Live music for all

Laurent SAID CTO Augmented Acoustics
Vincent PÉAN Expert Audition
Stéphane DUFOSSÉ CEO Augmented Acoustics

L'expérience sonore vécue en concert est trop souvent en dessous du niveau d'exigence que le public est en droit d'attendre. Les raisons de cette déception sont notamment liées à la qualité de l'acoustique du lieu, la sonorisation parfois mal optimisée, les nuisances sonores diverses.

Or, les personnes présentant des difficultés d'audition (légères ou non) sont d'autant plus sensibles à ces effets.

Chaque individu dispose d'une acuité auditive personnalisée, certaines personnes ont des « trous » dans la bande passante audible, d'autres n'ont pas la même sensibilité sur chaque oreille, ou peuvent souffrir de troubles psychoacoustiques.

Ainsi, le « vécu d'oreille » ne permet plus à certains de toujours apprécier la qualité acoustique d'un concert du fait d'une perte d'acuité auditive, qu'elle soit mécanique, physiologique ou psychoacoustique. C'est notamment lié à ce que l'on appelle l'effet cocktail-party, qui se manifeste lorsqu'une personne a des difficultés spécifiques à entendre au milieu d'une foule, tout en entendant sans problème dans un environnement plus calme.

Avec l'âge (presbyacousie) ou à cause d'un vécu traumatisant, toute personne a perdu une certaine capacité à bien distinguer et analyser l'ensemble des informations sonores qui lui parviennent, notamment dans un contexte bruyant.

Cette diminution de perception déjà handicapante dans le quotidien est un frein à l'accessibilité pour les musiques vivantes puisque les systèmes proposés aujourd'hui sont mal adaptés pour l'écoute de la musique. Pire, celle-ci devient rédhibitoire pour profiter d'un concert lorsque la qualité sonore est médiocre.

La classification de la déficience auditive est basée sur l'audiométrie tonale : une perte totale moyenne est calculée à partir de la perte en dB aux fréquences 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz et 4000 Hz. Toute fréquence non perçue est notée à 120 dB de perte. Leur somme est divisée par quatre arrondis à l'unité supérieure [BIAP[1]]. La perte auditive est donc quantifiée par une audiométrie basée sur une valeur moyenne d'audibilité de jeunes sujets normo-entendants. En réalité la variabilité intra-individuelle des capacités auditives est très importante même chez des normo-entendants [Johnson et al. 1987[2] ; Kidd et al. 2007[3]]. Ainsi [Kidd et al. 2007] ont étudié les performances de 340 sujets (100 hommes, 240 femmes, âgés de 18 à 34 ans ; perte tonale < 20 dB HL de 250 Hz à 4000 Hz) sur 19 tests de discrimination et d'identification avec différents stimuli (ton pur, sons environnementaux, ...). Sur un test de discrimination de hauteur tonale (« pitch ») 10% des sujets (10%-décile) avaient une discrimination supérieure à 36 Hz, 10% (90%-décile) des sujets une discrimination inférieure à 3 Hz et 50% des sujets (médiane) une discrimination inférieure (ou supérieure) à 11Hz.

De même sur un test de discrimination d'intensité (sur un ton pur) 10% des sujets (10%-décile) obtenaient une discrimination supérieure à 2.4 dB, 10% (90%-décile) des sujets une discrimination inférieure à 0.3 dB et 50% des sujets (médiane) une discrimination inférieure (ou supérieure) à 0.65 dB. Les auteurs identifiaient trois facteurs (par analyse en composantes principales) reflétant les capacités auditives de traitement temporel et fréquentiel : sonie et durée reflétant la capacité à détecter des changements d'énergie et de durée, pitch et temps impliquant la capacité de discrimination de spectre et de timbre, et modulation d'amplitude suggérant une capacité à suivre des variations d'enveloppe.

Cette variabilité intra-individuelle des capacités auditives est aussi observée chez les sujets ayant des pertes auditives neurosensorielles. Sur les 25% d'entre eux qui sont appareillés seuls 55% sont satisfaits ou très satisfaits [Kochkin 2009[4]]. La sous-utilisation des aides auditives et la non satisfaction pour certains utilisateurs seraient notamment liées au fait que la mal-audition n'est pas une simple perte d'audibilité mais est aussi accompagnée d'une perte de fidélité des sons audibles [Grant et al. 2013[5]]. Cette limitation des aides auditives liée à une caractérisation incomplète du sujet malentendant se traduit notamment par l'impossibilité de prédire des différences individuelles dans les performances de reconnaissance de parole dans le bruit de sujets malentendants avec des audiogrammes identiques.

Cette variabilité est complexifiée par les effets de l'âge en général et des fonctions cognitives (mémoire de travail, attention, vitesse de traitement) [Bernstein et al. 2013[6]]. Ainsi, les facultés d'audition s'altèrent avec l'âge, c'est la presbyacousie, ce qui entraîne que 45% des plus de 50 ans ont de réelles difficultés de compréhension dans les conversations. [Bien vieillir 2007[7]].

Cette variabilité de capacité auditive intra-individuelle se traduit donc par une perception personnalisée des sons. Cette personnalisation de l'audition est renforcée dans l'écoute de la musique pour laquelle s'ajoute une dimension esthétique subjective. Ainsi les jeunes collégiens préfèreraient parfois l'écoute MP3 à la qualité musicale haute-fidélité [Olive 2010[8]].

La musique et la parole diffère acoustiquement : la première est plus intense et plus dynamique. Ainsi le niveau sonore moyen atteint à 3m par une flûte est compris entre 92 et 105 dBA, celui d'un violon entre 80 et 90 dBA, alors que celui de la parole conversationnelle normale est compris entre 60-70 dBA [Chasin et Hockley 2014[9]].

1. http://www.biap.org/recom02-1.htm
2. DM Johnson, CS Watson and Janet K. Jensen, "Individual differences in auditory capabilities. I", J. Acoust. Soc. Am., 81 (2), February 1987.
3. GR. Kidd, CS. Watson, and B. Gygi, "Individual differences in auditory abilities", J. Acoust. Soc. Am. 122 (1), July 2007.
4. S. Kochkin, "MarkeTrak VIII: 25-Year Trends in the Hearing Health Market", The Hearing Review, October 2009; Volume 16, Number 11
5. KW. Grant, BE. Walden, V. Summers, MR. Leekz, "Introduction. Auditory Models of Suprathreshold Distortion in Persons with Impaired Hearing", J Am Acad Audiol 24:254–257, 2013
6. JGW. Bernstein, V. Summers, E. Grassi, KW. Grant, "Auditory Models of Suprathreshold Distortion and Speech Intelligibility in Persons with Impaired Hearing", J Am Acad Audiol 24:307–328, 2013
7. Plan national « Bien vieillir» 2007-2009. http://www.travail-solidarite.gouv.fr/IMG/pdf/presentation_plan-3.pdf
8. S. Olive, "Some New Evidence That Generation Y May Prefer Accurate Sound Reproduction", http://seanolive.blogspot.fr/2010_06_01_archive.html
9. M. Chasin et NS. Hockley, "Some characteristics of amplified music through hearing aids", Hearing Research 308, 2:12, 2014

De même les facteurs de crête de la musique sont de l'ordre de 16 à 20 dB autour du niveau moyen alors que pour la parole il est de l'ordre de 12 dB. De plus le spectre (moyen à long terme) de la parole est relativement similaire d'un locuteur à l'autre et même d'une langue à l'autre [Byrne et al. 1994] alors que le spectre de la musique dépend des instruments. Ainsi la musique vocale a beaucoup d'énergie dans les basses et moyennes fréquences alors que les instruments à percussion génèrent surtout de l'énergie dans les fréquences moyennes et hautes [Chasin et Hockley 2014]. Le taux de modulation de la parole est autour de 4 Hz alors que celui de la musique dépend du tempo [Croghan et al. 2014[10]]. Ces différences expliqueraient notamment que l'aide auditive ne soit pas adaptée pour l'écoute de la musique [Chasin et Hockley 2014, Madsen et Moore 2014[11]]. Ainsi dans l'étude de [Madsen et Moore 2014] sur 523 utilisateurs d'aides auditives interrogés par questionnaires-web plus de la moitié (53%) rapportent des problèmes de distorsion « parfois » ou « souvent » lors de l'écoute de la musique. De même, dans cette étude une plus grande proportion de sujets trouve difficile l'écoute d'un orchestre complet avec sa complexité de nombreux instruments que l'écoute d'instruments en solo.

La musique est donc un signal complexe dont le traitement doit prendre en compte des dynamiques importantes et des spectres d'instruments très différents les uns des autres et de la parole [Chasin 2010, Chasin et Hockley 2014].

Le traitement du son musical doit donc prendre en compte à la fois la variabilité intra-musicale en adaptant les traitements aux instruments musicaux, la variabilité intra-individuelle de capacité auditive en adaptant les traitements à l'audition du sujet, et la variabilité inter-sujet subjective esthétique en adaptant les traitements au plaisir d'écoute du sujet.

C'est cette approche qui est proposée par Augmented Acoustics.

A l'heure actuelle, l'amélioration du confort auditif est principalement réalisée par des prothèses auditives. La fourniture ce genre d'appareil est effectuée par des audioprothésistes professionnels car un bilan prothétique est indispensable. En effet, l'âge, l'ancienneté de la perte auditive, l'environnement sonore et les habitudes du patient engendre des réglages fins et complexes et permettre le meilleur compromis pour la satisfaction du patient. Les utilisateurs ainsi appareillés bénéficient de conditions efficaces dans les circonstances de leur vie quotidienne.

Depuis 2005, l'accessibilité des Etablissements recevant du public est une obligation légale (loi du 11 février 2005, article 41), et depuis le 1er Janvier 2015, toutes les salles de concerts sont censées être en conformité avec la réglementation accessibilité.

Trois solutions existent aujourd'hui : La boucle magnétique, les systèmes de transmission audio par infrarouge, les systèmes de transmission par radio.

Ces solutions collectives présentent des limitations en termes de bande passante et dynamique qui font qu'elles n'améliorent que très partiellement l'expérience musicale en concert. Et aucune de ces solutions ne prend en compte le fait que l'audition du spectateur malentendant peut avoir des comportements différents en fonction du type d'instrument joué.

Augmented Acoustics a développé SupraLive, un service et une solution technologique qui permet aux spectateurs en concert de pouvoir personnaliser leur expérience sonore. Une fois équipés de notre système breveté (composé d'écouteurs intra-auriculaires, de notre petit récepteur PEEBLE® et d'une application mobile), les spectateurs accèdent à une qualité d'écoute Haute-Résolution ainsi qu'à diverses possibilités de paramétrages comme le réglage de volume ou l'égalisation paramétrique et l'accès au multipiste.

Le service SupraLive actuel offre ainsi déjà une première alternative pour les malentendants grâce à la fonction d'égalisation, la qualité sonore HD, la maîtrise de la captation sonore, l'accès à des réglages de volume multipiste, la stéréophonie et la contrôle de latence.

Cependant, la capacité de SupraLive à opérer des réglages par canal offre des possibilités de personnalisation de l'écoute pour des personnes à acuité auditive réduite en appliquant un traitement adaptatif améliorant la qualité d'écoute sur les pistes musicales en fonction des instruments joués sur chacune des pistes.

Par ailleurs, les sujets peuvent avoir un niveau d'audition faible (insensibilité à niveau faible) et une forte sensibilité à niveau fort (gêne à des niveaux bien inférieurs au niveau de gêne moyen). Également une dynamique étendue a montré des résultats bénéfiques sur la qualité sonore perçue par des musiciens appareillés [Hockley et al. 2010[12]]. SupraLive a une dynamique numérique de calcul de 144dB (dynamique liée aux 24 bits de la mantisse des flottants), supérieure à la dynamique de l'oreille (120dB), ce qui offre de la marge par rapport au bruit de quantification. Ainsi, la dynamique numérique de SupraLive permet une qualité élevée malgré une réduction de la dynamique d'audition.

Enfin, différentes études[13] [14] [15] [16] montrent que les évolutions temporelles rapides du signal sont impactées par la fréquence d'échantillonnage. Nous profitons ainsi des possibilités intrinsèques de notre technologie avec ses 8 pistes instrumentales dédiées et une fréquence d'échantillonnage élevée à 96 kHz pour permettre à une large partie des malentendants d'accéder à cette expérience du live inédite et ainsi de recouvrer le plaisir du concert.

Cette évolution de SupraLive est en cours de brevet à l'international et s'appelle Live Music For All.

10. NBH. Croghan, KH. Arehart, JM. Kates, "Music Preferences With Hearing Aids: Effects of Signal Properties, Compression Settings, and Listener Characteristics", Ear & Hearing 2014; 35; e170–e184
11. SMK Madsen, BCJ Moore, "Music and hearing aid", Trends Hear. 2014 Oct 31; 18.
12. NS. Hockley, F. Bahlmann, M. Chasin, "Programming hearing instruments to make live music more enjoyable. The Hearing Journal, 2010, 63 (9), 30:38
13. J. Robert Stuart, "Coding for High-Resolution Audio Systems", J. Audio Eng. Soc., Vol. 52, No. 3, 2004 March
14. Bob Stuart, "High-Resolution Audio : A perspective", J. Audio Eng. Soc., Vol. 63, No. 10, 2015 October
15. Peter G. Craven, "Controlled pre-response antialias filters for use at 96kHz and 192kHz », AES 114TH CONVENTION, AMSTERDAM, THE NETHERLANDS, 2003 MARCH 22-25
16. Malachy Ronan, Robert Sazdov, and Nicholas Ward, "Factors influencing listener preference for dynamic range compression", AES 137th Convention, Los Angeles, USA, 2014 October 9–1