



**T. Catteau et S. Meirlaen**

**Mars 2021**

## **Le son binaural déchiffré**

**Article disponible en ligne à l'adresse :**

**<https://bigboysystems.com/le-son-binaural/>**

Cet article a été rédigé par l'entreprise Big Boy Systems afin d'informer sur le son binaural.

[www.bigboysystems.com/](http://www.bigboysystems.com/)  
[www.facebook.com/BigBoySystems/](https://www.facebook.com/BigBoySystems/)  
[www.linkedin.com/company/big-boy-systems/](https://www.linkedin.com/company/big-boy-systems/)



## Introduction

Le binaural est la **méthode d'enregistrement** qui reproduit au mieux la **perception sonore naturelle humaine**. Le son enregistré s'écoute avec un casque ou une paire d'écouteurs. Le principe est d'envoyer à chaque oreille de l'auditeur un son égal à celui qu'elles entendent dans la vie de tous les jours.

Pour obtenir l'effet binaural, il est nécessaire d'enregistrer avec une « tête artificielle » ou en plaçant des microphones près des oreilles d'une personne. Le principe du binaural repose sur les paramètres physiques d'un être humain, tel que la forme physique de son oreille et de sa tête. La restitution du son binaural doit donc se faire à l'aide d'un **casque audio** ou des écouteurs, au plus près des oreilles de l'auditeur.

A l'inverse, la restitution par haut-parleur introduit inévitablement « une diaphonie », soit une aberration sonore, détruisant l'effet binaural. Quand il est correctement enregistré, le binaural est bluffant de réalisme. Il reproduit l'espace sonore avec une localisation spatiale à 360° mais également en 3D permettant de savoir si un son est localisé en hauteur ou au sol, distant ou proche de soi.

## Utilisation

Bien que connu depuis plus de cent ans, l'enregistrement binaural trouve aujourd'hui sa place dans les podcasts, les fictions audios, les émissions de radio et quelques enregistrements



Figure 1: Représentation du son à 360°

<sup>1</sup> Vidéo binaural de Lidwine Hô [https://www.youtube.com/watch?v=b4TndlgOiw&ab\\_channel=lidwineHo](https://www.youtube.com/watch?v=b4TndlgOiw&ab_channel=lidwineHo)

d'orchestres classiques. Cette technique d'enregistrement est également très prisée pour l'**ASMR**, un état émotionnel complexe expérimenté par certaines personnes sous la forme de picotements dans tout le corps et qui peut être déclenché par des chuchotements ou des mouvements délicats de la main.

Certains créateurs de vidéos ASMR utilisent des techniques d'enregistrement binaurales pour imiter la perception auditive humaine, ce qui donne aux auditeurs l'impression d'être à proximité de la personne réalisant la vidéo. Afin de ressentir les effets du son binaural, nous vous recommandons de visionner la vidéo réalisée par Lidwine Hô, une des partenaires de Big Boy Systems<sup>1</sup>. Si ce contenu vous intéresse nous vous proposons de consulter les fictions **Binaural Circus** de David Kleinman<sup>2</sup>.



Figure 2 le son binaural, par Lidwine Ho

## Histoire

Si le Binaural commence à se répandre peu à peu chez les professionnels et scientifiques de l'audio, il l'est encore très peu pour le grand public. Le concept connaît pourtant ses débuts publics dès la **fin du 19e siècle**. Quelques années seulement après l'invention de la transmission sonore électrique, Clément Ader, ingénieur français, crée en 1881 l'expérience du **Théâtrophone**, une des premières expériences offrant du son spatialisé à un audimat tout public. Elle permettait à des auditeurs situés jusqu'à deux kilomètres de l'Opéra de Paris

<sup>2</sup> Fictions Binaural Circus de David Kleinman <https://vimeo.com/binauralcircus>

d'écouter la pièce qui s'y jouait, ceci grâce à une diffusion via deux téléphones, un par oreille de l'auditeur. Ces techniques ont plus tard donné naissance à la stéréophonie, largement popularisée notamment par la série Star Wars.

Il est toujours difficile de déterminer précisément quand et par qui une technologie a vraiment été inventée, et même si on retrouve des papiers sur l'enregistrement binaural dès 1920, ce terme n'avait pas encore la signification qu'on lui accorde aujourd'hui.

En ce qui concerne le binaural à proprement parler, ses débuts se font en 1928 par Firestone, qui commence à utiliser une tête de mannequin en cire avec un torse en bois. C'est aussi en 1930 que Bell Labs développe son propre mannequin dans le but d'améliorer la captation audio pour des téléphones. Fletcher, qui était alors chef du département de recherches acoustiques, avait compris l'importance du pavillon de l'oreille. Il pensait que puisque nos deux oreilles rendaient l'audition humaine spatiale, il pourrait faire de même avec des micros.



Figure 3: Oscar le mannequin produit par Bell Labs (1930)

Suite à cela, dans l'Allemagne de 1969, sous l'impulsion des ingénieurs Plenge, Kürer et Wilkens, un nouveau système de captation des ondes sonores voit le jour sous le nom de Kunstkopf, ou "tête artificielle". Cette méthode requiert un moulage d'un buste humain, plus particulièrement la tête et les oreilles dans lesquelles des micros sont placés. Les recherches en acoustique des trois

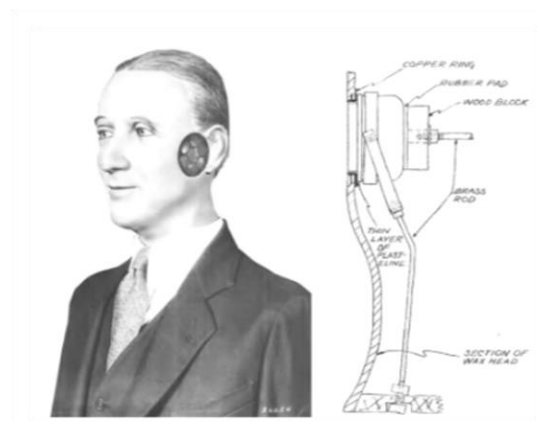


Figure 4: Kunstkopf (1969)

ingénieurs les ont conduits à la conclusion que l'**audition spatiale** dépendait de l'effet filtrant de la partie supérieure du torse, de la tête et des oreilles de l'être humain.

En 1970 un brevet Allemand a été déposé pour un système comprenant un mannequin et une installation de reproduction avec des haut-parleurs et un traitement du signal.

Nous pouvons donc considérer que la découverte du binaural date de la période 1880 à 1930, bien qu'il soit difficile de la localiser précisément.

Les années 1960 furent extrêmement prolifiques et ont permis de nombreuses avancées technologiques liées au binaural. La compréhension acoustique du fonctionnement du pavillon ou encore l'établissement d'une mesure de la fonction de transfert d'une tête humaine « HRTF » (Head-related transfer function), ont permis une avancée constante dans le domaine du binaural, principalement en terme de compréhension et de standardisation de la méthode.

Cependant, pour s'avérer efficace, le binaural doit s'écouter au casque. Avant de devenir, l'accessoire commun qu'il est aujourd'hui, il était surtout un outil de travail employé par les scientifiques et les militaires. Avant 1960, la miniaturisation des haut-parleurs destiné à la conception des casques audios était couteuse, et ils étaient donc rarement présents dans les foyers. Par contre les radios, et ensuite les chaînes hifi, avec haut-parleur embarqué ont, eux, pris place dans les salons, imposant par leur présence l'utilisation de la stéréophonie comme standard audio. Le binaural est resté en second

plan comme une obscure application sonore sans beaucoup de cas d'usage alors que l'écoute d'audio au casque n'était pas courant.

Aujourd'hui, l'écoute au casque n'est plus un frein. La musique étant de nos jours majoritairement consommée au casque ou en

## Principes de l'audition humaine

Le principe du son binaural est de donner au **cerveau** de l'auditeur les sons tels qu'il a l'habitude de les recevoir dans la vie de tous les jours, et de le laisser interpréter les indices spatiaux. L'expérience d'écoute en binaural s'appuie sur le fonctionnement du système auditif, qui nous permet la compréhension de l'environnement sonore en trois dimensions. L'audition humaine capture la distance, la position angulaire et la dimension des sources grâce à la différence entre ce que chaque oreille perçoit. Concrètement, cette capacité du cerveau à localiser l'origine des sons dépend de trois indices : L'indice temporel, la différence d'intensité et l'indice fréquentiel.

### L'indice temporel

Nos deux oreilles ne se trouvent pas au même endroit. Heureusement, elles sont réparties à gauche et à droite de notre tête. Puisque le son dans l'air se déplace à une vitesse de 343m/s et que les oreilles humaines sont en moyenne espacées de 17 cm entre elles, dans la plupart des situations, une oreille entendra un son arriver avant l'autre. Ce décalage temporel dans l'arrivée des sons est un premier indice pour le

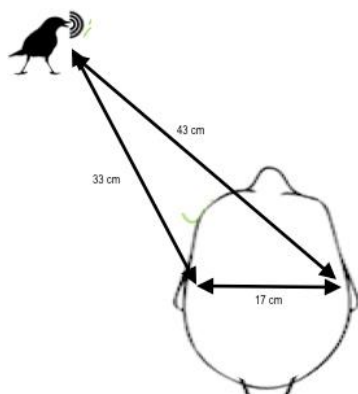


Figure 5: Schématisation indice temporel

voiture, le binaural peut regagner sa juste place dans les technologies du son.

cerveau de l'auditeur quant à la localisation spatiale, comme observé dans la figure 4 ci-dessous. Le cerveau détecte que le son est d'abord arrivé à l'oreille gauche, il suppose donc que la source sonore se situe à sa gauche.

### La différence d'intensité

Plus l'on s'éloigne d'une source sonore, plus son « volume » entendu diminue. En extérieur, une source sonore ponctuelle entendue à 10m de vous sera 6dB plus puissante que si vous étiez à 20m de celle-ci. Cette perte d'intensité sonore liée à la distance s'applique sur l'être humain, à travers l'écart moyen de 17cm qui sépare nos deux oreilles.

Une source sonore située à gauche sera donc perçue plus forte par l'oreille gauche. C'est

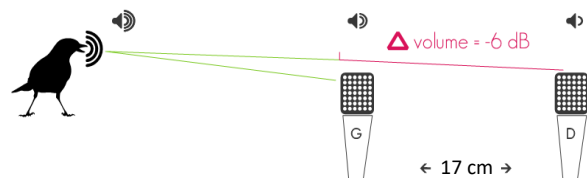


Figure 6: Schématisation Différence d'intensité

cette différence d'intensité entre les oreilles qui crée le second indice de localisation pour notre cerveau.

### L'indice fréquentiel

Jusqu'ici, nous avons vus deux principes pour localiser l'origine d'une source sonore. Vous vous êtes probablement rendus compte qu'aucun des deux ne permet la localisation d'une source sur le plan vertical. En effet, ces deux principes rendent le même résultat, peu importe si la source sonore provient de devant ou derrière, d'en haut ou d'en bas.

Le son enregistré ne contient que deux dimensions. Il peut être localisé plus près ou

plus loin et à gauche, à droite ou au centre. Si nous n'avions pas de pavillon, et qu'il n'y avait rien entre nos deux oreilles, c'est ce que nous entendrions au quotidien, c'est-à-dire, de la stéréophonie.

Si, en tant qu'être humain, nous sommes capables de deviner que l'oiseau siffle d'en haut dans les arbres, ou que la voiture klaxonne dans la rue située en bas, c'est parce que nous avons une tête, rigide et lourde, entre nos deux oreilles. Mais également parce que nos oreilles sont fournies de pavillons sinueux, plutôt que de n'être qu'un trou à la surface de nos tempes. D'ailleurs, si tout comme Van Gogh vous perdiez un de vos pavillons, votre cerveau serait totalement déboussolé pendant quelque temps. Vous seriez alors incapables de localiser confortablement une source sonore par la suite. Notre cerveau s'appuie donc sur la morphologie de notre tête et nos oreilles de manière inconsciente pour comprendre son environnement sonore.

Les indices fréquentiels qui parviennent à notre cerveau se distinguent principalement par deux effets.

Parlons d'abord de ce que nous appelons « l'effet de masque ». Cet effet est directement lié à notre boîte crânienne. Tout comme le rocher qui renvoie ou brise les vagues sur une digue, la tête renvoie ou absorbe les ondes sonores qui lui parviennent. De ce fait, comme le rocher face à une vague plus grande que lui, si une fréquence trop grave (ayant une longueur d'onde de dimension supérieure à l'objet) arrive sur notre tête ou nos oreilles, elle ne sera pas perturbée et suivra son cours.

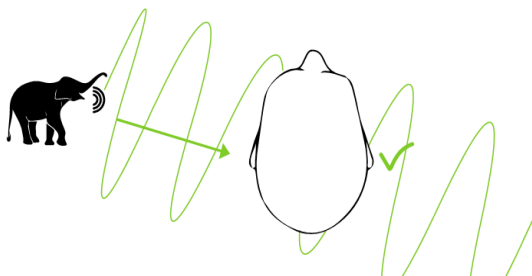


Figure 7: Schématisation de la fréquence d'un son grave

Contrairement aux fréquences graves, les fréquences aiguës, elles, sont impactées par la boîte crânienne. Pour certaines fréquences plus aiguës, la tête génère ce que l'on appelle une

« ombre acoustique », que l'on ne retrouve pas avec les fréquences graves. En effet, les sons plus aigus sont réfléchis par la tête et ne sont donc pas perçus par l'oreille opposée, créant ainsi une disparité interaurale fréquentielle.

Cette « ombre acoustique » est donc une disparité spectrale (différences dans les

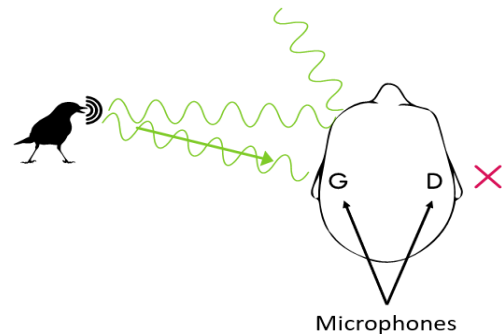


Figure 8: Schématisation de la fréquence d'un son aigu

fréquences entendues) créée par la présence de notre corps sur le son perçu aux tympans. C'est pour cette raison que les sons graves sont plus difficiles à localiser. Notre cerveau n'obtient pas suffisamment d'indices dans le bas du spectre sonore pour pouvoir déduire une localisation précise.

Le deuxième effet, et probablement le plus complexe, est la diffraction intra-auriculaire.

Ce terme désigne l'effet qu'a notre pavillon d'oreille sur le son que nous entendons. Le pavillon de nos oreilles, fait de peau et de cartilage, contient de nombreux plis et rebats. Ces formes, dessinées par le travail de l'évolution, ont des dimensions qui influent sur les fréquences aiguës. Pour reprendre l'exemple du rocher sur la digue, on pourrait considérer les dessins et replis de nos oreilles comme un réseau de petit brise-lames, dont le rôle est de briser ou renvoyer de toutes petites « vagues sonores ». Les fréquences aiguës ont une longueur d'onde plus petite (ex.  $20000\text{Hz} \pm 1,7\text{cm}$ ), ce qui va impliquer qu'elles seront affectées par les dessins du pavillon. Ceci va à nouveau générer des différences interaurales fréquentielles. Notre cerveau a été habitué toute notre vie à interpréter les sons tels qu'il les reçoit, modifiés par notre morphologie auriculaire.



Figure 9: Différentes formes de pavillon

La diffraction intra-auriculaire, bien que plus délicate, est une information de localisation très précise pour notre cerveau. C'est grâce à l'aspect décentré et asymétrique d'une oreille humaine que la diffraction permet de localiser la hauteur d'une source. Le « réseau de petit brise-lames » agit différemment sur le son selon qu'il provienne du sol ou du ciel.

L'outil de spatialisation du son le plus performant reste donc notre cerveau. Toutes les informations qu'il décode proviennent uniquement de **2 signaux acoustiques** contenant des différences gauche-droite, que l'on appelle « **intéraurales** ». Le principe de l'écoute binaurale est de restituer au casque ces différences intéraurales pour que le cerveau de l'auditeur ait l'impression d'entendre son environnement direct, et non pas un enregistrement.

### Différence entre la stéréophonie, le surround et le binaural

La stéréophonie, ou Stéréo, est le standard sonore le plus courant aujourd'hui. Un téléviseur, une radio, un lecteur .mp3, tous sont calibrés pour diffuser de la stéréo. Facile et fiable, ce format s'est imposé très tôt comme solution pour rendre une notion d'espace sonore au spectateur.

Cependant, la stéréo demande de réduire le champ de l'audition sonore sur un seul plan horizontal devant l'auditeur. En effet, elle ne permet uniquement de localiser un son venant de la **gauche** ou de la **droite**, et uniquement à l'avant de l'auditeur. En effet, la stéréo ne permet pas de percevoir de différence entre un objet situé en hauteur ou en arrière-plan. Ce mode de diffusion ne fournit pas suffisamment

d'informations (notamment l'indice fréquentiel détaillé ci-dessus) pour que la localisation des sons soit à 360°.

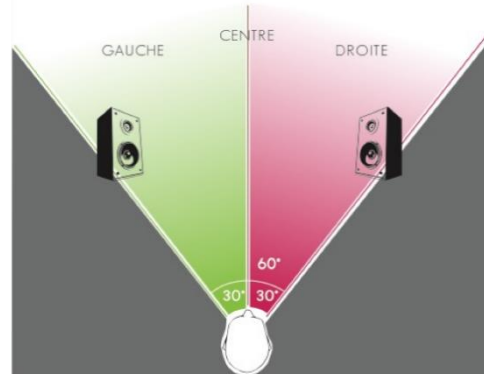


Figure 10: Schématisation écoute stéréophonique avec haut-parleurs

Dans le but de combler ce manque (et de vendre plus de haut-parleurs) beaucoup de solutions surround existent sur le marché (5.1, 7.1, 11.2...). L'objectif du surround est d'agrandir légèrement le champ sonore et de permettre à l'auditeur de s'envelopper dedans en ajoutant d'autres sources dans votre salon. Malheureusement, à moins d'être dans le vide total, les murs et objets autour de vous réfléchissent et mélangent toutes ces sources. De votre fauteuil vous n'entendez pas le son tel qu'il était ailleurs, vous l'entendez comme s'il avait eu lieu dans votre salon, avec l'acoustique de votre pièce. Pour votre cerveau, le réalisme n'y est pas. Avec le son surround, vous vous sentirez plus souvent surpris d'entendre un bruit venant de derrière votre fauteuil, plutôt qu'absorbé dans votre film.

Le binaural a l'avantage de restituer le son à **360°** en incluant l'arrière de la tête mais également en 3D, en faisant la distinction entre **haut et bas**, ce que la stéréo ou le surround ne peuvent pas reproduire.

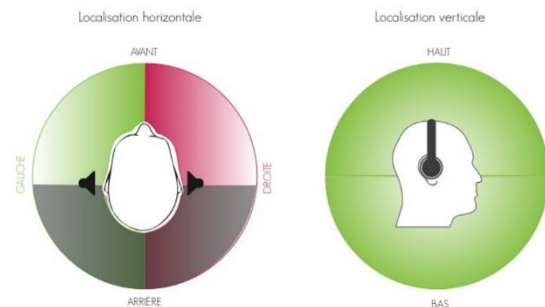


Figure 11: Schématisation de la localisation horizontale et verticale en binaural

Contrairement à la quasi-totalité des autres systèmes de restitution, l'écoute binaurale permet également une **écoute d'extrême proximité**. Il est possible de chuchoter à l'oreille des auditeurs de manière extraordinairement troublante.

Le binaural permet également une **sensation d'externalisation** des sons. La stéréophonie et le surround limitent le champ d'action du son au champ du périphérique que vous utilisez pour écouter la piste audio. Le son restera en quelque sorte « bloqué » entre vos écouteurs ou votre dispositif surround. Le binaural sort de ses contraintes physiques et offre une perception de sources sonores qui peuvent se situer bien au-delà des écouteurs ou du casque. Vous pouvez même percevoir du son qui vient hors des murs de la pièce dans laquelle l'auditeur se trouve. Une belle utilisation de ces propriétés est démontrée dans la vidéo Barber Shop présente ci-dessous, à écouter au casque, évidemment<sup>3</sup>.

## Enregistrement binaural

Il n'existe actuellement que **deux véritables solutions d'enregistrement** binaural. La première est celle de l'utilisation de **têtes artificielles**. Celles-ci intègrent la plupart des éléments morphologiques et prennent donc en compte les indices évoqués plus tôt. Pour la qualité de sa conception et de ses microphones, l'un des modèles les plus renommés est le Neumann KU 100.



Figure 12: Neumann KU 100

La seconde méthode d'enregistrement, plus simple et plus pratique notamment pour le secteur audiovisuel, consiste à utiliser **deux petits micros-cravates logés devant chaque**

**oreille** de la personne qui enregistre. Cette solution est celle adoptée dans la conception de [Third-I](#), la caméra immersive de Big Boy Systems.



Figure 13: Caméra Third-I de Big Boy Systems

Dans cette catégorie, on retrouve les microphones intraoraux de Roland CS10-EM ou encore les Sennheiser AMBEO.



Figure 14: Microphones intraoraux Roland CS10-EM

Il est important de noter que des micros dits « binauraux » ne le sont pas vraiment s'il n'y a pas de tête (artificielle ou non) entre les deux oreilles. Car sans la tête, l'effet de masque expliqué plus haut n'agit pas. Les indices ne sont pas complets pour le cerveau du spectateur et l'effet immersif du son est moins prenant. Néanmoins, même si ces micros ne sont pas techniquement binauraux, leur qualité d'enregistrement est décente et offre un espace sonore bien plus réaliste que la stéréo. Dans les références de ce type on retrouve les micros de la marque 3DIO avec leur micro « Free Space » et les « Omni Pro ». Ceux-ci ont des oreilles réalistes en silicone, avec un disque pour tenter de combler l'effet de masque, tout en réduisant le volume nécessaire.

<sup>3</sup> Vidéo Barber Shop

[https://www.youtube.com/watch?v=ILYM4hdfAVs&t=118s&ab\\_channel=Dsp21](https://www.youtube.com/watch?v=ILYM4hdfAVs&t=118s&ab_channel=Dsp21)



Figure 15: Microphone Omni-Pro de 3DIO

Plus ancien, mais ayant également sa place dans cette liste, une autre variante de microphone spatial est le Jecklin Disc, ou son cousin le Schneider Disc. On place un disque en matière absorbante entre les deux microphones. Ce disque, d'un diamètre proche de celui d'une tête humaine, permet de reproduire l'effet de masque d'une tête. Schneider y ajoute une sphère en mousse pour affiner le résultat. Il n'y a pas de pavillon d'oreille donc pas de localisation en hauteur, mais on récupère une Stéréo omnidirectionnelle et donc un champ sonore étendu en comparaison à la stéréophonie classique.

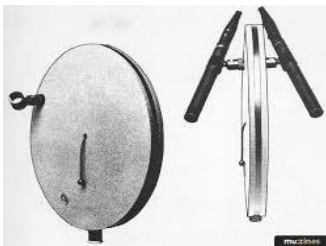


Figure 16: Jecklin Disk



Figure 17: Schneider Disk

## Le binaural de synthèse

Jusqu'à présent, nous n'avons parlé que de son réel que nous cherchons à enregistrer de la manière la plus fidèle possible, c'est ce qu'on appelle du binaural **natif**. Néanmoins, grâce aux avancées technologiques récentes, il est désormais possible de créer un environnement sonore de synthèse. Complètement artificiel, on le qualifie de *binaural de synthèse* ou *audio binauralisé*. Cette technique reproduit un environnement sonore binaural à partir de prises de son **monophoniques** pour créer un environnement sonore tridimensionnel réaliste.

Diverses avancées technologiques ont contribué à l'apparition de la synthèse binaurale. La principale est l'arrivée des *filtres binauraux*. Ces filtres se basent sur la fonction de transfert

relative à la tête, ou **HRTF** (Head-related transfer function). Cette fonction mathématique permet de calculer et de reproduire les changements apportés aux ondes par le corps d'un auditeur, la tête, le pavillon de l'oreille et le conduit auditif. Cette fonction mathématique est utilisée lors de la **synthèse binaurale** pour déterminer les modifications à apporter au signal source. Ces variations permettent à l'auditeur de localiser une source dans l'espace car elles constituent une sorte de **codage acoustique** de la position de la source. Le cerveau interprète ensuite ce codage comme en binaural natif, pour localiser la source sonore.

La synthèse binaurale est une des **voies de développement pour l'industrie du jeu vidéo**. Effectivement, de nombreux éditeurs de jeux souhaitent rendre leur expérience encore **plus réaliste et immersive** et ceci passe notamment par le son. Aujourd'hui, un joueur chevronné de célèbres jeux vidéo de tir à la première personne ne voudrait plus jouer sans **spatialisation sonore** car, même en stéréo, le son lui apporte des informations de jeu essentielles. Le son binaural de synthèse est la **prochaine norme** en matière de son dans les jeux vidéo.

Toutefois, certaines **difficultés** se présentent lors de la mise en place de la synthèse binaurale, principalement la **création de contenu binaural** ainsi que la **puissance de calcul** nécessaire afin que chacun puisse l'utiliser.

Le processus, comme expliqué plus tôt, commence par la création de contenu audio monophonique, soit en Sound design, soit en « close miking ». Ces sources mono doivent être **pures**, c'est-à-dire qu'elles ne peuvent avoir subi aucune transformation entre leur émission et leur enregistrement.

L'enregistrement ne contient donc pas l'écho d'une pièce, ou la résonance d'objets proches. Pour reproduire ce **vide acoustique**, il faut un microphone de haute-fidélité, dans une chambre anéchoïque (pièce équipée de parois absorbantes) pour créer un **vide acoustique**.

Une fois cette source pure obtenue, on l'intègre au reste du contenu (un jeu vidéo ou autre programme audio spatialisé). Pour reprendre l'exemple du jeu de tir, les développeurs vont attribuer une position et une direction pour cette



source pure dans l'espace digital du jeu. Au moment où la source doit être entendue par le joueur, le processing audio observe la situation des éléments dans le jeu et calcule ensuite les effets sonores à appliquer à la source pour qu'elle paraisse spatialisée à l'auditeur aux commandes du personnage. Il applique l'HRTF sur la source en fonction de la position du joueur et de la direction de son regard, mais pas que. Il prend aussi en compte tous les objets du décor qui auraient une influence sur le son (bâtiments, voitures, arbres,...). Ces objets ont les dimensions physiques et positions déterminées dans le jeu, mais ont aussi des coefficients d'absorption et de diffraction acoustique. Une baie vitrée et un mur en parpaings n'ont pas du tout le même effet acoustique, et tout comme une texture visuelle, ils ont une texture auditive qui est prise en compte dans le calcul.

Vous constatez la quantité d'informations à prendre en compte en temps réel pour recréer du binaural de synthèse crédible. Ce processus complexe crée donc une barrière importante à la création, car les aptitudes techniques à maîtriser sont nombreuses.

Le deuxième obstacle concerne les **capacités techniques du matériel** utilisé pour reproduire la synthèse binaurale. Effectivement, puisque la localisation sonore est au cœur de cette technologie, il est nécessaire que le son envoyé au casque audio soit constamment ajusté en fonction de la position, de la source et de l'auditeur. Il serait nécessaire qu'à chaque rotation ou mouvement des personnages, le son perçu par le joueur soit modifié de façon réaliste. Cela nécessite un calcul permanent de l'HRTF. Ce qui crée un besoin de puissance de calcul assez conséquent.

Néanmoins, en considérant la vitesse à laquelle ces technologies évoluent, il est réaliste de penser que cette barrière n'en soit plus une dans les années à venir.

## Limitations du son binaural

Comme tout système d'enregistrement sonore, la prise de son binaural a ses propres limitations. La limitation principale de cette technique d'enregistrement réside dans le fait que le

système cognitif d'un individu a été habitué à recevoir, et donc interpréter, les indices intérraux en fonction de **sa propre morphologie** et les transformations qu'elle implique. Le corps humain étant ce qu'il est, personne n'est totalement identique, ce qui crée des **différences de perception** qui peuvent être légères ou, au contraire, très significatives. Effectivement, en fonction de la morphologie de chacun, il est possible que certains interprètent différemment les indices sonores. L'erreur d'interprétation la plus courante étant **l'inversion avant/arrière**. Cette inversion est due aux différences morphologiques entre la personne qui enregistre (ou la tête artificielle) et la personne qui écoute. Celle-ci aura l'impression que ce qui se passe devant elle vient de derrière, et vice-versa.

Pour une utilisation du binaural en audio uniquement (sans support vidéo par exemple) ces erreurs d'interprétations sont un problème car l'incohérence perçue chez certains brise totalement l'effet immersif.

C'est pourquoi de nombreux centres acoustiques cherchent à établir des solutions simples pour permettre à chacun de mesurer sa propre fonction de transfert. Pour l'instant, la méthode de mesure habituelle demande de rester assis immobile pendant 45 minutes dans une chambre anéchoïque. D'autres méthodes existent, notamment par la prise de photos 3D de son oreille et de sa tête, ce qui permet de simuler l'HRTF correspondant.

A terme, tout comme un égaliseur appliqué dans un lecteur sonore, les utilisateurs auraient leurs profils HRTF intégrés dans les lecteurs qu'ils utilisent.

Enfin, la dernière et plus importante limitation, qui a vocation à rester, est l'impossibilité d'écouter du son binaural sans un casque audio ou un dispositif intra-auriculaire. Cette limitation, qui n'est pas un réel inconvénient dans un domaine comme le gaming, pourrait se montrer plus problématique pour le monde du cinéma ou de la production musicale. Heureusement, Big Boy Systems est là.

## Conclusion

Le son binaural est encore assez peu connu du grand public mais ses applications potentielles et ses possibilités de développement sont nombreuses. Chez Big Boy Systems nous avons choisi d'associer cette technologie pleine de

promesses avec une prise d'image stéréoscopique afin de créer des expériences totalement immersives. N'hésitez pas à suivre nos actualités afin de ne rien manquer des développements et applications que nous associerons au son binaural.

---

## Bibliographie

Dussert, M. (2019, 19 avril). *Le son binaural, la révolution sonore qui va faire chavirer vos oreilles*. L'ADN. <https://www.ladn.eu/mondes-creatifs/son-3d-binaural-revolution-sonore/>

Hô, L. (2020, 25 novembre). *Le son binaural expliqué en vidéo*. France tv lab. <https://www.francetvlab.fr/articles/le-son-binaural-explique-en-vidéo>

Lagnel, B. (2020, avril). Binaural de synthèse [Diapositives]. Le son binaural. [https://www.lesonbinaural.fr/EDIT/PDF/binaural\\_synthese\\_mixage\\_objet\\_ITD.PDF](https://www.lesonbinaural.fr/EDIT/PDF/binaural_synthese_mixage_objet_ITD.PDF)

Paul, S. (2009). Binaural Recording Technology : A Historical Review and Possible Future Developments. *Acta Acustica united with Acustica*, 95(5), 767-788. <https://doi.org/10.3813/aaa.918208>

Petillon, C. (2017, 6 mai). *Son binaural : la 3D sonore*. France Culture. <https://www.franceculture.fr/emissions/le-numerique-et-nous/son-binaural-la-3d-sonore>