociée de celle de l'aptitude à la **localisation de notre système auditif**, puisque le but de la stéréophonie est de créer l'illusion de directions de provenance et d'espace.
- Notre perception binaurale est au centre des recherches et évolutions des technologies de captation et reproduction stéréophonique, binaurale et multicanal depuis de nombreuses années (dvp des HRTF, ambisonic, etc.).
- La **perception binaurale** repose sur le fait qu'une source sonore est captée par notre oreille gauche et droite, avec des différences de parcours entre les 2 oreilles, donc des différences d'intensité, de temps et de phase entre nos 2 oreilles.
- La reproduction du son au cinéma a très vite recherché une spatialisation pour élargir la taille de l'écran. Les premiers films sont passés d'un son monophonique à un son stéréophonique à deux canaux puis trois et enfin, la recherche de l'encerclement du public a donné naissance au *surround* avec le système Dolby Stéréo.

PERCEPTION DE L'ESPACE SONORE

- La **perception d'espace** peut être « subdivisée » en 3 plans :
 - Latéral (de droite à gauche)
 - Médian (d'arrière en avant)
 - Vertical (de bas en haut)
- La **perception latérale** :

Pour détecter la position latérale d'une source, le cerveau humain utilise les différences entre les informations parvenant à l'oreille gauche et l'oreille droite.

- Ces **différences**, qui permettent la localisation d'une source, peuvent être de différentes « natures » :
 - Différence de niveau
 - Différence fréquentielle (différence de contenu fréquentiel dû au filtrage)
 - Différence de temps
 - Différence de phase

PERCEPTION DE L'ESPACE SONORE

▪ Différence de niveau

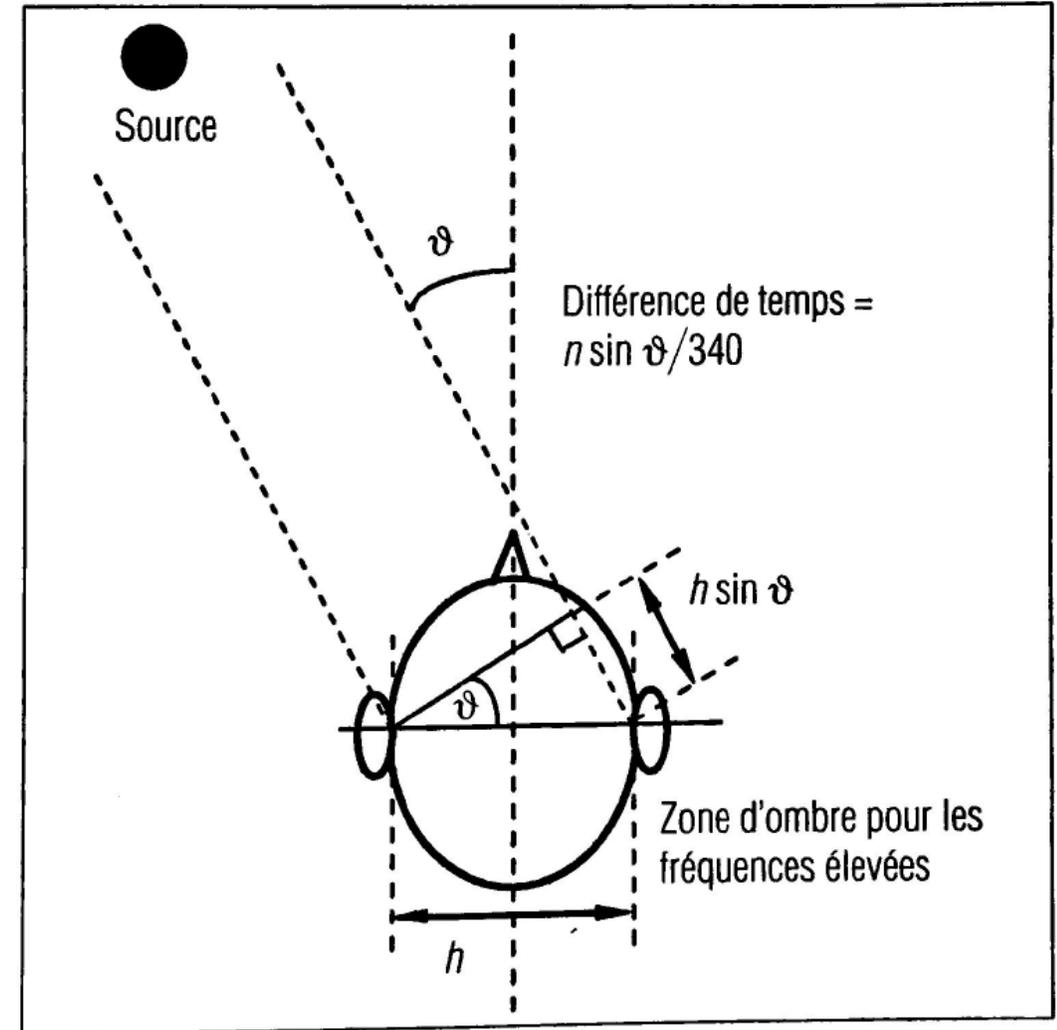
Pour une **source proche de l'auditeur**, la distance plus importante parcourue par l'onde sonore qui atteint l'oreille la plus éloignée aura pour conséquence une légère atténuation de son niveau (conformément à la loi carré inverse).

Loi de carré inverse :

L'intensité acoustique décroît proportionnellement au carré de la distance à la source.

$$I = \frac{P}{S} = \frac{P}{4\pi r^2}$$

Pour des **sources éloignées**, la différence entre les longueurs parcourues devient infime devant la distance totale, la différence de niveau devient négligeable.



PERCEPTION DE L'ESPACE SONORE

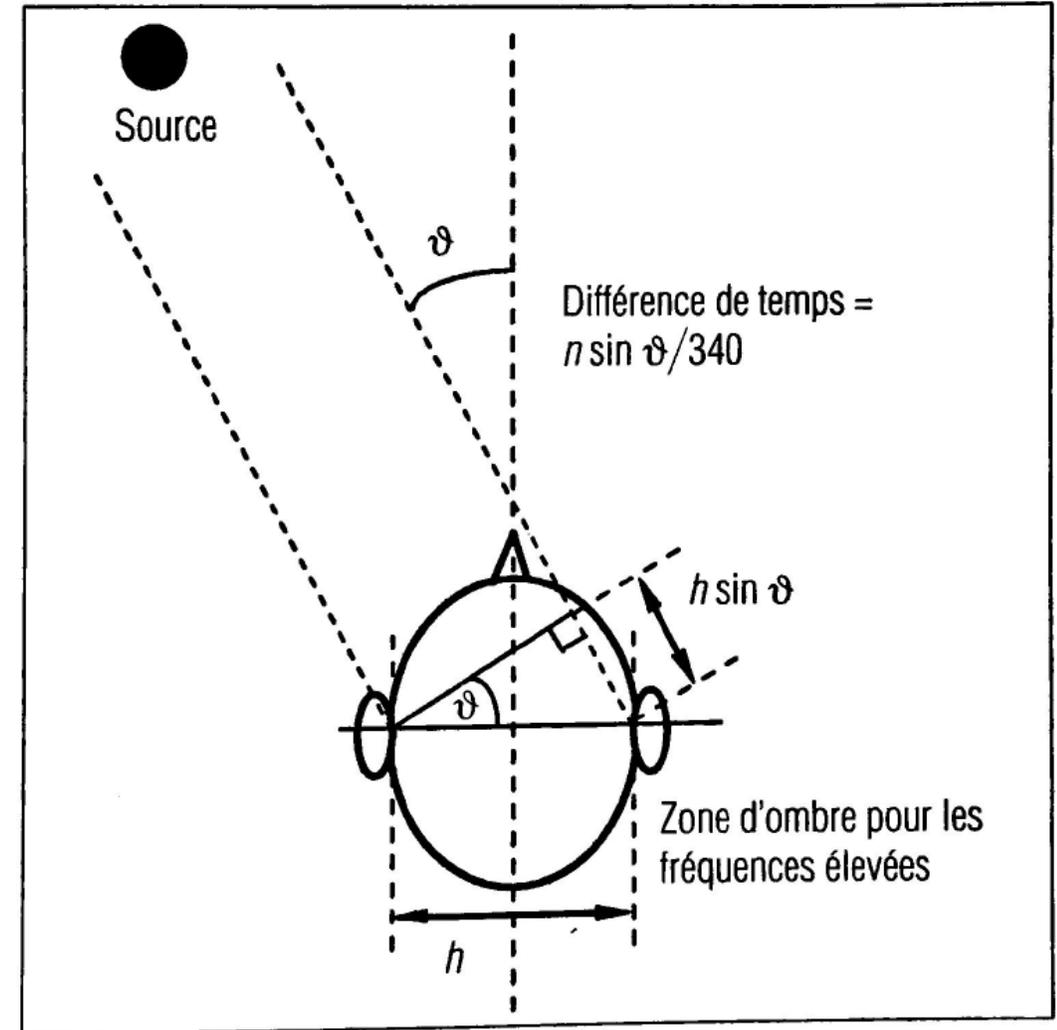
▪ Différence fréquentielle

Le tête de l'auditeur modifie la perception des fréquences moyennes et élevées, dont la **longueur d'onde est comparable aux dimensions de la tête**.

Ces fréquences moyennes et élevées sont diffractées et atténuées par la tête.

L'oreille la plus distante de la source subit une modification de la réponse en fréquence.

La tête crée un « effet d'ombre » pour les fréquences moyennes et élevées.



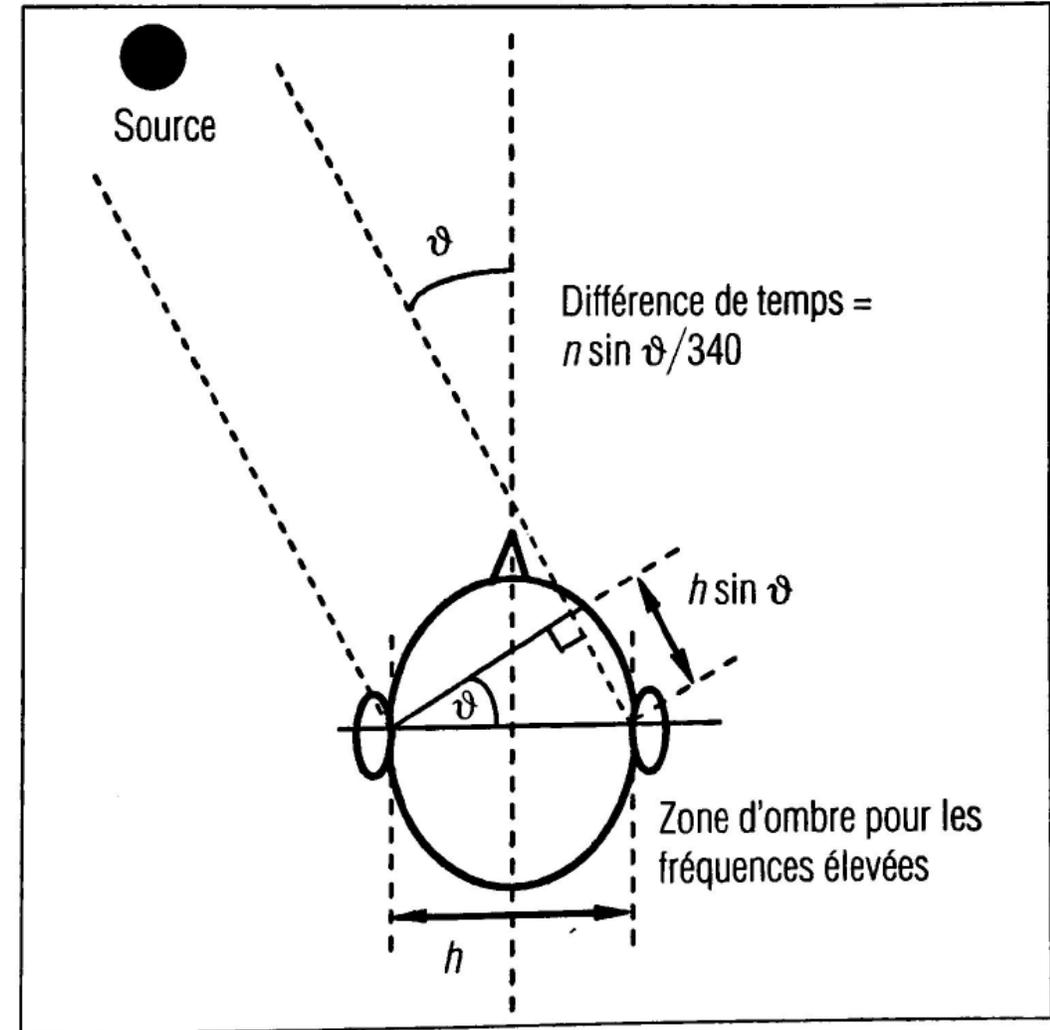
PERCEPTION DE L'ESPACE SONORE

▪ Différence de temps

A cause de l'espacement entre les oreilles, les ondes non axiales parviendront à l'oreille la plus éloignée avec un certain retard, qui devient maximal pour un angle de 90 degré, prenant alors une valeur d'environ 0,6 ms.

Le **retard** est **proportionnel au sinus de l'angle d'incidence**.

Le cerveau mesure alors le décalage temporel entre les décharges nerveuses qu'il reçoit des deux oreilles et en déduit la direction d'incidence de l'onde sonore.



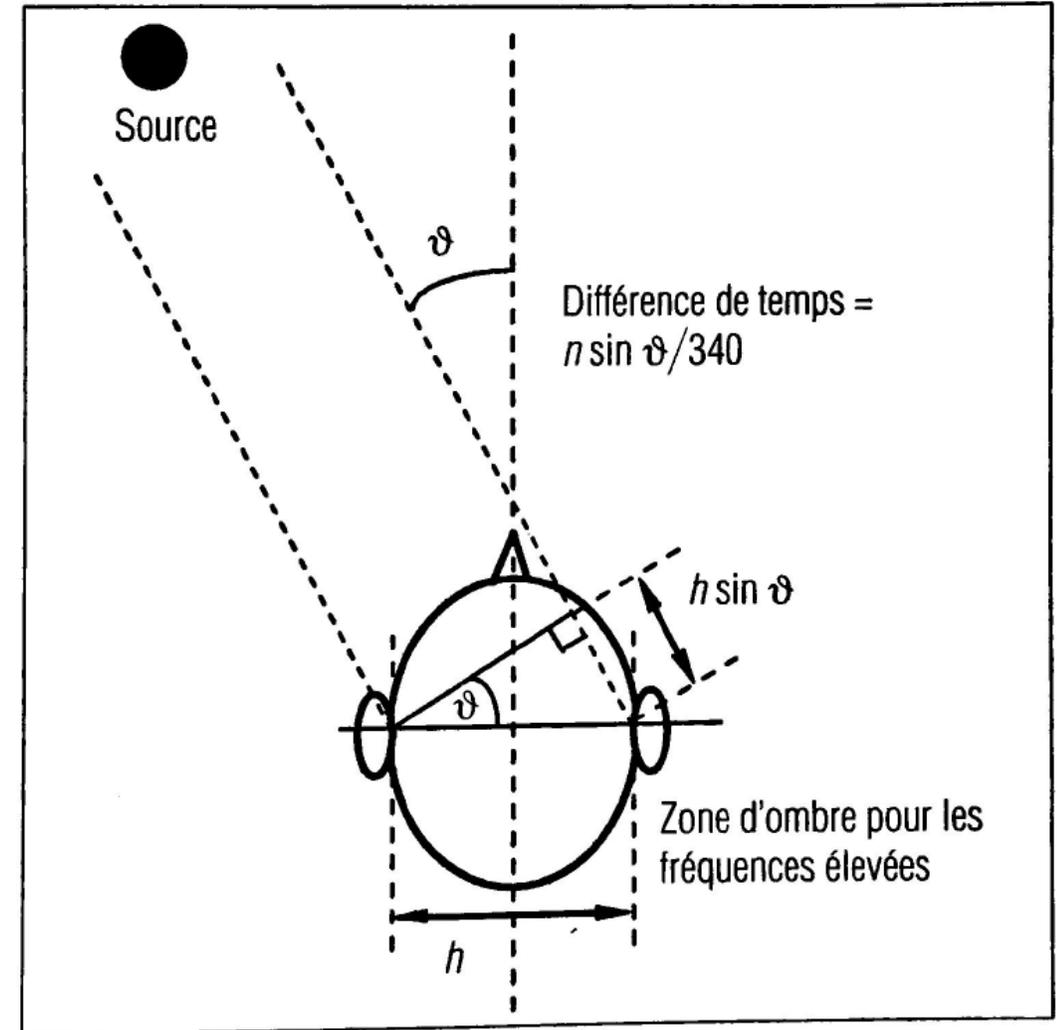
PERCEPTION DE L'ESPACE SONORE

▪ Différence de phase

Dans le cas où la source émet un signal périodique, la **différence temporelle** peut être **assimilée à une différence de phase**.

Pour des fréquences supérieures à la fréquence dont la demi-longueur d'onde correspond à la distance interaurale, la notion de phase devient ambiguë car le cerveau a du mal à déterminer si l'une est en avance de 330 degré ou si l'autre est en retard de 30 degré.

Pour une position donnée de la source, la différence de phase entre les signaux sollicitant les deux oreilles dépend de leur fréquence et, pour une fréquence donnée, le déphasage dépend de la position de source.



ECOUTE SUR HP ET ECOUTE AU CASQUE

- **Ecoute sur haut-parleurs** : les deux oreilles reçoivent les signaux émanant des deux diffuseurs.

L'auditeur placé au centre du système reçoit sur son oreille gauche l'onde sonore provenant du HP gauche puis celle du HP droit, et sur son oreille droite, l'onde sonore provenant du HP droit puis du HP gauche.

- **Ecoute au casque** : Chacune de nos oreilles ne reçoit qu'un seul signal/canal.

HISTORIQUE DES FORMATS AUDIO MULTICANAUX

1940 : Premier procédé stéréophonique à trois canaux avec Fantasia.

1950 : Les dialogues sont placés au centre (piste Centrale) derrière l'écran au cinéma

1965 : Création de la société **Dolby Laboratories** par Ray Dolby

1970 : La **quadraphonique** fait son apparition. (4 canaux,)

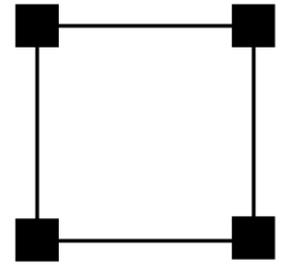
1975 : Apparition du **Dolby Stereo**. Format analogique avec 4 canaux audio (gauche, centre, droite et arrière/surround). Son matricé dit 4.2.4.

1992 : Apparition du **Dolby SRD** (numérique), qui devient le **Dolby Digital**. Codec : AC-3. Format : 5.1. Matriçage des 6 canaux dans un LtRt.

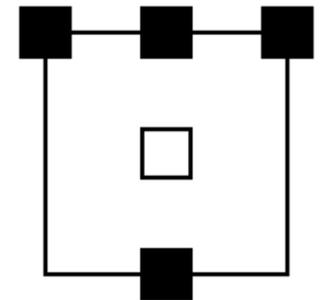
2004 : Arrivé du **Dolby Digital Plus**. Codec : E-AC-3. Jusqu'à 16 canaux audio. Permet le 7.1 au cinéma.

2012 : Apparition du **Dolby Atmos**.

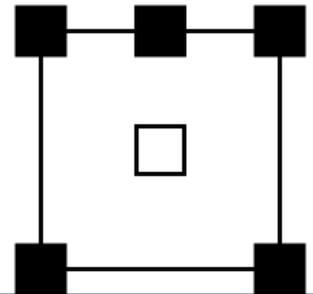
Quadraphonie



Dolby Stereo



Dolby Digital



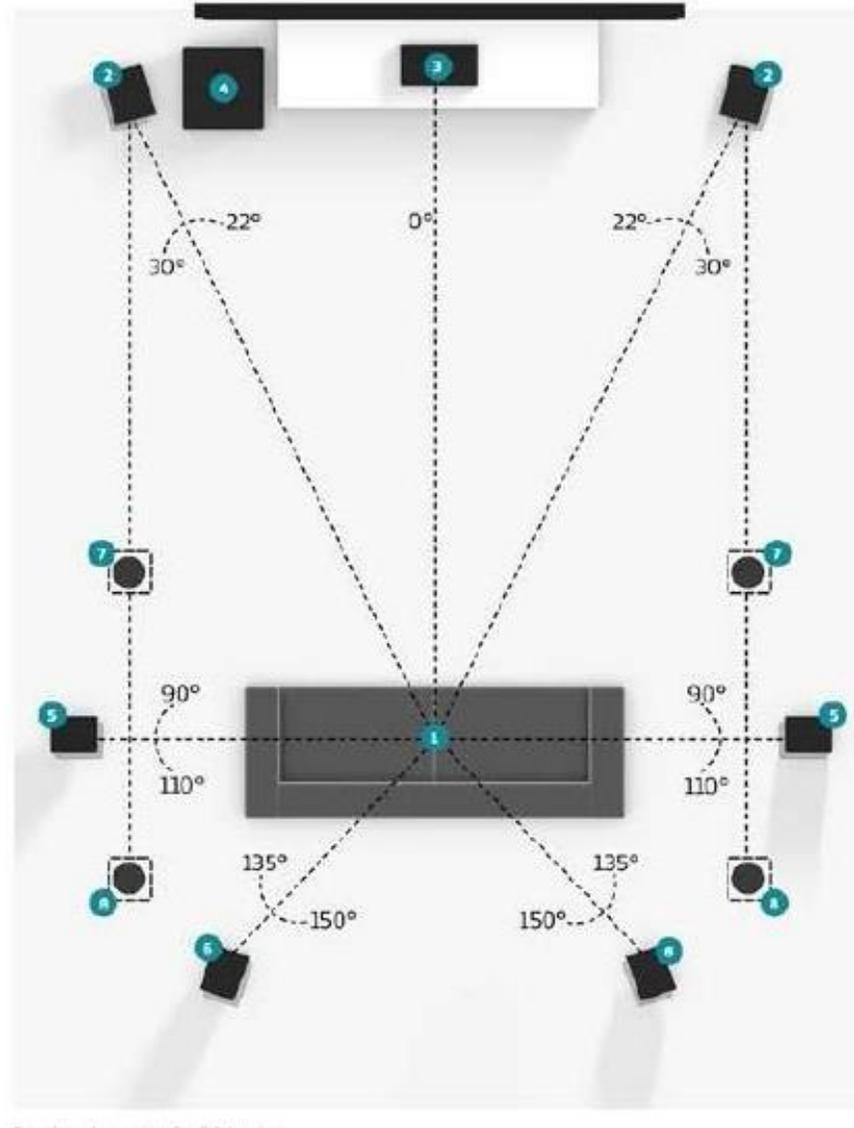
LA DIFFUSION MULTICANAL

- On appelle **Multicanal** le fait de diffuser le son sur plusieurs canaux.
- Il existe différents formats de son : le 5.1, le 7.1, le 7.1.4 etc.
- Format 5.1 :
 - 6 canaux audio : L, C, R, Ls, Rs, LFE
 - Le LFE (Low Frequency Effects) est le renfort de basses.
- On parle aussi de son *Surround*.
- Objectif : encercler l'auditeur ; large spatialisation.

DOLBY ATMOS

- **Format sonore immersif « 3D »**
- **Premier film sorti en Dolby Atmos** : *Brave* (Rebelle en français) en 2012, film d'animation de Disney réalisé par Mark Andrews, Brenda Chapman et Steve Purcell
- **Premier film français en Dolby Atmos** : *Solitaire* de Christophe Offenstein en 2013.
- **Mixage sous forme d'objets sonores** en plus du mixage par canaux de diffusion des formats immersifs précédents 5.1 et 7.1
- Les objets apportent de nouvelles possibilités en terme de **spatialisation du son**.
- **128 canaux audionumériques disponibles soient sous forme de :**
 - **BED**
 - **OBJECT**
- Les **objets** sont des sources mono ou stéréo liées à une métadonnée de spatialisation qui permet de donner sa position et son déplacement dans l'espace en temps réel.
- Pour les salles de cinéma et les studios de post-production, le dolby atmos devra faire l'objet de nouvelles installations techniques.

DOLBY ATMOS



7.1.4 Overhead Speakers

1. Seating position
2. Left and right speakers
3. Center speaker
4. Subwoofer
5. Left and right surround speakers
6. Left and right rear surround speakers
7. Left and right top front overhead speakers
8. Left and right top rear overhead speakers

Dolby Atmos speaker setups: What do these numbers mean?

When shopping for Dolby Atmos home theater components, you'll see a new way of describing speaker configurations.

7.1.4

This refers to the number of traditional surround speakers (front, center, surround, etc.)

This number refers to how many powered subwoofers you can connect to your receiver.

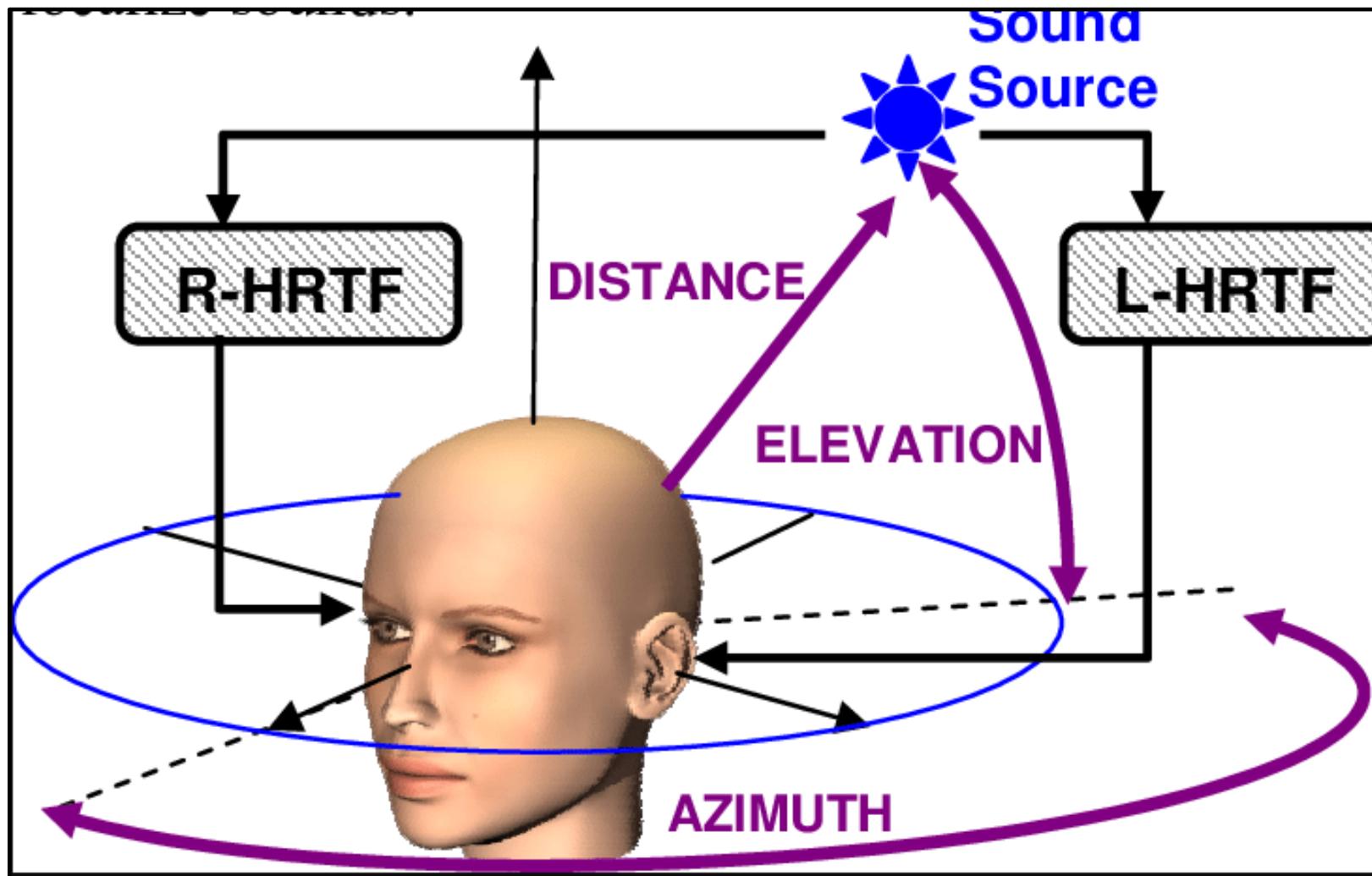
This refers to how many overhead or Dolby Atmos enabled speakers you can use in your Dolby Atmos capable setup.

Exemple de configuration en Atmos

HRTF

- **HRTF : *Head-related transfer fonction***
- Système permettant d'introduire, sur les signaux, des corrections correspondant aux fonctions de transfert créées par la tête pour les différents angles d'incidence d'une source monophonique.
- Plus précisément, ils permettent, à l'aide d'une série de filtres numériques, de retards et de mélanges, de **simuler l'action du pavillon de l'oreille sur les signaux sonores ainsi que les retards et les effets d'ombre par la crâne.**

HRTF



BINAURALIZER DE CHEZ NOIZE MAKERS



NEUMANN KU 100



LE SYSTÈME AMBISONIC

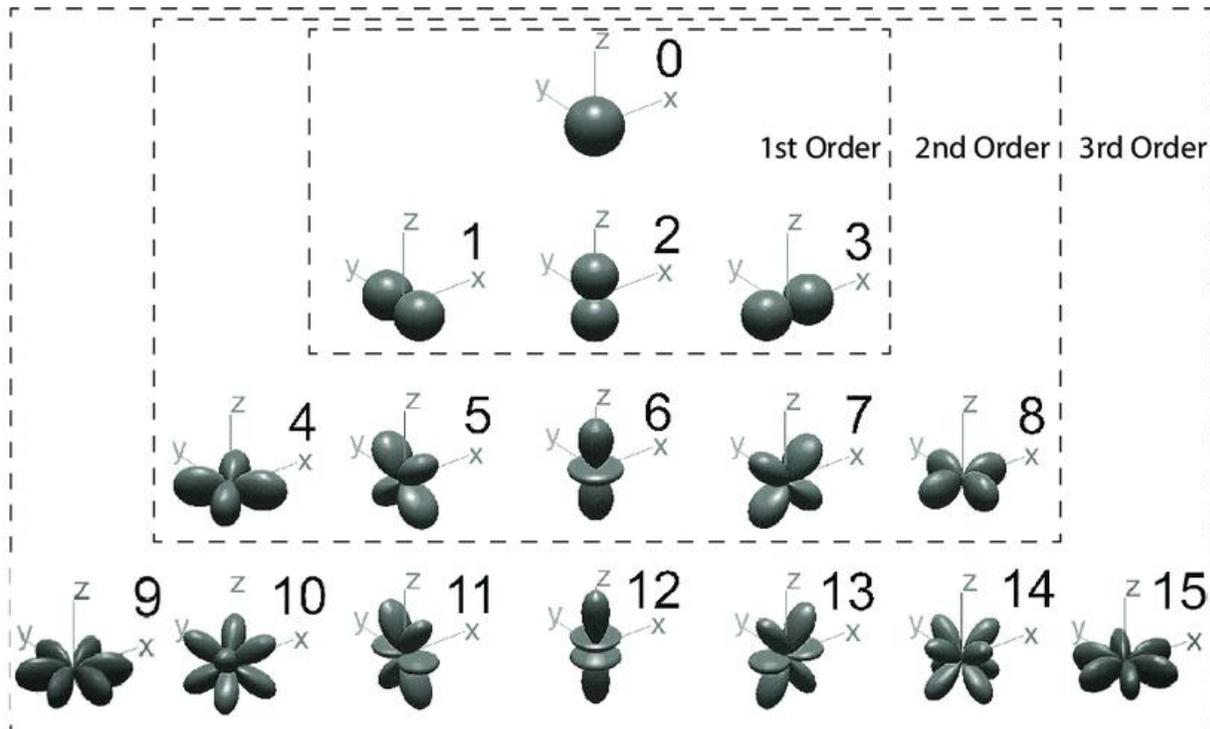
- L'**ambisonie** est une technique de capture, synthèse et reproduction d'un environnement sonore en 3D.
- Les signaux se présentent sous différents formats :
 - Le format A, destiné à la captation (signaux en sortie du microphone)
 - Le format B, destiné à la postproduction (signaux convertis pour recréer le champ 3D)
 - Le format C, destiné à la transmission
 - Le format D, destiné au décodage et à la reproduction
- Le **format B** est composé 4 canaux : W, X, Y, Z.
- Le W correspond à la composante omnidirectionnel et les X, Y, Z correspondent aux composantes des 3 axes de l'espace.



LE SYSTÈME AMBISONIC

Les différents ordres :

- 1^{er} ordre (first order) : 4 microphones, 4 canaux
- 2^{ème} ordre : 8 microphones, 9 canaux
- 3^{ème} ordre : 16 canaux



LE SYSTÈME AMBISONIC

Zylia Pro : 19 capsules microphoniques



AMBISONIC DANS PRO TOOLS



Bibliographie

- Le livre des techniques du son – L'exploitation, 6^e édition, Dunod
- Son & Enregistrement, Francis Rumsey & Tim McCormick
- <https://www.waves.com/ambisonics-explained-guide-for-sound-engineers>