

Le Bluetooth Classic pour les aides auditives ? Heureusement, nos ingénieurs n'ont pas entendu dire que c'était impossible!

Davina Omisore, mars 2019

Introduction

Phonak a récemment franchi une étape novatrice. Phonak est le premier fabricant d'aides auditives à utiliser avec succès la technologie Bluetooth® Classic de fréquence 2,4 GHz universellement disponible pour connecter directement les aides auditives à des appareils de tous les jours (par exemple, iOS®, Android™ et autres smartphones, téléviseurs, ordinateurs, systèmes stéréo, tablettes, etc.) pour la diffusion audio (musique et appels téléphoniques). D'autres aides auditives à connectivité directe utilisent la technologie propriétaire Apple® Bluetooth Low Energy (LEA) pour la connectivité Made for iPhone® (MFi). Cette technologie ne peut être utilisée que par iPhone® et iPad®. Cela empêche les clients utilisant des téléphones avec d'autres systèmes d'exploitation de permettre une diffusion audio directement vers leurs aides auditives. Selon le rapport eMarketer de 2016¹, les systèmes Apple iOS ne représentent que 13 % des parts de marché mondiales. La plus grande part de marché est occupée par les appareils exécutant le système d'exploitation Android, avec 86 % d'utilisateurs.

Marvel par Phonak est la dernière génération d'aides auditives à connectivité directe qui diffusent l'audio et les appels téléphoniques de manière binaurale, mais qui

offrent également une journée complète d'autonomie grâce à une batterie lithium-ion. La faible consommation d'énergie de la puce SWORD™ (puce radio numérique sans fil de Sonova) 3e génération permet cette autonomie. Cette minuscule puce sans fil dispose d'une sensibilité radio améliorée, lui permettant de gérer les demandes d'énergie du Bluetooth Classic. Elle réduit la consommation d'énergie tout en maintenant une distance et une stabilité de liaison excellentes. Afin de surmonter la limitation Bluetooth liée à la possibilité de diffuser en continu sur une oreille uniquement, un algorithme dédié a été développé. Cet algorithme étend les capacités Bluetooth pour permettre la diffusion en continu sur les deux oreilles.

Qu'est-ce que le Bluetooth ?

Dans l'industrie des aides auditives, deux principaux protocoles Bluetooth existent : le Bluetooth Classic et le Bluetooth Low Energy (Bluetooth LE).

Bluetooth Classic

Le Bluetooth Classic est un protocole de communication radio à courte longueur d'onde qui respecte les normes de fréquences internationales, réservées aux équipements industriels, scientifiques et médicaux (ISM).

Opérant au sein de la bande de fréquences radio des 2,4 GHz, le Bluetooth Classic constitue la norme sans fil libre de référence dans le monde entier pour l'échange de diffusion audio continue (comme les transferts de signal vocal ou musical) à distance entre deux appareils jumelés, comme des téléphones portables, des casques audio, des chaînes stéréo. Le Bluetooth Classic offre aux clients l'avantage, par rapport au Bluetooth LE, d'utiliser le profil de distribution audio avancée (A2DP) pour la diffusion audio à partir de tous les périphériques Bluetooth et prend en charge les appels téléphoniques mains-libres grâce au profil mains libres (HFP). En réalité, le Bluetooth Classic est tellement répandu que même les appareils de diffusion en continu Bluetooth Apple, comme les Apple AirPods®, l'utilisent à la place de leur solution propriétaire.

Bluetooth LE

Comme le Bluetooth Classic, le Bluetooth LE exploite la bande de fréquences radio des 2,4 GHz. Il a été conçu pour consommer moins d'énergie pour le contrôle de données tout en gardant une portée de communication similaire (jusqu'à 100 m/330 pi) en champ libre. Le Bluetooth LE a été créé par Nokia en 2006 et portait à l'origine le nom de Wibree. Il a été intégré au standard Bluetooth en 2010, avec l'adoption du Bluetooth v4.0. Il est idéal pour les applications qui n'impliquent que des échanges périodiques de faibles quantités de données. Même s'il consomme moins d'énergie que le Bluetooth Classic pour les petites quantités de données, il n'a pas été conçu pour une diffusion de données en continu. Apple a développé une version modifiée du Bluetooth LE, utilisé dans le protocole MFi des aides auditives. Cette nouvelle version permet une pleine capacité de la diffusion audio directement de l'iPhone aux aides auditives, mais sans l'option d'appels téléphoniques mains-libres.

L'enjeu d'intégrer le Bluetooth Classic aux aides auditives

Lorsque le Bluetooth Classic est intégré aux aides auditives, il existe deux principaux enjeux à surmonter. Ces défis étaient considérés comme insurmontables. Les autres fabricants d'aides auditives choisissent ainsi d'utiliser la technologie propriétaire Bluetooth LE d'Apple.

1. Consommation d'énergie

Le Bluetooth Classic est souvent considéré comme « trop gourmand en énergie ». Il a été réduit à une simple technologie de diffusion audio par les autres fabricants d'aides auditives, car les puces disponibles consomment beaucoup plus d'énergie que la technologie Made for iPhone. Le matériel nécessaire pour une transmission

Bluetooth peut être conçu pour s'intégrer aux aides auditives. Cependant, une puissance requise mal réglée peut limiter la durée de vie de la pile zinc-air à un niveau insuffisant².

2. Diffusion aux deux oreilles

Le Bluetooth Classic offre une diffusion stable, une diffusion audio stéréo de haute qualité, mais ne prend en charge qu'une seule connexion pour la diffusion. Pour une diffusion audio binaurale, deux connexions sont nécessaires. Des raccourcis propriétaires spécifiques doivent donc être développés. Une mise en place incorrecte peut entraîner un déséquilibre significatif de la consommation d'énergie. Ce défaut peut être constaté lors de la diffusion de musique avec l'A2DP.

Relever le défi du Bluetooth avec SWORD

En résolvant les enjeux du Bluetooth Classic liés à la consommation de la pile et à la diffusion binaurale de musique et d'appels téléphoniques, Phonak a développé SWORD : une puce sans fil qui utilise le Bluetooth Classic et qui surmonte les limitations de la durée de vie de la pile et de la diffusion audio.

1. Miniaturisation de la puce sans fil

En 1965, Gordon Moore a observé que « la vitesse du processeur, ou la puissance de traitement globale des ordinateurs, doublera tous les deux ans »³. Cette déclaration empirique est connue sous le nom de « loi de Moore » et peut également s'appliquer à la technologie des aides auditives numériques sans fil. La miniaturisation de la technologie est l'une des clés du déverrouillage de la connectivité sans fil universelle et des algorithmes complexes sans augmenter la consommation d'énergie. Puisque la taille de la puce est plus petite, la consommation d'énergie peut être réduite. Grâce à des transistors plus petits et plus compacts, les électrons ne parcourent pas beaucoup de distance pour se déplacer parmi eux, leur permettant d'économiser du temps et de l'énergie⁴. Plus la taille du transistor est petite, plus il est possible d'ajouter des transistors avec des fonctionnalités plus sophistiquées sans augmenter la consommation de la pile.

Phonak a développé SWORD, une puce minuscule à faible consommation d'énergie. La structure comporte 42 millions de transistors positionnés sur une puce de 6,8 mm². En utilisant la technologie CMOS 40 nm, SWORD est la seule puce sans fil capable de combiner une puce radio avec une antenne pour alimenter toutes les applications. Cette technologie est actuellement l'une des solutions les moins énergivores pour les applications des aides auditives. Elle offre davantage de flexibilité pour les applications sans fil sophistiquées telles que la diffusion audio binaurale via le Bluetooth Classic, mais également pour les liaisons audio propriétaires pour la diffusion d'oreille à oreille, offrant des

fonctions uniques telles que la Technologie Binaurale VoiceStream™. Ces connexions utilisent la même antenne, permettant ainsi la réduction de la taille des aides auditives. La diffusion audio binaurale est optimisée pour les appareils externes utilisant une extension du Bluetooth Classic. SWORD bénéficie d'une robustesse accrue pour une connexion Bluetooth plus stable grâce à une nouvelle conception d'antenne sans fil. Cette antenne a été optimisée pour les performances d'oreille à oreille et non corporelles, et permet une transmission audio autour de la tête.

La figure 1 illustre l'étalonnage de SWORD par rapport à d'autres technologies de puces sans fil similaires, présentes dans les écouteurs sans fil grand public et les aides auditives MFi de 2,4 GHz d'autres fabricants.

	SWORD™	Écouteurs sans fil grand public	Aides auditives MFi de 2,4 GHz d'autres fabricants
Taille en mm	1,9 x 3,58 mm	3,23 x 4,42 mm	2,7 x 2,9 mm
Surface en mm²	6,8 mm²	14,3 mm²	7,83 mm²
Technologie	40 nm	65 nm	65 nm
Consommation courante			
Protocoles	BT Classic BT LE™ (propriétaire) Roger Média/télévision TBVS	BT Classic BT LE	---- BT LE LEA (MFi)

Figure 1 : Comparaison de la puce SWORD avec d'autres solutions Bluetooth. SWORD est de loin la meilleure de sa catégorie en termes de taille, de surface, de petite technologie, de consommation courante et de nombre de protocoles.

Sword dépasse de loin les écouteurs sans fil grand public et les aides auditives MFi en ce qui concerne la taille de la puce et la technologie. Il s'agit de la seule puce capable d'utiliser simultanément plusieurs protocoles tels que le Bluetooth Classic, le Bluetooth LE et plusieurs protocoles propriétaires. La consommation courante de SWORD est comparable à celle des aides auditives MFi concurrentes, mais elle dépasse de loin celle des écouteurs sans fil grand public.

2. Sensibilité radio et conception de l'antenne

Afin d'optimiser davantage la consommation d'énergie, la sensibilité de la puce radio et de son antenne est également importante. Une antenne radio performante permet de réduire la consommation d'énergie, en particulier du côté de l'émetteur, sans réduire la distance et la stabilité de la liaison. Puisque le corps humain absorbe les 2,4 GHz, il est très difficile pour le signal de se déplacer autour du corps. Les aides auditives reposaient à l'origine sur une liaison inductive nécessitant la duplication de la radio et de l'antenne. SWORD a été conçue pour fournir une sensibilité permettant une

transmission audio binaurale. L'antenne radio de SWORD a été conçue et optimisée pour permettre la transmission en continu de signaux audio externes stables ainsi que la communication autour de la tête. Elle a l'avantage de ne pas être sensible à la proximité du corps et ne souffre donc pas d'une performance dégradée lorsqu'elle est portée à l'oreille. De plus, l'expérience collective, obtenue lors de l'introduction de la technologie Roger™ en 2013, a également été très utile lors du développement de l'antenne radio.

SWORD est la seule puce sans fil disponible nécessitant une seule antenne radio capable de prendre en charge de courtes distances de liaison pour la diffusion d'oreille à oreille avec la Technologie Binaurale VoiceStream, des distances de liaison longues comme le Bluetooth Classic et le Bluetooth LE, ainsi que de multiples protocoles utilisés pour l'écoute de tous les jours (figure 2).

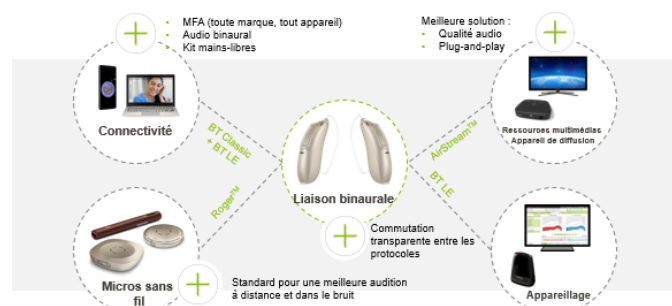


Figure 2 : Les multiples protocoles intégrés à la puce SWORD.

Gestion de l'alimentation et consommation de la pile

Sans les améliorations mentionnées ci-dessus, l'intégration du Bluetooth Classic entraînerait, en effet, des inconvénients importants en termes de consommation d'énergie. Les aides auditives MFi utilisent donc l'application propriétaire Apple Bluetooth LE (LEA). Grâce à ces protocoles, les aides auditives peuvent prendre en charge deux connexions pour la diffusion audio binaurale. Les inconvénients de ces solutions sont la connectivité limitée aux iPhone et iPad d'Apple, l'absence d'appels téléphoniques mains libres et l'absence de connectivité vers d'autres périphériques tels que les ordinateurs Apple.

SWORD a été conçue pour une faible consommation d'énergie. Son système de gestion de l'énergie comprend des convertisseurs de tension qui minimisent le courant consommé par les aides auditives Phonak lors de l'utilisation optimale du Bluetooth Classic, sans induire une consommation courante importante ou un épuisement de la pile. Ce nouveau système de gestion de l'alimentation garantit aux clients une autonomie comparable à celle de la pile des aides auditives lors de la

diffusion de musique ou d'appels téléphoniques par rapport aux aides auditives MFi.

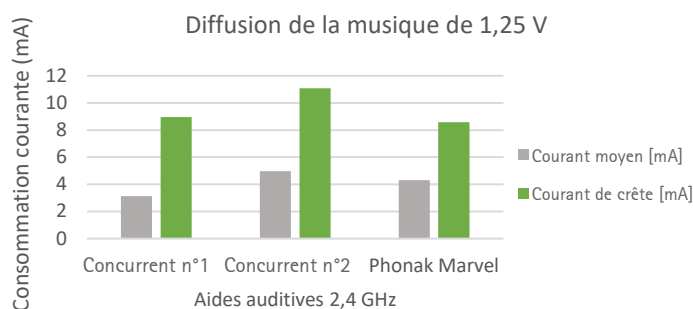


Figure 3 : Comparaison du courant de crête et du courant moyen de la diffusion de musique à partir d'aides auditives RIC utilisant la technologie de fréquence 2,4 GHz. Pour des résultats comparables, les mesures ont été effectuées sans écouteur.

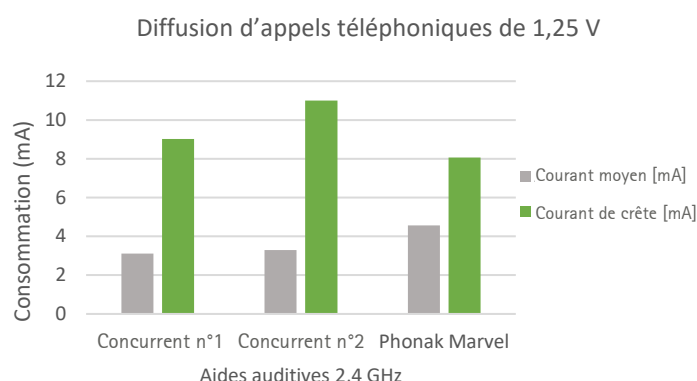


Figure 4 : Comparaison du courant de crête et du courant moyen de la diffusion d'appels téléphoniques à partir d'aides auditives RIC utilisant la technologie de fréquence 2,4 GHz. Pour des résultats comparables, les mesures ont été effectuées sans écouteur.

Les figures 3 et 4 présentent une comparaison des courants de crête et moyen lors de la diffusion audio et d'appels téléphoniques, pour les aides auditives Marvel et les aides auditives MFi Receiver In Canal (RIC) concurrentes. Le courant de crête indique le courant consommé lorsque la radio est allumée et indique l'efficacité de la puce. Pour les piles zinc-air, le courant de crête est important, car ces piles ne peuvent absorber qu'une quantité limitée d'air pour produire de l'électricité et ne peuvent donc fournir qu'un certain courant maximal. Si cette quantité est dépassée (ce qui dépend de la pile [10, 312, 13, 675]), la tension de la pile diminue et l'aide auditive s'arrête, du moins temporairement. Cet effet est appelé « manque d'oxygène », car la pile ne s'oxygène plus suffisamment. L'effet devient plus prononcé vers la fin de vie de la pile et peut mettre fin prématurément à la vie d'une pile zinc-air, même si elle a toujours la capacité de délivrer des courants plus faibles. L'objectif est de réduire la consommation du courant de crête dans un appareil. Les batteries lithium-ion

rechargeables ne sont pas concernées, car elles peuvent fournir des courants de crête beaucoup plus élevés et ne nécessitent pas d'air.

Outre l'effet de manque d'oxygène, chaque pile dispose d'une certaine capacité. La pile peut également durer plus longtemps si les aides auditives absorbent un courant moyen inférieur.

Lors de la diffusion de musique et d'appels téléphoniques, les radios Bluetooth Classic et Bluetooth LE sont activées et désactivées à intervalles réguliers. Cette action se traduit par une consommation de courant moyen inférieure. Cet effet est évidemment pertinent pour tous les types de piles, zinc-air ou lithium-ion.

Les graphiques (figures 3 et 4) montrent que SWORD est capable d'utiliser le Bluetooth Classic pour diffuser de l'audio dans des aides auditives sans subir de consommation de courant de crête (et de courant moyen) élevée. Lors de l'utilisation du Bluetooth Classic pour la diffusion, les réponses du courant de crête et du courant moyen de SWORD sont très proches des deux aides auditives MFi qui utilisent le Bluetooth LE à faible consommation d'énergie pour économiser de l'énergie. L'argument contre l'utilisation du Bluetooth Classic est alors réfuté pour la diffusion audio ou d'appels téléphoniques dans les aides auditives.

Notre expérience des solutions rechargeables lithium-ion et l'analyse des données de performance à long terme nous ont permis d'optimiser davantage la solution rechargeable de 2e génération. Sur la base d'une analyse interne des données, 98 % des utilisateurs de Phonak Audéo™ B-R (n = 12'239) utilisent leurs aides auditives rechargeables moins de 17 heures par jour. Les données du DataLogging, avec plus de 192 000 clients (portant Phonak Belong), indiquent une durée moyenne d'utilisation de 10,4 heures par jour. À l'aide de ces informations, Phonak a défini la durée de vie de la batterie des aides auditives rechargeables comme étant une utilisation de 16 heures par jour, soit :

- 8 heures avec AutoSense OS™ 3.0 et la Technologie Binaurale VoiceStream™ (50 %) ;
- 4 heures de diffusion Bluetooth, d'appels téléphoniques (HFP) et de ressources multimédias (A2DP) (25 %) ;
- 4 heures avec l'utilisation du téléviseur à l'aide du TV Connector (technologie AirStream™) (25 %).

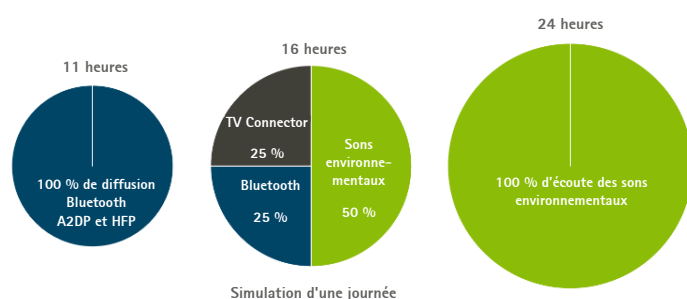


Figure 5 : Consommation de la batterie calculée lors de l'utilisation des aides auditives Audéo Marvel pour la diffusion audio uniquement, l'écoute acoustique et la diffusion audio, et l'écoute acoustique uniquement.

La figure 5 montre que la consommation de la batterie calculée est basée sur des tests préliminaires, menés par Phonak grâce à la préproduction d'Audéo Marvel. La durée de vie de la batterie varie en fonction de son utilisation, de sa configuration et d'autres facteurs ; les résultats réels varieront.

La séquence de test comprend une stimulation acoustique avec 16 heures en mode « marche » /jour. Le test comprend plusieurs séquences de diffusion activées automatiquement avec un total de 8 heures d'autonomie de diffusion sans fil. Les aides auditives étaient réglées avec une perte auditive typique sévère à profonde (N5) et des écouteurs P. Le niveau sonore moyen dans la boîte est compris entre 65 et 75 dB (variation de l'environnement de bureau légère/modérée, de la circulation intense/forte et de l'environnement d'un restaurant). Ce test comporte une extension pour l'enregistrement audio des sorties des écouteurs afin d'enregistrer les signaux d'avertissement et de notification.

En utilisant les mêmes conditions que celles énumérées ci-dessus, les aides auditives Audéo Marvel dotées d'une pile zinc-air de taille 13 procurent 100 heures de plaisir d'écoute, y compris la diffusion.

Aide auditive	Durée de vie de la pile
Audéo M-R	1 jour/> 16 heures
Audéo M-312T	60 heures
Audéo M-13T	100 heures

Figure 6 : Durée moyenne de la pile des aides auditives Phonak Audéo Marvel utilisant des batteries rechargeables, des piles 312 zinc-air et des piles 13 zinc-air.

En comparant les aides auditives Audéo Marvel rechargeables aux écouteurs sans fil, tous deux utilisant des batteries rechargeables au lithium-ion, les appareils auditifs Audéo Marvel peuvent être utilisés pendant 11 heures d'appels téléphoniques ou de diffusion musicale. Tandis que les écouteurs sans fil, qui utilisent

également le Bluetooth Classic, permettent seulement 5 heures d'écoute et 2 heures de conversation pour une seule charge⁵.

Conclusion

Phonak a réalisé une avancée grâce à la technologie SWORD utilisant le Bluetooth Classic. En miniaturisant la puce sans fil, ainsi qu'en améliorant la sensibilité radio et la conception de l'antenne, seul Phonak est en mesure d'exploiter les avantages de l'utilisation du Bluetooth Classic pour une diffusion audio et d'appels téléphoniques mains libres vers des appareils auditifs, sans compromettre la consommation d'énergie. Ces avancées ont été possibles grâce à SWORD et à sa technologie de puce 40 nm très efficace et économe en énergie.

Les aides auditives Phonak de dernière génération sont capables d'utiliser plusieurs protocoles, notamment :

- le Bluetooth Classic pour une connectivité téléphonique binaurale et une diffusion de musique ;
- le Bluetooth LE pour les télécommandes et l'appareillage des aides auditives sans fil ;
- les protocoles propriétaires pour la connexion à la technologie Roger, la diffusion à partir du TV Connector et l'échange binaural de données et d'audio d'oreille à oreille avec la Technologie Binaurale VoiceStream.

Tout cela est possible avec une consommation de pile similaire ou meilleure que celle de certains appareils auditifs MFi qui utilisent un protocole propriétaire Bluetooth LE et ne peuvent diffuser que directement sur un appareil iPhone ou iPad.

Grâce à la part de marché mondiale élevée des smartphones Android et iOS, SWORD peut se connecter à une majorité d'appareils et offre aux clients une journée complète de diffusion de musique binaurale et d'appels téléphoniques sans se soucier de la consommation de la pile.

Références

1. Global Mobile Landscape 2016: A Country-by-Country Look at Mobile Phone and Smartphone Usage. eMarketer Report. (2016). Retrieved from <https://www.emarketer.com/Report/Global-Mobile-Landscape-2016-Country-by-Country-Look-Mobile-Phone-Smartphone-Usage/2001859>.
2. Galster, J. (2014 November/December). Making sense of modern wireless hearing aid technologies. *Ent and audiology news*, 23, 5.

3. Moore, G.E. (1965) Cramming More Components onto Integrated Circuits. *Electronics*, 38, 8.

4. Weste, N. & Harris, D. (2011). CMOS VLSI Design: A circuits and systems perspective, (4th ed.). Boston, MA: Addison-Wesley.

5. Charge your AirPods with charging case and learn about battery life. (2018). Retrieved from <https://support.apple.com/en-us/HT207012>, accessed February 27th, 2019.

Apple, le logo Apple, iPhone, iPad et AirPod sont des marques de commerce d'Apple Inc., enregistrées aux États-Unis et dans d'autres pays.

iOS est une marque de commerce de Cisco, Inc.

Android, Google Play et le logo Google Play sont des marques de commerce de Google Inc.

Bluetooth® est une marque déposée appartenant à Bluetooth SIG, Inc.

Auteur



Davina est responsable audiologie dans l'équipe des solutions auditives pour les pertes auditives légères à moyennes au siège de Phonak. Elle travaille chez Phonak depuis janvier 2006, où elle s'est spécialisée dans l'audiologie et la

formation produit pour les aides auditives. Elle a obtenu un master en audiologie à l'université Dalhousie, à Halifax, au Canada et a travaillé au Royaume-Uni avant d'intégrer notre entreprise.