

**Zeitschrift:** Ingénieurs et architectes suisses  
**Band:** 123 (1997)  
**Heft:** 20

**Artikel:** Génie médical: les implants, un marché en pleine croissance  
**Autor:** Pelizzone, Marco  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-79146>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 05.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Génie médical: les implants, un marché en pleine croissance

Par le  
Dr. Marco Pelizzone  
Centre romand  
d'implants  
cochléaires  
Hôpital cantonal  
universitaire de  
Genève  
1211 Genève 14

Le marché des dispositifs implantables est en constante évolution en Europe. En Suisse, où la balance des exportations est très largement en faveur des produits suisses (chiffre d'affaires à l'exportation: 900 millions de francs suisses, contre 200 millions d'importation), cette tendance est encore plus marquée. Le terme de dispositifs implantables renvoie à de nombreux produits, qui vont des prothèses orthopédiques ou dentaires aux implants cardiaques, vasculaires («stents»), mammaires, cochléaires, en passant par les implants de peau (domaine du «tissue engineering»), pour n'en mentionner que quelques-uns. C'est principalement dans les prothèses orthopédiques, les implants cardiaques et mammaires et les biomatériaux que l'industrie suisse se distingue.

Ce domaine s'illustre par la diversité des techniques et des sciences auxquelles il fait appel: biomatériaux (matériaux biocompatibles, non toxiques, avec des exigences mécaniques très complexes), développements électroniques et informatiques modernes permettant d'interpréter des données cliniques, de les utiliser pour concevoir une prothèse et sa fabrication, méthodes de simulation numérique pour modéliser le comportement de l'organe artificiel implanté.

Deux exemples sont présentés ci-après, dont l'un concerne les implants cochléaires, fruits d'une recherche menée à l'Hôpital cantonal de Genève sous la direction du Dr. Pelizzone, et l'autre, les prothèses de hanche produites par l'entreprise vaudoise, Symbios Orthopédie SA.

Françoise Kaestli

## L'implant cochléaire: une «oreille artificielle» pour personnes sourdes

La surdité totale est généralement attribuable à une destruction, par exemple à la suite d'une maladie, des cellules ciliées de l'oreille interne qui transforment les vibrations sonores parvenant au tympan en impulsions électriques. L'implant cochléaire est, avant tout, destiné à des personnes souffrant de ce handicap et incapables d'utiliser avec succès les prothèses auditives conventionnelles. Cet appareil capte les sons à l'aide d'un micro et les transforme en signaux électriques qui vont stimuler le nerf auditif et produire ainsi des sensations auditives chez la personne sourde. Un implant cochléaire (fig. 1) consiste donc en un faisceau d'électrodes logées directement dans l'oreille interne, au voisinage des terminaisons du nerf auditif, en un processeur électronique externe, chargé de transformer les sons en impulsions électriques, et en une liaison entre les deux systèmes. C'est une véritable «oreille artificielle», soit un dispositif se distinguant très nettement de la pro-

thèse auditive conventionnelle qui amplifie simplement les sons parvenant au tympan. Les résultats obtenus avec les implants sont spectaculaires: dans certains cas, grâce à leur implant, des patients totalement sourds sont capables de suivre à nouveau une conversation téléphonique (où seule l'information sonore est disponible). Dans le pire des cas, l'implant cochléaire devient un appoint indispensable à la lecture labiale et permet la perception des bruits de

l'environnement (par exemple, les bruits du trafic routier), ce qui améliore passablement la capacité de communication du patient et son intégration dans la société. Depuis 1985, près de cinquante patients, devenus totalement sourds après avoir acquis le langage, ont reçu un implant intra-cochléaire au Centre romand d'implants cochléaires des hôpitaux universitaires de Genève (HUG).

## Une nouvelle stratégie de codage des sons

Le codage des sons en signaux électroniques et la transmission de ces signaux à l'intérieur de la cochlée font appel à des connaissances de pointe en physiologie de l'audition, en électronique et micro-électronique, en traitement informatique et traitement de signaux, toutes disciplines qui ont considérablement progressé ces dernières années. Les premiers dispositifs, conçus en 1960, ne possédaient en effet qu'un seul canal de traitement du signal et une seule électrode: le rythme des sons était ainsi perçu, ce qui facilitait la lecture labiale mais ne permettait pas la compréhension d'une conversation sans l'aide visuelle. Dans les années 1980, des appareils multicanaux permettant de diviser en plusieurs bandes les fréquences audibles, et d'activer

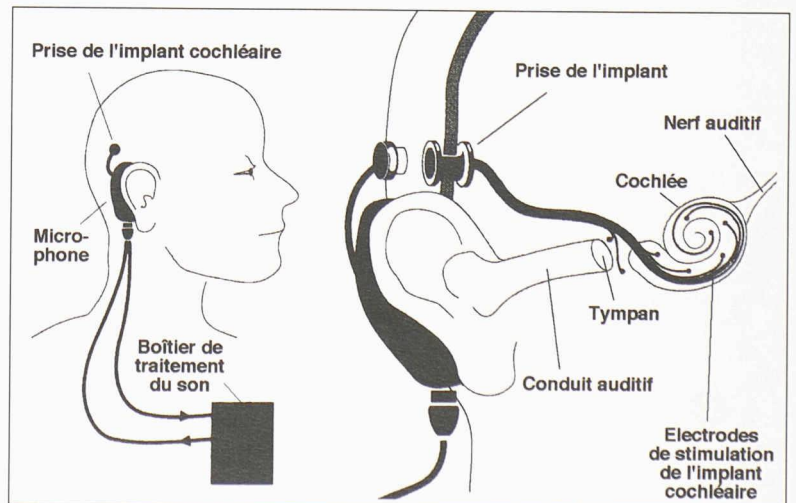


Fig. 1 - Schéma d'un implant cochléaire

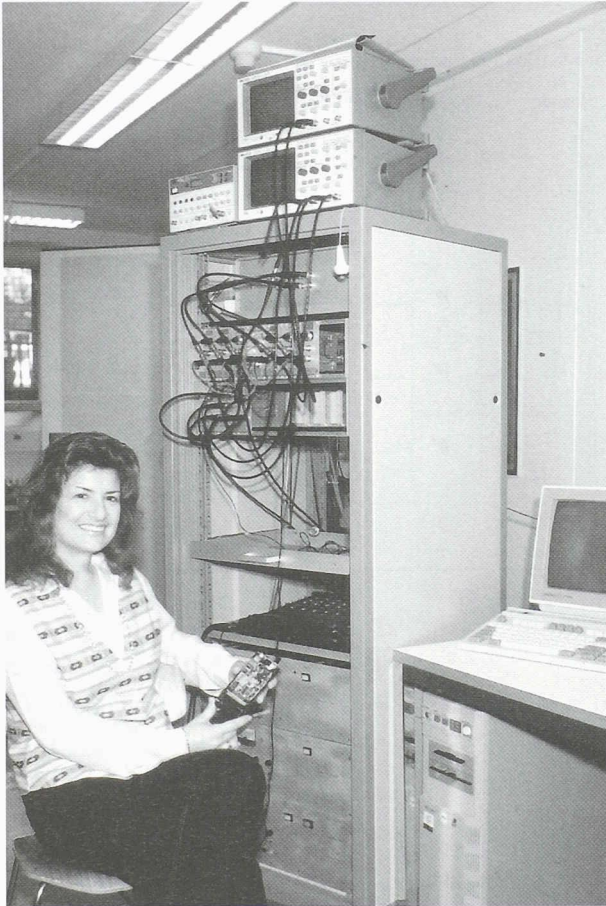


Fig. 2 – Une patiente teste le prototype de laboratoire.

de façon différenciée les électrodes placées à des endroits distincts de la cochlée, ont été développés. On s'est approché ainsi un peu plus de l'activation naturelle du nerf auditif. Assurée par un processeur analogique conventionnel, la stratégie de codage des sons utilisée par l'appareil multicanal *Ineraid*<sup>®</sup> est dite à *compression analogique*. Les variations des signaux sonores (dans les différentes bandes de fréquence) sont codées par des signaux électriques analogiques transmis continuellement et simultanément sur les différentes électrodes. Il en résulte des interactions dues à la sommation des champs électriques provenant des différentes électrodes et ces phénomènes créent des distorsions

dans le codage du message sonore. De plus, les possibilités de réglage sont limitées et ne permettent pas une adaptation précise des signaux à l'espace perceptif du patient, si bien que cette stratégie de codage analogique demeure imparfaite. Avec cet appareil quelques (rares) patients ont toutefois pu comprendre le langage sans l'aide de la vision.

L'avènement récent de microprocesseurs intégrés, destinés spécialement au traitement numérique en temps réel (par opposition au traitement analogique des signaux), a ouvert d'autres possibilités qui ont permis une nouvelle stratégie de codage des sons, dite à « échantillonnage continu séquentiel » (ou *CIS* pour *Continuous Interleaved Sampling*), consiste à coder les variations des signaux sonores par de brèves impulsions électriques envoyées à un rythme très élevé sur les électrodes. Les différentes électrodes sont activées séquentiellement, c'est-à-dire les unes après les autres, et non plus simultanément, évitant ainsi la sommation des champs électriques et les distorsions qui y sont associées. De plus, les possibilités de réglage étant pratiquement illimitées dans une stratégie numérique, celle-ci permet une bien meilleure utilisation de l'espace perceptuel du patient. Ainsi, les processeurs numériques complexes interprètent les signaux sonores et les retransmettent en tenant compte de la réponse hautement non-linéaire de notre système auditif et des spécificités de chaque patient.

Un prototype de processeur numérique a été réalisé par le Laboratoire de microprocesseurs de l'Ecole d'ingénieurs de Genève (voir encadré) et testé par le laboratoire des HUG. L'évaluation de cette nouvelle stratégie de codage des sons a débuté par des tests sur vingt-quatre patients qui ont reçu un implant à Genève: les résultats

sont extrêmement encourageants, les bénéficiaires progressant substantiellement dans leur compréhension du langage avec la nouvelle stratégie numérique. Alors que seulement sept des vingt-quatre patients testés étaient capables de téléphoner avec l'implant analogique *Ineraid*<sup>®</sup>, le processeur numérique de laboratoire a permis à quinze d'entre eux d'atteindre un niveau de compréhension suffisant pour user du téléphone. Après quelques minutes d'essai, les patients rapportent spontanément que leur perception des sons est plus claire.

#### De la recherche à la vie quotidienne

Pratiquement de la taille d'une armoire remplie d'électronique (fig. 2), le processeur utilisé pour ces premiers tests était encore très éloigné de l'appareil portable attendu par les patients! Cependant, contrairement aux systèmes développés aux USA, le dispositif élaboré à Genève avait été conçu dès le début en vue de sa miniaturisation ultérieure. C'est ainsi que l'équipe du Laboratoire de microprocesseurs de l'EIG, en collaboration avec la société *Gespac SA*, a réalisé un impressionnant travail de miniaturisation afin de réduire le processeur à la taille d'un paquet de cigarettes. Il s'agissait en outre d'en faire un appareil répondant à de très hautes exigences en matière de consommation d'énergie et de durabilité.

Trois patientes genevoises ont permis de valider les premiers prototypes portables de ce nouvel implant cochléaire. Séduits par ces résultats prometteurs, deux grands groupes de scientifiques américains, celui du *Harvard-MIT* à Boston et celui du *Research Triangle Institute* en Caroline du Nord, se sont associés à l'équipe genevoise pour développer un implant encore plus performant. C'est ainsi que quelques dizaines d'appareils ont été produits par *Gespac* et que de nouveaux groupes de patients (vingt à Genève, vingt à Boston et

cing en Caroline du Nord) en ont reçu. En utilisant leur nouvelle « oreille artificielle » dans la vie de tous les jours, ces personnes ont pu s'habituer progressivement au nouveau codage des sons et leur compréhension du langage a encore progressé, au-delà de ce qui avait été observé en laboratoire. Elles rapportent que le nouvel implant cochléaire leur donne une bien meilleure compréhension du langage dans des conditions difficiles, mais bien réelles (comme par exemple au téléphone et dans le bruit), et leur permet à nouveau d'apprécier avec plaisir la musique, une performance qui semblait jusqu'ici hors de portée dans le cas de personnes totalement sourdes. Ces développements laissent espérer que, dans un futur proche, non seulement les cas de surdité (quelque cinquante personnes étant concernées en Suisse romande) seront traités au moyen d'un tel implant, mais que certains patients très fortement malentendants, encore aujourd'hui équipés d'une prothèse auditive (plusieurs milliers de personnes en Suisse romande) en bénéficieront également.

Une étape est donc en train d'être franchie dans le domaine de l'audition artificielle et de nouvelles perspectives s'ouvrent pour un grand nombre de personnes. Cet implant de pointe est un fabuleux outil de recherche qui permet de mener des investigations communes en Suisse et aux Etats-Unis. Les chercheurs concernés espèrent encore affiner le processus artificiel pour le rapprocher le plus possible de la réalité physiologique, en adaptant et améliorant la sélectivité fréquentielle des électrodes et en travaillant sur l'audition binaurale (des deux oreilles). Enfin, des processeurs similaires à ceux développés pour l'audition, soit des systèmes capables de stimuler les fibres nerveuses, trouveront certainement des applications dans d'autres domaines tels que l'aide à la vision, à la marche, à la parole,

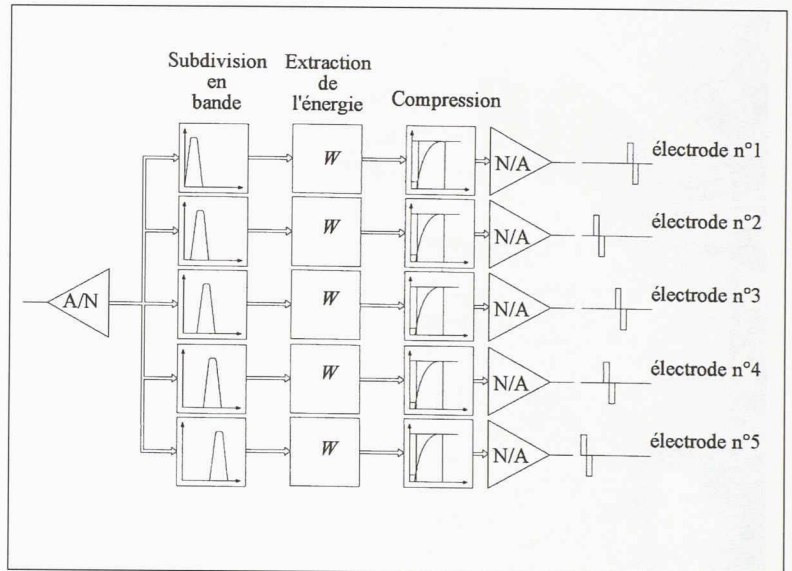


Fig. 3 - Schéma de la stratégie CIS

à l'équilibre ou à la mobilité faciale.

### Compétences en Suisse romande

Le centre romand d'implants cochléaires est le fruit d'une collaboration entre les cantons de Genève et Vaud; il traite les cas en provenance de toute la Suisse romande. Ce centre abrite une équipe médicale ainsi qu'une dizaine de chercheurs: physiciens, ingénieurs EPF

et ETS, techniciens, logopédiste, psychologue, qui assurent le suivi clinique des patients implantés ainsi qu'une part importante de recherche et développement.

### Remerciements

Les travaux décrits ci-dessus ont été soutenus financièrement par le Fonds national suisse pour la recherche scientifique, la Fondation Wolfermann-Nageli et la Fondation Hans Wilsdorf.

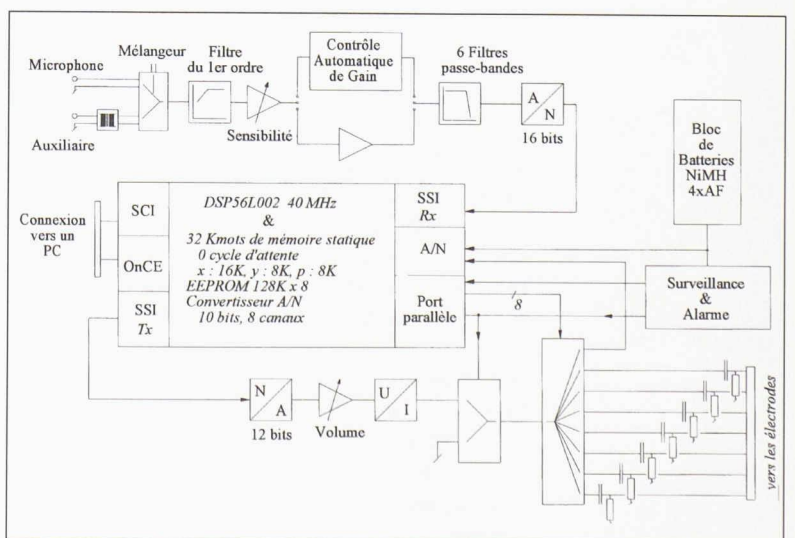


Fig. 4 - Schéma électronique général du dispositif portable

### Références

- WILSON, B. S., FINLEY, C. F., LAWSON, D. T., WOLFORD, R.D., EDINGTON, D.K., RABINOWITZ, W.M.: « Better speech recognition with cochlear implants », 1991, *Nature* 352, pp. 236-238
- BOËX C., PELIZZONE M., MONTANDON P.: « Speech Recognition with a CIS Strategy for the Ineraid Multichannel Cochlear Implant », 1996, *American Journal of Otology* 17, pp. 61-68
- PELIZZONE M., BOËX-SPANO C., SIGRIST A., FRANCOIS J., TINEMBART J., DEGIVE C., MONTANDON P.: « First field trials with a portable CIS processor for the Ineraid multichannel cochlear implant », 1996, *Acta Otolaryngol. (Stockh.)* 115, pp. 622-628
- PELIZZONE M., BOËX-SPANO C.: Communiqué préparé à l'occasion du Prix Pfizer de la Recherche, 2 février 1996

### Un processeur portable pour le développement de l'algorithme CIS

Une équipe de chercheurs américains a proposé une nouvelle stratégie de codage appelée CIS (*Continuous Interleaved Sampling*), utilisant les possibilités des processeurs numériques. Il s'agit d'exciter les électrodes les unes après les autres (et non plus simultanément) par des signaux biphasés symétriques. Ces signaux sont produits pour chaque électrode en extrayant l'énergie de la bande passante considérée et, après filtrage, en ajustant l'amplitude au moyen de fonctions de compression (fig. 3). Actuellement la largeur des impulsions est de 100  $\mu$ s et la fréquence de répétition de 2 kHz, mais des essais avec des impulsions plus courtes et une fréquence de répétition plus élevée sont en cours.

Le Laboratoire de microprocesseurs de l'Ecole d'ingénieurs de Genève a réalisé un système électronique et le logiciel nécessaires aux premiers essais d'un CIS. L'objectif prioritaire était la réalisation d'un matériel qui permette une conception logicielle assez souple, avec la contrainte d'une autonomie de plus de douze heures. Le schéma général (fig. 4) montre l'ensemble des fonctions à disposition sur le processeur portable. D'une manière générale, la flexibilité d'utilisation a été privilégiée: les filtres analogiques et les gains des amplificateurs sont ajustables. Quant à la partie traitement, un processeur 56L002 à 40 MHz offre une puissance de calcul suffisante. La minimisation de la puissance dissipée a fait l'objet d'une attention particulière et l'alimentation a été fixée à 3,3 V pour l'ensemble de la partie numérique. A partir de quatre batteries de format AF, le système d'alimentation fournit trois types de tension: 5 V pour la chaîne analogique d'entrée, 3,3 V pour le processeur, +12 V et -12 V pour la chaîne analogique de sortie, avec une autonomie de quatorze heures. Comme dans tout appareil médical, un certain nombre de sécurités ont été installées: surveillance de l'alimentation, du courant d'attaque des électrodes, du fonctionnement du logiciel.

L'ensemble a été réalisé sur deux cartes de 80x43 mm et quatre couches, un boîtier en plastique injecté de 110x85x23 mm recueillant le tout (fig. 5).

Jacques François et  
Jacques Tinembart  
Ecole d'ingénieurs de Genève

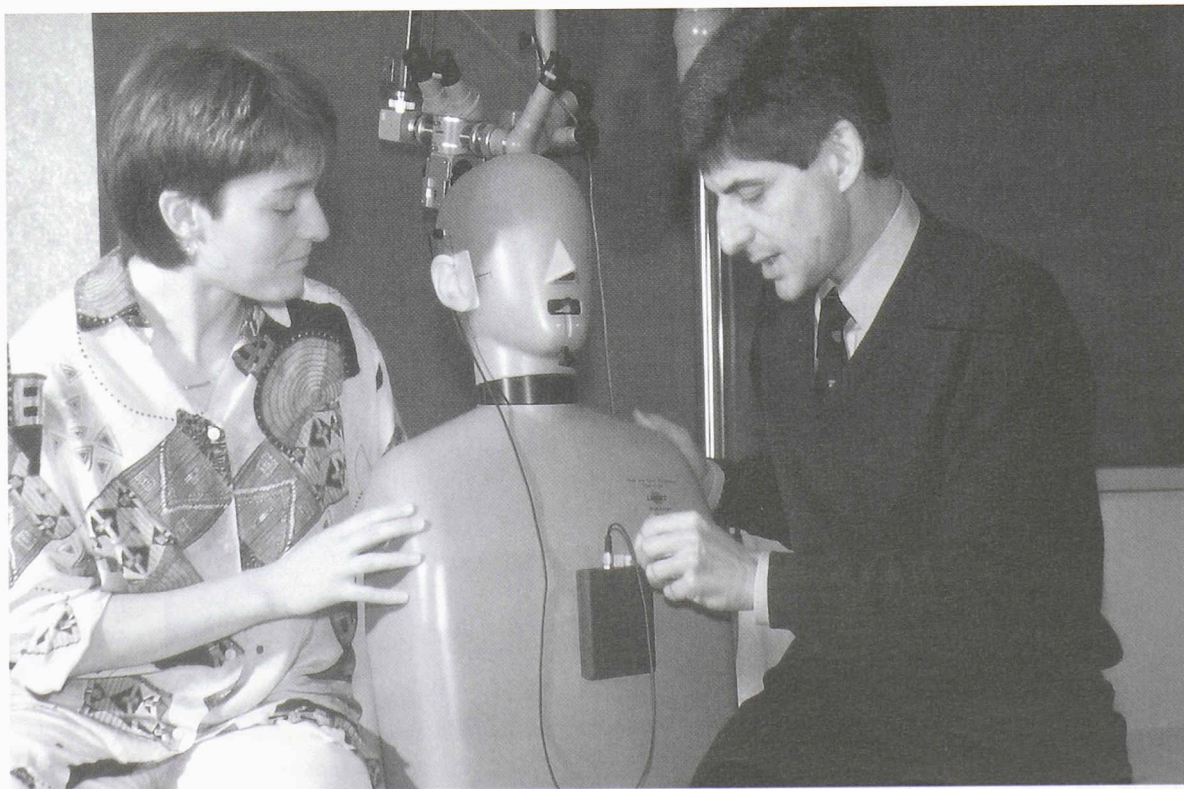


Fig. 5 - M. Pelizzone et Mme Boëx-Spano présentent, sur un mannequin, le dispositif portable, réalisé par l'EIG et Gespac.