

Introduction générale

*L*a compréhension et les outils récents ne cessent de propulser le développement et la miniaturisation des dispositifs nomades dans l'environnement du corps humain. Allant de la télémédecine aux transactions financières, le contexte applicatif vivant demande une attention particulière à la bio-intégrabilité et aux performances des systèmes. En outre, ces derniers nécessitent une alimentation électrique stable pour leur fonctionnement. Le développement croissant d'unités de stockage d'énergie tels que les batteries et les supercondensateurs apporte des solutions viables pour la plupart des applications. Ces technologies sont de nature jetables ou bien rechargeables, dépendamment du besoin et de leur accessibilité.

L'éco-responsabilité et l'aspect financier à long terme motivent l'utilisation préférentielle des dispositifs rechargeables. La praticité et l'accès restreint aux sources électriques hors des zones urbaines appellent alors au développement de systèmes de récupération d'énergie pour augmenter l'autonomie des appareils et parfois même, pour les rendre entièrement autonomes.

Les travaux exposés dans cette thèse s'articulent plus particulièrement autour du besoin énergétique des appareils d'aide à l'audition. Le corps humain génère en effet une quantité d'énergie non négligeable du point de vue de ces dispositifs. De nature chimiques, thermiques, ou bien mécaniques, ces sources d'énergie biologiques sont viables à l'exploitation au travers de différentes technologies de transduction. Nous allons nous intéresser plus particulièrement à l'exploitation de l'énergie de déformation mécanique du conduit auditif. Ce phénomène découle en effet des mouvements de la mâchoire. Le joint temporomandibulaire, liant la mâchoire à la boîte crânienne, vient exercer une pression locale sur le conduit auditif lors des cycles d'ouverture et de fermeture de la bouche. Cette source d'énergie a été en premier lieu découverte en 2012 par les chercheurs du laboratoire CRITIAS de l'École de Technologie Supérieure de Montréal. Ces derniers travaillent actuellement sur une meilleure caractérisation du comportement anatomique de la source. En parallèle, l'expertise dans le domaine de la récupération d'énergie au sein du laboratoire SYMME a motivé le projet de cette thèse qui s'est alors déroulé en étroite collaboration avec les chercheurs du laboratoire CRITIAS. Voici donc la structure des travaux menés afin de maximiser l'énergie exploitable depuis la déformation mécanique du conduit auditif :

Le premier chapitre introduit les verrous technologiques des applications bio-intégrables et présente les solutions existantes pour tenter de les résoudre. Il appuie par ailleurs l'intérêt de la récupération d'énergie dans ce contexte et propose un aperçu des différentes sources d'énergie disponibles sur le corps humain, ainsi que les technologies de transduction existantes pour leur exploitation. Nous relevons notamment les défis qu'ils introduisent, ainsi que les solutions qui

existent à l'heure actuelle pour optimiser leur intégrabilité et leurs performances. Nous nous intéressons plus particulièrement à la récupération d'énergie dans le conduit auditif en considérant les stratégies existantes et en soulignant les aspects pouvant être améliorés par les solutions que propose la littérature.

Le second chapitre s'appuie alors sur la littérature pour introduire une nouvelle architecture de récupérateur pour maximiser l'énergie récupérable depuis la déformation mécanique du conduit auditif. Il se compose essentiellement d'un bouchon d'oreille pressurisé pour capter et transmettre l'énergie hydraulique en dehors du conduit auditif, d'un oscillateur bistable implémentant une structure de céramiques piézoélectriques pour augmenter la fréquence de l'énergie source et maximiser le rendement de conversion, ainsi que d'une nouvelle technologie de valves de redirection hydraulique basés sur le flambement de tubes flexibles. Nous proposons une modélisation multiphysique du système et obtenons une première estimation de ses performances au travers d'un dimensionnement préliminaire.

Le troisième chapitre se concentre sur le dimensionnement, la conception, la fabrication et la caractérisation de l'oscillateur bistable implémentant le générateur piézoélectrique. Une corrélation modèle-essais y est proposée pour valider le comportement théorique de ces composants.

Le quatrième chapitre présente une approche expérimentale pour le dimensionnement des valves hydrauliques à base de tubes flexibles. La viabilité de l'implémentation de telles valves dans le système est discuté au regard de leur cahier des charges de fonctionnement établi au préalable.

Le cinquième chapitre propose une approche théorique pour le dimensionnement des valves hydrauliques en se basant sur des approximations géométriques et un modèle statique en éléments finis. Le modèle est corrélé avec les données expérimentales du chapitre précédent et les résultats sont discutés.

Enfin, le dernier chapitre est consacré à l'amélioration prédictive du modèle système suite à l'intégration des données expérimentales issus des chapitres précédents. Sa fiabilité et son efficacité sont alors discutés et des pistes d'améliorations sont proposées pour le modèle, ainsi que pour une deuxième génération de prototype expérimental.