

---

# Prédiction des performances avec un implant cochléaire: revue de la littérature

## *Prediction of Performance with a Cochlear Implant: Literature Review*

François Bergeron moa, audiologiste

Institut des Sourds de Charlesbourg

École d'Orthophonie et d'Audiologie, Université de Montréal

Programme Québécois pour la Recherche sur l'Implant Cochléaire, Québec

Mots-clés: implant, prédiction, performances

---

### **Résumé**

De nombreuses données scientifiques ont émergé des expériences cumulées avec les implants cochléaires. La variabilité des performances parmi les usagers constitue une des plus fréquentes observations. Conséquemment, le besoin d'identifier un ou plusieurs paramètres qui pourraient permettre de prédire avant l'intervention chirurgicale les performances avec un implant s'est fait de plus en plus évident. Ce survol de la littérature démontre que plusieurs des critères potentiels de prédiction des performances avec un implant cochléaire demeurent controversés. Toutefois, les informations provenant de la durée de la surdité, du moment d'acquisition de cette surdité, des tests de stimulation électrique et des tests psychologiques peuvent aider à dégager des lignes directrices et ainsi guider le processus de sélection ou orienter le "counselling" auprès du futur candidat en regard de la probabilité d'obtenir de bonnes ou de moins bonnes performances.

### **Abstract**

*The use of cochlear implants has given rise to numerous findings. One such finding is inter-subject variability. The need to identify predictors of post-implant performance, using pre-surgery information, has become a major interest. This review article illustrates the difficulty in identifying predictors. Certain information, however, such as age of onset of deafness, duration of deafness, results of electrical stimulations, and results of psychological evaluations may contribute to the development of guidelines in this area, particularly as they relate to criteria for candidacy and counselling of possible candidates.*

L'implantation cochléaire constitue depuis déjà plusieurs années une approche de haute technologie ayant comme objectif de suppléer à la déficience auditive profonde. À l'échelle mondiale, plus de 3000 personnes ont pu bénéficier de cette technologie au cours des vingt dernières années (Owens et Kessler, 1989). De nombreuses données scientifiques ont émergé des expériences cumulées avec les implants dont la variabilité des performances parmi les usagers constitue une des plus fréquentes observations (Simmons 1983, Brightwell et al. 1985, Merzenich et al. 1987, Doyle et al. 1989, Owens et Kessler

1989, Dankowski et McCandless 1990, Knutson et al. 1990, McCandless 1990). Conséquemment, le besoin d'identifier un ou plusieurs paramètres qui pourraient permettre de prédire avant l'intervention chirurgicale les performances avec un implant s'est fait de plus en plus évident (Brightwell et al. 1985, Hochmair-Desoyer et al. 1985, Hopkinson et al. 1986, Battmer et al. 1987, Gantz et al. 1987, Merzenich et al. 1987, Risberg et al. 1987, Black 1988).

La qualité de la transmission de l'information électrique générée par les implants vers les aires auditives supérieures étant fort probablement reliée à l'intégrité neurale périphérique (Hinojosa et Marion 1983, Simmons 1983, Brightwell et al. 1985, Gantz et al. 1985, Pfungst et al., 1985, Black et al. 1987, Merzenich et al. 1987, Risberg et al. 1987, Doyle et al. 1989, Lance de Foa et Loeb 1989, Owens et Kessler 1989), plusieurs chercheurs ont concentré leurs efforts sur des techniques de quantification et de localisation des fibres nerveuses fonctionnelles. D'autres (Berliner 1985, Fraser 1985a et b, Luxford et Brackman 1985, Schindler et Kessler 1985, Black et al. 1987, Lance de Foa et Loeb 1989, Owens et Kessler 1989) ont étudié les relations entre les performances avec l'implant et certaines données recueillies avant l'implantation, soit l'étiologie, l'audition résiduelle, l'âge, le nombre d'années de surdité, la présence de langage oral avant l'apparition de la surdité, les potentiels évoqués ou d'autres caractéristiques personnelles tels que le quotient intellectuel, les habiletés de lecture labiale, le niveau socio-culturel, etc. Plusieurs conclusions contradictoires ont émergé de ces études. La nécessité de développer des outils de prédiction des performances reste donc toujours entière (Hochmair-Desoyer et al. 1985, Gantz et al. 1987, Black 1988), d'une part dans le but de s'assurer d'une sélection adéquate des candidats à l'implantation (Brightwell et al. 1985, Hopkinson et al. 1986, Battmer et al. 1987) et, possiblement, d'aider les intervenants lors du choix d'un implant (Simmons 1983, Black et al. 1987) ou d'une stratégie de codage particulière (Merzenich et al. 1987).

Le présent article propose au lecteur une revue des plus récentes études reliées à la sélection et au pronostic des candidats à l'implantation cochléaire. Les connaissances dans ce domaine de haute technologie étant en constante et rapide évolution, nous nous attarderons plus particulièrement aux recherches des cinq dernières années, puisant à l'occasion dans les observations rapportées antérieurement. Enfin, sans négliger l'expérience des chercheurs ayant eu recours à la technologie monocanal, nous mettrons l'accent sur l'approche à multicanal, puisque la première n'est pratiquement plus disponible.

### Inventaire de la littérature

Les paramètres étudiés antérieurement afin de tenter de prédire chez un candidat potentiel les performances avec un implant cochléaire se répartissent en trois catégories: les données reliées à la déficience auditive, les techniques de quantification des fibres nerveuses fonctionnelles et les aptitudes personnelles du futur candidat. Certains facteurs externes ont aussi été explorés.

#### Déficience auditive

##### Étiologie

L'étiologie de la déficience auditive a été un des premiers facteurs soupçonné de pouvoir expliquer la différence de performance entre les usagers. Certaines causes de surdité ayant tendance à laisser plus de neurones survivants (Fraser 1985a), celles-ci pourraient être associées à de meilleures performances. Toutefois, tant du point de vue histopathologique qu'au niveau des performances mesurées chez les bénéficiaires, les observations apparaissent divergentes. En effet, alors que certaines études ont mis en évidence des corrélations entre l'étiologie et le nombre de fibres fonctionnelles (Fraser 1985a, Pflingst et al. 1985) et entre l'étiologie et le niveau de performance avec implant (Caelen-Haumont 1988), d'autres obtiennent des résultats contradictoires (Hinojosa et al. 1987, Owens et Kessler 1989, Dankowski et McCandless 1990, Staller et al. 1990).

##### Intégrité du système nerveux central

L'expérimentation avec les implants cochléaires a démontré qu'à l'exception des habiletés d'intégration temporelle (Tyler et al. 1989, Picard et al. à paraître), les mesures psychoacoustiques sont relativement semblables pour un appareil donné, alors que les niveaux de performance pour la compréhension de la parole apparaissent très variables (Owens et Kessler 1989). La reconnaissance de la parole pourrait alors dépendre d'analyses centrales complexes des informations périphériques. Ainsi, la différence observée entre les habiletés de réception de la parole chez les patients implantés pourrait

découler de différences au niveau de l'intégrité des systèmes d'analyse centrale chez ces patients (Owens et Kessler 1989). Aucune étude n'a cependant exploré la relation entre le niveau de performance et l'intégrité du système nerveux auditif central.

##### Ossification de la cochlée

Certaines pathologies entraînent une ossification de la cochlée. Une ossification importante pourrait altérer la qualité de la stimulation des fibres nerveuses et partant, limiter les performances avec l'implant. Plusieurs cas d'absence de réponse à la stimulation électrique ont été rapportés en présence de cochlées ossifiées (Thielemeir 1985). Balkany et al. (1988) affirment cependant qu'un chirurgien expérimenté peut insérer les électrodes des appareils multicanaux à l'intérieur de cochlées partiellement ossifiées et obtenir des résultats semblables à ceux observés chez les usagers n'ayant présenté aucune obstruction cochléaire au moment de la chirurgie. Beiter et al. (1991) ajoutent que la présence d'ossification cochléaire n'est plus considérée comme une contre-indication absolue au placement des électrodes.

##### Audition résiduelle

Khouri et Levine (1990) ont observé un lien entre la survie neurale et les seuils audiométriques, ce qui laisse supposer de meilleures performances avec l'implant chez les patients avec une meilleure audition résiduelle. Gantz et al. (1988) ont d'ailleurs mis en évidence une corrélation positive entre l'audition résiduelle et la compréhension de mots sans indices visuels. Les résultats préliminaires d'une étude en cours suggèrent une nette amélioration de la performance avec l'implant en comparaison de l'amplification traditionnelle utilisée avant la chirurgie chez une population d'adultes avec surdité sévère (Brimacombe et al. 1990). Boothroyd et al. (1991) souligne toutefois qu'en se basant sur les données actuellement disponibles, il n'est pas possible d'affirmer que les enfants avec une meilleure audition résiduelle obtiendront plus de bénéfices de l'implantation.

##### Age au moment de l'implantation

Dans l'ensemble, les chercheurs s'entendent pour avancer que l'âge au moment de l'implantation n'a pas d'effet sur le niveau de performance (Brimacombe et al. 1987, Clark et al. 1987, Hinojosa et al. 1987, Dankowski et McCandless 1990, Shiroma et al. 1990, Staller et al. 1990). Fraser (1985a) souligne toutefois que l'enfance serait le moment où le plus de bénéfices pourraient être retirés d'un implant. Par ailleurs, certains adolescents auraient plus tendance à ne pas utiliser leurs appareils (Luxford et al. 1987), et les patients de plus de 50 ans auraient tendance à démontrer moins d'amélioration (Brimacombe et al. 1987). Certaines études rapportent toutefois une corrélation inverse entre la performance et l'âge au moment de l'implantation (Caelen-Haumont 1988, Gantz et al. 1988, Tyler et al. 1990).

### **Durée de la surdité**

Plusieurs des données compilées à l'égard de la performance en fonction du nombre d'années de surdité laissent supposer une relation inverse entre ces deux facteurs (Brimacombe et al. 1987, Clark et al. 1987, Van Uden 1987, Caelen-Haumont 1988, Gantz et al. 1988, Robbins et al. 1988, Doyle et al. 1989, Staller et al. 1990, Tyler et al. 1990, Staller et al. 1991, Picard et al. à paraître). La possibilité de perte des habiletés d'analyse centrale pour les cas de longue privation sensorielle serait à l'origine de cette observation (Clark et al. 1987, Miller et al. 1990). Khouri et Levine (1990) rapportent par ailleurs une corrélation inverse entre la survie neurale et le nombre d'années de surdité. D'autres études n'ont cependant pas mis en évidence de relation entre la durée de la surdité et la performance (Hinojosa et al. 1987, Dorman et al. 1989, Dankowski et McCandless 1990, Firszt et al. 1990, Shiroma et al. 1990). A ce sujet, Berliner et al. (1989) soulignent que, selon leur expérience, même si dans l'ensemble les enfants qui réussissent dans les tests en choix ouvert ont une plus courte durée de surdité, des enfants avec différentes durées de surdité réussissent aussi ces tests.

### **Age d'apparition de la surdité**

Les études de corrélation entre l'âge d'apparition de la surdité et les performances avec l'implant semblent établir un lien entre ces deux facteurs, en particulier pour la population pédiatrique (Firszt et al. 1990, Staller et al. 1990, Staller et al. 1991). Certains chercheurs ont investigué la relation entre la performance et le moment d'apparition de la surdité en regard du développement du langage oral. Il est alors question de surdité pré ou post-linguistique, l'âge frontière étant variable d'une étude à l'autre. A ce sujet, les conclusions apparaissent quasi unanimes: les candidats avec une surdité pré-linguistique et congénitale atteignent un niveau de performance inférieur à ceux présentant une surdité post-linguistique, et ceci autant pour les mesures de compréhension de la parole que pour les mesures psychophysiques (Hopkinson et al. 1986, Chouard et al. 1987, Clark et al. 1987, Black 1988, Caelen-Haumont 1988, Tong et al. 1988a, Mens et al. 1990, Watson et al. 1991). La privation sensorielle à partir de la naissance ou peu après pourrait résulter en une immaturité structurelle et/ou fonctionnelle des neurones auditifs du tronc cérébral (Hopkinson et al. 1986). Edgerton (1982) a observé chez les patients avec surdité pré-linguistique une gamme dynamique plus réduite, une période d'ajustement à l'implant plus longue, l'absence initiale de sensation auditive, et une migration graduelle du son de la tête vers l'oreille stimulée. Les sourds avec surdité pré-linguistique auraient aussi une plus grande tendance à ne pas utiliser leur implant que les sourds avec surdité post-linguistique (Luxford et Brackman 1985). Berliner et al. (1989) soulignent cependant que selon leurs données, les enfants réussissant à reconnaître la parole en choix ouvert incluent aussi ceux avec des surdités congénitales et pré-linguistiques.

### **Techniques de quantification des fibres nerveuses**

#### **Stimulation électrique**

La première approche mise de l'avant pour estimer la survie des neurones auditifs et prédire la performance en post-op a été la stimulation électrique en pré-op de la cochlée via le promontoire ou la fenêtre ronde (Owens et Kessler 1989). Toutefois, encore aujourd'hui les résultats restent controversés. Pour certains, la corrélation entre les tests électriques pré-op et les résultats avec l'implant est pauvre (Game et al. 1987a, Lenarz et Hoth 1987, Waltzman 1987, Owens et Kessler 1989). Le test serait trop qualitatif et dépendant du placement de l'électrode (Lenarz et Hoth 1987, Owens et Kessler 1989).

Pour d'autres, les informations recueillies par cette technique contiendraient certaines valeurs prédictives. Ainsi, selon Brokx et Hombergen (1987), il existe une corrélation inverse entre le seuil électrique et la survie des neurones. Conséquemment, les sujets avec un seuil élevé pourraient présenter de moins bonnes performances. Certains ont observé qu'un grand écart dynamique (Black et al. 1987, Brokx et Hombergen 1987, Esteve Soulier et al. 1987, Smoorenburg et Van Olphen 1987) ou que de bonnes habiletés d'analyse temporelle (Black et al. 1987, Lindstrom 1987, Smoorenburg et Van Olphen 1987, Owens et Kessler 1989, Watson et al. 1991) ou fréquentielle (Black et al. 1987, Owens et Kessler 1989) par stimulation électrique étaient reliées à de meilleures performances avec l'implant.

#### **Potentils évoqués par stimulation électrique**

Plusieurs chercheurs se sont intéressés à la mesure des potentiels auditifs du tronc cérébral évoqués par une stimulation électrique (PEETC) en tant que mesure objective de la survie neurale (Pelizzonne et al. 1987). Hopkinson et al. (1986) et Gantz et al. (1988) ont souligné que le seuil PEETC serait un faible indicateur de la survie des fibres nerveuses. Cependant, la pente et l'amplitude maximale sembleraient de meilleurs indicateurs (Hopkinson et al. 1986). Herrman et Thornton (1990) rapportent une corrélation inverse entre les performances avec l'implant et la latence de l'onde V. Toutefois, les PEETC seraient difficiles à enregistrer (Game et al. 1987) en raison d'artefacts importants, ce qui amène certains chercheurs à conclure que cette technique n'a pas fait ses preuves (Owens et Kessler 1989).

#### **Imagerie médicale**

L'amélioration des techniques d'investigation par imagerie médicale permet d'entrevoir de nouvelles approches d'investigation de l'intégrité des structures nerveuses auditives qui apparaissent prometteuses (Balkany et al. 1987). Entre autres, la résonance magnétique a démontré certains avantages pour observer la présence et la dégénérescence du nerf auditif (Owens et Kessler 1989). La mesure des champs magnétiques corticaux évoqués par stimulation électrique au

promontoire pourrait pour sa part permettre d'estimer le nombre de fibres nerveuses persistantes (Hoke et al. 1989). Enfin la représentation graphique de l'activité corticale serait utile pour évaluer l'intégrité des voies auditives centrales (Pelizzone et al. 1987). Ces nouvelles techniques devront cependant être raffinées et validées afin d'en développer des applications cliniques fiables (Balkany et al. 1987, Owens et Kessler 1989).

### Aptitudes du candidat

Caelen-Haumont (1988) et Fraysse et al. (1988) soulignent l'importance d'un niveau d'intelligence minimal (QI 80) pour espérer des performances acceptables avec un implant cochléaire. Gantz et al. (1988) n'ont cependant pas trouvé de relation entre le QI et la performance auditive avec un implant, alors que Quittner & Steck (1991) n'ont pas mis en évidence d'association significative entre le QI et l'utilisation quotidienne de l'implant chez des enfants. Toutefois, selon Caelen-Haumont (1988), Fraysse et al. (1988) et Knutson et al. (1990), les caractéristiques psychologiques du candidat contribueraient d'une façon ou d'une autre au succès de l'implantation. Plusieurs insistent aussi sur une motivation adéquate pour assurer des chances de succès (Chouard et al. 1987, Caelen-Haumont 1988, Gantz et al. 1988, Kimberley et al. 1989). Pour les jeunes enfants, chez lesquels le degré de motivation ne peut être adéquatement évalué, la plupart des équipes cliniques insistent sur l'importance de considérer la justesse des attentes et le niveau de support du milieu familial au cours du processus de sélection, d'implantation et de rééducation (Kessler 1989). Aucune étude n'a cependant établi de lien entre le niveau d'implication de la famille et les performances des enfants implantés.

Les aptitudes du candidat pour décoder les indices visuels, résultant en une lecture labiale efficace, ne semblent pas reliées aux performances auditives avec l'implant (Gantz et al. 1988, Tyler et al. 1990). Toutefois, les habiletés pour analyser et interpréter des informations sonores limitées pourraient affecter le niveau de performance maximal (Doyle et al. 1989). Par ailleurs, les données récentes cumulées en implantation cochléaire chez les enfants tendent à démontrer que ceux qui utilisent la communication orale font un usage plus régulier de leur implant que ceux qui ont recours à la communication totale (Quittner et Steck 1991, Watson et al. 1991). Toutefois, selon Tyler et al. (1987), l'efficacité relative de ces deux approches de rééducation auprès des enfants implantés n'a pas été démontrée, même si les équipes ayant eu recours à la technique monocanal prétendent que les enfants impliqués dans un programme oral semblent obtenir de plus hauts niveaux de performance (Berliner et al. 1989). Les récentes données de Staller et al. (1991) n'indiquent pas de différence significative de performance entre les enfants des

deux groupes lorsqu'ils sont pairés selon l'âge au moment de l'apparition de la surdité et au moment de l'implantation. Selon Osberger et al. (1991) il est possible que le mode de communication puisse être relié à certaines mesures de performance et non à d'autres.

### Facteurs externes

#### Nombre de canaux disponibles

Certains chercheurs suggèrent que la performance augmente avec le nombre de canaux disponibles (Clark et al. 1987). Les données de Staller et al. (1991) appuient cette théorie en démontrant de meilleures performances pour la compréhension de la parole en choix ouvert chez les candidats possédant un plus grand nombre d'électrodes actives. Kuk (1989) précise toutefois que la disponibilité de plus d'indices ne garantit pas que le patient puisse utiliser ces indices efficacement pour la compréhension de la parole.

#### Stratégie de codage

Les récentes recherches au Research Triangle Institute (Wilson et al. 1990) démontrent qu'il est possible d'obtenir, chez un même bénéficiaire, des niveaux de performance variables en utilisant des stratégies de codage et de stimulation différentes. Il semble, selon ces données préliminaires, que des approches analogiques seraient plus profitables en présence de bonnes survies neurales alors que des techniques d'extraction des signaux importants et de stimulation séquentielle seraient à envisager pour les cas de pauvre survie neurale.

#### Rééducation et expérience

Plusieurs études soulignent l'importance de la rééducation post-implantation afin d'optimiser les performances avec l'implant (Lansing et al. 1988, Tong et al. 1988a). L'absence d'une intervention de réadaptation structurée pourrait ainsi compromettre les bénéfices potentiels de cette technologie. Gagné et al. (1991) ont toutefois observé un effet minime de la réadaptation sur les habiletés de perception de la parole chez un groupe d'adultes avec surdité acquise.

D'autres études rapportent une amélioration de la performance consécutive à l'expérience accumulée après quelques mois d'utilisation de la stimulation électrique apportée par l'implant (Clark et al. 1987, Tong et al. 1988a, Tyler et al. 1989, Staller et al. 1991). Une utilisation plus soutenue de l'appareil serait aussi associée à l'ampleur de l'expérience post-implantation (Quittner et Steck 1991).

#### Évaluation de la performance

Si l'estimation en pré-op des performances post-implantation reste nébuleuse, la quantification de ces performances est aussi variable d'une étude à l'autre. Généralement, il semble admis que le niveau optimal de performance correspond à la

possibilité de comprendre des éléments de parole en choix ouvert et sans indices visuels. Toutefois, alors que certains se basent sur les habiletés d'identification de phonèmes (Tong et al. 1988b), d'autres recherchent la reconnaissance de mots (Owens et Kessler 1989, Staller et al. 1990), ou la compréhension de phrases (Gantz et al. 1987) ou encore, l'ensemble de ces habiletés (Firszt et al. 1990, Miyamoto et al. 1990, Tyler et al. 1990). Par contre, plusieurs ne précisent pas le niveau d'habileté retenu pour définir leur critère de performance.

## Conclusion

Ce survol de la littérature démontre que plusieurs critères potentiels de prédiction des performances avec un implant cochléaire demeurent controversés. D'autres ont été peu étudiés, par manque d'intérêt ou de moyens techniques, ou sont plutôt théoriques, tels que les facteurs associés aux aptitudes des candidats ou à l'intégrité du système nerveux central. De plus, les tests de quantification des performances étant différents d'un auteur à l'autre et l'importance de la rééducation, de même que l'expérience des usagers étant rarement précisées, la comparaison des données provenant de différentes études s'avère parfois hasardeuse.

Il est cependant possible que la prédiction de la performance ne puisse relever d'un seul test, mais plutôt découler d'une batterie d'indicateurs (Black et al. 1987). C'est selon cette ligne de pensée qu'une équipe française a développé un *coefficient de socialisation* (Chouard et al. 1985) qui tient compte de plusieurs facteurs personnels, soit le niveau social, le degré d'intelligence, la scolarité et les habiletés en langage oral et en lecture labiale. Selon leurs observations, ce coefficient de socialisation serait en étroite relation avec le niveau de performance atteint par les personnes implantées. D'autre part Caelen-Haumont (1988) rapporte que l'évaluation de la motivation pourrait constituer un bon indicateur car elle englobe un ensemble de facteurs telles que les données psychologiques et les aptitudes du candidat (QI, niveau socio-culturel, lecture labiale). Gantz et al. (1990) ont par ailleurs noté qu'une analyse combinée de plusieurs indicateurs potentiels augmentait le pouvoir de discrimination entre les bons et moins bons utilisateurs. Toutefois, selon Leibbrandt (1987), il sera toujours difficile d'établir des critères de sélection qui seront acceptés universellement, chaque référence devant être estimée sur une base individuelle.

Certaines données peuvent cependant aider à dégager des lignes directrices et ainsi guider le processus de sélection ou orienter le counselling auprès du futur candidat en regard de la probabilité d'obtenir de bonnes ou de moins bonnes performances. En effet, les informations provenant de la durée de la surdité, du moment d'acquisition de cette surdité, des tests de stimulation électrique et des tests psychologiques

apparaissent fréquemment associées au niveau de performance. Ainsi, par exemple, un candidat adulte présentant une surdité acquise récemment après une longue période d'expérience auditive, démontrant des évidences d'une bonne survie neurale, et affichant une bonne motivation pourrait s'attendre à un bon pronostic avec un implant cochléaire multiélectrode. Inversement, le candidat adulte présentant une surdité congénitale suivie d'une longue période de privation sensorielle, et démontrant peu d'intérêt pour son environnement sonore obtiendrait très peu de bénéfices de l'implantation.

La sélection des enfants apparaît cependant moins évidente. Alors que les données concernant la durée de la surdité et le moment d'acquisition de cette surdité sont disponibles, celles provenant des tests de stimulation électrique et des tests psychologiques apparaissent plus difficilement accessibles. En fait, si les candidatures des enfants de plus de 5-6 ans présentant une surdité acquise récemment et un support familial adéquat sont aisément recevables, celles des enfants plus jeunes, ainsi que tous les cas de surdité congénitale, sont plus délicates. Les études longitudinales en cours permettront de préciser le pronostic et, ainsi, raffiner les critères de sélection auprès de ces populations.

*Prière d'envoyer toute correspondance à: François Bergeron, Institut des Sourds de Charlesbourg, 1550 St-Viateur, Charlesbourg, Qc, G2L 1M8*

## Remerciements

Ce travail a été complété en partie grâce à des bourses de doctorat du Fonds pour la Formation de Chercheurs et l'Aide à la Recherche (Fonds FCAR), du Consortium de Recherche en Réadaptation de l'Est du Québec et du programme F.E.S./sciences biomédicales (Université de Montréal).

## Références

- Balkany, T.J., Balkany, D.J., & Dinner, M.B. (1987 September). Imaging of cochlear implant candidates. Paper presented at the International Cochlear Implant Symposium, Düren, West-Germany.
- Balkany, T.J., Gantz, B.J., & Nadol, J.B. (1988). Multichannel cochlear implants in partially ossified cochleas. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology, Suppl 135*, 3-7.
- Battmer, R.D., Lehnhardt, E., & Laszig, R. (1987). Overview of the Hannover program using the Nucleus device. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology, Suppl. 128*, 129-132.
- Beiter, A.L., Staller, S.J., & Dowell, R.C. (1991). Evaluation and device programming in children. *Ear & Hearing, Suppl 12*, 25-33.
- Berliner, K.I. (1985). Selection of cochlear implant patients. Dans R.A. Schindler & M.M. Merzenich (Eds.), *Cochlear implants*. New York: Raven Press, 385-402.
- Berliner, K.I., Tonokawa, L.L., Dye, L.M., & House, W.F. (1989). Open-set speech recognition in children with a single-channel cochlear implant. *Ear & Hearing, 10(4)*, 237-242.



- Black, F.O., Lilly, D.J., Fowler, L.P., & Stypulkowski, P.H. (1987). Surgical evaluation of candidates for cochlear implants. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology, Suppl. 128*, 96-99.
- Black, F.O. (1988). Consensus development conference on cochlear implants. *Hearing Instrument, 39(9)*, 52-54.
- Boothroyd, A., Geers, A.E., & Moog, J.S. (1991). Practical implications of cochlear implants in children. *Ear & Hearing, Suppl. 12*, 81-89.
- Brightwell, A., Rothera, M., Conway, M., & Graham, J. (1985). Evaluation of the status of the auditory nerve: Psychophysical tests and ABR. Dans R.A. Schindler & M.M. Merzenich (Eds.), *Cochlear implants*. New-York: Raven Press, 342-350.
- Brimacombe, J.A., Webb, R.L., Dowell, R.C., Mecklenburg, D.J., Beiter, A.I., Barker, M.J., & Clark, G.M. (1987 September). Speech perception for the English language. Paper presented at the International Cochlear Implant Symposium, Düren, West-Germany.
- Brimacombe, J.A., Beiter, A., Mikami, K., & Shallop, J. (1990 June). Use of a multichannel cochlear implant in severely hearing impaired adults. Paper presented at the Second International Cochlear Implant Symposium, Iowa City, U.S.A.
- Brox, J.P.L., & Hombergen, G. (1987). Audiometrical threshold and performance in preoperative psycho-acoustic tests on electrical stimulation. Dans P. Banfai (Ed.), *Cochlear implant: current situation*. West-Germany: Bermann, 193-196.
- Caelen-Haumont, G. (1988). Synthèse: Pour une standardisation des protocoles de langue française dans le domaine des implants cochléaires. *Bulletin d'audiophonologie, Annales scientifiques de l'Université de Franche-Comté, 4(6)*, 711-734.
- Chouard, C.H., Meyer, B., & Gegu, D. (1985). Pre and per-operative electrical testing procedure. Dans R.A. Schindler & M.M. Merzenich (Eds.), *Cochlear implants*. New-York: Raven Press, 365-374.
- Chouard, C.H., Meyer, B., Chabolle, F., & Fugain, C. (1987). Preoperative assessment of multichannel cochlear implant patients. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology, Suppl. 128*, 95-96.
- Clark, G.M., Blamey, P.J., Brown, A.M., Gusby, P.A., Dowell, R.C., Franz, B.K.H., Pyman, B.C., Shepherd, R.K., Tong, Y.C., Webb, R.L., Hishrom, M.S., Kuzma, J., Mecklenburg, D.J., Money, D.K., Patrick, J.F., & Seligman, D.M. (1987). The University of Melbourne - Nucleus multi-electrode cochlear implant. Dans C.R. Pfaltz (Ed.), *Advances in Oto-Rhino-Laryngology, 38*.
- Dankowski, K., & McCandless, G. (1990 June). Relationship between electrical and acoustical dynamic range and measures of speech discrimination. Paper presented at the Second International Cochlear Implant Symposium, Iowa City, U.S.A.
- Dorman, M.F., Hannley, M.T., Dankowski, K., Smith, L., & McCandless, G. (1989). Word recognition by 50 patients fitted with the Symbion multichannel cochlear implant. *Ear & Hearing, 10(1)*, 44-49.
- Doyle, P.J., & Pijl, S. (1989). Cochlear implants: Update of the program at the University of British Columbia. *Journal of Otolaryngology, 18(1)*, 10-16.
- Edgerton, B.J., House, W.F., Brimacombe, J.A., & Eisenberg, L.S. (1982). Status of the cochlear implant program at the House Ear Institute. Dans W.D. Keidel, & P. Finkenzeller, *Cochlear implants in clinical use, Advances in audiology, vol 2*, New-York: Basel, 68-69.
- Esteve Soulier, M.J., Fraysse, B., & Vincent, M. (1987 September). Pre and post implantation electrophysiological tests. Paper presented at the International Cochlear Implant Symposium, Düren, West-Germany.
- Firszt, J., Zimmerman-Philips, S., Fifer, R., Kileny, P. (1990 June). The influence of etiology on pediatric cochlear implant performance. Paper presented at the Second International Cochlear Implant Symposium, Iowa City, U.S.A.
- Fraser, J.G. (1985a). Selection of patients. Dans R.F. Gray, *Cochlear implants*, San-Diego: College-Hill Press, 124-140.
- Fraser, J.G. (1985a). Selection of patients for implants. Dans R.A. Schindler & M.M. Merzenich (Eds.), *Cochlear implants*. New-York: Raven Press, 379-382.
- Fraysse, B., Blinn, S., Delhom, F., Esteve Soulier, M.J., Honegger, A., Meunier, C., Rouquette, C., & Urgell, H. (1988). Protocole d'évaluation des implants cochléaires. *Bulletin d'audiophonologie, Annales scientifiques de l'Université de Franche-Comté, 4(6)*, 677-684.
- Gagné, J.P., Parnes, L.S., LaRocque, M., Hassan, R., & Vidas, S. (1991). Effectiveness of an intensive speech perception training program for adult cochlear implant recipients. *Annals of Otolaryngology, Rhinology and Laryngology, 100*, 700-707.
- Game, C.J.A., Thompson, D.R., Gibson, W.P.R., & Pauka, C.K. (1987a). Sites of cochlear nerve excitation by electrical stimuli. Dans P. Banfai (Ed.), *Cochlear implant: current situation*, West-Germany: Bermann, 505-508.
- Game, C.J.A., Gibson, W.P.R., & Pauka, C.K. (1987b). Electrically evoked brain stem auditory potentials. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology, Suppl. 128*, 94-95.
- Gantz, B.J., Tyler, R.S., McCabe, B.F., Preece, J.P., Lowder, M.W., & Otto, S.R. (1985). Initial results with two single-channel cochlear implants. Dans R.A. Schindler & M.M. Merzenich (Eds.), *Cochlear implants*. New-York: Raven Press, 546-548.
- Gantz, B.J., McCabe, B.F., Tyler, R.S., & Preece, J.P. (1987). Evaluation of four cochlear implant designs. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology, Suppl. 128*, 145-147.
- Gantz, B.J., Tyler, R.S., Abbas, P., Tye-Murray, N., Knutson, J.F., McCabe, B.F., Lansing, C., Brown, C., Woodworth, G., Hinrichs, J., & Kuk, F. (1988). Evaluation of five different cochlear implant designs: Audiologic assessment and predictors of performance. *Laryngoscope, 98*, 1100-1106.
- Gantz, B.J., Woodworth, G., Knutson, J., Tyler, R.S., & Abbas, P. (1990 June). Multivariate clinical prediction of success with cochlear implants. Paper presented at the Second International Cochlear Implant Symposium, Iowa City, U.S.A.
- Herrmann, B.S., & Thornton, A.R. (1990 June). Electrically-evoked auditory brainstem responses in cochlear implant patients. Paper presented at the Second International Cochlear Implant Symposium, Iowa City, U.S.A.

- Hinojosa, R., & Marion, M. (1983). Histopathology of profound sensorineural deafness. *Annals of the New-York academy of sciences*, 405, 459-484.
- Hinojosa, R., Blough, R.R., & Mhoon, E.E. (1987). Profound sensorineural deafness: a histopathologic study. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology, Suppl. 128*, 43-46.
- Hochmair-Desoyer, I.J., Hochmair, E.S., & Stiglbrenner, H.K. (1985). Psychoacoustic temporal processing and speech understanding in cochlear implant patients. Dans R.A. Schindler & M.M. Merzenich (Eds.), *Cochlear implants*. New-York: Raven Press, 291-304.
- Hoke, M., Pantev, C., Lütkenhöner, B., Lehnertz, K., & Sürth, W. (1989). Magnetic fields from the auditory cortex of a deaf human individual occurring spontaneously or evoked by stimulation through a cochlear prosthesis. *Audiology*, 28, 152-170.
- Hopkinson, N.T., McFarland, W.H., Owens, E., Reed, C., Shallop, J., Tillman, T., Tyler, R.S., & Williams, P.S. (1986). Report of the AD HOC committee on cochlear implants. *American Speech-Language Hearing Association*, 28(4), 29-52.
- Kessler, D.K. (1989). Present status of cochlear implants in children. Dans E. Owens & D.K. Kessler, *Cochlear implants in young deaf children*, Boston: College-Hill Press, 183-225.
- Khouri, G., & Levine, S. (1990 June). A statistical study of spiral ganglion cell survival and its correlation with hearing loss. Paper presented at the Second International Cochlear Implant Symposium, Iowa City, U.S.A.
- Kimberly, B.P., Lee, A., Scheller, L., Levine, S., Adams, G., & Nelson, D.A. (1989). Cochlear implant hearing performance at the University of Minnesota. *Journal of Otolaryngology*, 18(1), 24-27.
- Knutson, J.F., Hinrichs, J.V., Schartz, H.A. (1990 June). Psychological predictors of performance in post linguually deaf cochlear implant recipients. Paper presented at the Second International Cochlear Implant Symposium, Iowa City, U.S.A.
- Kuk, F.K. (1989). Single-channel versus multichannel electrical stimulation. *Scandinavia audiology*, 18(3), 149-153.
- Lansing, C.R., & Davis, J.M. (1988). Early versus delayed speech perception training for adult cochlear implant users: initial results. *Journal of Auditory Rehabilitation in America*, 21, 29-41.
- Lance de Foa, J., & Loeb, G.E. (1989). A report of opinions on cochlear prostheses from responses to a technology assessment questionnaire. Document inédit.
- Leibbrandt, C.C. (1987). Follow-up and intake of cochlear implant patients. Dans P. Banfai (Ed.), *Cochlear implant: current situation*, West-Germany: Bermann, 231-234.
- Lenarz, T., & Hoth, S. (1987). Comparison of different methods of preoperative electrical testing in cochlear implant patient. Dans P. Banfai (Ed.), *Cochlear implant: current situation*, West-Germany: Bermann, 97-100.
- Lindstrom, B. (1987). Electric stimulation. Dans P. Banfai (Ed.), *Cochlear implant: current situation*, West-Germany: Bermann, 179-182.
- Luxford, W.M., & Brackman, D.E. (1985). The history of cochlear implants. Dans R.F. Gray, *Cochlear implants*, San Diego: College-Hill Press, 1-26.
- Luxford, W.M., Berliner, K.I., Eisenberg, L.S., & House, W.F. (1987). Cochlear implants in children. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology, Suppl. 128*, 136-138.
- McCandless, G.A. (1990 June). Selection of ear, pre-implant sensitivity and functional outcome—A retrospective study. Paper presented at the Second International Cochlear Implant Symposium, Iowa City, U.S.A.
- Mens, L., Snik, A., Brokx, J., Van den Broek, P. (1990 June). Dependencies between preoperative electrical test scores and other patient data delineating groups of cochlear implant candidates. Paper presented at the Second International Cochlear Implant Symposium, Iowa City, U.S.A.
- Merzenich, M.M., Kessler, D.K., Rebscher, S.J., & Schindler, R.A. (1987). Progress in development and application of the UCSF-STORZ multichannel cochlear implant. *Annals of Otolaryngology & Laryngology, Suppl. 128*, 122-125.
- Miller, J.M., Altschuler, R.A., Myers, M., & Plattner, E. (1990 June). Effects of electrical stimulation on the consequences of deafness. Paper presented at the Second International Cochlear Implant Symposium, Iowa City, U.S.A.
- Miyamoto, R.T., Osberger, M.J., Robbins, A.M., Berry, S.W., Todd, S., Myres, W.A., & Kessler, K. (1990 June). Speech production abilities of children with a single-channel or multichannel cochlear implant. Paper presented at the Second International Cochlear Implant Symposium, Iowa City, U.S.A.
- Osberger, M.J., Miyamoto, R.T., Zimmerman-Phillips, S., Kemink, J.L., Stroer, B.S., Firszt, J.B., & Novak, M.A. (1991). Independent evaluation of the speech perception abilities of children with the Nucleus 22-channel cochlear implant system. *Ear & Hearing, Suppl. 12*, 66-80.
- Owens, E., & Kessler, D.K. (1989). Cochlear implants systems, author contributions and terminology: an overview. Dans E. Owens & D.K. Kessler, *Cochlear implants in young deaf children*, Boston: College-Hill Press, 1-14.
- Pelizzone, M., Kasper, A., Montandon, P. (1987 September). Brain activity evoked by a multichannel cochlear prosthesis. Paper presented at the International Cochlear Implant Symposium, Düren, West-Germany.
- Pfingst, B.E., Glass, I., Spelman, F.A., & Sutton, D. (1985). Psychophysical studies of cochlear implants in monkeys: Clinical implications. Dans R.A. Schindler & M.M. Merzenich (Eds.), *Cochlear implants*. New-York: Raven Press, 305-322.
- Picard, M., Ferron, P., Rochette, C., Meyer, F., Bergeron, F., Blaney, D., & Desgagné, M. (à paraître). Étude multivariée de la perception auditive avec un implant cochléaire multi-électrode. *Journal of Otolaryngology*.
- Quittner, A.L., & Steck, J.T. (1991). Predictors of cochlear implant use in children. *The American Journal of Otolaryngology, Suppl. 1991*, 89-94.
- Risberg, A., & Agelfors, E. (1987). The relation between speech perception ability and results on psychoacoustic tests for single channel cochlear implant subjects. Dans P. Banfai (Ed.), *Cochlear implant: current situation*, West-Germany: Bermann, 187-192.

- Robbins, A.M., Osberger, M.J., Miyamoto, R.T., Renshaw, J.J., & Carney, A.E. (1988). Longitudinal study of speech perception by children with cochlear implants and tactile aids: progress report. *Journal of Auditory Rehabilitation in America*, 21, 11-28.
- Schindler, R.H., & Kessler, D.K. (1985). Selection of patients for an experimental multi-channel implant program. Dans R.A. Schindler & M.M. Merzenich (Eds.), *Cochlear implants*. New-York: Raven Press, 407-410.
- Shiroma, M., Honda, K., Kawano, J., Kumakawa, K., & Funasaka, S. (1990 June). Factors that influence the potential success of the cochlear implants. Paper presented at the Second International Cochlear Implant Symposium, Iowa City, U.S.A.
- Simmons, F.B., & Smith, L. (1983). Estimating nerve survival by electrical ABR. *Annals of the New-York academy of sciences*, 405, 422-423.
- Smooenburg, G.F., & Van Olphen, A.F. (1987). Pre-operative electro-stimulation of the auditory nerve and post-operative results with the House/3M implant. Dans P. Banfai (Ed.), *Cochlear implant: current situation*, West-Germany: Bermann, 227-230.
- Staller, S.J., Beiter, A.L., & Brimacombe, J.A. (1990 June). Performance of pre-linguistically deaf children with the Nucleus multi-channel cochlear implant. Paper presented at the Second International Cochlear Implant Symposium, Iowa City, U.S.A.
- Staller, S.J., Dowell, R.C., Beiter, A.L., & Brimacombe, J.A. (1991). Perceptuel abilities of children with the Nucleus 22-Channel cochlear implant. *Ear & Hearing, Suppl 12*, 34-47.
- Thielemeir, M.A. (1985). Status and results of the House Ear Institute cochlear implant project in adults. Dans R.A. Schindler & M.M. Merzenich (Eds.), *Cochlear implants*. New-York: Raven Press, 455-460.
- Tong, Y.C., Busby, P.A., & Clark, G.M. (1988a). Perceptual studies on cochlear implant patients with early onset of profound hearing impairment prior to normal development of auditory, speech and language skills. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 84(3), 951-962.
- Tong, Y.C., Lim, H.H., & Clark, G.M. (1988b). Synthetic vowel studies on cochlear implant patients. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 84(3), 876-887.
- Tyler, R.S., Davis, J.M., & Lansing, C.R. (1987). Cochlear implants in young children. *American Speech-Language Hearing Association*, 29, 41-49.
- Tyler, R.S., Moore, B.C.J., & Kuk, F.K. (1989). Performance of some of the better cochlear-implant patients. *Journal of Speech and Hearing Research*, 32, 887-911.
- Tyler, R.S., Tye-Murray, N., Woodworth, G., & Gantz, B.J. (1990 June). Predicting success with cochlear implant patients from pre-implant acoustical thresholds, lipreading and biographical data. Paper presented at the Second International Cochlear Implant Symposium, Iowa City, U.S.A.
- Van Uden, A.M.J. (1987). The practice of auditory training after a long period of silence: Psychological and pedagogical considerations. Dans P. Banfai (Ed.), *Cochlear implant: current situation*, West-Germany: Bermann, 115-122.
- Waltzman, S.B., & Cohen, N.L. (1987). Correlation of preoperative round window stimulation and CT scan with cochlear implant performance. Dans P. Banfai (Ed.), *Cochlear implant: current situation*, West-Germany: Bermann, 509-512.
- Watson, C.S., Dobie, R.A., Durlach, N., Humes, C.E., Levitt, H., Miller, J.D., Sherriek, C.E., Simmons, F.B., Studebaker, G.E., Tyler, R.S., & Widin, G.P. (1991). Speech-perception aids for hearing-impaired people: Current status and needed research. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 90, 637-685.
- Wilson, B.S., Finley, C.C., & Lawson, D.T. (1990 June). A new processing strategy for multichannel cochlear implants. Paper presented at the Second International Cochlear Implant Symposium, Iowa City, U.S.A.
-