

Introduction

Le son est une onde de pression qui se propage dans l'air avec une direction et une amplitude. Tous les microphones mesurent l'amplitude et la fréquence de cette onde. Un microphone omnidirectionnel ignore la direction et mesure le son de toutes les sources de la même manière. Un microphone directionnel captera les sons provenant d'une région particulière tandis que les sources en dehors de cette région seront rejetées. Les microphones directionnels sont plus avantageux lorsque vous essayez d'enregistrer uniquement une source prévue (c'est-à-dire la voix d'une personne) et de supprimer le bruit de fond autant que possible.

La prolifération de la capture audio et vocale dans les appareils grand public a entraîné de grandes avancées dans le développement de petits microphones MEMS haute performance. Les MEMS, ou systèmes micro-électromécaniques, font référence à une classe de systèmes qui exploitent les techniques de traitement de microfabrication pour graver diverses structures dans une plaquette de silicium semi-conducteur. Jusqu'à présent, seuls les microphones omnidirectionnels bénéficiaient d'une fabrication à l'échelle MEMS sans compromis extrêmes sur les performances. Les microphones directionnels n'existent actuellement que dans de grands boîtiers destinés à l'audio professionnel ou avec des compromis extrêmes sur la qualité du signal. Soundskrit présente le premier microphone MEMS directionnel haute performance afin que l'électronique grand public et d'autres applications à taille limitée puissent réduire le bruit de fond et améliorer la clarté vocale. Comme le montre la figure 1, les microphones Soundskrit sont de taille similaire aux microphones omnidirectionnels modernes.

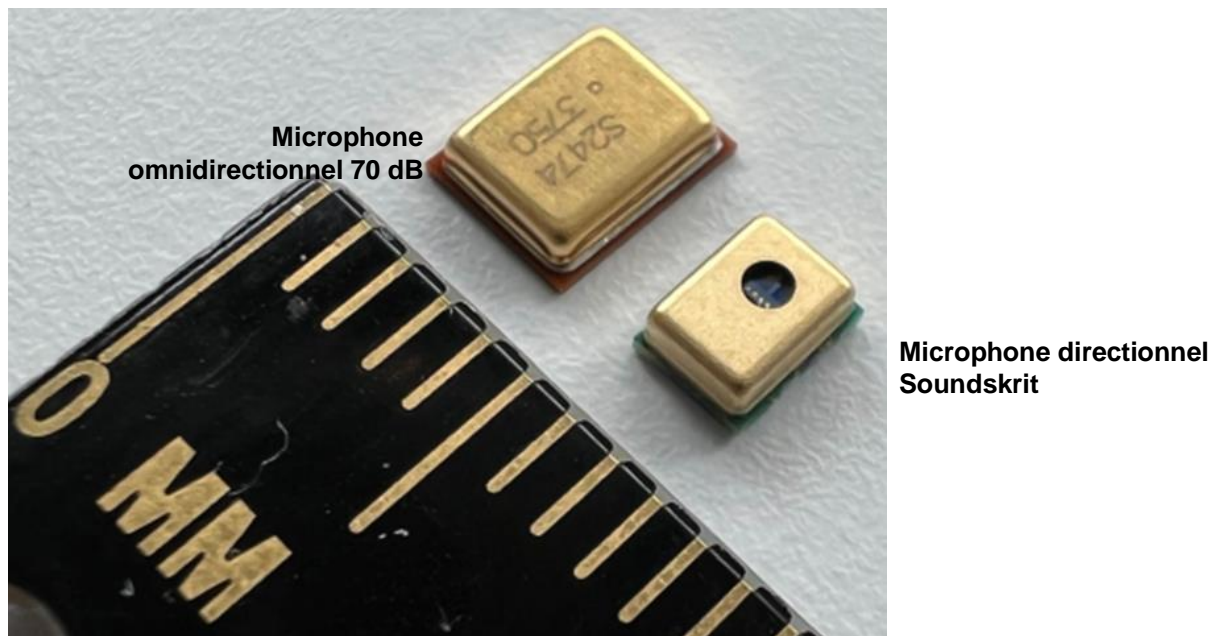


Figure 1: Microphones omnidirectionnels MEMS et Soundskrit

Le microphone omnidirectionnel MEMS traditionnel

Un microphone MEMS standard se compose de trois composants principaux : un capteur acoustique MEMS, un circuit intégré spécifique à l'application (ASIC) et un couvercle métallique de protection qui recouvre les MEMS et les ASIC, le tout monté sur une carte de circuit imprimé (PCB).

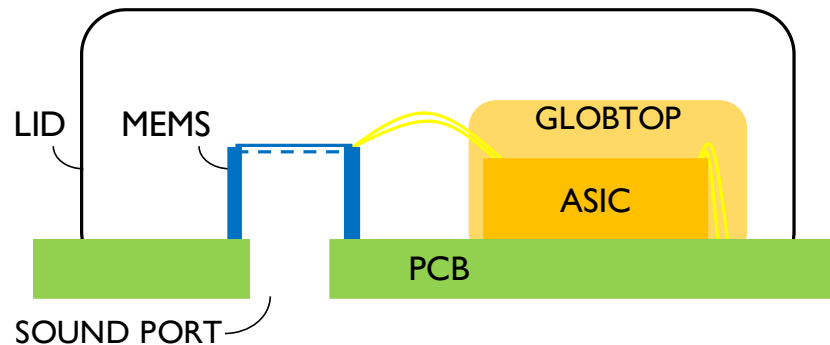


Figure 2 : Microphone MEMS omnidirectionnel

Un microphone MEMS omnidirectionnel dispose d'un seul port sonore pour permettre aux ondes sonores d'entrer dans le microphone. Le transducteur MEMS du microphone se compose d'un diaphragme fin et flexible qui peut répondre aux changements de pression. Lorsqu'une onde acoustique, ou un son, traverse le port sonore du microphone omnidirectionnel, elle comprime les particules d'air dans l'ouverture. Cela crée une pression au niveau de l'orifice sonore, près du transducteur MEMS, et fait vibrer le diaphragme du transducteur à la fréquence de l'onde acoustique.

Lorsque le diaphragme vibre, la distance entre le diaphragme et une électrode fixe fluctue, créant un changement de capacité qui peut être lu par l'ASIC. L'ASIC conditionne davantage le signal pour le préparer à l'étape suivante de la chaîne de signal, telle qu'un codec audio.

Étant donné qu'une onde acoustique comprime les particules d'air au niveau de l'orifice sonore, quelle que soit la direction dans laquelle elle se propage, le microphone omnidirectionnel capte le son de manière égale dans toutes les directions. Il ne peut pas distinguer les sons provenant de différentes directions.

Dans la plupart des applications du monde réel, il est souhaitable de capter le son provenant d'une direction spécifique. Par exemple, dans les applications où un utilisateur parle à un microphone intégré dans un ordinateur portable ou un haut-parleur intelligent, il y a souvent du bruit ambiant autour de lui. Le microphone omnidirectionnel capte à la fois la voix de l'utilisateur et le bruit ambiant qui l'entoure sans discernement. Ce bruit ambiant peut souvent dominer la voix de l'utilisateur et le rendre difficile à comprendre. Idéalement, le microphone devrait être capable de capter la voix souhaitée tout en ignorant le bruit de fond provenant d'autres directions.

La configuration de plusieurs microphones omnidirectionnels dans un réseau peut créer un modèle de captation directionnel. Cependant, cela nécessite un grand espacement entre les capteurs, introduit du bruit supplémentaire et nécessite des microphones étroitement adaptés. Soundskrit a conçu un transducteur de microphone unique qui est intrinsèquement directionnel, apportant un nouveau paradigme au développement des microphones MEMS.

Le microphone directionnel Soundskrit

Un microphone de Soundskrit ne réagira qu'au son se propageant dans une direction spécifique. Grâce à cette technologie, les microphones Soundskrit captent la voix de l'utilisateur et ignorent les bruits de fond indésirables provenant d'autres directions dans un boîtier à petite échelle MEMS. Les figures 3 et 4 montrent un schéma en coupe transversale d'un microphone Soundskrit soumis à un son provenant de deux directions différentes.

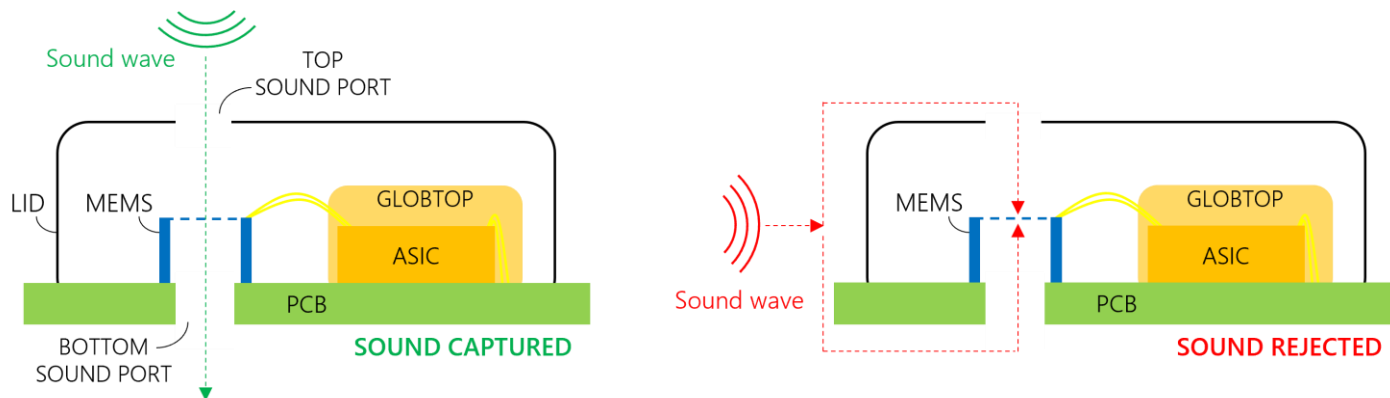


Figure 2: Soundskrit MEMS capturant le son d'en haut Figure 4 : Soundskrit MEMS rejetant le son des côtés

Contrairement à son homologue omnidirectionnel, le microphone Soundskrit se compose de deux ports audio situés de part et d'autre du diaphragme MEMS. Le diaphragme MEMS tire parti d'une architecture unique conçue spécifiquement pour la capture sonore directionnelle. Le diaphragme est conçu pour se déplacer efficacement avec le mouvement de l'air environnant et donc le détecter.

Lorsqu'une onde sonore se propage dans une direction parallèle à une ligne reliant les deux ports sonores, comme le montre la figure 3, le son pénètre dans l'orifice sonore supérieur et déplace l'air entourant le diaphragme. Le diaphragme est conçu pour se déplacer avec l'air ambiant plutôt que de restreindre le mouvement de l'air comme le font les microphones MEMS traditionnels. Le diaphragme vibre en synchronisation avec l'air en mouvement et l'onde sonore passe efficacement à travers le diaphragme. Des électrodes convertissent ensuite ces vibrations mécaniques en un signal électrique. Ces électrodes doivent être spécialement conçues pour ne pas entraver ce mouvement.

Lorsque le son provient du côté du microphone, comme dans la Figure 4, l'onde acoustique s'enroule autour du microphone et pénètre simultanément dans les ports audio supérieur et inférieur. En conséquence, l'onde sonore frappe chaque côté du diaphragme MEMS en même temps. La pression, et donc le mouvement de l'air, de chaque côté du diaphragme est égale et les ondes identiques s'annulent. Il n'y a donc aucun mouvement d'air autour du transducteur MEMS et donc aucun signal. Le microphone ne capte que le son se déplaçant dans une direction. Comme le diaphragme vibre proportionnellement à l'amplitude du son, le microphone fournit à la fois des informations d'amplitude et de direction. En utilisant des microphones Soundskrit, les appareils peuvent filtrer les sons indésirables et amplifier la parole souhaitée d'un utilisateur.

Le défi du bruit

Au cours des dernières années, d'énormes efforts ont été consacrés à l'amélioration des performances des microphones omnidirectionnels MEMS, en particulier en termes de rapport signal/bruit (SNR). Le bruit du microphone est un artefact indésirable inhérent à tout microphone en raison du mouvement aléatoire de l'air et du bruit électrique. Il se manifeste sous la forme d'un signal électrique qui corrompt le véritable signal audio capturé par le microphone. Si le bruit du microphone est trop élevé, il peut masquer l'audio souhaité et être très désagréable pour un auditeur.

En raison des progrès modernes, le bruit propre est rarement le goulot d'étranglement pour obtenir une qualité audio élevée. Au contraire, le bruit dans l'environnement est l'obstacle le plus important à la captation audio claire. Les microphones MEMS sont souvent placés dans des scénarios où il est souhaitable de capter un son spécifique, comme la voix d'un utilisateur, tout en ignorant les bruits environnants qui peuvent être gênants (par exemple, le bruit d'un téléviseur, les personnes qui parlent en arrière-plan, etc.).

La parole conversationnelle typique a un niveau sonore de ~60 dB SPL à 1 m de distance. Au fur et à mesure que le microphone est placé de plus en plus loin de l'utilisateur, l'amplitude de la parole capturée est réduite et vice versa. Par exemple, un microphone placé à ~5 m de l'utilisateur peut entendre la parole à 45 dB SPL. Les microphones à la pointe de la technologie d'aujourd'hui ont des bruits de fond allant de ~21 à 30 dB. C'est bien en deçà du niveau habituel de la parole humaine, même à de longues distances d'écoute.

En revanche, le bruit ambiant est généralement beaucoup plus élevé que les bruits de fond des microphones MEMS modernes. Comme le montre la figure 5, le bruit ambiant dans une maison peut être aussi fort que 50 dB SPL, un bureau peut être aussi fort que 65 dB SPL et un environnement extérieur dans une ville animée peut atteindre 80 dB SPL. De plus, les bruits parasites des téléviseurs et des haut-parleurs peuvent exacerber ce problème.

Lorsque les niveaux sonores ambiants sont beaucoup plus forts que le bruit du microphone, ils sont également souvent plus forts que la parole souhaitée. En conséquence, le microphone laisse l'utilisateur avec une parole inintelligible et une reconnaissance vocale inexacte, ce qui entraîne les nombreuses expériences audio frustrantes auxquelles nous sommes confrontés au quotidien. Les bruits ambiants indésirables sont actuellement le plus grand obstacle aux produits haute performance offrant une qualité audio supérieure. L'accent mis sur la réduction du bruit de fond aura un impact important sur l'expérience utilisateur, tandis que la réduction du bruit du signal n'offre que des rendements décroissants dans l'espace de conception des microphones MEMS d'aujourd'hui.

Sound Levels of Typical Environments

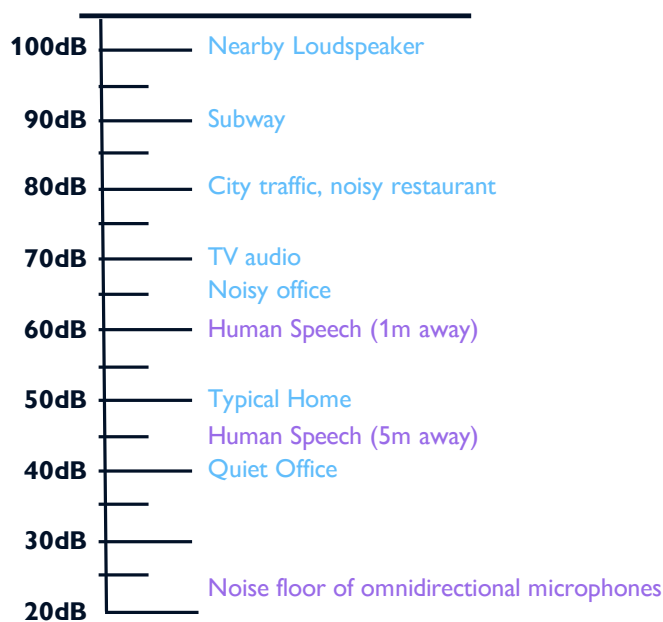


Figure 5 : Niveaux de bruit provenant de différentes sources

Modèle de directivité

La sensibilité des microphones de Soundskrit par rapport à l'angle d'entrée d'une onde sonore peut être représentée sous la forme d'un diagramme dipôle, ou figure 8. En revanche, le microphone omnidirectionnel typique maintient une réponse égale, quelle que soit la direction entrante du son. Des représentations de ces diagrammes polaires sont présentées à la figure 6 ci-dessous.

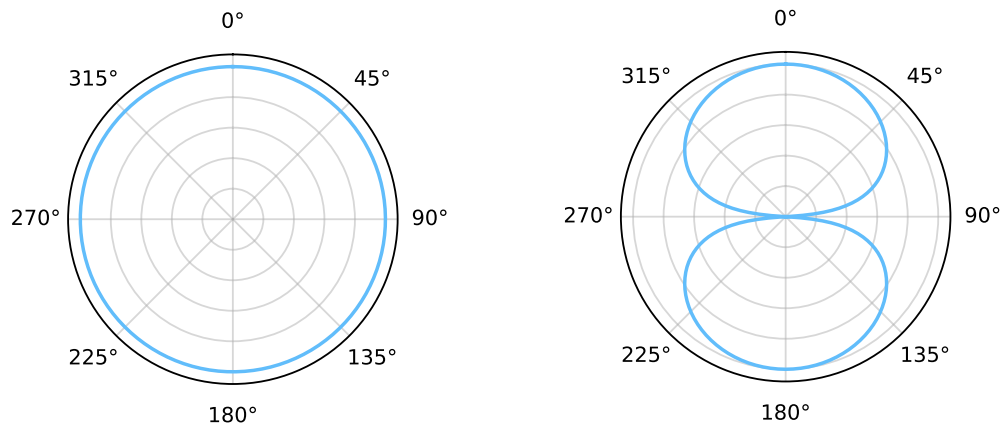


Figure 6 : Diagramme polaire d'un microphone omnidirectionnel (à gauche) et d'un microphone Soundskrit (à droite)

Pour le microphone Soundskrit, la direction du dipôle (c'est-à-dire l'orientation des angles 0° et 180°) est déterminée par l'emplacement des ports audio. Le motif dipolaire sera centré le long d'une ligne droite tracée au centre de chaque port sonore. L'orientation correcte de la directivité peut être obtenue en plaçant stratégiquement les ports sonores dans un produit final. Le motif dipolaire de Soundskrit aura la plus grande sensibilité le long des directions 0° et 180° tout en rejetant de manière significative les sons provenant des côtés à 90° et 270°. Il convient de noter que ce diagramme dipolaire est symétrique en 3D par rapport à la ligne reliant les deux ports audio du microphone, comme illustré à la

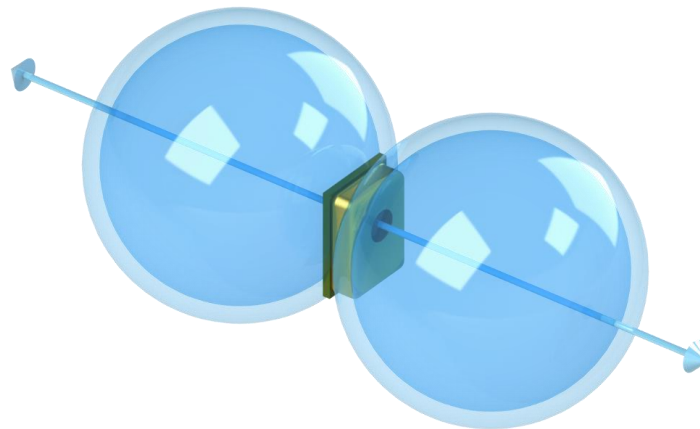


figure 7 ci-dessous.

Figure 7 : Rendu 3D du faisceau dipolaire fourni par le microphone Soundskrit

Capture sonore à 360° à l'aide de deux microphones Soundskrit

L'utilisation de deux microphones directionnels fournit des informations sur l'amplitude et la direction des sons à 360°. Avec cette information, on peut choisir d'entendre le son d'une direction spécifique et rejeter le son qui n'est pas dans cette direction d'intérêt. Deux microphones Soundskrit peuvent être orientés de manière à ce que leurs axes de sensibilité soient orthogonaux l'un à l'autre, ou séparés par un angle de 90°, comme illustré à la figure 8.

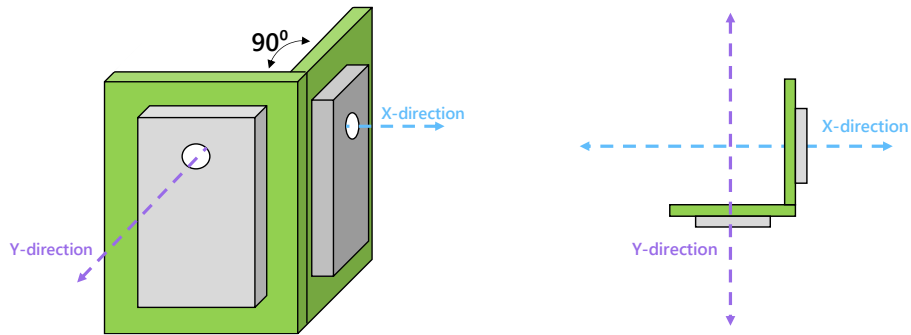


Figure 8 : Deux microphones Soundskrit pour la capture du son à 360° en vue en perspective (à gauche) et en vue de dessus (à droite)

Dans cette configuration, un microphone Soundskrit est orienté de manière à capter le son dans la direction « X », tandis qu'un deuxième microphone capte le son dans la direction « Y », comme sur une grille de coordonnées. Tout comme beaucoup d'autres phénomènes physiques, les ondes sonores sont un vecteur qui se propage dans une direction spécifique qui peut être décomposée en composants qui se déplacent dans la direction « X » et en composants qui se déplacent dans la direction « Y ». La

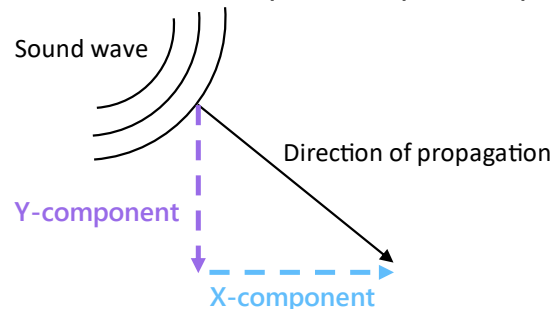
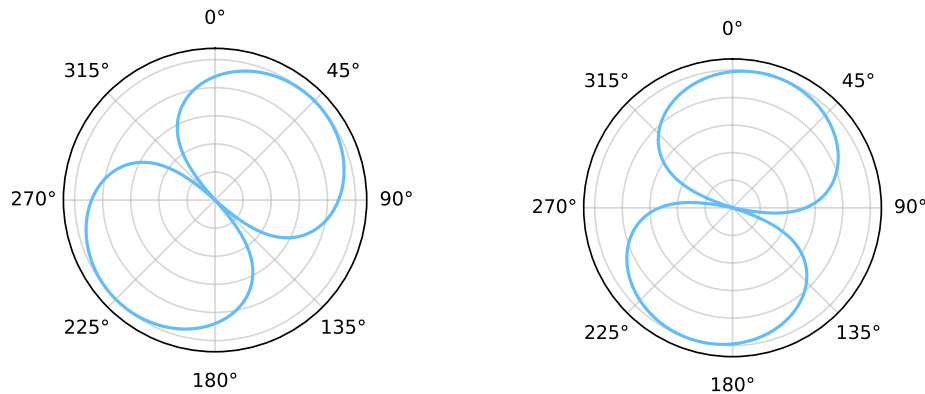


figure 9 en est un exemple.

Figure 9 : Illustration des composantes « X » et « Y » d'une onde sonore

Avec deux microphones Soundskrit mesurant les composantes « X » et « Y » de l'onde sonore, le système peut caractériser pleinement la direction à partir de laquelle une onde sonore se propage. Par exemple, une onde sonore se déplaçant à partir d'un angle de 45° par rapport aux microphones aura une quantité égale d'énergie voyageant dans la direction « X » et la direction « Y ». Les deux microphones Soundskrit verraient des signaux d'amplitude égale. En revanche, si l'onde sonore arrivait d'un angle de 15°, sa composante « Y » aurait une amplitude trois fois supérieure à l'amplitude de sa composante « X ». En comparant les amplitudes relatives entre les deux microphones, il est possible de déterminer la direction d'où provient l'onde sonore.

De même, les signaux des deux microphones peuvent être recombinaison pour produire un nouveau diagramme dipolaire pointé dans une direction différente. Cela peut être utilisé pour orienter la direction d'écoute effective des microphones vers l'angle souhaité et se fait par simple addition des deux signaux du microphone. Par exemple, la somme des microphones « X » et « Y » avec une pondération égale crée un diagramme polaire dipolaire orienté le long de la direction 45°. Mais en pesant le microphone « Y » trois fois plus que le microphone « X », on obtient un dipôle pointant à 15°, comme le montre la figure 10. La pondération des composants « X » et « Y » permet de diriger le dipôle dans n'importe



quelle direction.

Figure 10 : Recombinaison de deux microphones Soundskrit pour fournir un dipôle pointant à 45° (gauche) et 15° (droite)

Comme illustré, deux microphones Soundskrit orientés orthogonalement l'un par rapport à l'autre permettent de localiser la direction de tout son entrant, puis de l'isoler en orientant le dipôle dans cette direction.

Soutien supplémentaire

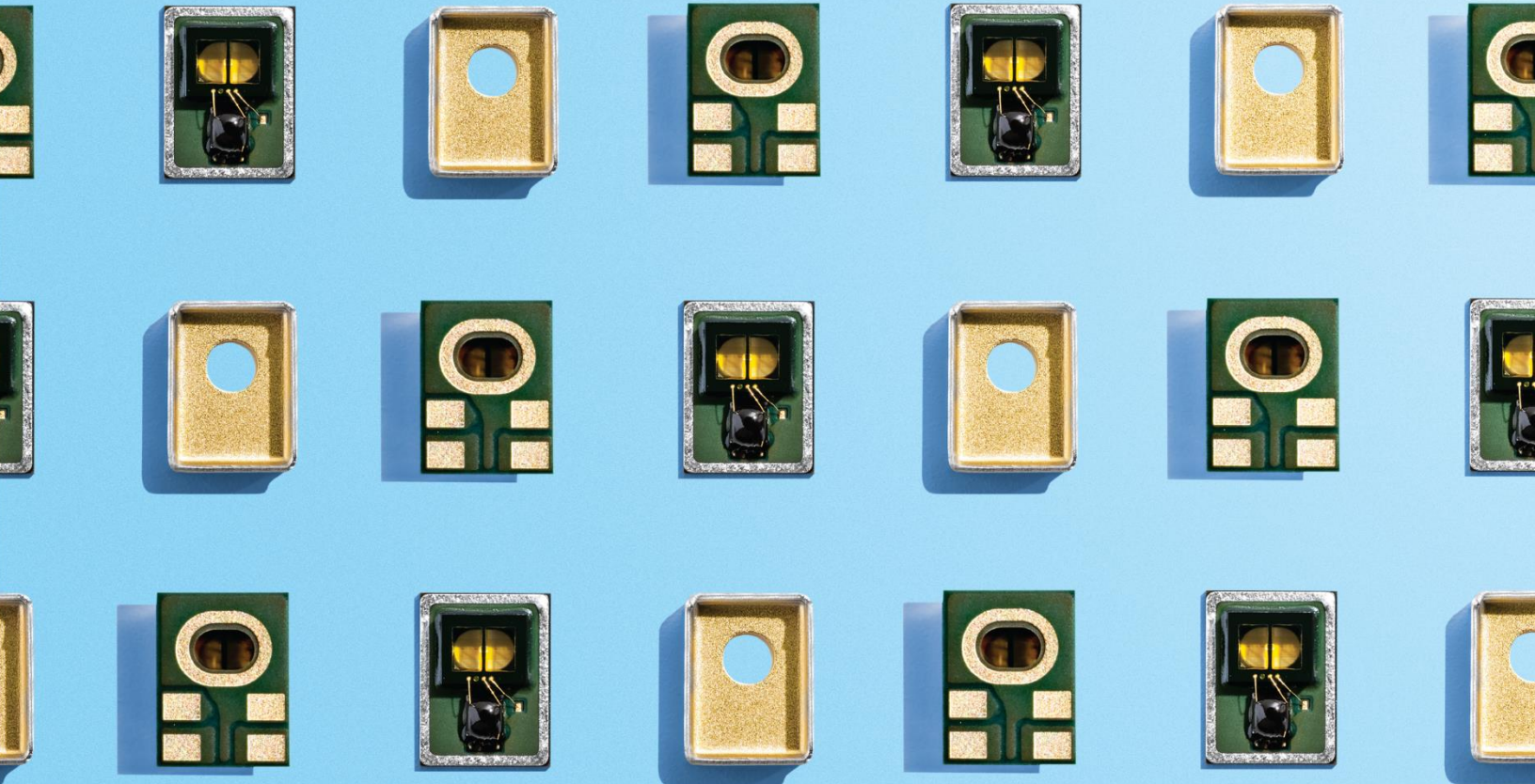
Pour plus d'informations sur les produits de Soundskrit, visitez notre site Web à [l'adresse http://www.soundskrit.ca](http://www.soundskrit.ca) où vous trouverez plus de notes d'application, de fiches techniques et d'informations d'achat. Si vous avez des questions ou si vous avez besoin d'une assistance technique, n'hésitez pas à applications@soundskrit.ca contacter.

Étiquette de révision	Date de révision	Sections révisées
-	Avril 2022	Version initiale
Un	Février 2023	Mise à jour de la mise en forme



Soundskrit a développé le premier microphone MEMS directionnel haute performance sur le marché, en s'appuyant sur des années de recherche sur les MEMS bio-inspirés basés sur la façon dont les araignées et autres insectes de la nature entendent. En combinaison avec les algorithmes de traitement audio internes de Soundskrit, les microphones directionnels peuvent être utilisés pour capturer et isoler n'importe quel son dans un environnement avec une fraction de la taille, de la puissance et du calcul des réseaux de microphones omnidirectionnels traditionnels.

Soundskrit a été fondée en 2019 et son siège social est situé à Montréal, au Québec, avec un centre de recherche et développement à Ann Arbor, au Michigan.



soundskrit
Hear the impossible.