

LIVRE BLANC

Introduction à l'audio

Acoustique, haut-parleurs et terminologie audio

Septembre 2024

Table des matières

1	Introduction	3
2	Fréquence audio	3
2.1	Fréquences audibles	3
2.2	Fréquence d'échantillonnage	3
2.3	Fréquence et longueur d'onde	3
3	Acoustique et dimensions de la pièce	4
3.1	Échos	4
3.2	Influence des dimensions d'une pièce	4
3.3	Des solutions professionnelles pour une acoustique de salle neutre	4
4	Mesures du son	5
4.1	Perception du son par l'homme et phone	5
4.2	Watts	6
4.3	Décibels	7
4.4	Niveaux de pression sonore	7
5	Gamme dynamique, compression et intensité sonore	8
6	Haut-parleurs	9
6.1	Réponse polaire	9
6.2	Sensibilité du haut-parleur	10
6.3	Processeur de signal numérique intégré	10
6.4	Types de haut-parleurs	11
6.5	Placement des haut-parleurs	16
6.6	AXIS Site Designer	17

1 Introduction

La qualité audio que nous pouvons ressentir dans une certaine pièce est affectée par un certain nombre de choses, par exemple, le traitement du signal effectué sur l'audio, la qualité du haut-parleur et de ses composants, et l'emplacement du haut-parleur. Les caractéristiques de la pièce elle-même, telles que la réflexion, l'absorption et la diffusion, jouent également un rôle central. Si vous êtes déjà allé dans une salle de concert, vous avez peut-être remarqué que le plafond et les murs sont aménagés pour optimiser l'expérience audio.

Ce document donne un aperçu de la terminologie audio de base et des caractéristiques qui affectent la qualité audio dans une pièce. Il présente également les différents types de haut-parleurs et leur emplacement optimal dans une installation audio.

2 Fréquence audio

2.1 Fréquences audibles

L'oreille humaine est, en théorie, capable de percevoir des fréquences comprises entre 20 Hz et 20 kHz. La limite supérieure de 20 kHz s'abaisse avec l'âge, mais les hautes fréquences peuvent encore ajouter du "caractère", par le biais d'harmoniques, à l'audio dont les fréquences sont plus basses. La voix humaine, complexe avec son grand nombre d'harmoniques, s'étale sur des fréquences d'environ 85 Hz (les plus basses chez les hommes) jusqu'à environ 8 kHz (harmoniques chez les femmes). En téléphonie, seule la plage comprise entre 300 Hz et 3,4 kHz est couramment utilisée, et même si elle rend la voix audible, le son n'est pas aussi clair qu'une voix enregistrée sur une plage de fréquences complète.

2.2 Fréquence d'échantillonnage

La fréquence d'échantillonnage correspond au nombre d'« instantanés » audio effectués chaque seconde sur l'audio d'entrée analogique, afin de la reconstituer numériquement. Dans les fichiers audio et les CD, 44,1 kHz est une fréquence d'échantillonnage couramment utilisée, réalisant donc 44 100 échantillons par seconde. La fréquence d'échantillonnage doit être au moins deux fois plus élevée que la fréquence audio d'entrée la plus élevée qui doit être reconstruite.

2.3 Fréquence et longueur d'onde

Il existe une relation simple, inverse, entre la fréquence (f , en Hz) et la longueur d'onde (λ , lettre grecque lambda, en m) :

$$\lambda = v/f$$

La longueur d'onde est égale à la vitesse du son ($v=340$ m/s dans l'air) divisée par la fréquence. Pour une conversion rapide entre longueur d'onde et fréquence, il est aussi possible d'utiliser des outils en ligne. Pour donner quelques exemples de longueurs d'onde audio : une fréquence de 20 Hz correspond à une longueur d'onde d'environ 17 m (56 pieds), tandis qu'une fréquence plus élevée de 20 kHz correspond à une longueur d'onde plus courte d'environ 1,7 cm (0,7 pouce). Il est évident que les longueurs d'onde de l'audio que nous pouvons percevoir sont très variées.

3 Acoustique et dimensions de la pièce

3.1 Échos

Une pièce entièrement vide présentera de la réverbération et/ou un décalage du son. Cela est bien sûr dû au fait que toutes les surfaces planes réfléchissent parfaitement les ondes sonores. En ajoutant des tissus et des surfaces irrégulières, comme des canapés, des rideaux et des tapis, il y aura moins de réverbération, mais le son sera également perçu avec une intensité légèrement inférieure en raison de l'absorption.

Les ondes sonores sont souvent réfléchies plusieurs fois avant d'atteindre nos oreilles. Sachant que la vitesse du son dans l'air est d'environ 340 m/s (1020 pieds/s), nous pouvons calculer la distance parcourue par un écho. Si nous entendons l'écho 0,25 s après le son initial, par exemple, le son a parcouru environ 85 m ($0,25 \text{ s} \times 340 \text{ m/s}$) ou 255 pieds. À chaque réflexion, le son s'atténue un peu jusqu'à ce que nous ne puissions plus l'entendre.

3.2 Influence des dimensions d'une pièce

Les dimensions de la salle ont un effet important sur le rendu sonore. Avec des longueurs d'onde jusqu'à 17 m (56 pieds) pour les fréquences les plus graves, les ondes sonores audibles dans une petite salle seront réfléchies sur les murs avant de s'être véritablement propagées. Il en résulte des résonances et les ondes stationnaires associées, qui provoquent l'amplification de certaines fréquences (à volume élevé) et l'atténuation d'autres (à volume plus faible). Une pièce assez grande est nécessaire pour écouter les graves sans distorsion.

L'impact des résonances sur la qualité audio perçue augmente avec le volume sonore. Avec un volume plus élevé, les réflexions interfèrent davantage avec le son provenant de la source.

Dans les petites salles, on peut dire que la salle domine les sons à basses fréquences. Aux fréquences plus aiguës, le haut-parleur domine le son. Dans les petites pièces, la fréquence de transition se situe souvent autour de 300 Hz. C'est la fréquence à laquelle on peut dire que l'audio passe d'un comportement d'onde à un comportement de rayon.

3.3 Des solutions professionnelles pour une acoustique de salle neutre

Afin de réduire les échos gênants dans les pièces vides ou de grandes dimensions, des panneaux acoustiques peuvent être installés au plafond, sur les murs ou les deux. Fabriqués en matériaux insonorisants, les panneaux créent une acoustique plus neutre dans des espaces tels que les centres commerciaux, les auditoriums, les bureaux et les salles de conférences. Cependant, un effet similaire peut être obtenu en utilisant des rideaux ou d'autres tissus d'intérieur.

Les panneaux acoustiques sont généralement assez efficaces pour les fréquences supérieures à 300 Hz, tandis que les capacités d'absorption diminuent progressivement pour les basses fréquences.



Figure 1. Les rideaux et autres éléments en tissu peuvent considérablement améliorer l'acoustique d'une pièce.

4 Mesures du son

Cette section traite de la perception humaine du son, des différentes mesures du son et de la manière dont elles sont liées les unes aux autres.

4.1 Perception du son par l'homme et phone

Bien que l'oreille humaine soit sensible à toutes les fréquences comprises entre 20 Hz et 20 kHz, la sensibilité varie en fonction de la fréquence. Les sons d'une puissance donnée seront donc perçus comme ayant une intensité sonore différente selon les fréquences. L'unité d'intensité sonore "phone" prend en compte cette sensibilité et, par exemple, une tonalité sinusoïdale de 50 phones est perçue comme ayant une intensité sonore identique à toutes les fréquences.

La figure 2 ci-dessous présente des courbes d'égalité d'écoute. Une ligne représente le niveau sonore qui doit être utilisé pour que le son soit perçu au même volume pour toutes les fréquences. Les différentes lignes représentent différentes valeurs en phones.

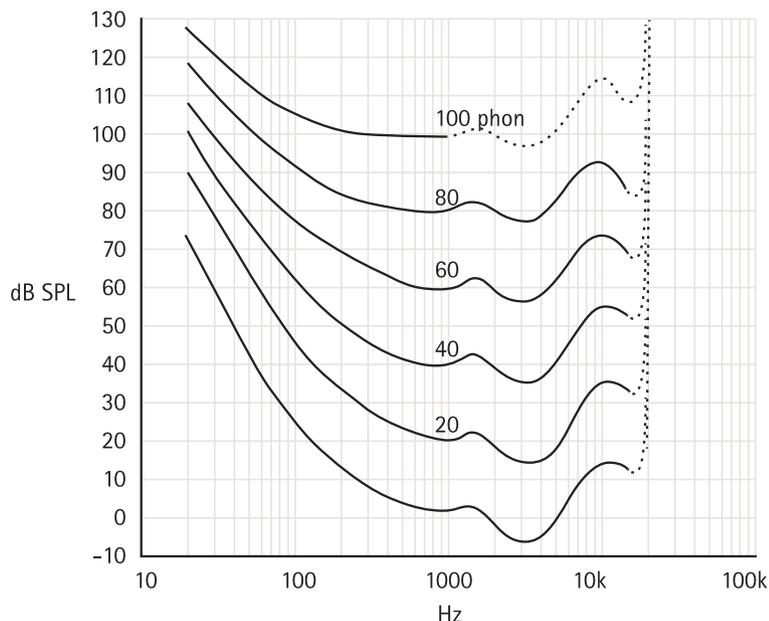


Figure 2. Les niveaux de pression sonore requis à différentes fréquences pour qu'un son soit perçu avec la même intensité sonore sur toutes les fréquences. À l'origine, les courbes proviennent de la norme ISO 226:2003.

Il ressort des courbes que le niveau sonore doit être significativement supérieur aux fréquences plus basses afin d'être perçu avec la même intensité sonore que les fréquences plus élevées. En effet, l'oreille humaine est moins sensible aux basses fréquences. Le minimum des courbes se trouve autour de 2 kHz à 5 kHz, ce qui signifie qu'il s'agit de la plage de fréquences à laquelle une oreille humaine est la plus sensible et dans laquelle l'oreille peut le mieux déchiffrer une conversation. Il s'agit également de la plage de fréquences de la parole humaine.

4.2 Watts

L'unité de puissance Watt (W) est courante pour de nombreux composants électriques, tels que les ampoules, les chargeurs d'ordinateurs portables et les haut-parleurs. Cependant, cette unité peut être utilisée de différentes façons et la terminologie audio comprend plusieurs types, tels que la puissance instantanée, la puissance moyenne, la puissance RMS (moyenne quadratique) et la puissance de crête.

Un amplificateur peut être conçu pour délivrer 300 W sur une période très courte, comme dans le cas d'un tambour, d'une explosion ou de tout autre son présentant un transitoire court et fort. Cela signifie que la puissance instantanée augmentera très rapidement de très faible à très élevée. Cependant, le même amplificateur peut avoir une puissance nominale de seulement 50 W en utilisation continue, car une utilisation continue produit beaucoup plus de chaleur, ce qui a une influence sur les composants électriques et les performances de l'amplificateur.

L'oreille humaine ne perçoit pas un son de 10 W comme étant deux fois plus fort qu'un son de 5 W. En effet, la puissance sonore doit être 10 fois plus élevée (50 W) pour que l'oreille la perçoive comme deux fois plus forte. C'est ici qu'intervient le décibel.

4.3 Décibels

Le son étant perçu de manière non linéaire, il est idéalement mesuré et décrit avec l'unité non linéaire du décibel (dB). Un doublement (mesuré en W) de la puissance acoustique est égal à une augmentation de 3 dB, tandis qu'un doublement de l'intensité sonore équivaut à une augmentation de 10 dB. La figure 3 présente des sources sonores familières et leurs niveaux de puissance en dB.

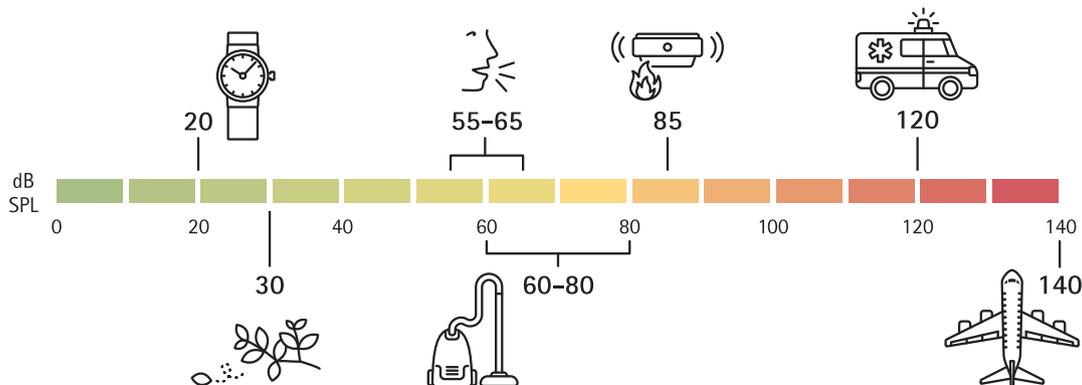


Figure 3. Niveaux sonores approximatifs, en décibels, de sources audio courantes.

Un niveau de pression acoustique donné dans l'échelle pondérée des dBA a été compensé pour la perception du son par l'oreille humaine en fonction de la fréquence, comme indiqué à la section 4.1. En utilisant l'échelle non pondérée des dB, un niveau de 100 dB à 100 Hz sera, par exemple, perçu comme ayant une intensité sonore égale à seulement 80 dB à 1 kHz, alors que 100 dBA sera perçu comme ayant une intensité sonore égale à toutes les fréquences.

L'unité du décibel représente souvent un changement relatif de l'intensité sonore. Pour exprimer une valeur absolue, dB SPL doit être utilisé. Une valeur de 0 dB SPL est le son le plus faible que l'oreille humaine peut percevoir.

4.4 Niveaux de pression sonore

Le niveau de pression acoustique (SPL) est la valeur RMS des pressions sonores instantanées mesurées, en dB, sur une période de temps donnée. Le SPL n'est pas une valeur moyenne constante de l'intensité sonore, mais plutôt une moyenne des valeurs de crête courtes.

Une valeur SPL donnée pour un haut-parleur est supposée être mesurée pour une tonalité de 1 kHz à une distance de 1 m, si rien d'autre n'est indiqué.

Le niveau de pression sonore d'une source audio diminue avec la distance par rapport à la source. Défini comme commençant à 0 dB à 1 m de la source, le SPL diminue de 6 dB à chaque doublement de la distance de la source, comme l'illustre la figure 4. Cependant, pour obtenir des informations plus détaillées sur les

niveaux sonores d'un certain haut-parleur, nous devons examiner sa réponse polaire, comme illustré à la section 6.1.

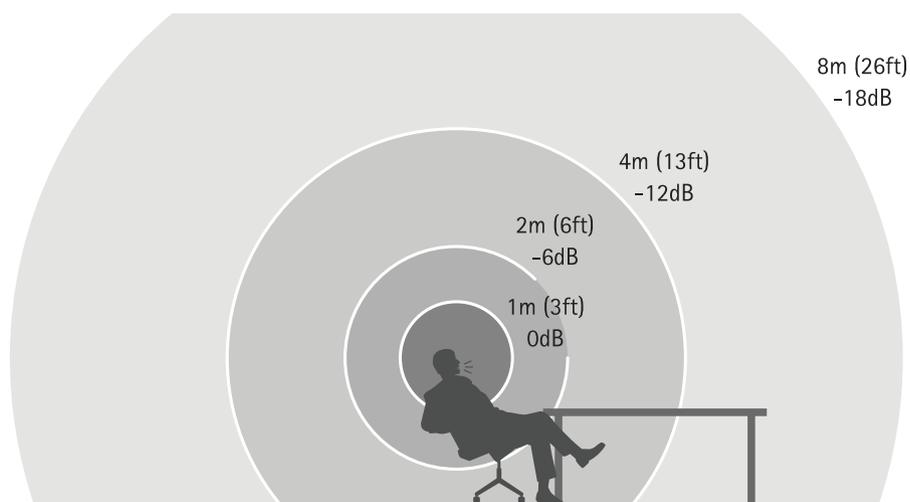


Figure 4. Le niveau de pression sonore d'une source audio diminue de 6 dB chaque fois que la distance par rapport à la source est doublée.

5 Gamme dynamique, compression et intensité sonore

L'enregistrement présente une large gamme dynamique, ce qui signifie qu'il y a de grandes différences entre la partie la plus calme et la partie la plus forte.



Figure 5. Visualisation d'un enregistrement à large plage dynamique, sans compression.

Les parties les plus calmes deviennent plus bruyantes, tandis que les parties bruyantes restent les mêmes ou deviennent moins bruyantes. Les différences entre les crêtes et les creux sont plus faibles, ce qui nous fait percevoir cet enregistrement comme plus fort. Comme le montre la figure 6, la plage dynamique diminue.



Figure 6. Visualisation du même enregistrement que ci-dessus, maintenant après compression.

La compression de plage dynamique est souvent utilisée dans les systèmes audio pour les restaurants, la vente au détail et les environnements publics similaires qui émettent de la musique de fond à un volume

relativement faible. Outre le volume plus constant, la compression rend également les parties de l'audio présentant une faible intensité sonore plus audibles dans le bruit ambiant.

6 Haut-parleurs

Un haut-parleur peut avoir différentes formes physiques en fonction de son objectif. Le composant qui distribue l'audio, le pilote du haut-parleur, a généralement une forme conique mais peut avoir d'autres facteurs de forme s'il doit reconstruire les hautes fréquences. Certains haut-parleurs présentent une direction du son très étroite afin d'obtenir une pression sonore élevée dans une direction. D'autres sont conçus pour assurer la propagation du son la plus large possible. La capacité d'un haut-parleur à reconstruire un signal audio dépend de la fréquence du signal audio.

6.1 Réponse polaire

Le diagramme polaire de la figure 8 montre comment les différentes fréquences se propagent différemment à partir d'un exemple générique de haut-parleur, placé au centre du diagramme. Cela montre que les basses fréquences présentent une propagation large (même derrière le haut-parleur, à 180 degrés) tandis que les hautes fréquences sont plus directionnelles.

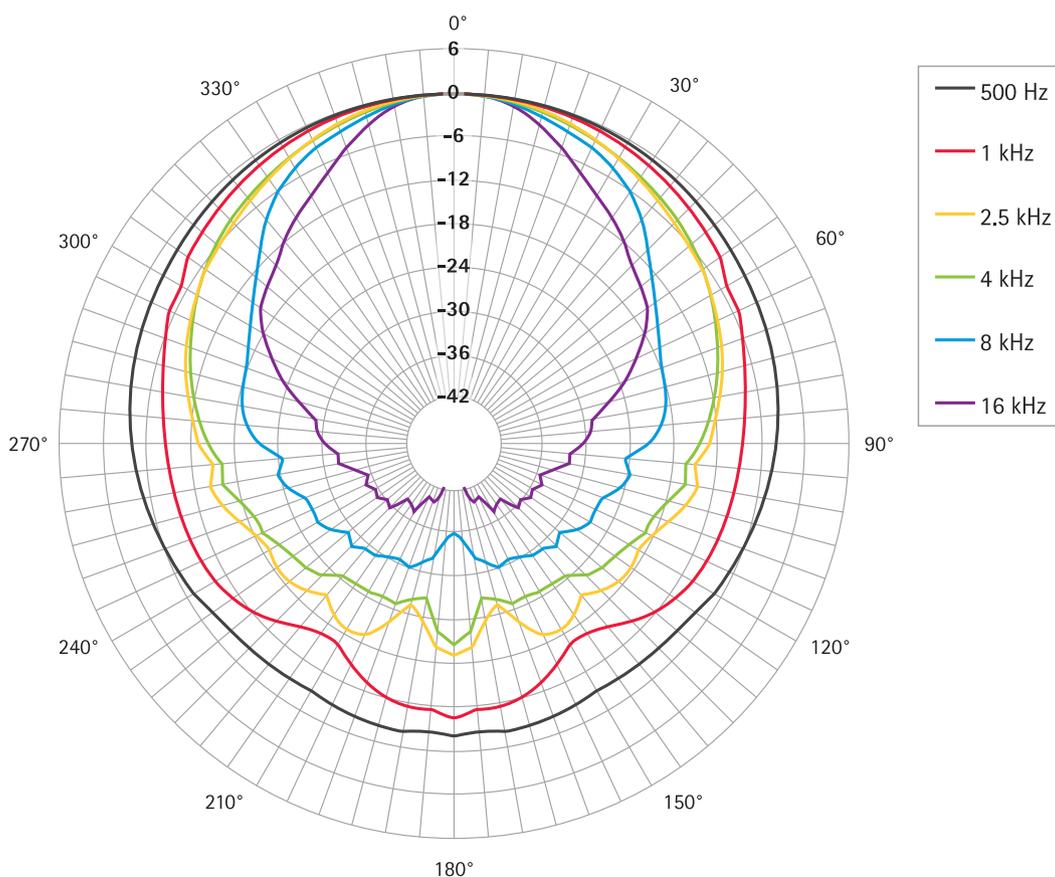


Figure 7. Un diagramme polaire indiquant la propagation depuis un exemple de haut-parleur générique (situé au centre du diagramme). Les basses fréquences présentent une propagation plus large (même derrière le haut-parleur, à 180 degrés) tandis que les hautes fréquences sont plus directionnelles.

6.2 Sensibilité du haut-parleur

La sensibilité d'un haut-parleur désigne sa capacité à reproduire un son en lui fournissant une puissance donnée. La sensibilité est généralement déterminée en fournissant un signal audio de 1 W (généralement à 1 kHz), puis en mesurant le niveau de pression sonore en dB SPL à 1 m de distance. Les valeurs courantes pour les haut-parleurs se situent autour de 85 - 92 dB SPL. Plus la sensibilité est élevée, plus le son émis par le haut-parleur est fort lorsqu'il est alimenté par une certaine puissance.

Dans le cas de haut-parleurs analogiques, la sensibilité du haut-parleur est généralement un indicateur de la qualité du haut-parleur. Une sensibilité inférieure indique un aimant moins puissant et/ou une bobine plus petite et moins chère. Par conséquent, en matière de qualité audio, un haut-parleur de 10 pouces n'est pas nécessairement meilleur qu'un haut-parleur de 8 pouces.

En revanche, dans le cas d'enceintes numériques, l'amplificateur est intégré à l'enceinte. La mesure de la sensibilité du haut-parleur n'est pas essentielle pour déterminer la qualité du haut-parleur.

6.3 Processeur de signal numérique intégré

Tous les haut-parleurs Axis sont équipés d'un amplificateur intégré et d'un processeur de signal numérique (DSP) pour une qualité sonore préconfigurée. Ils garantissent que les haut-parleurs puissent être utilisés par tous sans qu'un spécialiste de l'audio soit nécessaire pour produire un son de qualité. Le DSP analyse et traite les signaux audio afin d'améliorer l'intelligibilité de la parole.

Grâce à un DSP intégré, les haut-parleurs Axis filtrent les bruits de fond et équilibrent la fréquence audio pour améliorer la qualité sonore. Il comprime également la plage dynamique d'un signal audio. Un signal audio présente souvent des crêtes et des creux de volume, et le contrôle de plage dynamique peut les équilibrer pour garantir que le son est diffusé au volume idéal pour les auditeurs.

Le DSP compense les sons faibles qui sont moins perceptibles par l'oreille humaine à faible volume. Il augmente la fréquence de ces sons afin que l'auditeur ne manque rien. En outre, il traite, stocke et transmet l'audio numériquement de la source au haut-parleur. Cela permet d'améliorer la qualité du son et de maintenir la force du signal, ce qui garantit que le son est bien optimisé pour les haut-parleurs. Les profils sonores pour la musique de fond et la voix sont prédéfinis, de sorte que vous n'avez pas à contrôler manuellement la qualité audio.

6.4 Types de haut-parleurs

Les facteurs de forme, les pressions sonores et les possibilités de montage varient : certains types de haut-parleurs sont optimisés pour diffuser des annonces claires et audibles dans des environnements extérieurs bruyants, tandis que d'autres fonctionnent mieux dans de petits espaces.



Figure 8. Haut-parleurs Axis

6.4.1 Le haut-parleur hi-fi

Dans les équipements hi-fi, les haut-parleurs dits "à 2 voies" ou "à 3 voies" sont courants. Ces haut-parleurs utilisent plusieurs pilotes différents, afin de reproduire avec précision le plus grand nombre possible de fréquences entre 20 Hz et 20 kHz. Un pilote peut être responsable de la reproduction du son jusqu'à 500 Hz, un deuxième pour les fréquences comprises entre 500 Hz et 9 kHz, et un troisième pour les fréquences supérieures à 9 kHz. Ces fréquences limites sont appelées "fréquences de croisement". Un haut-parleur hi-fi est conçu pour reproduire l'audio avec une grande précision à un niveau sonore élevé.

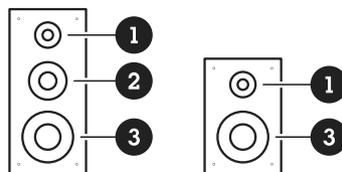


Figure 9. Haut-parleurs hi-fi. Pilote d'aigus (1), pilote de médiums (2) et pilote de graves (3).

6.4.2 Le haut-parleur à pavillon

Le haut-parleur à pavillon n'a pas du tout le même usage qu'un haut-parleur hi-fi et ne doit pas couvrir une large gamme de fréquences. Son objectif est au contraire de maximiser l'intensité des fréquences auxquelles l'oreille humaine est la plus sensible, afin que le locuteur puisse transmettre un message (une

voix humaine ou une sirène, par exemple) aussi clairement que possible. Le pavillon propage tout le son dans une seule direction, ce qui augmente d'autant sa pression acoustique.



Figure 10. Haut-parleur réseau à pavillon

6.4.3 Haut-parleur polyvalent

Les haut-parleurs polyvalents sont faciles à intégrer et disposent de solutions tout-en-un que vous pouvez utiliser pour des messages vocaux en direct ou préenregistrés afin de donner des instructions de sécurité ou d'avertir les intrus. Vous pouvez également utiliser un haut-parleur polyvalent pour diffuser de la musique d'ambiance. Le portefeuille d'Axis comprend divers haut-parleurs polyvalents :

6.4.3.1 Le haut-parleur d'enceinte

Un haut-parleur d'enceinte de réseau Axis fournit un niveau de pression sonore moyen. Il peut être utilisé dans la plupart des espaces intérieurs, mais il est moins optimal dans les environnements très bruyants. Il peut être utilisé partiellement à l'extérieur, ce qui signifie qu'il peut être monté sous un toit qui le protège

contre les fortes pluies. Le haut-parleur d'enceinte peut être monté horizontalement ou verticalement, sur un mur, dans un plafond ou avec un kit de suspension.



Figure 11. Un haut-parleur d'enceinte

6.4.3.2 Le haut-parleur de plafond

Un haut-parleur de plafond de réseau Axis procure un niveau de pression sonore moyen et doit être utilisé dans des zones intérieures ou extérieures moins bruyantes, telles que des hôpitaux, des magasins

ou des immeubles de bureaux. Il peut être monté dans un faux plafond, où il sera très discret et bien intégré physiquement.



Figure 12. Un haut-parleur de plafond

6.4.3.3 Le haut-parleur suspendu

Un haut-parleur suspendu de réseau Axis a un niveau de pression acoustique moyen et convient aux espaces intérieurs moins bruyants avec des plafonds hauts. Il existe en deux tailles et la longueur du câble peut être ajustée pour s'adapter à n'importe quelle hauteur de plafond.



Figure 13. Un haut-parleur suspendu.

6.4.3.4 Le mini haut-parleur

Un mini haut-parleur de réseau Axis fournit un faible niveau de pression sonore et doit être utilisé dans des zones intérieures plus calmes. Petit et discret, il trouve sa place dans les petits espaces ou couloirs, où il peut être monté en surface sur un mur ou au plafond. Il assure une large couverture audio, ce qui signifie que vous avez besoin de moins de haut-parleurs. Le mini haut-parleur dispose d'un capteur infrarouge passif intégré pour la détection de mouvement, qui peut être configurée afin que le haut-parleur émette automatiquement un message audio quand quelqu'un approche.



Figure 14. Un mini haut-parleur.

6.4.3.5 Le projecteur de son

Un projecteur de son en réseau Axis a un niveau de pression acoustique élevé et un son naturel et riche. Cela signifie qu'un message peut être transmis aussi clairement que possible, mais que la musique de fond sera également agréable à écouter. Un projecteur de son peut être utilisé dans des installations extérieures ou des espaces intérieurs bruyants et peut être monté sur un poteau, un mur ou un plafond. Il peut être installé dans des lieux faciles d'accès où le risque de vandalisme est plus élevé - le projecteur

de son est anti-vandale et présente également un design épuré et minimaliste qui se fond facilement dans l'environnement.



Figure 15. Un projecteur de son.

6.5 Placement des haut-parleurs

Le placement des haut-parleurs est réalisable de nombreuses manières. En pratique, il convient de toujours orienter le son dans la longueur de la salle si possible. Ainsi, si la salle est rectangulaire, faites en sorte d'implanter les haut-parleurs sur les murs de plus petite longueur, en les orientant parallèlement aux murs de plus grande longueur. Cette implantation permettra de propager le son le plus loin possible avant leur réflexion sur les murs. Toutefois, il est déconseillé d'installer un haut-parleur dans un angle, sans quoi les graves seront amplifiés de manière non uniforme.

6.5.1 Implantation par groupes

Si vous privilégiez une installation simple et économique, vous pouvez installer les haut-parleurs en groupes. Cela minimise le câblage, mais n'est peut-être pas le meilleur moyen d'obtenir une bonne propagation du son.

6.5.2 Le positionnement mural

Si les dimensions de la pièce le permettent, et si les câbles supplémentaires ne constituent pas un problème, une solution de positionnement mural assurera probablement une meilleure propagation du son. Avec le même nombre de haut-parleurs que dans l'exemple de positionnement en groupes, l'installation peut ressembler à l'illustration ci-dessous. Cependant, si la pièce est grande, la portée des haut-parleurs sera peut-être trop courte.

6.5.3 Le positionnement au plafond

Si la pièce dispose d'un faux-plafond ou s'il est possible d'installer des haut-parleurs de plafond intégrés, un positionnement au plafond peut être une solution discrète. Cependant, une telle implantation est

largement tributaire de la hauteur de plafond. Plus le plafond est bas, plus il faudra de haut-parleurs pour couvrir une surface donnée.

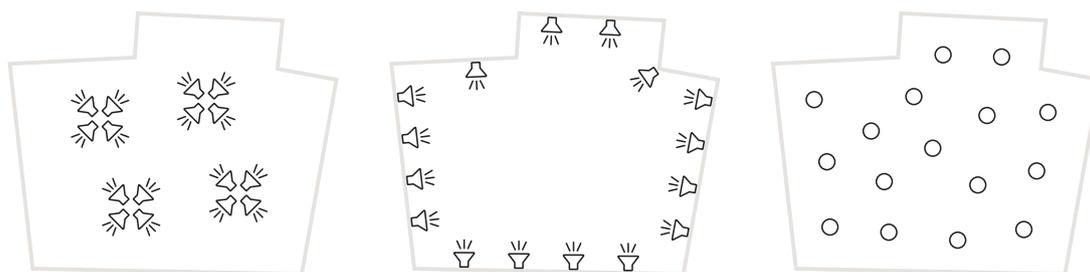


Figure 16. Positionnement des haut-parleurs en groupes, murale et au plafond.

6.6 AXIS Site Designer

AXIS Site Designer (<https://sitedesigner.axis.com>) est un outil en ligne utile pour planifier et concevoir une installation audio (ainsi qu'une installation vidéo), y compris les haut-parleurs à utiliser, le nombre de haut-parleurs nécessaires, leur emplacement optimal, etc. en fonction des conditions du site.

À propos d'Axis Communications

En concevant des solutions qui améliorent la sécurité et les performances de l'entreprise, Axis crée un monde plus clairvoyant et plus sûr. En tant qu'entreprise de technologie de réseau et leader de l'industrie, Axis propose des solutions de vidéosurveillance, de contrôle d'accès, d'interphonie et de systèmes audio. Les performances de ces solutions sont améliorées grâce à des applications d'analyse intelligentes et une formation de haute qualité.

Axis emploie près de 4 000 personnes dans plus de 50 pays et collabore avec des partenaires technologiques et d'intégration de systèmes dans le monde entier pour fournir des solutions clients adaptées. Axis a été fondée en 1984 et le siège social se trouve à Lund, en Suède.