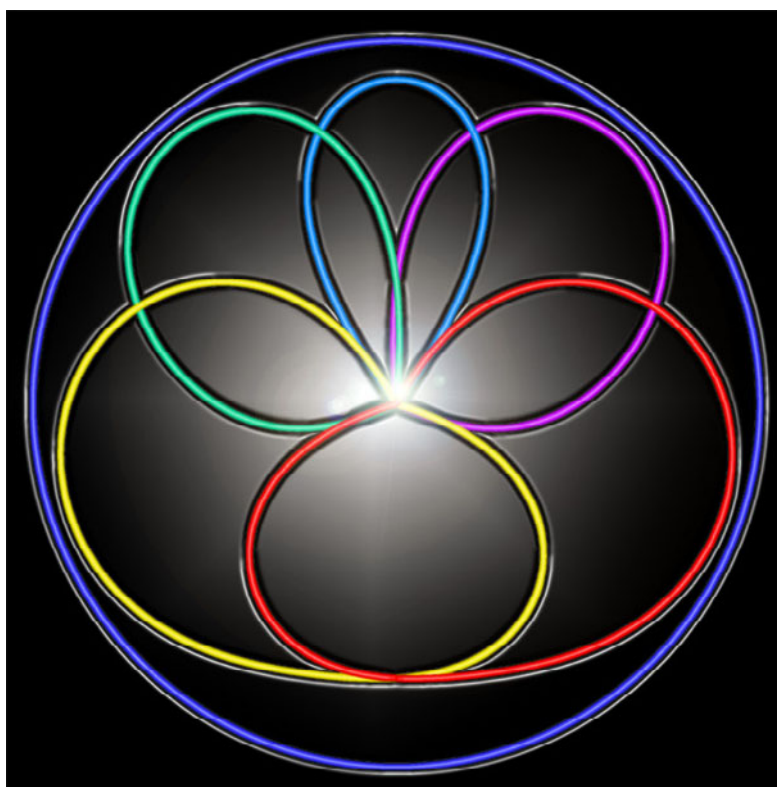




# La prise de son 5.0 en Haute Résolution Spatiale



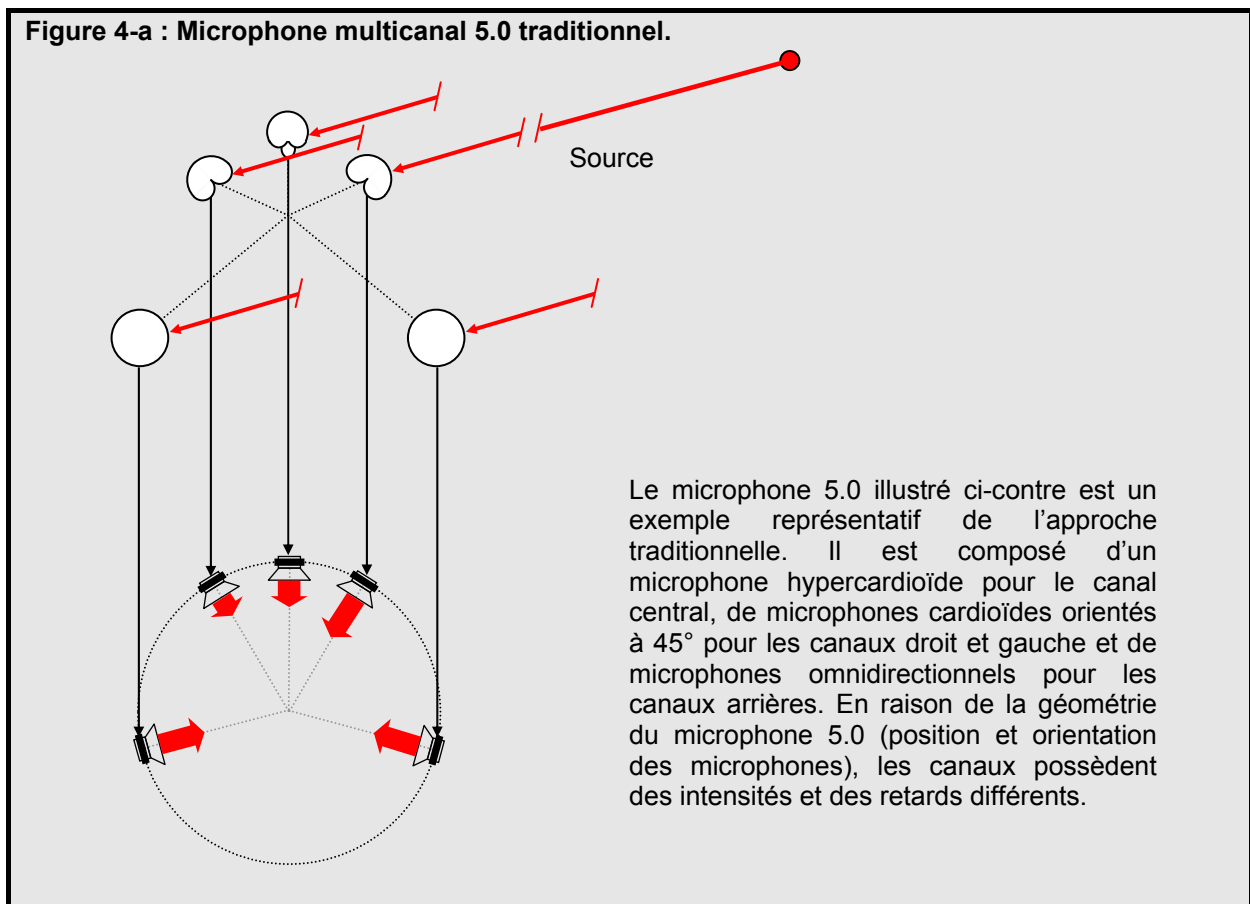
# La prise de son 5.0 en Haute Résolution Spatiale

## 1 La haute résolution spatiale

### 1.1 Les limites de la prise de son multicanale traditionnelle

Actuellement, tous les systèmes de prise de son multicanal cherchent à exploiter au mieux les directivités des microphones actuels. En effet, la démarche adoptée est directement issue de la stéréophonie et consiste à produire des différences d'intensité et de retard entre les signaux captés en agissant respectivement sur l'orientation des microphones et sur leurs distances respectives. La position des sources sonores autour du microphone est « enregistrée » grâce à ces différences d'intensité ( $\Delta I$ ) et de temps ( $\Delta T$ ). Dans cette approche, toute la difficulté consiste à déterminer la combinaison optimale d'orientation et d'écartement des microphones. Cette approche est illustrée par la figure 4-a.

Figure 4-a : Microphone multicanal 5.0 traditionnel.



Or cette démarche est fondamentalement limitée car les microphones actuels n'offrent qu'un nombre restreint de directivités. Il s'agit de la palette de directivités allant de la figure omnidirectionnelle à la figure bidirectionnelle (figure-8) en passant par les intermédiaires (infracardiïde, cardioïde, hypercardioïde). Ainsi, les systèmes de prise de son traditionnels ne peuvent pas reproduire toute la diversité des signaux que les systèmes de diffusion multicanal permettent de reproduire. Aussi, il semble légitime de se demander si cette approche conduit réellement à une prise de son multicanale optimale.

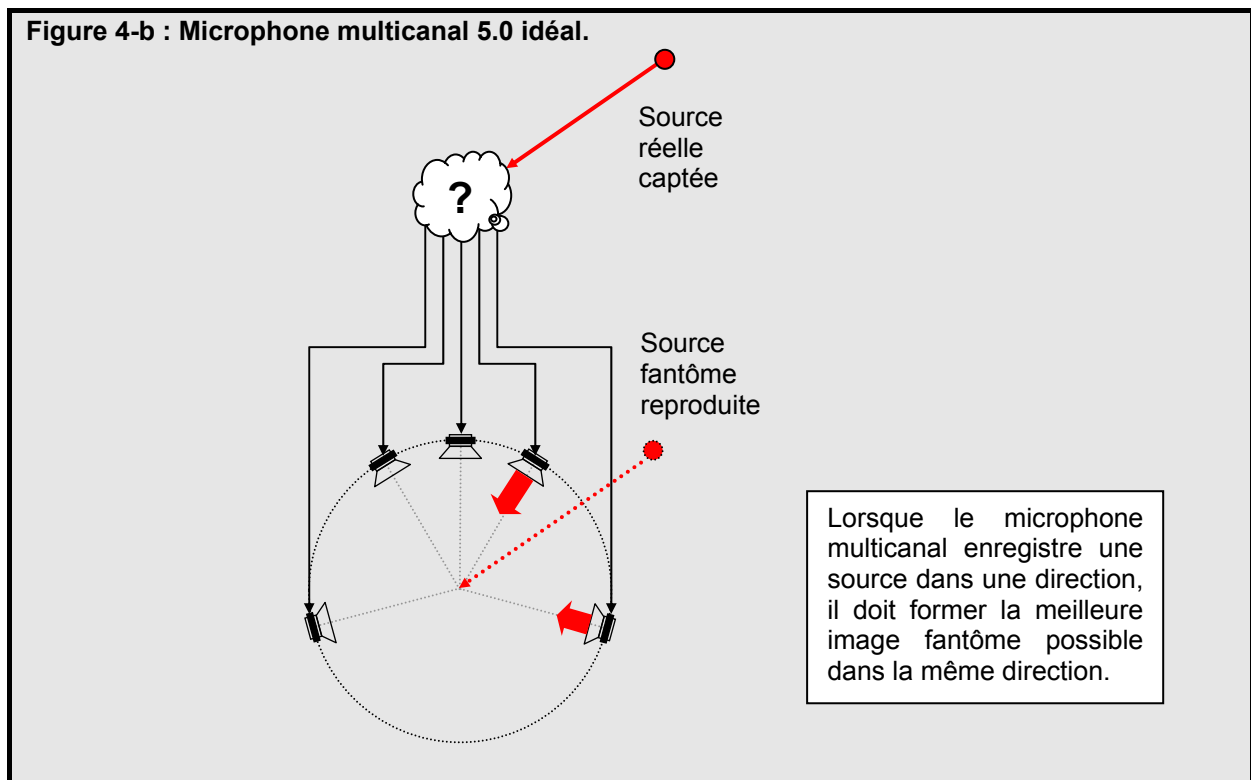
Par ailleurs, bien que fondamentalement limitée, l'approche traditionnelle permet de définir un nombre colossal de microphones multicanaux dont les différences seraient parfaitement audibles. En effet, en

jouant sur seulement 5 types de directivité, 10 orientations et 50 positions (5 angles et 10 rayons), on dénombre déjà plus de 15 milliards de systèmes de prise de son différents ! Il est donc illusoire d'espérer pouvoir les répertorier et les tester. Signalons qu'avec la même liberté, il n'existe que 2500 systèmes stéréophoniques. Par conséquent le passage de la stéréophonie à 2 canaux au multicanal à 5 canaux se traduit par une explosion des combinaisons possibles en matière de système de prise de son. Dès lors, l'approche empirique d'essais/erreurs sur laquelle s'est fondée la stéréophonie semble également révéler ses limites.

## 1.2 Quelle est la prise de son multicanale optimale

Face à la complexité de la prise de son multicanale, **Trinnov Audio** aborde le problème sous un angle totalement nouveau. Faisons temporairement abstraction des directivités des microphones actuels et essayons de répondre à la question : **quel serait le comportement idéal d'un système permettant une prise de son 5.0 optimale sur 360° ?**

Le réponse est triviale : Lors d'un enregistrement idéal d'une source sonore dans une direction donnée, le système de restitution 5.0 doit former la meilleure source fantôme possible dans la même direction que la source enregistrée. Idéalement, la seule limitation tolérée est la limitation intrinsèque du système de restitution 5.0. Le système de prise de son ne doit pas apporter de limitation supplémentaire. Le concept de microphone multicanal idéal est illustré par la figure 4-b.

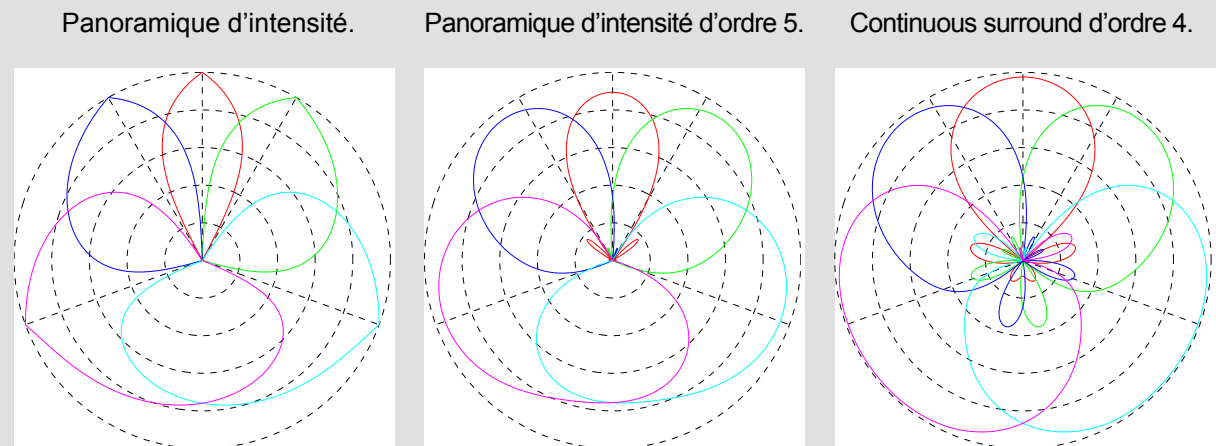


Ainsi définie, la prise de son multicanal optimale correspond à une loi de panoramique (également appelée loi de pan-pot ou encore loi de monophonie dirigée). En effet, ces lois ont été précisément étudiées pour former des images fantômes optimales sur 360°. Une loi de panoramique 5.0 est définie par 5 figures de directivités qui expriment l'intensité des canaux pour former une image fantôme optimale dans chaque direction. **Ainsi, les directivités d'une loi de panoramique peuvent s'interpréter comme les directivités idéales d'une prise de son multicanale optimale.** Il existe de nombreuses lois de panoramique, mais à quelques subtilités près, ces lois ont toujours la même forme générale. A titre d'exemple citons les lois suivantes :

- Le panoramique d'intensité.
- Le panoramique d'intensité d'ordre 5. Le concept « d'ordre » sera défini ultérieurement.
- La loi continuous surround panning d'ordre 4 (P. Craven, 2003).

Ces 3 exemples sont illustrés ci-dessous.

**Figure 4-c : Directivités idéales pour une prise de son 5.0 optimale**



A quelques subtilités près, ces lois ont la même forme générale.

### 1.3 Concept de prise de son multicanale à haute résolution spatiale

Le concept de haute résolution spatiale s'inspire directement du concept de haute résolution temporelle (également appelé haute fidélité).

On parle d'enregistrement à haute résolution temporelle lorsque le signal est enregistré avec une très grande précision même dans ses variations les plus rapides. Pour pouvoir suivre ces variations rapides, le système d'enregistrement doit être capable d'enregistrer les fréquences élevées et donc avoir une bande passante étendue (jusqu'à au moins 20kHz). Par conséquent, la haute résolution temporelle impose une large bande passante.

Par analogie, on parle d'enregistrement à haute résolution spatiale lorsque le champ acoustique est enregistré avec une très grande précision même dans ses variations spatiales les plus rapides. Les variations spatiales correspondent à la répartition angulaire du champ acoustique autour du microphone. Pour pouvoir suivre ces variations spatiales rapides, le système d'enregistrement doit être capable d'enregistrer les fréquences spatiales élevées et donc avoir une bande passante spatiale étendue.

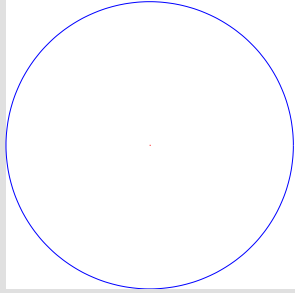
Une fréquence spatiale correspond en fait à une figure de directivité dont la finesse des lobes détermine directement la précision spatiale. Plus la figure de directivité est sélective, plus la résolution spatiale qu'elle offre est élevée. En effet, une figure de directivité sélective possède une meilleure aptitude à discriminer les sources sonores dans l'espace. Afin de définir un spectre spatial, les fréquences spatiales sont classées en fonction de leur précision spatiale appelée « ordre ». La figure 4-d illustre certaines fréquences spatiales jusqu'à l'ordre 5.

Comme nous l'avons déjà souligné, les microphones actuels n'offrent qu'un nombre restreint de directivités. En réalité ces directivités ne sont que des mélanges de directivité omnidirectionnelles et bidirectionnelles. Par conséquent, la résolution spatiale atteignable est toujours limitée à l'ordre 1.

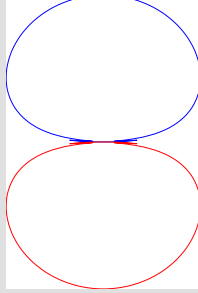
Au contraire, les directivités idéales pour une prise de son 5.0 optimale correspondent à un mélange de fréquences spatiales qui atteint l'ordre 5. Ainsi, une prise de son 5.0 optimale requiert une précision spatiale d'ordre 5. Autrement dit, la précision spatiale optimale est 5 fois supérieure à celle obtenue avec les microphones actuels. Le concept de haute résolution spatiale repose donc sur un fondement scientifique et technique extrêmement profond. Le figure 4-e illustre la différence de sélectivité entre l'ordre 1 et l'ordre 5 pour les directivités hypercardioïdes et cardioïdes.

**Figure 4-d : Fréquences spatiales jusqu'à l'ordre 5.**

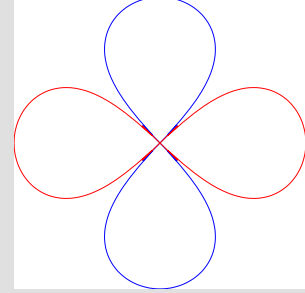
Fréquence spatiale d'ordre 0  
(une directivité omnidirectionnelle)



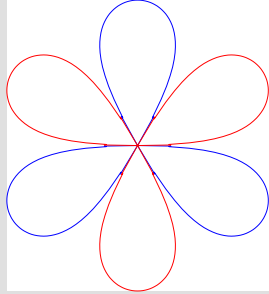
Fréquences spatiale d'ordre 1  
(3 directivités bidirectionnelles)



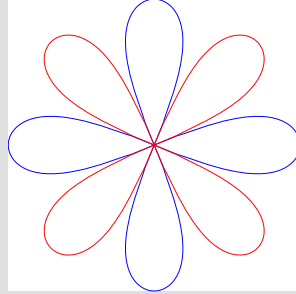
Fréquences spatiale d'ordre 2  
(5 directivités):



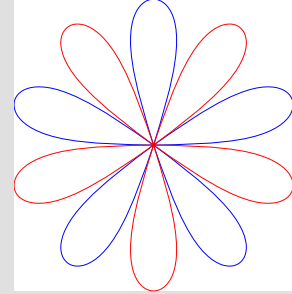
Fréquence spatiale d'ordre 3  
(7 directivités)



Fréquence spatiale d'ordre 4  
(9 directivités)



Fréquence spatiale d'ordre 5  
(11 directivités)

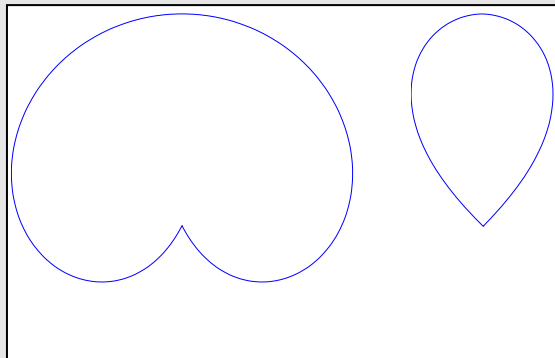


*Dans ces figures, les lobes positifs des fréquences spatiales sont représentés en bleu et les lobes négatifs en rouge.*

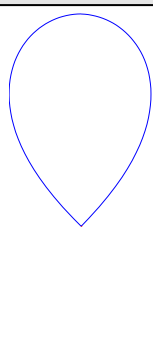
**Figure 4-e : Comparaison des résolution spatiale d'ordre 1 et d'ordre 5.**

Cardioïde :

Ordre 1

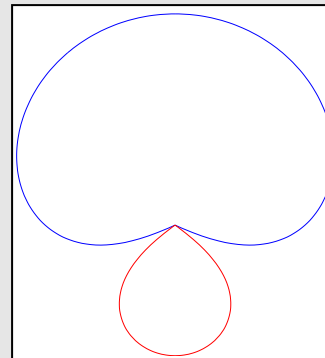


Ordre 5

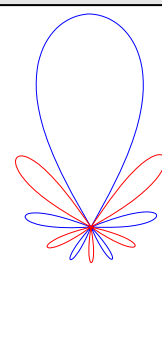


Hypercardioïde :

Ordre 1



Ordre 5



*Dans ces figures, les lobes positifs des fréquences spatiales sont représentés en bleu et les lobes négatifs en rouge.*

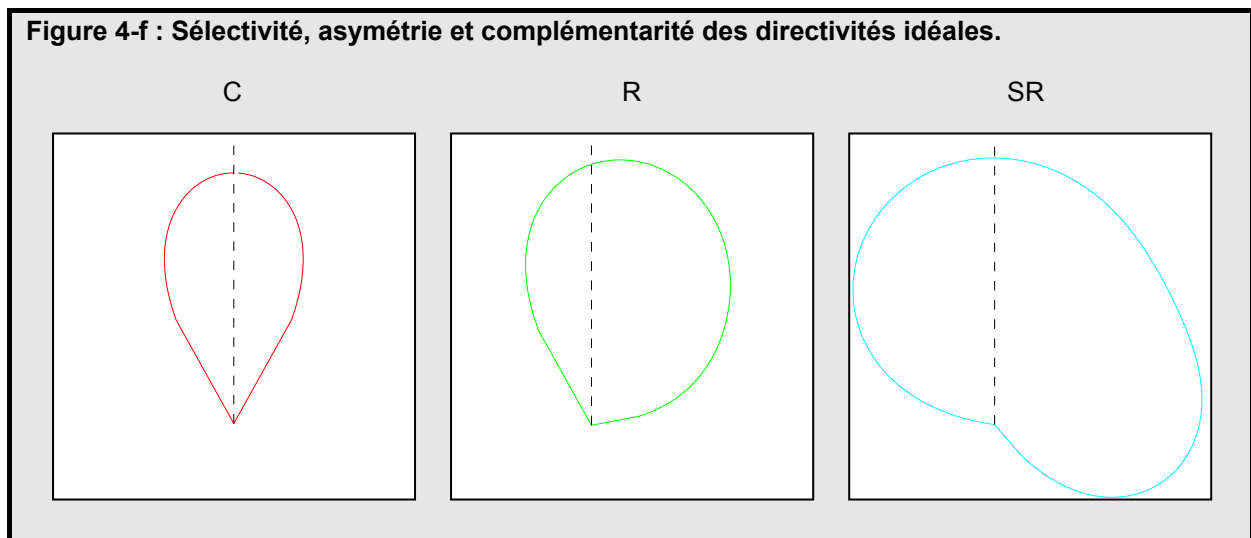
Si des microphones très sélectifs étaient disponibles, une prise de son à haute résolution spatiale serait obtenue de manière très simple. Il suffirait de placer 5 microphones coïncidents dont les directivités correspondraient aux directivités idéales définies précédemment.

## 1.4 La haute résolution spatiale requiert une nouvelle approche

Les directivités nécessaires pour obtenir un prise de son 5.0 à haute résolution spatiale présentent les caractéristiques suivantes :

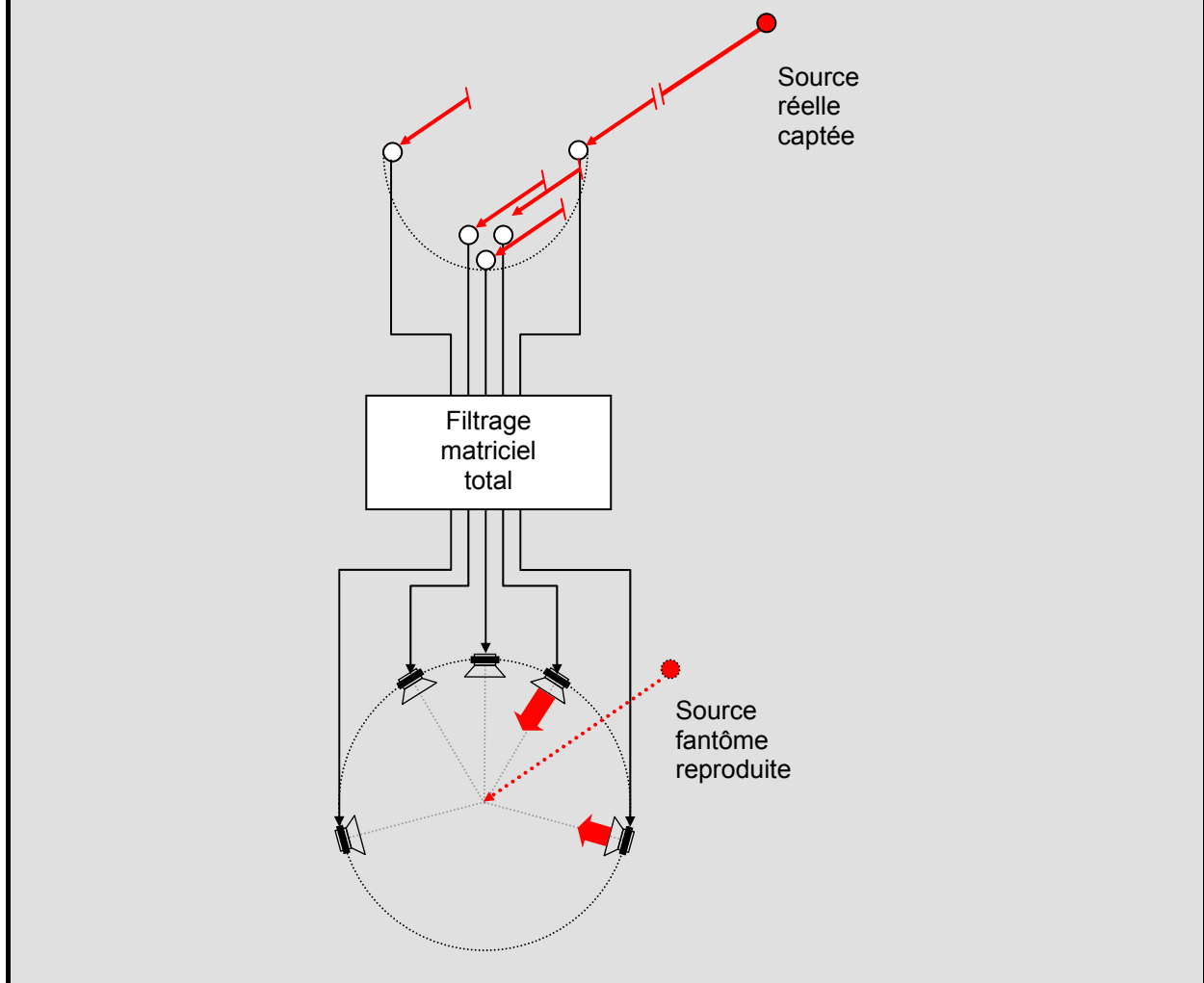
- Elles sont très sélectives. C'est cette sélectivité spatiale qui est à l'origine de la haute résolution spatiale. Celle-ci est évidente pour les 3 directivités frontales qui offrent une sélectivité d'ordre 5 pour toute la zone frontale (+30° / -30°). Comme cela a déjà été souligné, la sélectivité requise est 5 fois plus élevée que la sélectivité des microphones actuels. Signalons également que les directivités arrières présentent également une sélectivité spatiale élevée (bande passante spatiale d'ordre 3).
- Elles présentent des asymétries. Hormis la directivité associée au canal central, les 4 autres directivités sont asymétriques. Cette caractéristique est indispensable si l'on souhaite une adaptation optimale à l'irrégularité de la configuration 5.0. Si les haut-parleurs avaient été disposés selon un pentagone régulier (0°, +/-72° et +/-144°) les directivités idéales auraient été symétriques. Les microphones actuels sont incapables de produire des directivités asymétriques.
- Elles sont complémentaires. Les directivités qui produisent des images fantômes entre 2 haut-parleurs ont un comportement parfaitement complémentaire de sorte que les images fantômes soient produites avec la même intensité dans toute la zone comprise entre les deux haut-parleurs.

Ces caractéristiques sont illustrées par la figure 4-f.



Les directivités nécessaires pour un enregistrement à haute résolution spatiale ne sont donc pas obtenues naturellement par les microphones actuels. Pour atteindre les performances requises, il est nécessaire de **renoncer à l'approche traditionnelle qui consiste à capter chaque canal avec un unique microphone. Il faut s'orienter vers une approche plus complète basée sur un matricage.**

Afin d'atteindre une qualité spatiale maximale, **Trinnov Audio** a mis en œuvre la solution ultime en matière de traitement linéaire : le **filtrage matriciel total**. Chaque canal est obtenu en tirant profit de l'ensemble des microphones. Le signal de chaque microphone est filtré de manière spécifique puis l'ensemble des signaux ainsi formés est combiné de manière à produire un canal optimum. Seul un système aussi évolué permet d'atteindre la haute résolution spatiale. La figure 4-g illustre un microphone multicanal à haute résolution spatiale basé sur cette architecture.

**Figure 4-f : Microphone multicanal 5.0 basé sur un matriçage total.**


## 2 Avantages de la haute résolution spatiale

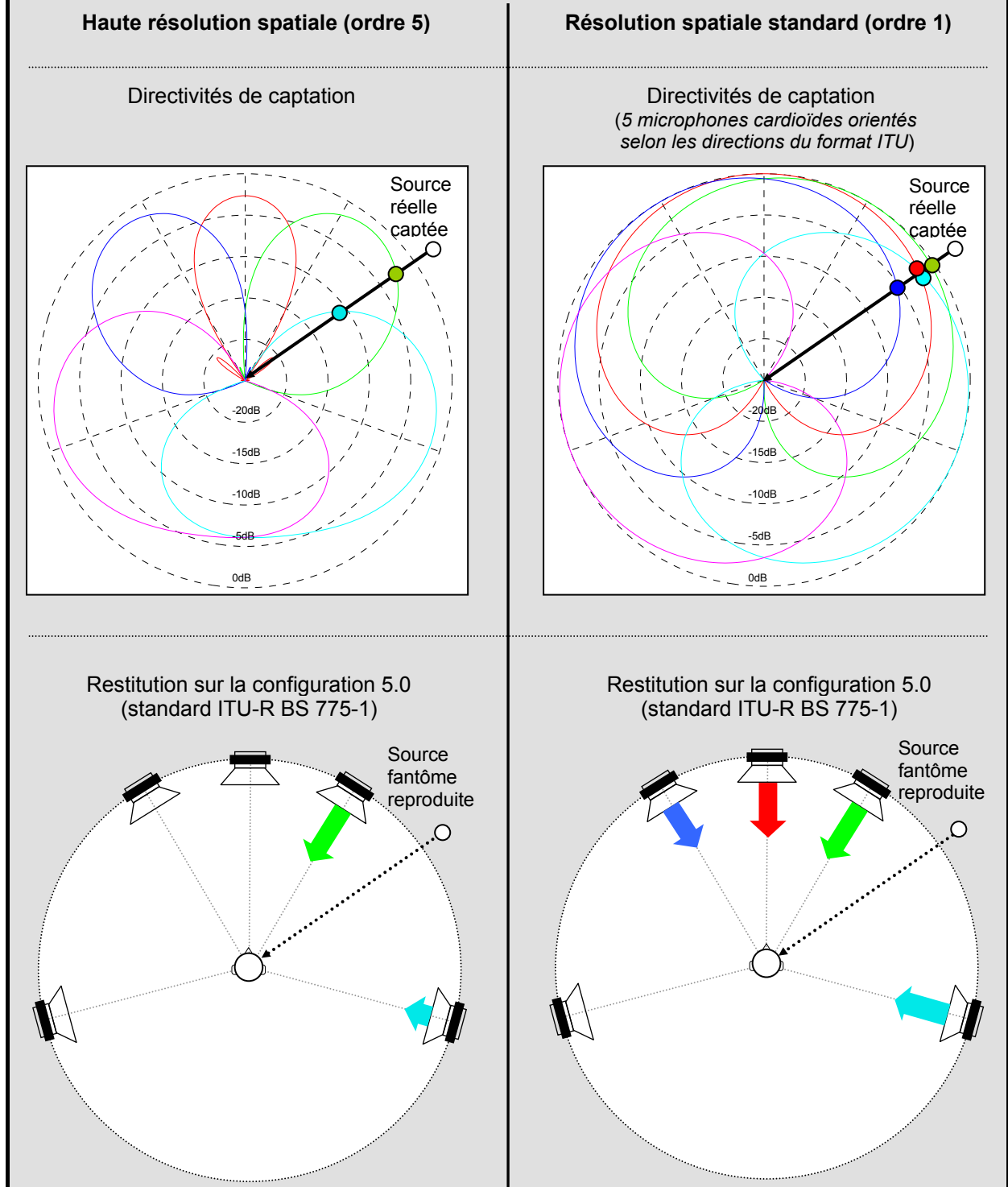
Par rapport à un enregistrement multicanal à résolution standard, un enregistrement à haute résolution spatiale apporte une sélectivité 5 fois supérieure, notamment sur la scène frontale. Dans un enregistrement à haute résolution spatiale, seuls les deux haut-parleurs au voisinage immédiat de chaque source fantôme sont actifs. Au contraire, dans le cas d'un enregistrement à résolution standard, l'ensemble des haut-parleurs est actif. Il en résulte des interactions complexes qui dégradent la qualité spatiale de l'enregistrement. La figure 4-g compare les enregistrements à haute résolution spatiale et à résolution spatiale standard.

Une prise de son à haute résolution spatiale présente de nombreux avantages par rapport à une prise de son à résolution standard. En particulier :

- Elle optimise la **séparation** des canaux.
- Elle augmente de la **précision** (la ponctualité) des sources.
- Elle augmente de la taille de la zone d'écoute (**sweet spot**)
- Elle respecte les **timbres** quelle que soit la direction des sources.
- Elle produit des images fantômes **sur 360°**,
- Elle permet un **Down-mix** facile et de bonne qualité, sans modification de timbre ni distorsion d'angle.

- Elle offre une **compatibilité** totale avec les lois de pan-pot habituelles, ce qui facilite l'ajout de microphones d'appoint.
- Elle contrôle la spatialisation des sources en dehors du plan azimutal.
- Elle permet un meilleur contrôle du **facteur de distance**.
- Elle offre un meilleur contrôle de l'angle utile de prise de son grâce à un contrôle précis des directions des images reproduites.
- Elle offre une meilleure robustesse au **traitement** : le traitement d'un canal n'affecte les images fantômes que dans son voisinage.

Figure 4-g : Comparaison des prises de son 5.0 à haute résolution spatiale et à résolution spatiale standard.



Les avantages de la prise de son à haute résolution sont présentés plus en détail dans chacune des parties suivantes.

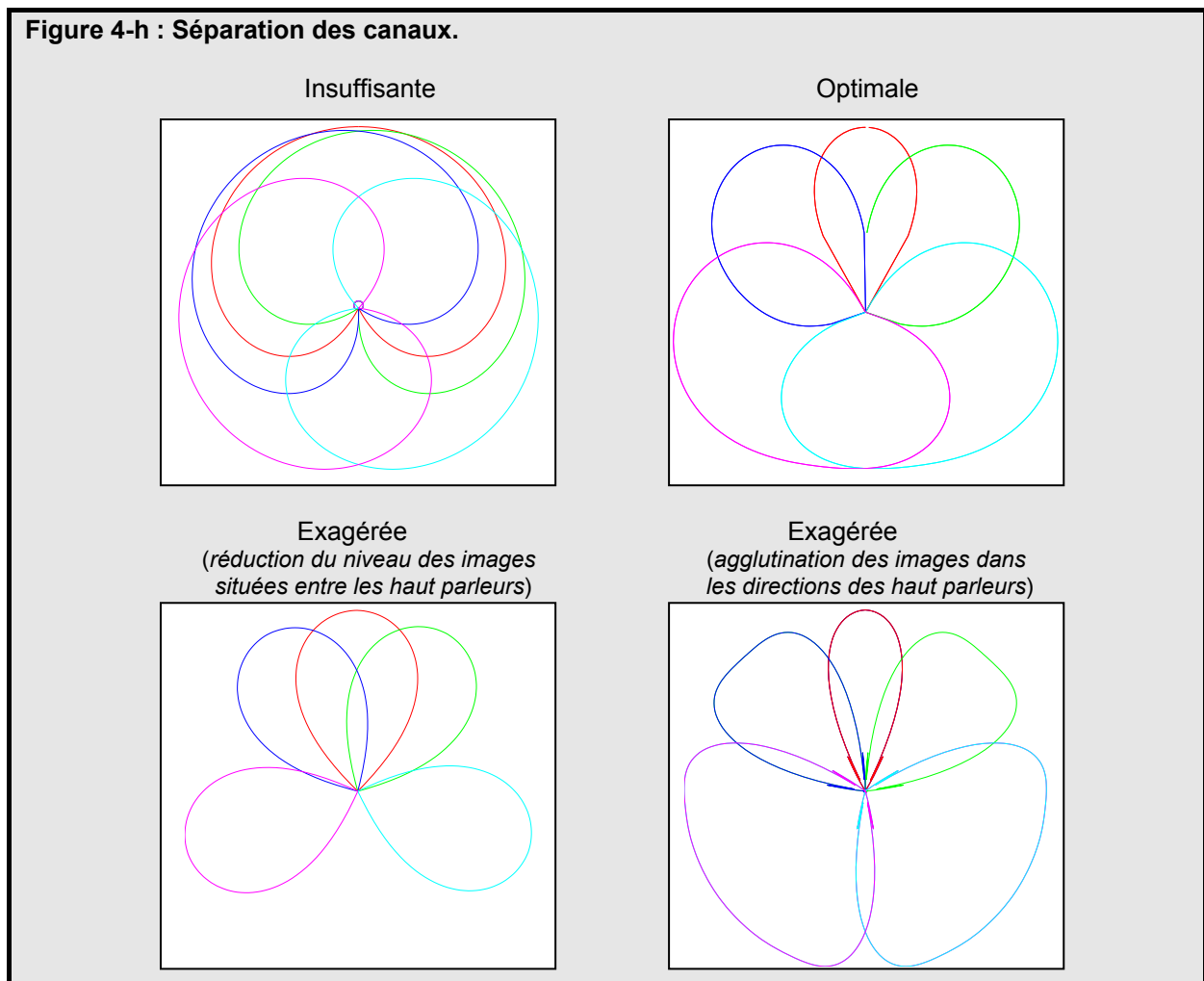
## 2.1 Séparation optimale des canaux

Dans un signal multicanal, la qualité spatiale globale est directement liée à la séparation (ou décorrélation) des canaux. **Une séparation insuffisante conduit à des performances spatiales limitées.** Lorsque la séparation augmente, la qualité spatiale globale augmente également. Cependant il existe une limite au-delà de laquelle toute augmentation de la séparation nuit aux performances. En fait, la corrélation est indispensable pour produire des images fantômes. Si l'on augmente trop la séparation, deux phénomènes indésirables apparaissent :

- Les images fantômes situées entre les haut-parleurs réduisent en niveau sonore et des « trous » se forment dans l'environnement sonore.
- Les images fantômes qui apparaissent entre les haut-parleurs se déplacent vers les haut-parleurs les plus proches. Les images s'agglutinent sur les haut parleurs et des « trous » se forment dans l'environnement sonore.

En l'absence totale de corrélation, les 5 canaux véhiculent des signaux totalement différents et l'espace sonore restitué correspond à 5 sources dans les directions des 5 haut-parleurs. Donc sans corrélation, il n'y a plus d'images fantômes. **Ainsi, une séparation exagérée dégrade les images fantômes.** Par conséquent, il existe un niveau optimum de séparation des canaux. **Le but du microphone 5.0 à haute résolution spatiale est justement de réaliser une séparation optimale** (et non maximale) des canaux. La figure 4-h illustre le concept de séparation optimale des canaux.

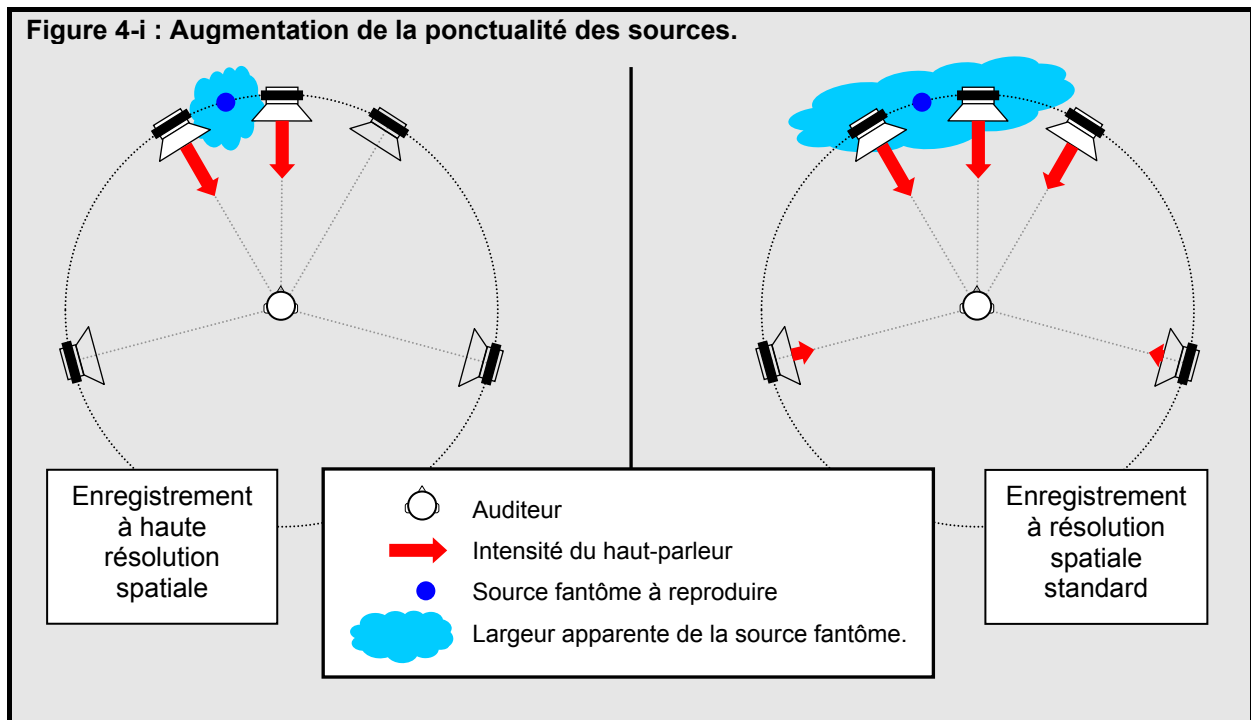
Figure 4-h : Séparation des canaux.



## 2.2 Augmentation de la ponctualité des sources

Dans le cas d'un enregistrement à résolution standard, le signal émit par une source se trouve répercuté sur quasiment tous les canaux. Par conséquent, l'image fantôme correspondante est reproduite par un nombre élevé de haut-parleurs. En réalité, la contribution d'un grand nombre de canaux pour reproduire une source fantôme est en général problématique. Par exemple, lorsque les 5 canaux sont actifs, ils recréent simultanément 10 images fantômes. En effet, un ensemble de 5 haut-parleurs permet de définir 10 couples qui produisent chacun une image fantôme. Ainsi, le son multicanal ne peut pas être réduit à la juxtaposition de 5 images qui apparaîtraient entre les paires juxtaposées de haut-parleurs (par exemple entre les canaux C et R). Il faut également prendre en compte les 5 autres images fantômes « parasites » qui se forment entre les paires non juxtaposées de haut-parleurs (par exemple entre les canaux L et SR). Or ces 20 images fantômes apparaissent dans des directions différentes et sont à l'origine d'informations spatiales contradictoires. Il en résulte un étalement spatial des sources fantômes. Les conflits d'images fantômes sont des problèmes spécifiques aux systèmes multicanaux et n'apparaissent pas en stéréophonie puisqu'il n'y a que 2 canaux et 1 image fantôme.

**Dans le cas d'un enregistrement à haute résolution spatiale, seuls 2 canaux contribuent majoritairement à la reproduction de l'image fantôme.** Il existe donc une seule et unique image fantôme il n'y a aucun problème de contradiction. Il en résulte que la source reproduite est bien localisée et très ponctuelle.



Signalons que la haute résolution spatiale supporte que plus de deux haut-parleurs soient actifs pour produire des images fantômes précises. Dans ce cas, le système est optimisé pour que la contribution globale des 5 canaux aboutisse à une reconstruction correcte des différentes fréquences spatiales du champ acoustique dans la zone d'écoute.

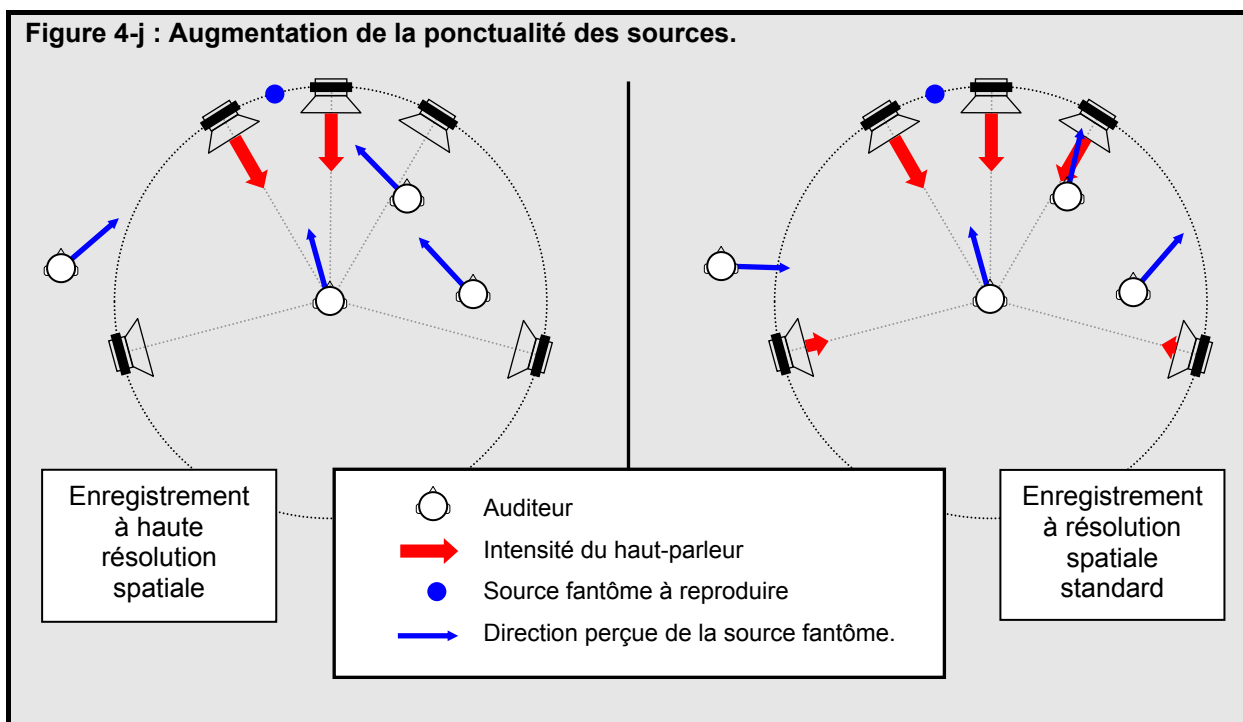
## 2.3 Augmentation de la taille de la zone d'écoute

Dans un enregistrement à résolution spatiale standard, le signal émit pas une source se trouve répercuté sur quasiment tous les canaux. Lorsque l'auditeur se déplace dans le local de restitution, il perçoit une intensité dominante provenant du haut-parleur le plus proche. La source fantôme reproduite se trouve attirée dans la direction du haut-parleur dominant. Il en résulte une instabilité

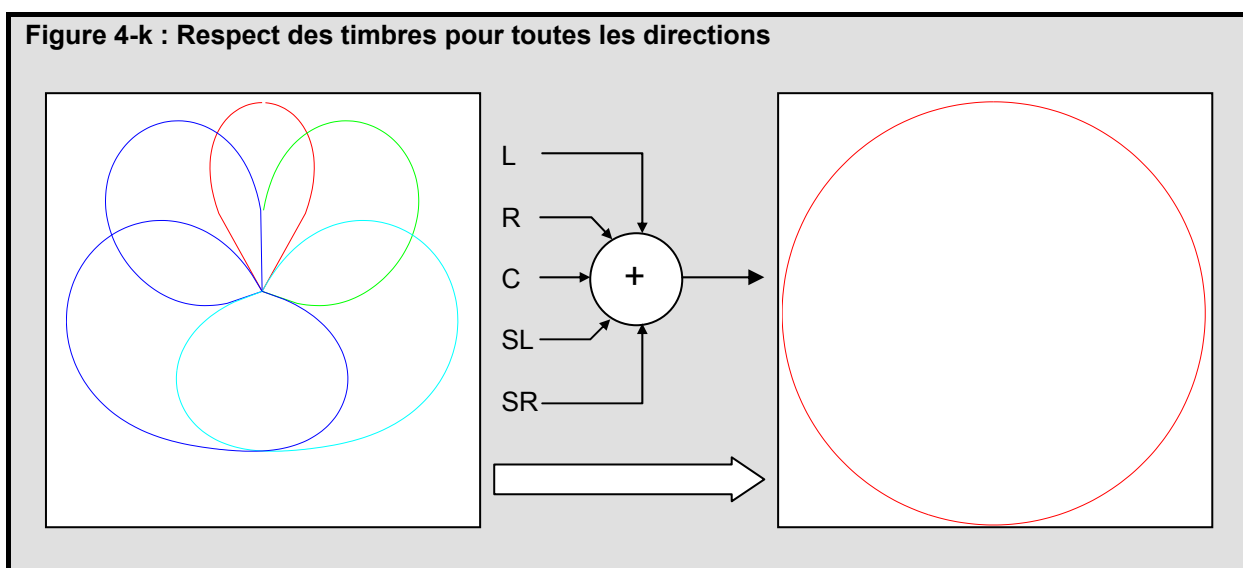
marquée des sources fantômes avec les déplacements de l'auditeur. La zone pour laquelle la spatialisation est convenablement maintenue est très restreinte.

Au contraire, **dans un enregistrement à haute résolution spatiale, seuls les haut-parleurs au voisinage immédiat de la source fantôme sont actifs.** Quelle que soit la position de l'auditeur, l'image fantôme reste localisée entre les deux haut-parleurs les plus proches. Il en résulte une grande stabilité des sources fantômes avec les déplacements de l'auditeur. Bien entendu, la stabilité est également liée à l'écart entre les haut-parleurs et les images les plus stables seront obtenues pour la zone frontale (+30°/-30°). Rappelons que la configuration ITU 5.0 a justement été étudiée pour produire une scène sonore frontale très stable. **Seul un microphone à haute résolution spatiale parvient à exploiter de manière optimale cette configuration afin de fournir une zone d'écoute maximale.**

Le figure 4-j illustre la direction perçue pour différentes positions d'écoute.



## 2.4 Meilleur respect des timbres dans toutes les directions



**Le respect des timbres est une caractéristique garantie dans un enregistrement à haute résolution spatiale.** Un système de prise de son multicanal respecte les timbres si un microphone omnidirectionnel placé au centre d'un système de restitution idéal délivre le même signal qu'un microphone omnidirectionnel placé au point d'enregistrement. Or, au centre du système de restitution, les 5 canaux se somment exactement. Donc, les timbres sont respectés si, en sommant les 5 canaux du signal 5.0, on retrouve exactement le signal qui aurait été capté par un microphone omnidirectionnel. Autrement dit, **une prise de son 5.0 préserve les timbres si le down-mix vers le format mono est parfait** (voir partie 4.6). De manière plus scientifique, cela signifie que **la fréquence spatiale d'ordre 0 du champ acoustique (composante omnidirectionnelle) doit absolument être captée et reproduite avec une grande précision pour toutes les fréquences.** Cette caractéristique est assurée par les microphones à haute résolution spatiale et est illustrée sur la figure 4-k.

**La résolution spatiale peut également varier avec la fréquence, sans affecter le timbre.** Il s'agit ici d'un résultat nouveau apporté par la haute résolution spatiale et qui mérite quelques explications. Habituellement, un microphone dont la directivité varie avec la fréquence introduit inévitablement des modifications de timbre. En effet, pour une direction donnée, un tel microphone capte le son avec une sensibilité qui varie en fonction de la fréquence, ce qui introduit une modification de timbre. Ce problème ne peut pas être résolu dans le cas où un unique microphone est considéré. Au contraire, dans un système multicanal il est indispensable de considérer simultanément l'ensemble des canaux. Or, des systèmes de résolution différentes peuvent tout à fait former des images fantômes dont la direction et le timbre sont très précisément reproduites. Dans ce cas, les seules différences apparaissent au niveau de la spatialisation. Il est donc tout à fait possible d'imaginer un système très performant présentant une résolution élevée dans la bande 300Hz – 5000Hz et une résolution qui diminue progressivement aux extrêmes de la bande passante (20Hz – 20000Hz). Pour s'en convaincre, rappelons que ce concept est déjà utilisé de manière caricaturale dans le format 5.1. Dans ce format, les très basses fréquences (< 80Hz) sont transmises par un unique canal « sub. » et ne comportent pas de spatialisation. Malgré une transition brutale dans la résolution spatiale, les timbres sont convenablement respectés sur toute la bande passante, y compris pour les plus basses fréquences. Bien entendu, il en est de même lorsque les transitions entre résolutions sont plus douces. Par conséquent, un système dont la résolution varie avec la fréquence peut être envisagé et conduire à des performances élevées sans pour autant introduire de modification de timbre des sources fantômes sur toute la bande passante. Bien entendu, les performances spatiales globales dépendent fortement de la résolution spatiale atteinte pour chaque fréquence. Celle-ci doit absolument être élevée dans la bande 300 Hz – 5000 Hz.

---

## 2.5 Présence d'images fantômes sur 360°

---

La haute résolution spatiale garantit la présence d'images fantômes sur 360°. Il s'agit d'une conséquence directe du **respect de la fréquence spatiale d'ordre 0 (composante omnidirectionnelle) du champ acoustique.** Toutes les sources sonores entourant le microphone seront reproduites avec un niveau correct et forment des images fantômes. En revanche, cette condition est insuffisante pour garantir un contrôle sur la répartition de ces sources au moment de la restitution.

---

## 2.6 Down-mix facile et de bonne qualité

---

Les problèmes de down-mix ont été étudiés dès l'apparition du format stéréophonique afin d'assurer une compatibilité descendante avec le format monophonique. Pour les formats multicanaux, le problème de la compatibilité devient nettement plus délicat puisque le format 5.0 doit être compatible avec l'ensemble des formats dont les plus utilisés sont les formats 4.0 « Quad », 4.0 « Surround », 3.0 « Surround », 2.0 « Stéréo » et 1.0 « Mono ».

L'aptitude d'une prise de son à supporter le down-mix est liée au principe mis en œuvre.

- Dans le cas d'une prise de son coïncidente, un down-mix optimum est obtenu de manière simple en recombinaison des différents canaux par un matriçage très simple. En effet, la spatialisation est obtenue uniquement au moyen de variations d'intensités ( $\Delta I$ ) entre les canaux. Ainsi le mélange des canaux ne modifie que la spatialisation, sans affecter le timbre.

- Dans le cas d'une prise de son non coïncidente, le down-mix est extrêmement délicat et ne conduit jamais à des résultats optimaux. En effet, ces systèmes introduisent des différences de temps ( $\Delta T$ ) entre les canaux ce qui rend impossible leur mélange. Un matricage simple de microphones non coïncidents introduit systématiquement des déformations de timbres (effets de filtre en peigne) et des déformations de la spatialisation (effets d'aliasing spatial : apparition de nombreux lobes secondaires incontrôlés).

Le signal fourni par un système à haute résolution spatiale repose sur un principe de coïncidence. La spatialisation est obtenue uniquement au moyen de variations d'intensités ( $\Delta I$ ) entre les canaux et aucune variation de temps n'est introduite ( $\Delta T$ ). Par conséquent, **un enregistrement à haute résolution spatiale permet des down-mix faciles et de haute qualité.**

Par rapport à une prise de son à résolution standard, la haute résolution spatiale apporte un avantage décisif : **le down-mix d'une prise de son à haute résolution spatiale conserve les propriétés d'une prise de son à haute résolution spatiale. Simplement, la résolution de l'enregistrement s'adapte automatiquement à la résolution maximale que peut supporter le nouveau format.** Ainsi, le down-mix d'un enregistrement à haute résolution spatiale sera très proche du résultat qui aurait été obtenu en appliquant le principe de la haute résolution spatiale directement au nouveau format. On parle de prise de son à haute résolution spatiale correspondante. Toutefois, les performances atteintes seront légèrement en retrait car l'optimisation est moins poussée. Bien entendu, le down-mix mono ne comporte aucune spatialisation et le résultat obtenu est identique à celui d'une prise de son monophonique.

En particulier, **l'opération de down-mix n'introduit pas de modification de timbres ni de distorsion d'angle dans les images fantômes.** Les images fantômes formées par les formats 4.0 et 3.0 sont localisés dans les mêmes directions que celles du format 5.0. Seules les performances en terme de spatialisation (précision des sources, taille de la zone d'écoute, ...) sont réduites. Dans le cas du format 2.0, les directions des images fantômes sont préservées pour toute la zone frontale ( $+30^\circ$  à  $-30^\circ$ ). En dehors de cette zone frontale, les images sont repliés sur la zone frontale, tout en préservant parfaitement la latéralisation et les timbres. Le tableau 4-I illustre l'opération de down-mix d'une prise de son à haute résolution spatiale pour les principaux formats multicanaux.

**Tableau 4-I : Down-mix d'une prise de son à haute résolution spatiale.**

Format	Configuration	Matrice de Down Mix	Prise de son à haute résolution spatiale correspondante.
<b>4.0 "Quad"</b>  Résolution spatiale: Ordre 3			
<b>4.0 "Surround"</b>  Résolution spatiale: Ordre 5			

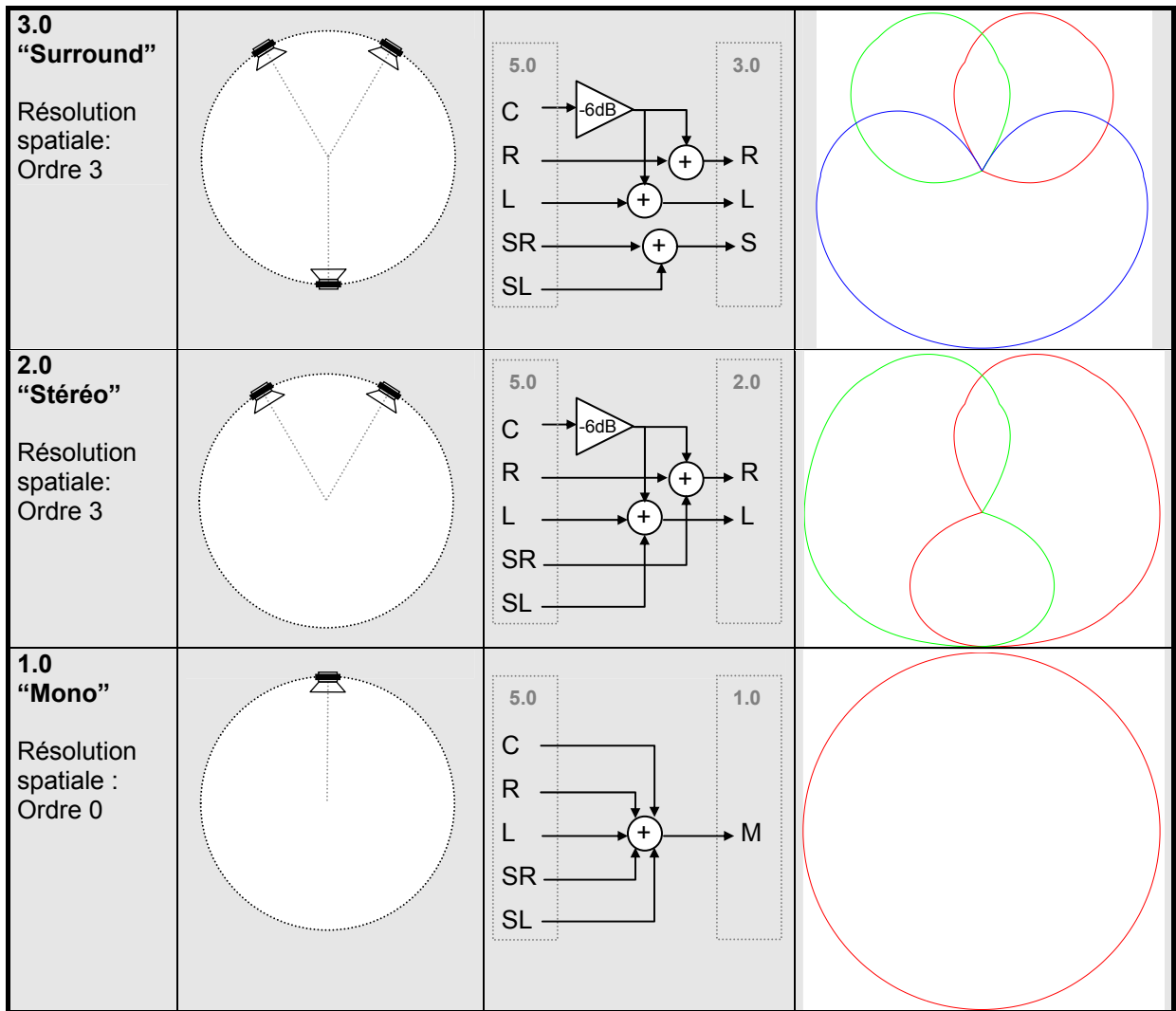
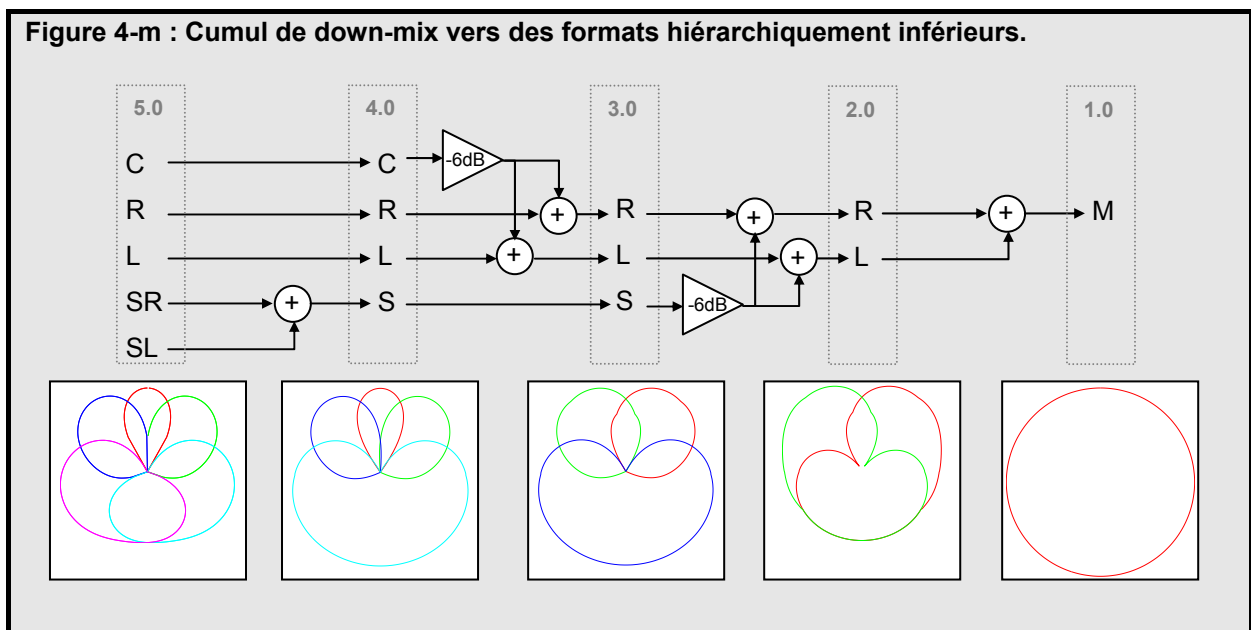


Figure 4-m : Cumul de down-mix vers des formats hiérarchiquement inférieurs.



Sous réserve que la hiérarchie des formats soit convenablement respectée, **la haute résolution spatiale autorise le cumul des down-mix au travers de formats différents**. Dans ce cas, le down-mix final sera identique à un down-mix direct vers le format final et préservera donc toutes les qualités

de la haute résolution spatiale. Par exemple, le format 5.0 initial peut être down-mixé dans le format 4.0 Surround, lui-même down-mixé dans le format 3.0 Surround, lui-même down-mixé dans le format 2.0 Stéréo et lui-même finalement down-mixé dans le format mono. Le signal mono ainsi obtenu sera identique à celui obtenu au moyen d'un down-mix mono directement appliqué au format 5.0 initial.

---

## 2.7 Compatibilité totale avec les lois de pan-pot habituelles

---

Le comportement d'un microphone à haute résolution spatiale est similaire à celui des lois de panoramique (voir partie 1.2). Par conséquent, **une prise de son à haute résolution spatiale se mélange parfaitement avec des sons mono spatialisés artificiellement à l'aide d'une loi de panoramique**. Dans les deux cas, le rendu sonore est comparable et le mélange est très homogène.

Il s'agit ici d'une souplesse nouvelle offerte par la haute résolution spatiale. En effet, les prises de son à résolution standard sont, par définition, limitées à une précision d'ordre 1 alors qu'une source spatialisée avec une loi de panoramique est à haute résolution spatiale. Il apparaît des différences flagrantes en terme de qualité de spatialisation et la fusion ne conduit pas à un résultat homogène.

Dans le cas particulier où la source supplémentaire provient d'un microphone de proximité, la haute résolution spatiale en facilite l'intégration dans l'enregistrement final. Toutefois, dans ce cas, certaines précautions doivent être prises :

- Les sources d'appoints supplémentaires doivent être dirigées dans les mêmes directions que les images fantômes correspondantes produites par le microphone. Dans le cas contraire, il en résulte une diminution de la précision spatiale liée à un étalement spatial de l'image fantôme. Toutefois, cette précaution n'est plus nécessaire lorsque le niveau sonore de la source supplémentaire dépasse largement celui de la source (> 15dB).
- Les retards entre les microphones d'appoint et le microphone multicanal doivent être ajustés afin de compenser la distance qui les séparent ainsi que la latence de traitement du microphone multicanal. Une erreur dans le choix du retard produira des différences de temps qui dégraderont les timbres au moment du mixage (effets de filtre en peigne).

En revanche, il n'y a pas de recommandations particulière concernant le dosage des niveaux entre des microphones d'appoint et le microphone multicanal. Les deux utilisations extrêmes sont :

- Le microphone multicanal est dominant et les microphones de proximité apportent juste une discrète touche de présence.
- Les microphones de proximité sont dominants et le microphone multicanal apporte juste un discret complément d'ambiance.

Entre ces deux utilisations extrêmes, tous les réglages sont envisageables. Ils permettent notamment de contrôler finement, lors du mixage, le rapport entre le champ direct et le champ réverbéré, tout en préservant fidèlement l'acoustique du lieu d'enregistrement.

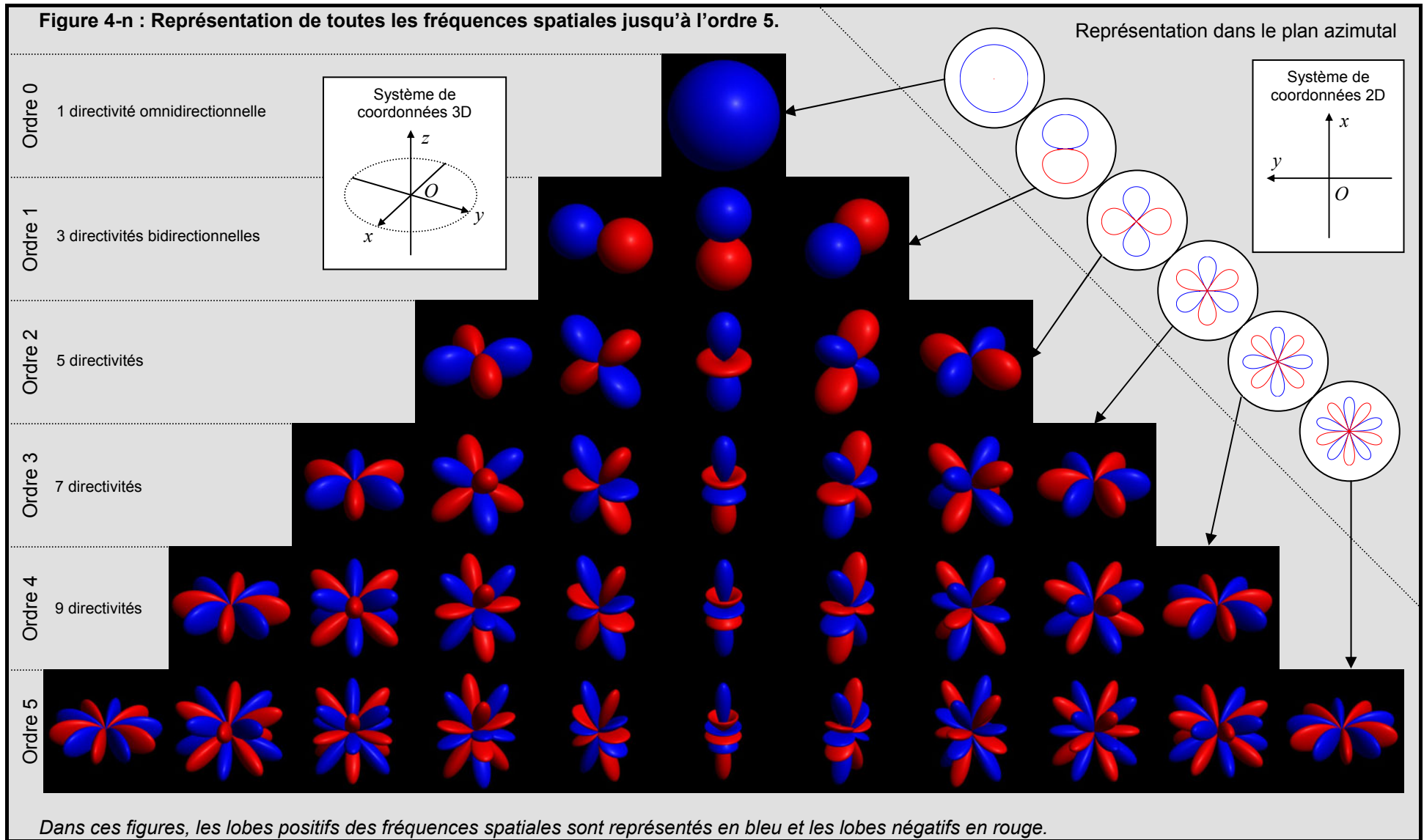
---

## 2.8 Contrôle de la spatialisation en dehors du plan azimutal

---

Jusqu'à présent, seules les sources placées dans le plan azimutal ont été considérées. Or dans un environnement sonore réel, les sources sonores sont placées dans toutes les directions de la sphère (et ne sont pas limitées aux seules directions du cercle azimutal). Par exemple, une source sonore qui survole le microphone doit être correctement enregistrée tout au long de la trajectoire. De même, un effet de salle se traduit par d'innombrables réflexions contre les murs produisant des sources images réparties dans toutes les directions autour du microphone. **Par conséquent, un microphone multicanal doit être optimisé pour toutes les directions de la sphère.**

La haute résolution spatiale permet de contrôler finement le comportement en dehors du plan azimutal. **En effet, les fréquences spatiales permettent de discriminer les sons dans l'espace avec une même finesse, quelle que soit la direction des sources.** Les 36 fréquences spatiales jusqu'à l'ordre 5 sont illustrées par la figure 4-n.



Dans un environnement sonore réel, les sons proviennent de toutes les directions. Or, dans la configuration 5.0, les haut-parleurs sont tous situés dans le plan azimutal. Les sources reproduites ne peuvent donc être localisées que dans le plan azimutal. Face à cette limitation du format 5.0, il est nécessaire de déterminer le comportement idéal du microphone en dehors du plan azimutal. De manière caricaturale, le comportement souhaité est qu'une source située hors du plan azimutal lors de l'enregistrement se trouve restituée avec la même direction azimutale mais sans élévation. Evidemment, un tel comportement est trop caricatural. En effet, une source qui survolerait le microphone d'avant en arrière serait reproduite uniquement en avant puis elle basculerait brutalement en arrière lorsqu'elle dépasse le microphone. Un tel comportement n'est pas réaliste par rapport au mouvement réel de la source.

Un comportement plus réaliste serait que :

- Toute source dans le plan azimutal est enregistrée avec les figures de directivités idéales.
- Toute source située exactement au dessus (ou en dessous) du microphone multicanal est restitué par les 5 haut-parleurs de sorte qu'aucune direction ne soit privilégiée. Une telle captation ne présente aucune séparation et correspond à une prise de son au moyen de 5 microphones omnidirectionnels coïncidents.
- Toute source située à une élévation intermédiaire entre ces deux cas extrêmes adopte un comportement intermédiaire. Autrement dit, le comportement devient progressivement omnidirectionnel au fur et à mesure que l'élévation augmente.

Un tel comportement produit bien l'effet souhaité, lorsque la source survole le microphone : l'image fantôme restituée est ramenée dans le plan mais elle passe progressivement d'avant en arrière. Ainsi, le concept de directivités idéales, initialement défini dans le seul plan azimutal, peut s'étendre à toutes les directions autour du microphone. Le figure 4-0 illustre **les directivités idéales d'une prise de son multicanal optimale pour toutes les directions de l'espace.**

Les directivités nécessaires pour obtenir un prise de son 5.0 à haute résolution spatiale présentent les caractéristiques suivantes :

- Elles sont très sélectives pour les directions proches du plan azimutal, c'est à dire pour des élévations de  $\pm 45^\circ$  par rapport au plan azimutal. C'est toujours cette sélectivité spatiale qui est à l'origine de la haute résolution spatiale.
- Elles présentent des asymétries. L'absence de symétrie par rapport aux directions des haut-parleur avait déjà été mise en évidence dans le plan azimutal. L'absence de symétrie axiale apparaît de manière encore plus évidente lorsque l'on compare le comportement en azimut et en élévation des directivités.

Bien entendu, de telles directivités idéales préservent les propriétés essentielles de la haute résolution spatiale pour toutes les directions de la sphère :

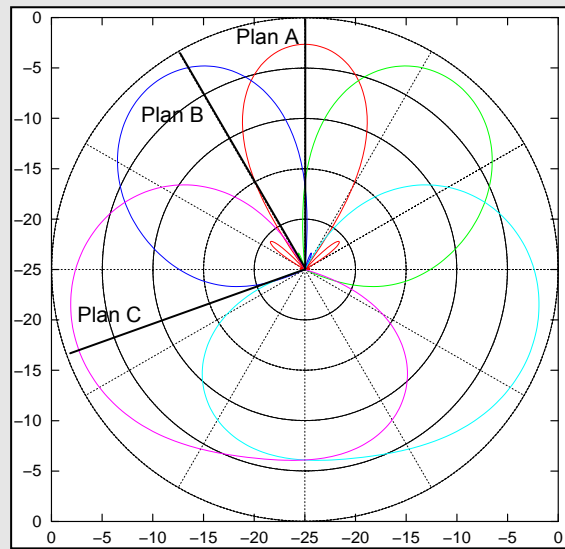
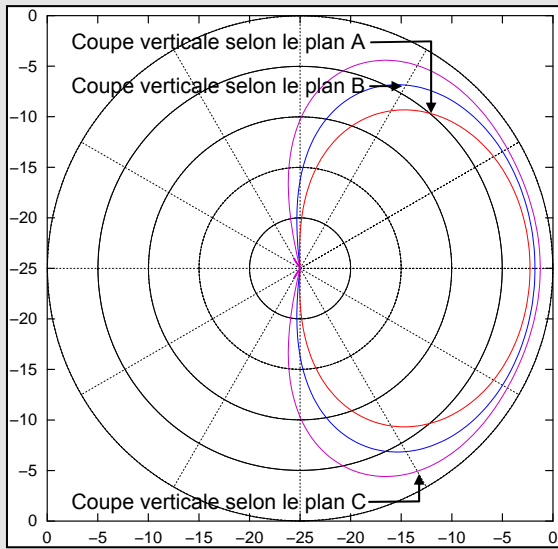
- Séparation optimale des canaux. En effet, une séparation exagérée des canaux pour les sources en élévation produit des trajectoires de sources peu réalistes.
- Augmentation de la ponctualité des sources.
- Augmentation de la taille de la zone d'écoute.
- Meilleur respect des timbres dans toutes les directions.
- Présence d'images fantômes sur  $360^\circ$ .
- Down mix facile et de bonne qualité quelle que soit la direction des sources.
- Facilite l'ajout de microphones d'appoint.
- Meilleur contrôle de l'angle utile de prise de son dans le plan horizontal mais aussi vertical.

Les systèmes de prise de son à haute résolution spatiale développés par **Trinnov Audio** sont basés sur les 36 fréquences spatiales et permettent un contrôle très fin des directivités idéales pour toutes les directions de l'espace. **La haute résolution spatiale permet notamment d'adopter un comportement totalement différent entre l'azimut et l'élévation.**

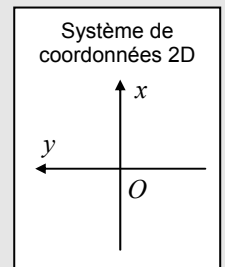
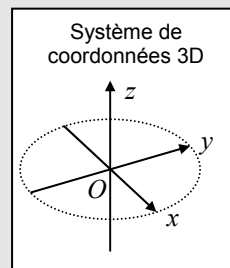
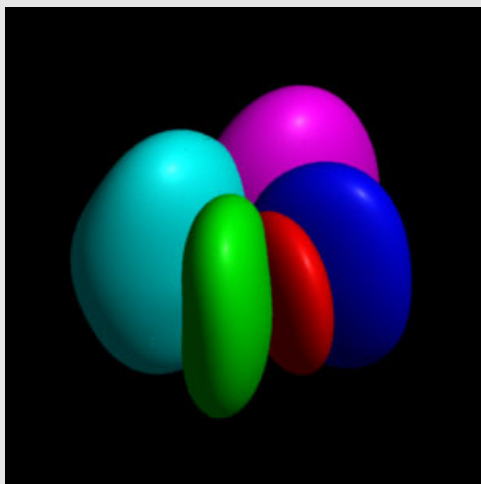
**Figure 4-o : Directivités idéales d'une prise de son 5.0 pour toutes les directions de l'espace.**

Coupes verticales selon les directions du format 5.0

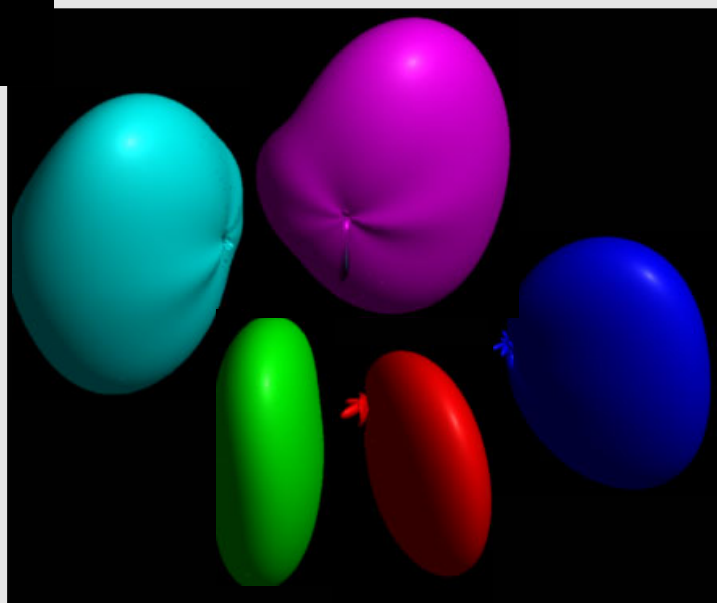
Coupe dans le plan horizontal



Représentation des directivités pour toutes les directions.



Vue en « éclaté » des directivités idéales



---

## 2.9 Maîtrise optimale du facteur de distance

---

Lorsqu'une source sonore réelle rayonne dans un environnement réel, on considère habituellement que le champ acoustique résultant est un mélange :

- de champ direct, formé par la première onde qui parvient au microphone et éventuellement par les premières réflexions contre les parois du lieu d'enregistrement (principalement celle provenant du sol). L'intensité sonore diminue lorsque la distance entre la source et le microphone augmente. A la position du microphone, l'intensité sonore du champ direct est toujours orientée dans la direction de la source.
- de champ réverbéré, constitué de la superposition des innombrables réflexions du son contre les parois du lieu d'enregistrement. L'intensité sonore du champ réverbéré est identique en tout point du lieu d'enregistrement. En chacun des points, l'intensité sonore est uniformément répartie entre toutes les directions.

Ainsi, le rapport d'intensité entre le champ direct et le champ réverbéré varie en fonction de la distance entre la source et le microphone. La distance pour laquelle, le champ direct et le champ réverbéré ont même intensité est appelée distance critique. En général, une prise de son analytique dans laquelle les sons sont détaillés et les sources sonores sont localisées avec précision est obtenue en plaçant le microphone à une distance inférieure à la distance critique.

Malheureusement, nombreuses sont les conditions d'enregistrement pour lesquelles la distance critique n'excède pas quelques mètres. Dans le cadre d'une prise de son monophonique, le rapport d'intensité entre le champ direct et le champ réverbéré peut être modifié en utilisant un microphone directif. Par exemple, un microphone cardioïde orienté dans la direction de la source présente une sensibilité au champ direct 1,73 fois supérieure (4.8dB) comparée à la sensibilité au champ réverbéré. Ainsi, la distance critique se trouve artificiellement augmentée d'un facteur 1.73 (on parle de facteur de distance).

Bien entendu, les considérations relatives à la distance critique s'appliquent également à la prise de son multicanal. Dans ce cas, les 5 canaux doivent être considérés simultanément afin de déterminer la sensibilité globale du système vis à vis du champ direct et du champ réverbéré. Dans une situation d'enregistrement classique où les sources sont positionnées sur la zone frontale, les canaux frontaux (L,R,C) reproduisent un mélange de champ direct et de champ réverbéré alors que les canaux arrières (SL,SR) reproduisent principalement du champ réverbéré. Ainsi, une solution immédiate pour augmenter la distance critique consisterait à réduire le niveau des canaux arrière. Malheureusement, cette solution dégrade la fidélité spatiale puisque les images latérales viennent s'agglutiner sur les haut-parleurs avant droit et avant gauche.

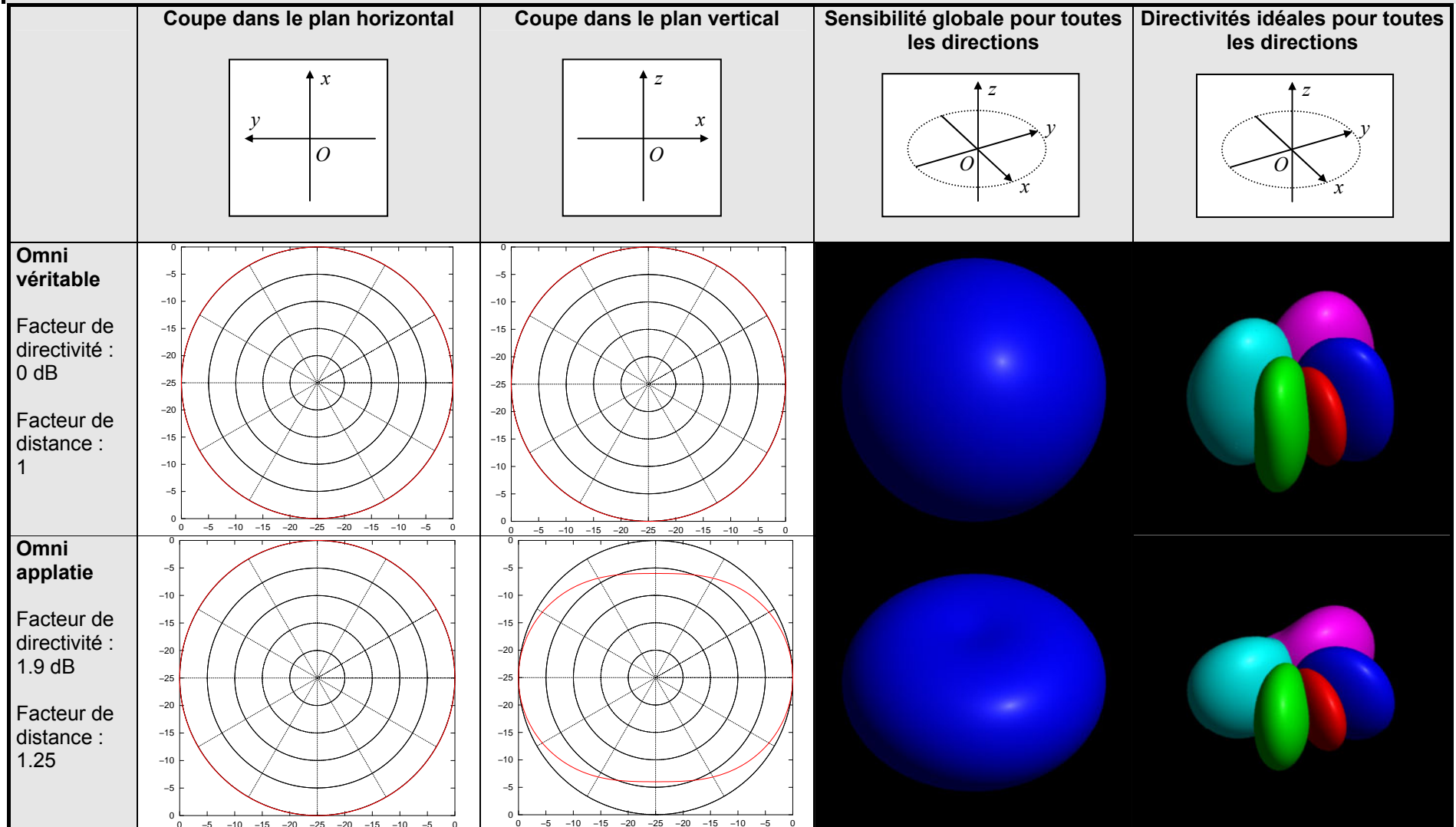
**La technologie Trinnov Audio permet de contrôler la sensibilité globale du microphone multicanal en fonction de la direction des sources, sans introduire de déformations de timbres ni de distorsion d'angle.** Le contrôle est obtenu en préservant toutes les propriétés de la haute résolution spatiale. Ce contrôle est possible en exploitant les 36 fréquences spatiales jusqu'à l'ordre 5.

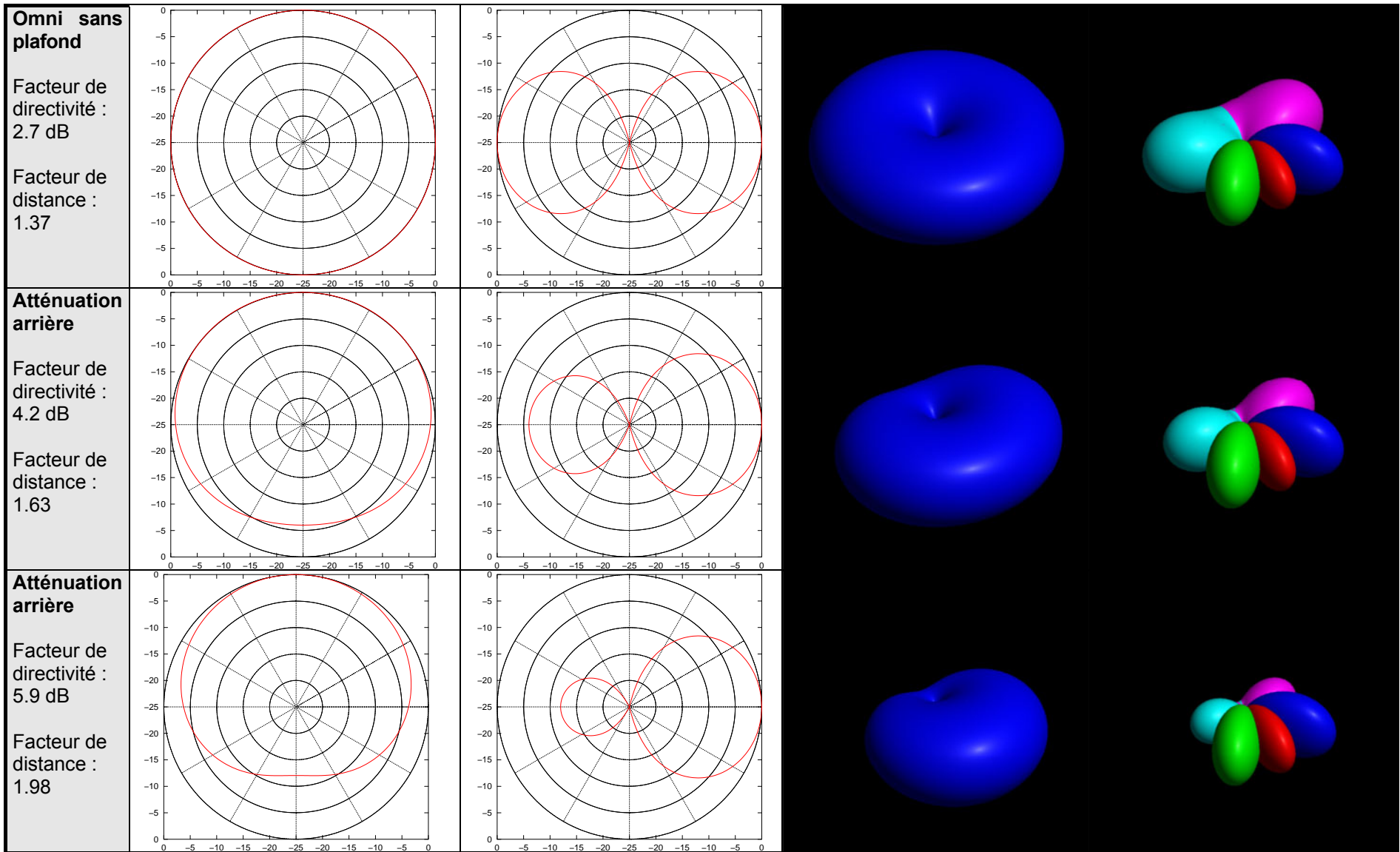
**Le principe consiste à réduire la sensibilité globale du microphone dans les directions pour lesquelles il n'y a pas de sources mais seulement du champ réverbéré.** Cette diminution de sensibilité affecte de manière identique l'ensemble des directivités idéales, de sorte qu'il n'y ait aucune influence sur la position des images fantômes, mais seulement sur leur niveau sonore. Ainsi, l'intensité du champ direct est préservée alors que celle du champ diffus diminue : le facteur de distance est supérieur à 1. Plusieurs stratégies sont envisageables en fonction de la répartition des sources autour du microphone :

- Les sources entourent le microphone sur les 360° du cercle azimutal et leur élévation n'est pas trop importante (+/- 40° par rapport au plan azimutal). Dans ce cas, le facteur de distance peut être augmenté en réduisant la sensibilité globale du microphone pour les directions dont l'élévation est importante (au dessus et au dessous du microphone).
- Les sources sont localisés dans l'hémisphère avant (+/-90°) et leur élévation n'est pas trop importante (+/- 40° par rapport au plan azimutal). Dans ce cas, le facteur de distance peut être augmenté en réduisant la sensibilité pour les sources situées en élévation (au dessus et au dessous) et situées dans l'hémisphère arrière du microphone.

La figure 4-p illustre le contrôle de la distance critique offert par la haute résolution spatiale.

Figure 4-p : Contrôle de la distance critique.





Comme cela a déjà été souligné précédemment, les 5 canaux d'une prise de son 5.0 à haute résolution spatiale sont en phase et se somment parfaitement au centre du système de restitution. Cette opération est équivalente à un down-mix mono. Dans le cas où la distance critique n'est pas modifiée artificiellement, le down-mix mono correspond exactement à une prise de son mono omnidirectionnelle. Dans les autres cas, le down-mix mono correspond à une prise de son qui aurait été effectuée par un microphone dont la directivité correspondrait à la sensibilité globale du microphone multicanal. Une telle directivité présente une bande passante spatiale étendue et ne possède pas de symétrie axiale. Pour des raisons comparables à celles avancées dans la partie 1.4, cette directivité ne peut pas être obtenue avec un unique microphone. Seule la technologie à haute résolution spatiale **Trinnov Audio** permet de modéliser de cette manière les directivités. Avec un facteur de directivité de 5.9 dB, les performances peuvent être supérieures à celles obtenues avec un cardioïde (4.8 dB) alors que les sons de l'hémisphère arrière restent audibles (atténuation de 12 dB).

---

## 2.10 De l'angle utile de prise de son à la distorsion angulaire

---

Jusqu'à présent, nous avons décrit des microphones multicanaux qui présentent une parfaite fidélité spatiale. Les sources fantômes restituées sont localisées exactement dans les directions des sources enregistrées. Or il est parfois souhaitable d'obtenir une répartition différente. Par exemple dans le cas d'une prise de son rapprochée d'une large scène sonore, il peut être souhaitable de resserrer la scène frontale.

En stéréophonie, le concept d'angle utile de prise de son a été développé afin d'exprimer l'ouverture angulaire pour laquelle les sources enregistrées se retrouvent entre les deux haut-parleurs. Cependant, l'angle utile de prise de son ne donne aucune information sur la manière dont les sources se répartissent dans l'espace stéréophonique. Le concept de distorsion angulaire reprend cette idée mais l'exprime de manière plus complète. En effet, une courbe de distorsion angulaire précise pour chaque direction de l'espace, la direction de l'image fantôme correspondante.

La notion de distorsion angulaire se base sur les fréquences spatiales d'ordre 1. En effet, selon la méta-théorie de la perception auditive de Michael Gerzon :

- la fréquence spatiale d'ordre 0 (composante omnidirectionnelle) du champ acoustique est représentative du timbre des sources.
- les 3 fréquences spatiales d'ordre 1 (composantes bidirectionnelles) du champ acoustique sont représentatives de la position des sources dans l'espace. En revanche elles ne donnent aucune information sur les autres caractéristiques des sources comme la taille, la forme, l'orientation, ...

Comme cela a déjà été évoqué dans la partie 2.4, la comparaison des composantes omnidirectionnelles entre le champ enregistré et le champ reproduit permet de déterminer les modifications de timbres apportées par le microphone multicanal. De manière analogue, la comparaison des composantes bidirectionnelles entre le champ enregistré et le champ reproduit permet de déterminer les modifications de positions apportées aux sources sonores. Autrement dit, **l'analyse des fréquences spatiales d'ordre 1 permet de caractériser très finement la distorsion angulaire.**

La technologie développée par **Trinnov Audio** permet, à l'inverse, de contrôler les fréquences spatiales, notamment les fréquences spatiales d'ordre 1. Ainsi, cette technologie permet de contrôler finement la distorsion angulaire des microphones multicanaux à haute résolution spatiale. Le contrôle de la distorsion angulaire est illustré par la figure 4-q, pour des angles de couverture de 30° (pas de distorsion), 40° (légère distorsion) et 60° (resserrement marqué de la scène frontale).

---

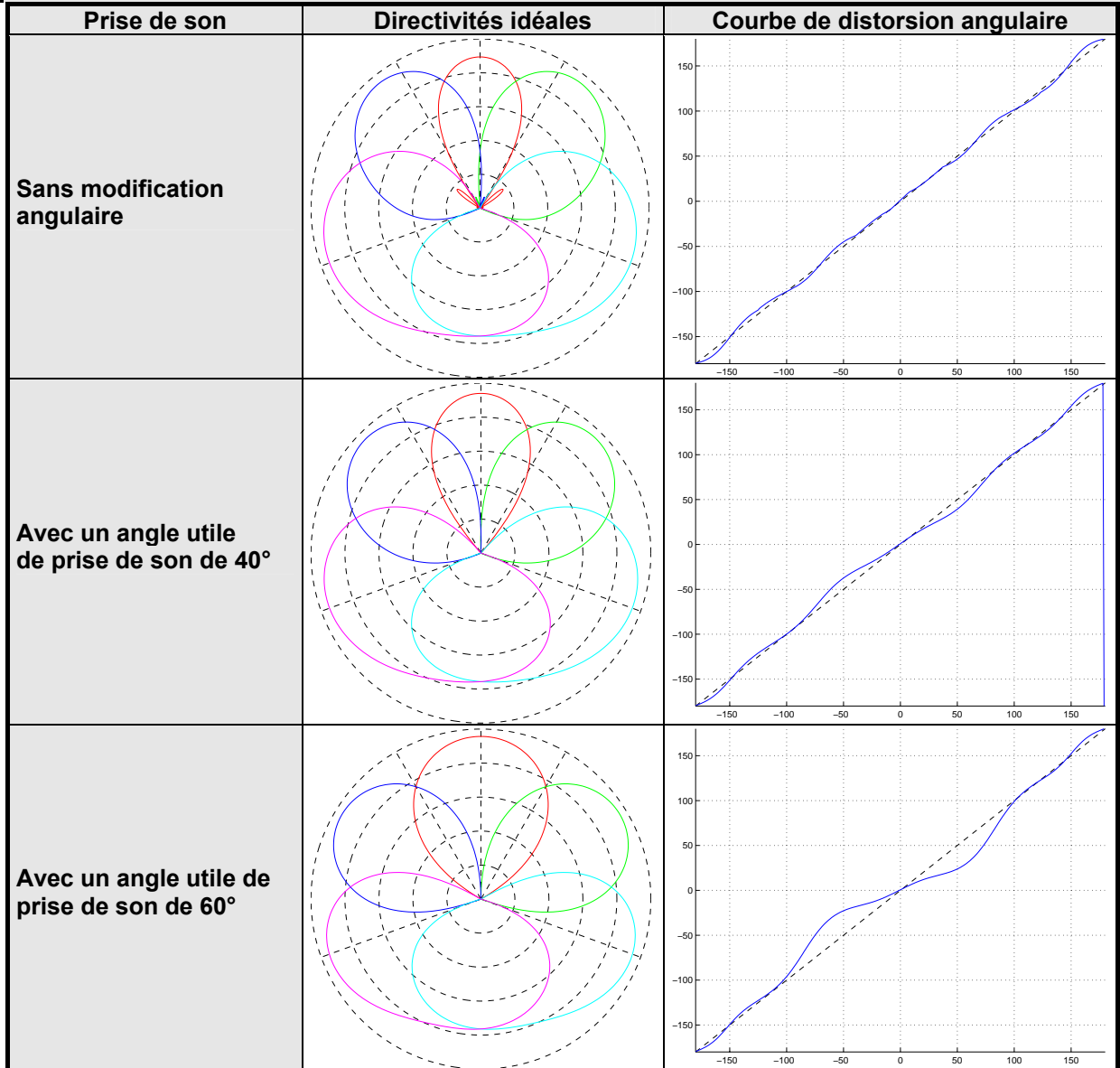
## 2.11 Meilleure robustesse au traitement

---

Il s'agit d'une conséquence immédiate de la séparation élevée entre les canaux. La modification d'un canal n'affecte les images fantômes que de part et d'autre du haut-parleur correspondant au canal modifié. Le reste de la scène sonore n'est pas touchée par cette modification. Ainsi, la haute résolution spatiale offre une robustesse accrue aux traitements usuels, tels que la correction de

niveaux, l'égalisation, la compression de dynamique ou encore le codage au moyen de matrices actives (du type pro-logic).

**Figure 4-q : Contrôle de la distorsion angulaire.**



### 3 Le fondement scientifique de la haute résolution spatiale : la maîtrise du champ acoustique

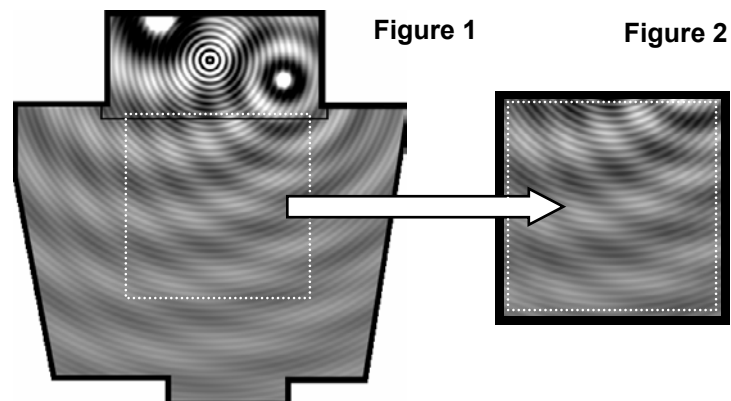
#### 3.1 Origine scientifique de la technologie

Parallèlement aux techniques traditionnelles issues de la stéréophonie, certains laboratoires de recherche explorent de nouvelles approches, notamment l'*IRCAM*, l'*Université de Delft*, *France Télécom R&D* ou encore *Trinnov Audio*. L'idée maîtresse consiste à considérer la nature physique du son, c'est à dire le champ acoustique. Les technologies développées s'appellent *Wave Field Synthesis (WFS)* ou *High Order Ambisonics (HOA)*. Ces technologies trouvent leurs origines dans l'acoustique fondamentale : le principe de Huygens (1690) et les séries de Fourier-Bessel (1870). Il s'agit d'une sorte d'approche absolue qui permet d'enregistrer le champ acoustique du lieu d'enregistrement dans une large zone et de le reproduire de manière parfaitement identique dans le lieu de restitution. Ainsi, que l'on soit dans le lieu d'écoute ou dans le lieu d'enregistrement, il n'y a aucune différence, l'expérience auditive est absolument identique. Malheureusement, ces systèmes ne sont pas utilisés car les microphones et les haut-parleurs se comptent par centaines.

Figure 4-r : La maîtrise du champ acoustique.

**Figure 1 :** Dans cette salle de concert vue du dessus, trois sources sonores créent un champ acoustique dans lequel sont plongés les auditeurs.

**Figure 2 :** Dans cet auditorium, le champ acoustique capté pendant le concert est parfaitement reproduit. Les auditeurs sont alors plongés dans le même champ acoustique que celui du concert.



Toutefois, ce fondement scientifique valide de manière profonde et objective le concept de haute résolution spatiale. En effet, la technologie HOA se base précisément sur la décomposition du champ acoustique en fréquences spatiales appelées fonctions de Fourier-Bessel (constituées par les fonctions de Bessel et les harmoniques sphériques). La puissance de cet outil est identique à celle offerte par la décomposition d'un signal en ses fréquences constituantes : les timbres peuvent être totalement transformés ou au contraire parfaitement préservés. Par analogie, HOA est un puissant outil de contrôle des champ acoustique : les timbres et les positions des sources peuvent être totalement transformées ou au contraire parfaitement préservés.

#### 3.2 Enregistrement à haute résolution spatiale - Principe d'échantillonnage

Comme cela a été évoqué dans 4.1.4, les directivités nécessaires pour un enregistrement à haute résolution spatiale ne sont pas offertes naturellement par les microphones actuels. Pour atteindre les performances requises, il est nécessaire de les recomposer grâce à un traitement linéaire complexe : le filtrage matriciel total. Un microphone multicanal à haute résolution spatiale fonctionne donc en deux étapes :

- Une étape d'acquisition d'informations sur le champ acoustique à l'aide d'un réseau de microphones usuels.
- Une étape de traitement, basée sur un filtrage matriciel total, permettant de synthétiser les directivités souhaitées

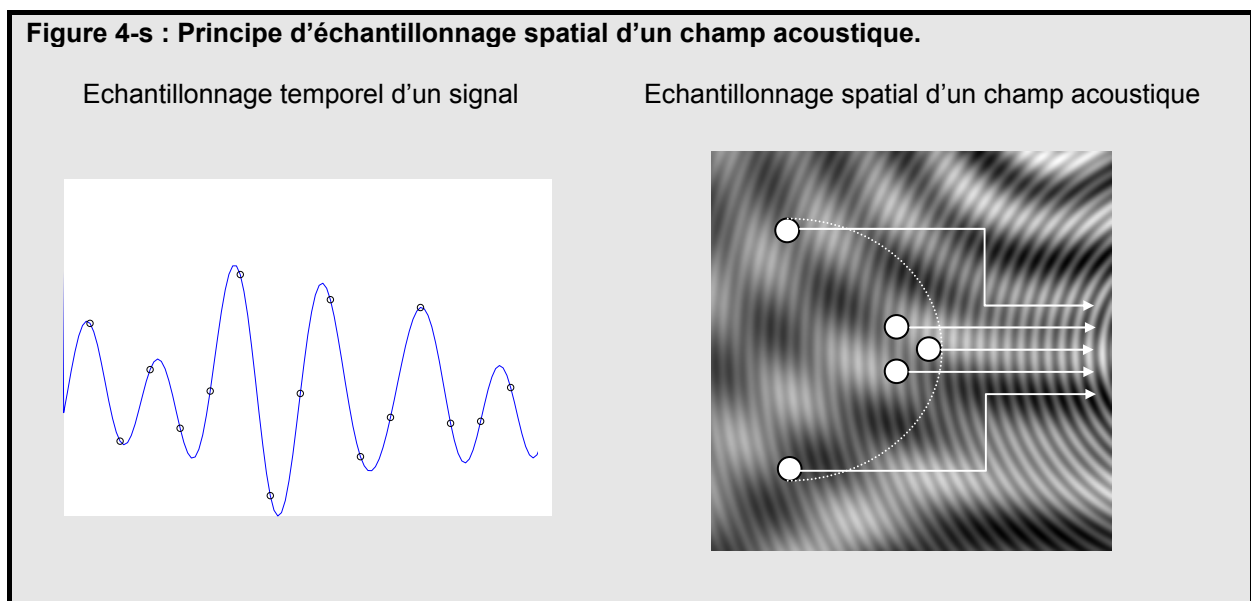
L'étape d'acquisition peut s'interpréter comme une étape d'échantillonnage spatial du champ acoustique et s'inspire directement de la méthode d'échantillonnage temporel d'un signal.

En effet, un signal (dont la bande passante est limitée) peut être observé en seulement certains instants sans qu'il n'y ait de perte d'information. Le signal temporel initialement continu se trouve alors parfaitement représenté par une série de valeurs appelées échantillons. On parle d'échantillonnage temporel du signal.

**Par analogie, un champ acoustique peut être observé en seulement certaines positions sans qu'il n'y ait de perte d'information. Le champ acoustique initialement continu se trouve alors parfaitement représenté par une série de signaux appelés échantillons. On parle d'échantillonnage spatial du champ acoustique.**

En réalité, un réseau de microphones réalise précisément des mesures sur le champ acoustique à des positions différentes et correspond donc à un échantillonneur de champ acoustique. L'ensemble des mesures réalisées caractérise les variations spatiales du champ acoustique. Ce principe est illustré par la figure 4-s.

**Figure 4-s : Principe d'échantillonnage spatial d'un champ acoustique.**



### 3.3 Enregistrement à haute résolution spatiale - Principe d'encodage

L'encodage est une opération qui consiste à déterminer les fréquences spatiales du champ acoustique. Lorsque le réseau de microphones est exposé à un champ acoustique connu en tout point, les lois de la physique permettent de calculer précisément les échantillons, c'est à dire les signaux délivrés par les microphones du réseau.

Or dans une situation d'enregistrement, on se trouve exactement dans la situation inverse : le réseau de microphones délivre des signaux qui sont connus et l'on souhaite obtenir des informations concernant le champ acoustique initial. Dans le cas particulier d'un enregistrement à haute résolution spatiale, on souhaite mesurer les fréquences spatiales du champ acoustique jusqu'à l'ordre 5. **Ainsi exprimée, l'opération d'encodage correspond exactement à l'inverse du processus d'échantillonnage spatial du champ acoustique. Ainsi, un enregistrement à haute résolution spatiale est obtenu en inversant le processus d'échantillonnage du champ acoustique au moyen d'un filtrage matriciel total.**

Un exposé détaillé de cette technique est développé dans les publications « *A New Comprehensive Approach of Surround Sound Recording* » (114<sup>ème</sup> Convention de l'AES, preprint 5717) et « *High Spatial Resolution Multichannel Recording* » (116<sup>ème</sup> Convention de l'AES).

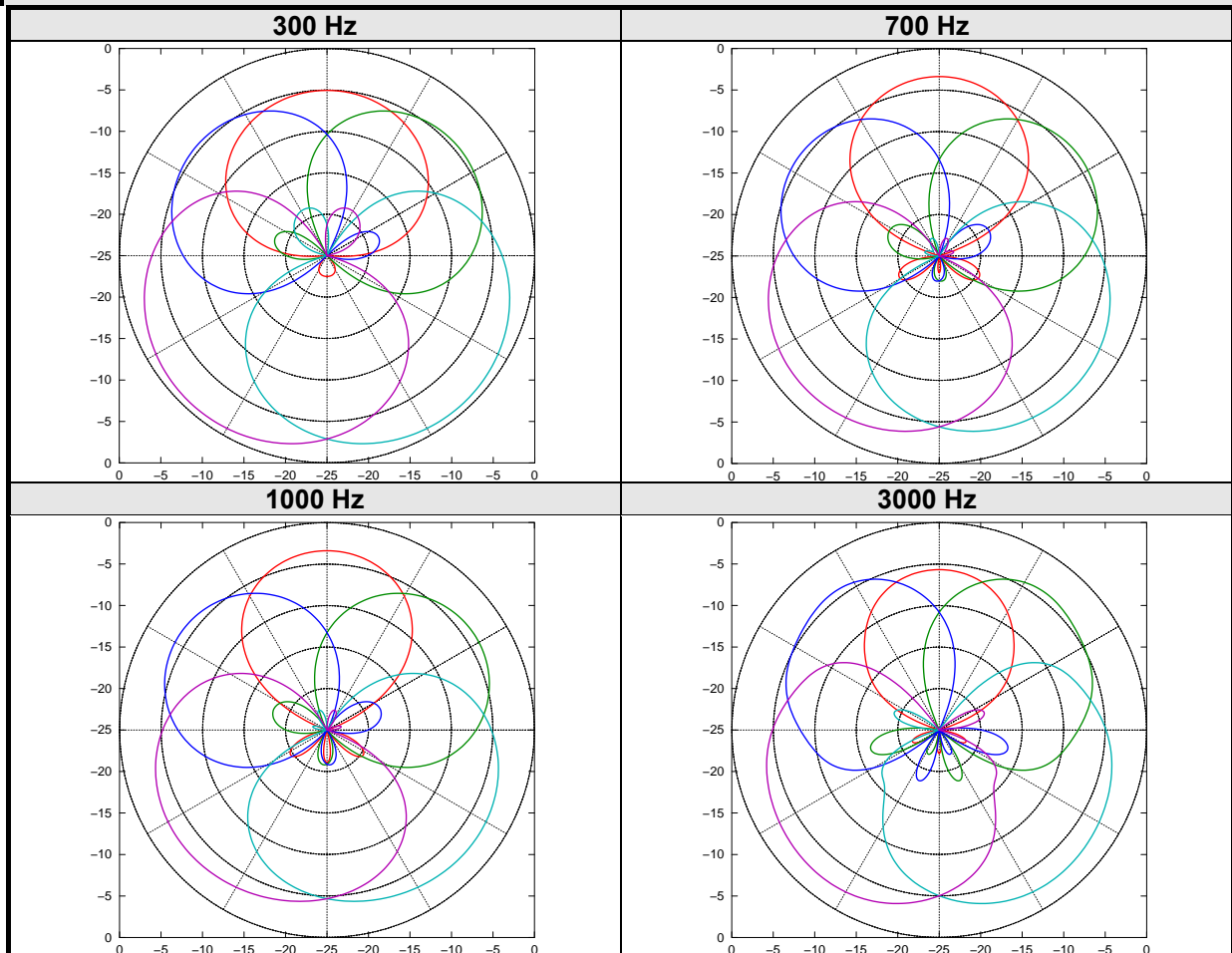
### 3.4 Capture en $\Delta T$ et transmission en $\Delta I$

Grâce aux travaux de **Trinnov Audio**, la haute résolution spatiale peut être atteinte avec un réseau de **8 microphones omnidirectionnels et une unité de traitement**.

Dans ce système, la capture du champ acoustique est réalisée selon une approche en pure  $\Delta T$ . **L'information est prélevée uniquement grâce à l'écartement des capteurs**, sans exploiter de caractéristiques directionnelles. L'agencement des microphones dans le réseau est optimisé pour prélever efficacement une grande quantité d'informations sur le champ acoustique. Les travaux de **Trinnov Audio** ont mis en évidence que, compte tenu de la faible sélectivité spatiale des microphones actuels, un réseau non coïncident réalise une meilleure captation qu'un réseau coïncident (*114<sup>ème</sup> Convention de l'AES, preprint 5717*). En d'autres termes, l'échantillonnage du champ acoustique par un réseau non-coïncident de microphones est plus efficace qu'un échantillonnage par un réseau coïncident.

Grâce à un traitement basé sur le contrôle du champ acoustique, l'unité de traitement détermine les 5 canaux du format 5.0 qui permettent une reproduction optimale du champ acoustique. Le traitement est basé sur 40 filtres à 1024 fréquences permettant une reconstitution optimale de chaque canal à partir des 8 microphones omnidirectionnels. L'ensemble du système (réseau + unité de traitement) se comporte comme 5 microphones coïncidents réalisant une prise de son à haute résolution spatiale. Les performances typiques du microphone **Trinnov Audio HSR 5.0** sont présentées sur la figure 4-t. Dans le signal multicanal délivré, l'information est uniquement codée en variation d'intensité sonore ( $\Delta I$ ). Ce type de codage est particulièrement bien adapté à la transmission et la restitution de son multicanal.

**Figure 4-t : Performances typiques du microphone Trinnov Audio HSR 5.0**



### 3.5 Trinnov SRP : une plate-forme dédiée à la haute résolution spatiale.

La technologie à haute résolution spatiale offre de nouvelles perspectives en matière de prise de son multicanale. En exploitant une architecture originale composée d'un réseau de microphone et d'un traitement numérique spécifique, cette technologie est à l'origine d'une nouvelle génération de microphones multicanaux.

**Trinnov Audio** propose une solution souple et évolutive : *Trinnov SRP (Surround Recording Platform)*. Plus qu'un simple microphone multicanal il s'agit d'une véritable plate-forme évolutive dédiée à la prise de son à haute résolution spatiale. Actuellement, le *SRP* accueille le premier microphones multicanal 5.0 à haute résolution spatiale. La plate-forme à été conçue pour recevoir les futurs microphones à haute résolution spatial qui seront proposés sous forme de packages *HSR (High Spatial Resolution)*. Un package est constitué d'un disque optique pour la mise à jour logicielle du *SRP* et éventuellement d'un nouveau réseau de microphones.

Le premier package disponible est le *HSR 5.0/Omni-8* composé :

- du réseau *Omni-8* permettant d'accueillir 8 microphones omnidirectionnels de studio. Grâce à un jeu de bagues, vous adaptez vos microphones de studio favoris.
- de la banque de filtres matriciels total *HSR 5.0* permettant d'exploiter le réseau *Omni-8*.
- d'outils de monitoring dédiés à la prise de son à haute résolution spatiale.
- d'outils de gestion du facteur de distance.

#### Trinnov SRP équipé du package *HSR 5.0/Omni-8*



#### Pour plus d'information sur la plate-forme Trinnov SRP :

**Trinnov Audio**

30-32 avenue de la République  
94815 Villejuif Cedex  
France

Tel : +33 1 46 81 27 56  
Fax : +33 1 46 81 77 27  
Mob : +33 6 16 81 62 87  
[www.trinnov.com](http://www.trinnov.com) – [contact@trinnov.com](mailto:contact@trinnov.com)

**Sebastien Montoya, Product Manager**

[sebastien.montoya@trinnov.com](mailto:sebastien.montoya@trinnov.com)  
Tel : +33 6 74 09 95 38

**Arnaud Laborie, General Manager**

[arnaud.laborie@trinnov.com](mailto:arnaud.laborie@trinnov.com)  
Tel : +33 6 16 81 62 87  
Fax: +33 1 46 81 77 27