

Un traitement de signal musical Haute-Fidélité

Tom Scheller and Kelly Fitz

Introduction

La plate-forme Synergy de Starkey introduit une série d'algorithmes et fonctionnalités destinés à améliorer le plaisir de l'écoute musicale. La plus importante est sans doute le nouveau programme d'environnement dédié. Un programme spécifiquement conçu pour écouter de la musique, reposant sur les principes de base du système auditif et façonné selon les indications de musiciens et chefs d'orchestre professionnels.

Tout pour la musique

« La musique engendre une sorte de plaisir dont ne peut se passer la nature humaine. » - Confucius

La musique est partout autour de nous. Dans nos maisons, dans nos voitures, sur les lieux de travail et dans les lieux de culte. La musique est dans les magasins et les restaurants, dans les stades et dans les fêtes, dans les films et à la télévision. Nous nous réjouissons et nous nous détendons en musique. Nombreux sont ceux qui se réveillent ou s'endorment en musique et nous l'écoutons délibérément ou en passant, dans des environnements multiples et variés. Nous traitons et percevons la musique sans effort, souvent en fond sonore, sans même nous en rendre compte.

Pour ceux qui souffrent d'une perte auditive, néanmoins, écouter de la musique peut être frustrant. Et les aides auditives actuelles sont souvent peu utiles. Elles ont été élaborées dans le but premier d'améliorer l'intelligibilité de la parole et de grands progrès ont été réalisés dans ce sens. Les dynamiques de la musique sont plus larges et plus lentes que celles de la parole. La variation spectrale est plus large et plus importante pour la perception de la musique que celle de la parole, de sorte que la distorsion spectrale est plus marquée pour l'écoute musicale. La parole qui nous intéresse provient habituellement d'une source unique ; son traitement privilégie souvent son identification et supprime tout le reste. La musique est intrinsèquement multi-sources et s'inscrit rarement dans le bruit ; l'atmosphère d'un lieu de représentation, y compris sa réverbération, est un élément essentiel de l'expérience musicale. C'est pourquoi il n'est généralement pas approprié de supprimer une quelconque partie du signal lorsque l'on écoute de la musique.

Parce que les signaux musicaux ont des caractéristiques acoustiques différentes des signaux de la parole, des dynamiques différentes et des caractéristiques spectrales différentes, le traitement orienté parole dans les aides auditives d'aujourd'hui peut nuire à l'écoute de la musique. Par rapport à la parole, l'écoute de la musique implique des objectifs et des stratégies d'écoute différents, et présente des défis différents pour les auditeurs souffrant de perte auditive. Or le traitement de la parole des aides auditives entre souvent en conflit avec ces objectifs et stratégies, dégradant la musique au point que les patients cessent peu à peu d'en écouter.

Si la musique est connue pour avoir une grande importance sociale et émotionnelle pour les jeunes gens, Cohen, Bailey et Nilsson (2002) ont toutefois constaté que les personnes d'un âge avancé continuaient de lui accorder une place importante ou très importante dans leur vie.

Si l'amour de la musique ne disparaît pas avec la perte auditive, elle peut néanmoins réduire la capacité à l'apprécier. En 2008, une étude menée par Leek et ses collègues auprès d'auditeurs souffrant de perte auditive, montre que la moitié des répondants écoutait de la musique quotidiennement et près de 30 % d'entre eux signalaient que leur perte auditive avait affecté leur plaisir musical.

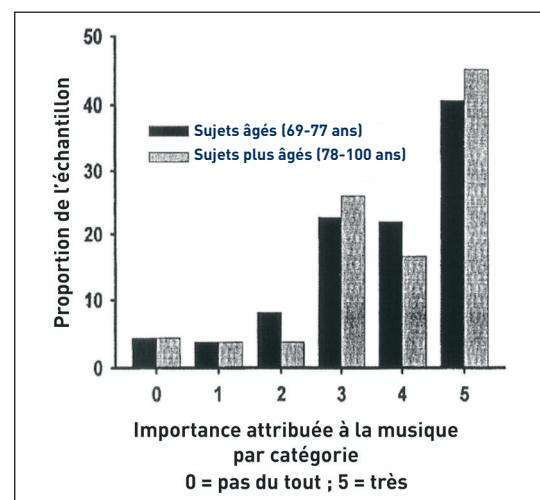


Figure 1 : Les personnes d'un âge avancé continuent de considérer la musique comme importante ou très importante dans leur vie (d'après Cohen et al., 2002).

Les auditeurs se plaignaient que la musique était trop forte ou pas assez et qu'ils avaient du mal à reconnaître les mélodies et comprendre les paroles. Leek suggère que 25-30 % des patients appareillés peuvent avoir des difficultés lorsqu'ils écoutent de la musique et sollicite une attention spéciale de la part des audioprothésistes pour que ces problèmes soient minimisés.

Les utilisateurs d'aides auditives ne sont pas satisfaits du rendu de la musique dans leurs oreilles. Il suffit de consulter Internet pour voir qu'ils décrivent la musique comme « assourdie, distante, approximative, fade, confuse, métallique, éparse, compressée » et « dépourvue de réverbération acoustique ». Ils se demandent également : « Pourquoi est-ce que la musique est si mauvaise avec mes aides auditives ? On dirait une radio bon marché. » Par ailleurs, les audioprothésistes ne sont pas satisfaits de l'adaptation qu'ils proposent pour l'écoute de la musique, précisant que « parfois, le mieux que l'on puisse faire, c'est de mettre du scotch sur les micros » (en référence à une pratique autrefois recommandée pour atténuer la performance du microphone d'une aide auditive en présence d'une musique forte). L'heure est venue d'offrir une solution complète aux amateurs de musique atteints de perte auditive et aux audioprothésistes qui les équipent.

Conçu pour écouter de la musique

La plupart des programmes "musique embarqués" avec les aides auditives, sont configurés comme une variante du programme classique d'écoute de la parole, y compris dans les précédentes générations d'aides auditives Starkey. Une solution pratique qui permet au fabricant d'apporter de petits ajustements, faciles à appliquer, aux cibles prescriptives et au traitement du signal conçus pour la parole. Mais pourquoi le comportement en musique devrait-il être une simple variante du comportement avec la parole ? Il s'agit pourtant de signaux acoustiques très différents, dont les objectifs d'écoute sont souvent très différents. Pour la parole, le but est de maximiser l'intelligibilité sans sacrifier le confort. Pour la musique, il est de maximiser le plaisir de l'écoute musicale. Au vu de ces différences, un traitement distinct s'impose.

C'est pourquoi le nouveau programme Musique de Starkey a, dès le départ, été conçu pour écouter de la musique. Il repose sur trois éléments clés :

- une nouvelle logique d'adaptation spécialement conçue pour la musique,
- une nouvelle compression de plage dynamique conçue pour compléter la logique d'adaptation de la musique,
- de nouveaux réglages dans Inspire pour faciliter le paramétrage du nouveau programme Musique.

Une nouvelle logique d'adaptation

Au lieu de partir d'une logique d'adaptation déjà existante, comme NAL-NL2 ou DSL 5.0, et de la modifier, Starkey n'a tenu compte que de ce qui importe pour le plaisir de l'écoute musicale. Ses recherches ont montré que ce plaisir était porté par deux éléments majeurs :

- **Offrir un son clair tout en restituant l'intensité sonore.**

Pour cela, il faut assurer un gain d'insertion uniforme et une amplification non compressive linéaire aux niveaux d'entrée plus élevés. Dans le même temps, un certain gain doit être assuré pour compenser la perte auditive. À ces niveaux, c'est comme si le patient ne voulait réellement rien de plus qu'un vaste réglage du volume. L'équipe de recherche de Starkey a mené une vaste étude sur les préférences d'intensité sonore de la musique supraliminale, selon plusieurs types de pertes auditives. Des travaux qui ont fait apparaître des cibles d'adaptation pour la musique forte différentes en ajustements de fréquences de celles de la musique douce.

- **Rendre audible la musique douce.** Cela nécessite d'ajuster la réponse en fréquence du gain pour les entrées faibles. Pour les pertes auditives typiques, cela signifie souvent assurer une amplification dans les fréquences hautes et basses extrêmes et une amplification moindre pour les fréquences moyennes. Pour élaborer une nouvelle logique d'adaptation, il a fallu étudier l'importance des diverses intensités de musique douce. Puis équilibrer cela de façon empirique afin de minimiser l'importance de la compression dans la plage d'intensités.

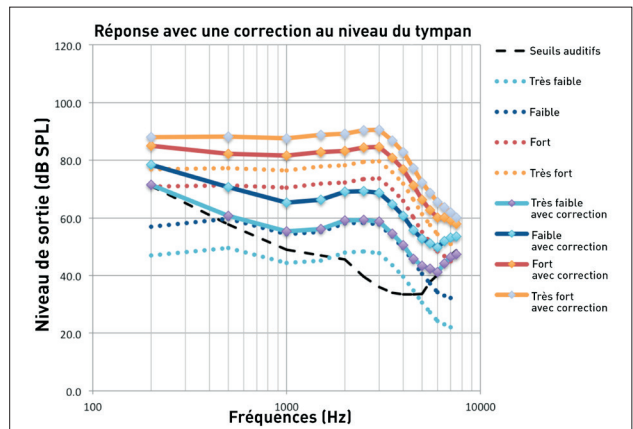


Figure 2 : Caractéristiques des réponses de fréquence pour plusieurs niveaux d'entrée. Les courbes en pointillés correspondent aux entrées pour l'oreille sans correction. Les lignes pleines correspondent à la réponse avec correction au niveau du tympan pour la même plage d'entrées. La ligne noire discontinue correspond au seuil auditif exemplaire.

Sur la figure 2, nous pouvons voir un exemple de l'effet pour une adaptation. La ligne noire discontinue correspond au seuil auditif en SPL. La série de lignes en pointillés correspond aux différentes intensités des niveaux d'entrée musique.

Les lignes pleines correspondent à ces mêmes niveaux d'entrée après amplification. Nous pouvons voir que la musique douce a été augmentée jusqu'au seuil d'audibilité, essentiellement en amplifiant les fréquences basses et hautes extrêmes. À l'autre bout du spectre d'intensités, les entrées musicales les plus fortes ont une réponse relativement plate, indiquant un gain d'insertion uniforme. Associé à une amplification linéaire (non compressive), cela permet une amplification transparente de parties musicales d'intensité élevée.

À noter : les caractéristiques du gain en résultant sont relativement compressives dans certaines zones de fréquences et linéaires dans d'autres. Un résultat qui diffère de l'idée reçue selon laquelle les adaptations musicales doivent être linéaires (ou presque) pour être appréciées des personnes malentendantes. Grâce aux travaux de recherche et développement du programme musique dédié, il est devenu clair que nous n'avions qu'une idée très vague des besoins des malentendants en matière d'écoute musicale. Et qu'il ne faut pas toujours prendre pour argent comptant les « pratiques acceptées ».

Une nouvelle compression

Une nouvelle architecture de compression a été élaborée pour compléter les objectifs de la nouvelle logique d'adaptation musicale. Une nouvelle zone d'amplification linéaire [segment 3 de la figure 3] a été ajoutée pour assurer la linéarité de haut niveau requise par la règle d'adaptation. Les caractéristiques dynamiques de l'amplificateur ont également été considérablement modifiées. Deux raisons à cela :

- **Rendre le comportement de compression plus cohérent pour la musique.** La compression de la plage dynamique pour la parole est devenue relativement sophistiquée, essayant de garantir une intelligibilité maximale sans engendrer d'inconfort sonore. En contrepartie, la perception globale du son a fait l'objet de peu d'attention. Comme nous l'avons déjà dit, l'objectif pour la musique est relativement différent. En ce qui concerne la musique, le but est de maximiser le plaisir d'écoute en garantissant une expérience cohérente sur le plan de la perception, durant laquelle les modifications de gain sont stabilisées dans le temps.
- **Rendre l'amplification dynamique la plus compatible possible avec la musique.** Nous savons que les dynamiques de la musique sont plus étendues et plus lentes que celles de la parole, de sorte que toute artificialité dans la qualité d'amplification sera magnifiée par rapport à la parole. Dans cette optique, les dynamiques de la logique d'adaptation musicale de Starkey ont été conçues pour offrir une perception naturelle du niveau sonore tout en tenant compte de la qualité sonore préférée.

Étant donné la diversité des styles musicaux, c'est un défi de taille qui a été relevé avec la description des dynamiques de tout un éventail de genres et styles musicaux. Cette description a contribué au développement de spectres musicaux moyens qui ont joué un rôle clé dans le calcul de la logique d'adaptation musicale. Ce travail a également permis l'identification d'échantillons musicaux représentatifs, utilisés pour la validation des préférences d'écoute.

Pour une duplication musicale de qualité, l'entrée musicale ne doit pas être déformée par l'amplificateur de l'aide auditive ; c'est pourquoi les aides auditives portées par la plate-forme Synergy autorisent des entrées aussi élevées que 110 dB SPL.

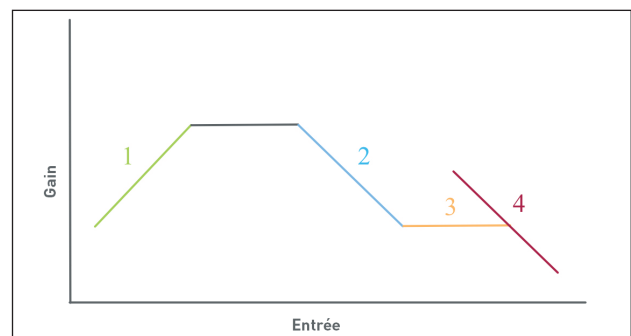


Figure 3 : Un dessin de la caractéristique de gain/entrée de la compression musicale. Le segment 1 montre l'expansion pour minimiser le bruit de faible niveau ; le segment 2 montre la compression de transition entre plus de gain pour la musique douce et moins de gain pour la musique forte ; le segment 3 montre l'amplification linéaire pour la musique douce ; le segment 4 montre la limitation de compression de sortie pour prévenir la distorsion des intensités les plus élevées.

De nouveaux réglages dans Inspire

Inspire et ses réglages sont le troisième élément majeur du programme musique dédié. Il est intéressant de comparer ce que nous avons toujours su sur l'adaptation d'un programme pour la parole à l'adaptation d'un programme pour la musique.

Base de connaissances		
	Paroles	Musique
Spectres d'entrée	Caractéristiques spectrales bien établies	Variable et selon préférences
Niveaux d'entrée	Généralement accepté à 65 dB SPL pour une conversation à 1 mètre	Varie considérablement selon les préférences de l'utilisateur
Cibles prescriptives	Logiques prescriptives établies	Précédemment indéfini
Gain approprié	Comme suggéré par la logique prescriptive	Inconnu. Traité comme une variante de la parole
Mesures des résultats	Intelligibilité de la parole standardisée et mesures de résultats subjectives	Aucun résultat objectif n'a été défini

Comme nous l'avons vu, il existe un certain nombre d'idées reçues sur la manière dont une aide auditive doit être configurée pour la musique. Nous devons éviter ces pièges et ne pas traiter la musique de la même manière que la parole.

Afin de régler une aide auditive pour la musique, il est primordial que le logiciel facilite le dialogue avec le patient. Si notre objectif est de maximiser le plaisir de la musique, notre critère de base doit être l'expérience du patient.

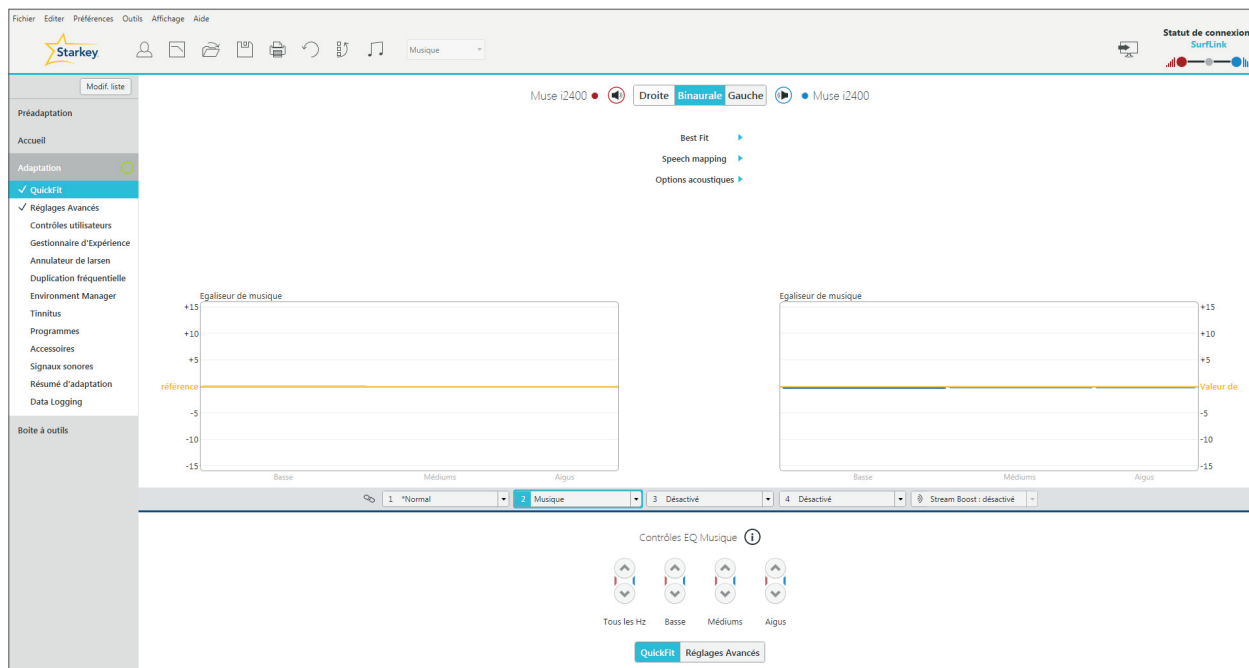


Figure 4

L'écran Inspire QuickFit pour la musique est donc conçu pour faciliter les échanges sur la qualité de la musique. Ses réglages sont intuitifs pour le professionnel et le patient. Les fréquences sont clairement regroupées en réglages Graves, Médiums et Aigus et un réglage large bande du niveau sonore général est proposé.

De nouveaux graphiques ont été conçus pour faciliter ces échanges. La valeur de référence ou ligne « zéro » représente la cible musicale pour un patient donné (et est différente pour chaque adaptation). Tout ajustement de l'adaptation musicale par défaut apparaîtra comme une barre bleue se détachant de la ligne zéro, le gain supplémentaire apparaissant comme une valeur positive et le gain réduit comme une valeur négative. Notre intention était d'associer les visuels à une référence significative sur le plan de la perception, à savoir l'écart par rapport à l'adaptation musicale originale. Comme nous avons constaté que la musique classique était aisément évaluée par la majorité des patients, quels que soient leurs goûts musicaux, nous avons prévu des échantillons dans le logiciel Inspire.

Conclusion

Le programme musique dédié de Starkey repose donc sur une conception entièrement nouvelle de l'adaptation musicale. Il se différencie des précédentes tentatives d'adaptation dans la mesure où il part de zéro. Reposant sur une nouvelle logique d'adaptation musicale, avec une compression complémentaire et de nouveaux réglages Inspire pour des échanges simplifiés, il permet aux patients de retrouver le plaisir de la musique.

Références

- Cohen, A., Bailey, B., & Nilsson, T. (2002). The importance of music to seniors. *Psychomusicology*, 18, 89-102.
- Leek, M. R., Molis, M. R., Kubli, L. R., & Tufts, J. B. (2008). Enjoyment of music by elderly hearing-impaired listeners. *J Am Acad Audiol*, 19:519-526.

