

Introduction aux diagrammes polaires du microphone

Les microphones sont classés en fonction de leur *directivité*. Le diagramme polaire décrit comment la sensibilité d'un microphone varie en fonction de la direction d'arrivée (DoA) du signal. La conception d'un système pour avoir un diagramme polaire spécifique est utile pour contrôler les sons captés afin que le signal d'intérêt soit le plus important dans l'enregistrement. Les diagrammes polaires de base pour les microphones sont omnidirectionnels, cardioïdes et dipôles vus ci-dessous.

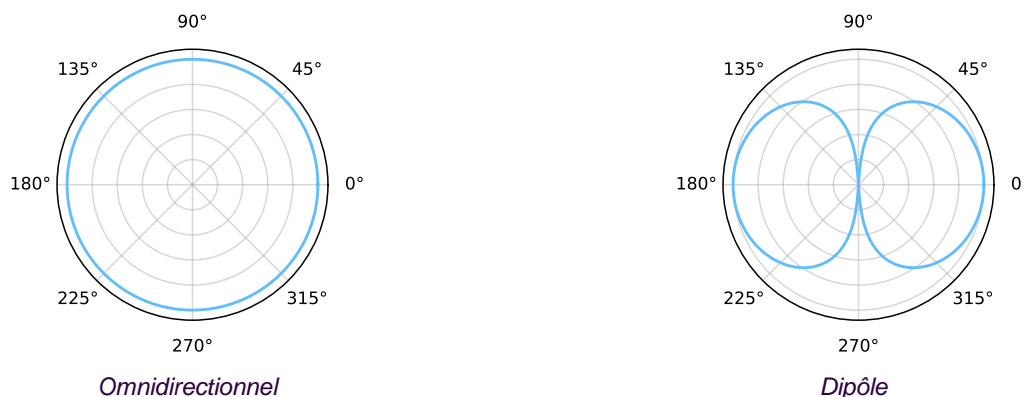


Figure 1: Directivités de base du microphone

Un microphone avec une directivité *omnidirectionnelle* capte le son de manière égale dans toutes les directions. Un dipôle capte les sons de l'avant et de l'arrière de manière égale et rejette les sons des côtés. Les dipôles ont une *valeur nulle*, où le son est le plus rejeté, à 90° et 270°. Le diagramme polaire indique également où le son commence à baisser. Dans un dipôle, il y a un gain de -3 dB à $\pm 45^\circ$ par rapport à 0°. Le microphone Soundskrit SKR0400 a une directivité dipolaire.

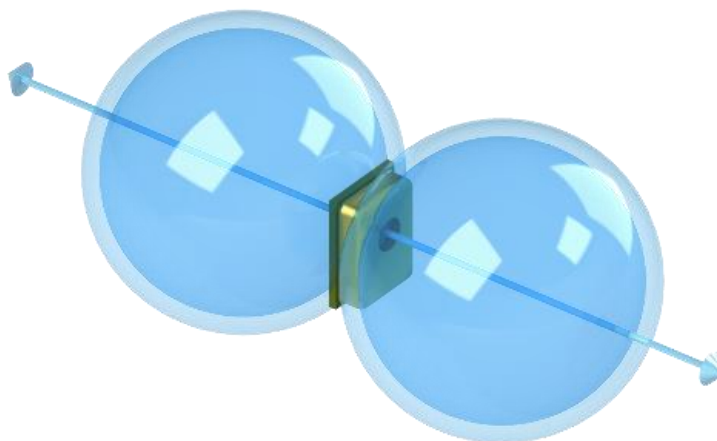


Figure 2: SKR0400 diagramme polaire

Indice de directivité et indice unidirectionnel

Il est utile de décrire les diagrammes polaires des microphones à l'aide d'un seul chiffre qui représente la quantité de bruit qu'ils rejettent et d'où ils proviennent. Les deux principales mesures sont l'*indice de directivité* (DI) et l'*indice unidirectionnel* (UI).

L'**indice de directivité** mesure le rapport entre la sortie du microphone pour un son positionné directement devant le microphone ($\theta = 0^\circ$) et le son avec la même quantité de puissance acoustique totale provenant de toutes les directions de manière égale. La DI d'un microphone omnidirectionnel est de 0 et la DI d'un microphone dipôle est de 4,8 dB.

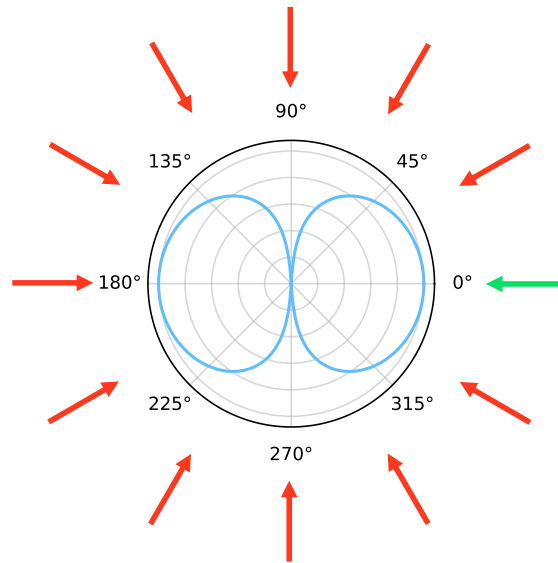


Figure 3: Indice de directivité

L'**indice unidirectionnel** mesure le rapport entre la sortie du microphone pour un son positionné devant le microphone et le son avec la même quantité de puissance acoustique totale provenant de l'arrière du microphone. Les microphones omnidirectionnels et les microphones dipôles ont une interface utilisateur de 0 dB.

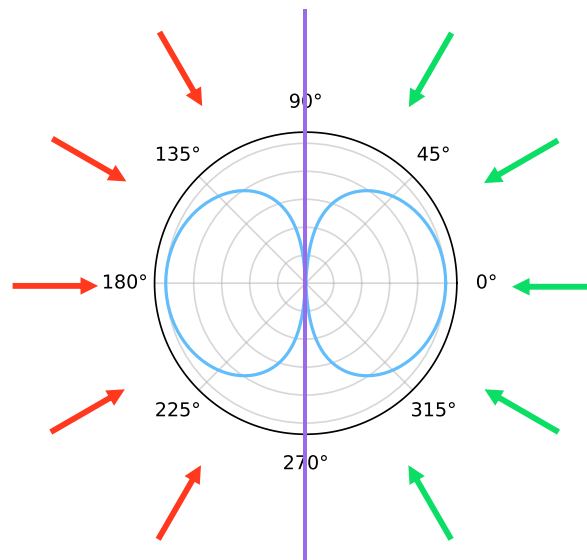


Figure 4: Index unidirectionnel

Microphones cardioïdes

Une **directivité cardioïde** rejette les bruits provenant de l'arrière. Un microphone cardioïde aura une DI de 4,8 dB et une interface utilisateur de 8,4 dB.

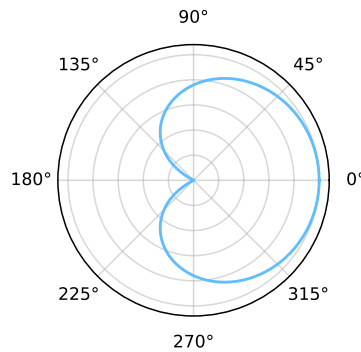


Figure 5: Diagramme polaire cardioïde

Un microphone cardioïde peut être créé en combinant les signaux d'un microphone omnidirectionnel et d'un microphone dipôle situés à proximité l'un de l'autre. Un microphone omnidirectionnel émet le même signal quelle que soit la direction du son. La polarité du signal provenant du dipôle est inversée selon que le signal provient de l'avant ou de l'arrière du microphone. Le lobe arrière du dipôle aura une polarité négative par rapport à un signal venant de l'avant.

En raison de cette polarité inversée, la sommation d'un microphone omnidirectionnel et d'un microphone dipôle créera une directivité cardioïde. Cette sommation crée un cardioïde car lorsque les sons proviennent de l'arrière, le signal du dipôle sera inversé par rapport au microphone omnidirectionnel et les signaux interféreront et s'annuleront de manière destructive. Le son provenant de l'avant aura la même polarité sur les deux microphones, de sorte que les signaux interféreront et s'additionneront de manière constructive. Les signaux provenant des côtés seront rejetés par le dipôle et n'auront pas d'impact sur le signal du microphone omnidirectionnel. Cette somme est illustrée à la figure 6 ci-dessous :

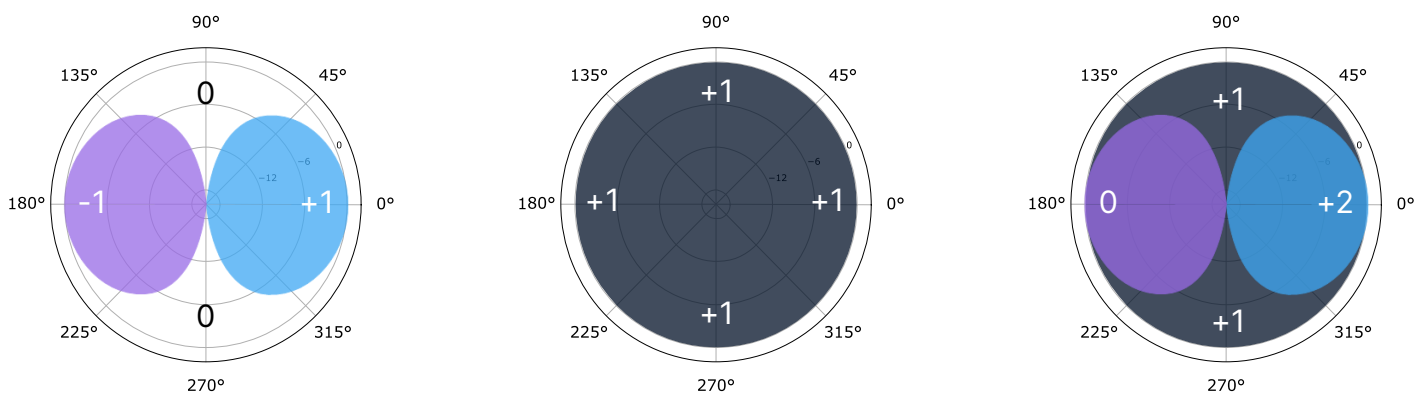


Figure 6: Illustration de la sommation d'un microphone dipolaire et omnidirectionnel

Variantes de cardioïdes

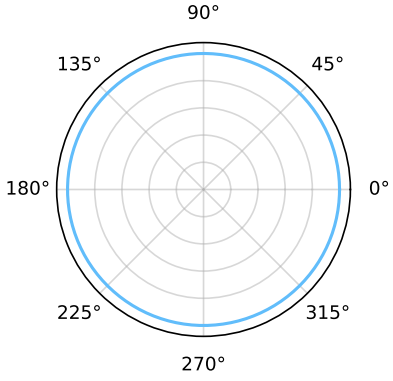
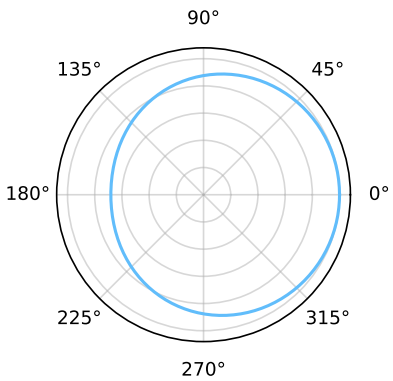
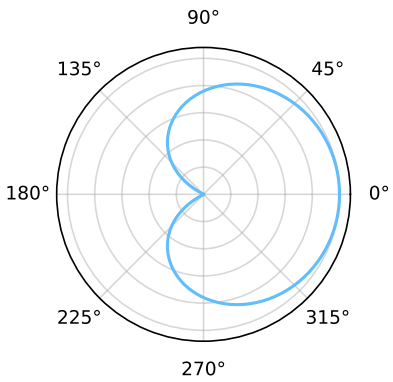
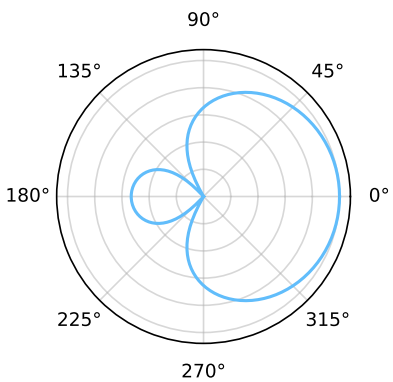
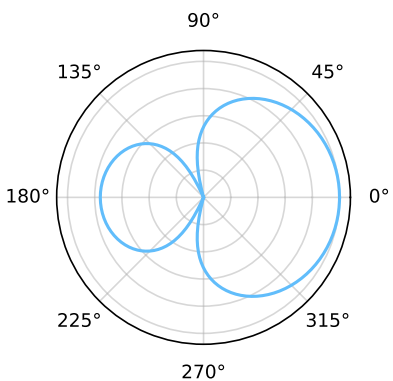
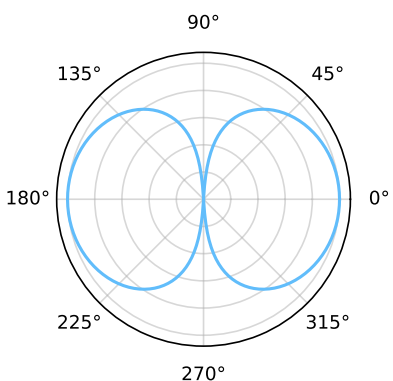
Diagramme polaire	DI (dB)	Interface utilisateur (dB)	Rapport dipôle-omni	Angles nuls	Description
 <p>Figure 7: Omnidirectionnel</p>	0	0	0:1	N/A	Le microphone omnidirectionnel est l'un des modèles de microphone de base. Les microphones MEMS traditionnels sont omnidirectionnels. Le microphone omnidirectionnel capte le son de manière égale dans toutes les directions
 <p>Figure 8: Sous-cardioïde</p>	3.2	4.3	3:7	N/A	Le microphone sous-cardioïde est pondéré davantage vers le signal omnidirectionnel que le signal dipôle, ce qui se traduit par un diagramme polaire moins directionnel sans point nul et une atténuation de 10 dB vers l'arrière. Cette directivité peut être utilisée lorsqu'un angle de captation plus large qu'une cardioïde est requis, mais une certaine atténuation de l'arrière-plan est toujours bénéfique, comme l'enregistrement d'un grand groupe
 <p>Figure 9: Cardioïde</p>	4.8	8.4	1:1	180°	Une directivité cardioïde est pondérée de manière égale entre un microphone omnidirectionnel et un microphone dipôle, ce qui permet d'obtenir un microphone avec la plus forte réjection arrière et un grand angle de captation. Un cardioïde est le mieux adapté lorsque vous devez rejeter le bruit maximal directement de l'arrière, par exemple lorsque deux sujets sont assis l'un en face de l'autre et parlent dans des microphones séparés.



Diagramme polaire	DI (dB)	Interface utilisé (dB)	Rapport dipôle-omni	Angles nuls	Description
 <p>Figure 10: Supercardiöide</p>	5.7	11.4	5:3	127° 233°	Le supercardiöide pèse plus lourdement le signal dipolaire que le signal omnidirectionnel. Cela crée un petit lobe arrière, mais a une DI et une UI plus élevées qu'un cardiöide ou un dipôle. Les supercardiöides sont utiles dans les applications où il n'y a pas de bruit parasite direct derrière le microphone, mais où le sujet doit tout de même pouvoir se déplacer, par exemple lors d'un tournage.
 <p>Figure 11A : Hypercardiöide</p>	6.0	8.5	3:1	110° 250°	Le diagramme polaire hypercardiöide a le DI le plus élevé et réduira le plus de bruit ambiant. Ceci est utile lorsque la plupart des bruits de fond ne sont pas directs et qu'un rejet maximal du bruit est requis. Un diagramme polaire hypercardiöide serait bénéfique pour quelqu'un qui parle au téléphone à l'aide d'écouteurs sans fil dans un environnement bondé.
 <p>Figure 12: Dipôle</p>	4.8	0	1:0	90° 270°	Le microphone dipôle est l'autre modèle de microphone de base. Un dipôle recueille les sons de manière égale à l'avant et à l'arrière et rejette le plus fortement les sons provenant des côtés. Les microphones MEMS directionnels de Soundskrit sont des microphones dipôles.

Compatible avec les microphones dipolaires et omnidirectionnels

Pour des performances optimales sur toute la gamme de fréquences, il est important de faire correspondre au plus près la réponse en fréquence, la sensibilité et la phase des microphones omnidirectionnels et dipôles.

Les microphones omnidirectionnels ont généralement une fréquence plate sur une large gamme de fréquences, tandis que les microphones dipôles comme le SKR0400 ont une réponse en fréquence inclinée. La figure 13 ci-dessous montre la réponse en fréquence et la sensibilité d'un microphone omnidirectionnel Knowles Lazarus et du microphone dipôle Soundskrit SKR0400.

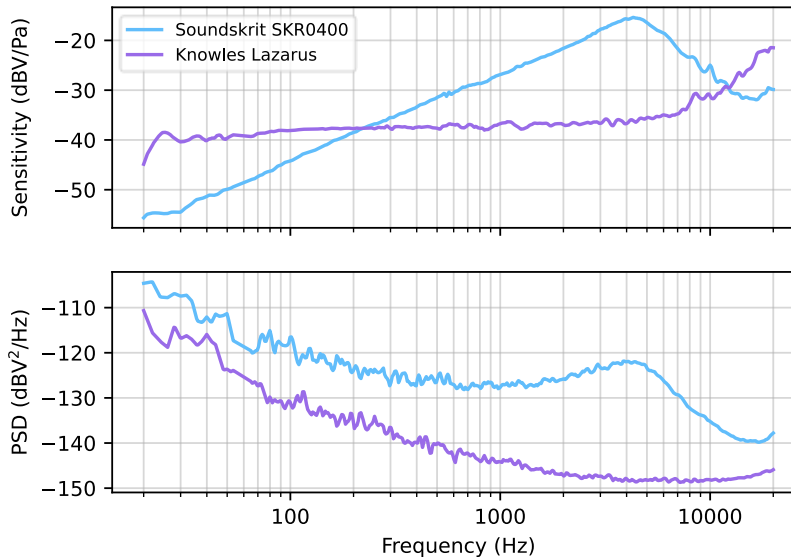


Figure 13: Réponse en fréquence d'un microphone omnidirectionnel et dipôle en champ libre

La figure 13 est mesurée en champ libre, mais les microphones seront également affectés par les effets acoustiques du produit final. Pour minimiser cela, les microphones doivent être intégrés aussi près que possible les uns des autres.

Pour faire correspondre ces deux microphones, enregistrez un signal de bruit rose provenant d'une source située directement derrière (180°) le diagramme polaire souhaité. Il est important de placer la source à l'emplacement de la valeur nulle souhaitée. En faisant correspondre la réponse en fréquence et en phase dans la valeur nulle souhaitée, la sommation résultante aura la meilleure annulation possible à cet emplacement. S'il y a un haut-parleur intégré que vous cherchez à annuler, utilisez-le comme source de bruit pour maximiser l'annulation du haut-parleur et de l'emplacement exacts trouvés dans le produit final. L'enregistrement doit être effectué dans une pièce avec un temps de réverbération faible. Implémentez ensuite un filtre adaptatif pour faire correspondre l'un des signaux à l'autre. Pour déterminer s'il faut corriger le signal du microphone omnidirectionnel ou du microphone dipôle, enregistrez un signal impulsionnel pour mesurer le retard de groupe des deux microphones. Faites correspondre le microphone avec le délai de groupe le plus court au microphone avec le délai de groupe le plus long pour vous assurer que le filtre sera causal.

Le filtre de correction peut être un filtre FIR ou IIR. Il existe une multitude de conceptions de filtres et d'approches d'entraînement adaptatives pour les deux types de filtres. Dans la plupart des cas, nous vous recommandons d'utiliser un filtre IIR, car les filtres IIR nécessitent généralement moins de ressources et ont une latence plus faible. Pour plus d'informations sur la mise en œuvre d'un filtre IIR,

reportez-vous au chapitre 23 « Adaptive IIR Filters » de Geoffrey A. Williamson dans *Digital Signal Processing Handbook*^[1].

Conclusion

La combinaison d'un microphone dipolaire et d'un microphone omnidirectionnel en un seul système permet de sélectionner un diagramme polaire pour le cas d'utilisation du produit. À l'aide d'algorithmes traditionnels de DSP ou d'apprentissage automatique, cela peut même être fait dynamiquement pour ajuster le diagramme polaire afin de réduire autant que possible le bruit de fond.

Soutien supplémentaire

Pour plus d'informations sur les produits de Soundskrit, visitez notre site Web à l'adresse <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.

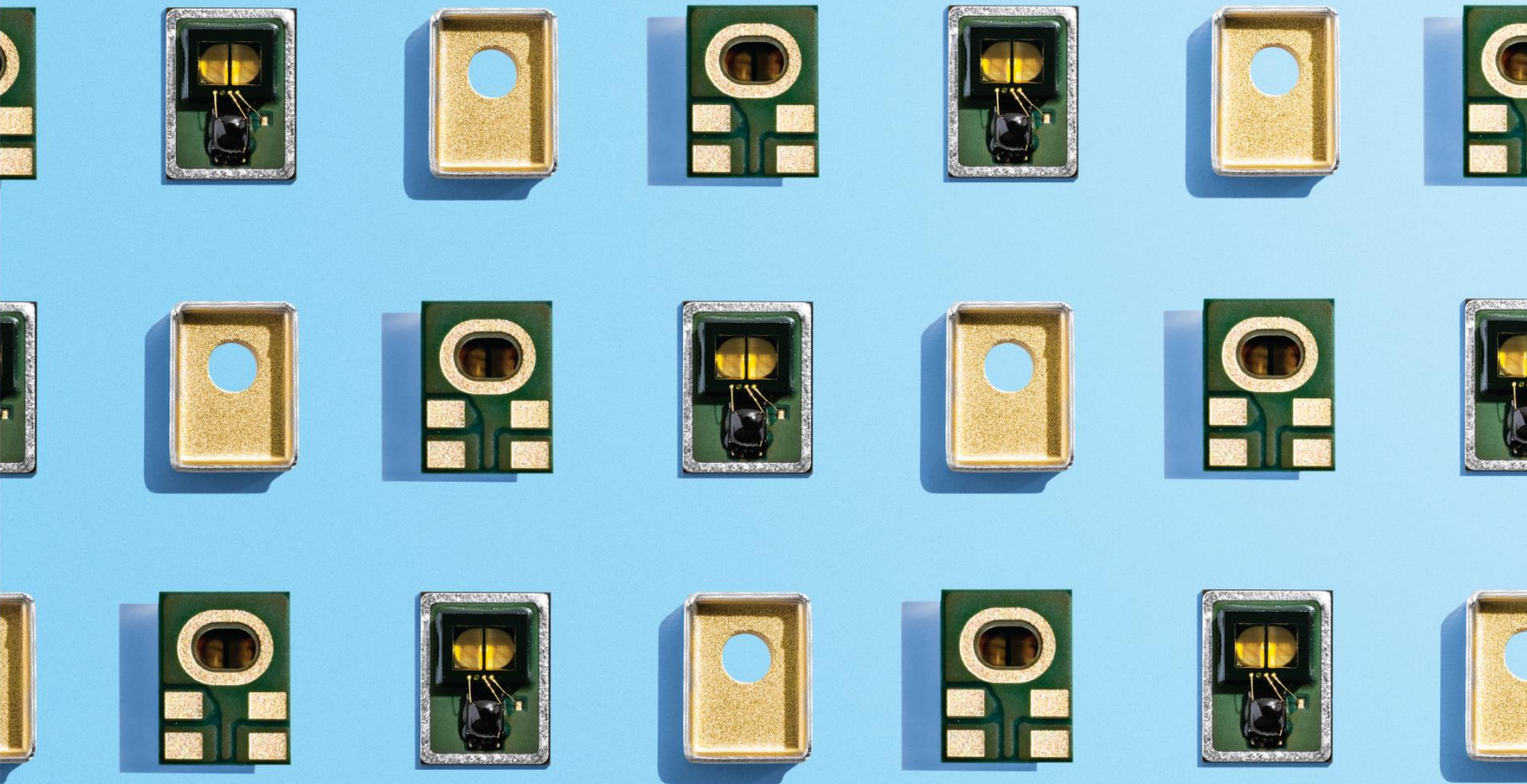
Étiquette de révision	Date de révision	Sections révisées
-	Avril 2023	Version initiale

[1] G. A. Williamson, « Digital Signal Processing Handbook », V. K. Madisetti et D. B. Williams, éd., CRC Press LLC, 1999.



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.