

Académie d'Orléans –Tours
Université François-Rabelais

FACULTE DE MEDECINE DE TOURS

Année 2011

N° 21

Thèse

pour le

DOCTORAT EN MEDECINE

Diplôme d'Etat
Par

Patrick LECERF

Né le 2 Juin 1980 à Orléans

Présentée et soutenue publiquement le 22 Avril 2011

**Position du porte-électrode de l'implant cochléaire :
Apport scanographique du plan transmodiolaire**

Jury

Président de Jury : Monsieur le Professeur COTTIER

Membres du jury : Monsieur le Professeur ROBIER
Monsieur le Professeur BORDURE
Monsieur le Professeur VELUT
Monsieur le Docteur MORINIERE
Monsieur le Docteur BAKHOS

Académie d'Orléans –Tours
Université François-Rabelais

FACULTE DE MEDECINE DE TOURS

Année 2011

N° 21

Thèse

pour le

DOCTORAT EN MEDECINE

Diplôme d'Etat
Par

Patrick LECERF

Né le 2 Juin 1980 à Orléans

Présentée et soutenue publiquement le 22 Avril 2011

**Position du porte-électrode de l'implant cochléaire :
Apport scanographique du plan transmodiolaire**

Jury

Président de Jury : Monsieur le Professeur COTTIER

Membres du jury : Monsieur le Professeur ROBIER
Monsieur le Professeur BORDURE
Monsieur le Professeur VELUT
Monsieur le Docteur MORINIERE
Monsieur le Docteur BAKHOS

UNIVERSITE FRANCOIS RABELAIS
FACULTE DE MEDECINE DE TOURS

DOYEN
Professeur Dominique **PERROTIN**

VICE-DOYEN
Professeur Daniel **ALISON**

ASSESEURS

Professeur Christian **ANDRES**, Recherche
Docteur Brigitte **ARBEILLE**, Moyens
Professeur Christian **BINET**, Formation Médicale Continue
Professeur Laurent **BRUNEREAU**, Pédagogie
Professeur Patrice **DIOT**, Recherche clinique

SECRETAIRE GENERAL

Monsieur Patrick **HOARAU**

DOYENS HONORAIRES
Professeur Emile **ARON** (†) – 1962-1966

Directeur de l'Ecole de Médecine - 1947-1962

Professeur Georges **DESBUQUOIS** (†)- 1966-1972
Professeur André **GOUAZÉ** - 1972-1994
Professeur Jean-Claude **ROLLAND** – 1994-2004

PROFESSEURS EMERITES

Professeur Patrick **CHOUTET**
Professeur Guy **GINIES**
Professeur Jacques **LANSAC**
Professeur Olivier **LE FLOCH**
Professeur Chantal **MAURAGE**
Professeur Léandre **POURCELOT**
Professeur Jean-Claude **ROLLAND**

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. Ph. ANTHONIOZ - A. AUDURIER – Ph. BAGROS - G. BALLON – P.BARDOS - J.
BARSOTTI
A. BENATRE - Ch. BERGER –J. BRIZON - Mme M. BROCHIER - Ph. BURDIN - L.
CASTELLANI
J.P. FAUCHIER - B. GRENIER – M. JAN –P. JOBARD - J.-P. LAMAGNERE - F. LAMISSE - J.
LAUGIER
G. LELORD - G. LEROY - Y. LHUINTRE - M. MAILLET - Mlle C. MERCIER - E/H. METMAN -
J. MOLINE
Cl. MORAINÉ - H. MOURAY - J.P. MUH - J. MURAT - Mme T. PLANIOL - Ph. RAYNAUD - Ch.
ROSSAZZA - Ph. ROULEAU - A. SAINDELLE - J.J. SANTINI - D. SAUVAGE - M.J.
THARANNE - J. THOUVENOT
B. TOUMIEUX - J. WEILL.

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

MM.	ALISON Daniel	Radiologie et Imagerie médicale
	ANDRES Christian	Biochimie et Biologie moléculaire
	ARBEILLE Philippe	Biophysique et Médecine nucléaire
	AUPART Michel	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
	AUTRET Alain	Neurologie
Mme	AUTRET-LECA Elisabeth	Pharmacologie fondamentale ; Pharmacologie clinique
MM.	BABUTY Dominique	Cardiologie
Mmes	BARILLOT Isabelle	Cancérologie ; Radiothérapie
	BARTHELEMY Catherine	Physiologie
MM.	BAULIEU Jean-Louis	Biophysique et Médecine nucléaire
	BERNARD Louis	Maladies infectieuses ; maladies tropicales
	BESNARD Jean-Claude	Biophysique et Médecine nucléaire
	BEUTTER Patrice	Oto-Rhino-Laryngologie
	BINET Christian	Hématologie ; Transfusion
	BODY Gilles	Gynécologie et Obstétrique
	BONNARD Christian	Chirurgie infantile
	BONNET Pierre	Physiologie
	BOUGNOUX Philippe	Cancérologie ; Radiothérapie
	BRUNEREAU Laurent	Radiologie et Imagerie médicale
	BUCHLER Matthias	Néphrologie
	CALAIS Gilles	Cancérologie ; Radiothérapie
	CAMUS Vincent	Psychiatrie d'adultes
	CHANDENIER Jacques	Parasitologie et Mycologie
	CHANTEPIE Alain	Pédiatrie
	CHARBONNIER Bernard	Cardiologie
	COLOMBAT Philippe	Hématologie ; Transfusion
	CONSTANS Thierry	Médecine interne ; Gériatrie et Biologie du vieillissement
	CORCIA Philippe	Neurologie
	COSNAY Pierre	Cardiologie
	COTTIER Jean-Philippe	Radiologie et Imagerie médicale
	COUET Charles	Nutrition
	DANQUECHIN DORVAL Etienne	Gastroentérologie ; Hépatologie
	DE LA LANDE DE CALAN Loïc	Chirurgie digestive
	DE TOFFOL Bertrand	Neurologie
	DEQUIN Pierre-François	Thérapeutique ; médecine d'urgence
	DIOT Patrice	Pneumologie
	DU BOUEXIC de PINIEUX Gonzague	Anatomie & Cytologie pathologiques
	DUMONT Pascal	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
	FAUCHIER Laurent	Cardiologie

	FAVARD Luc	Chirurgie orthopédique et traumatologique
	FETISSOF Franck	Anatomie et Cytologie pathologiques
	FOUQUET Bernard	Médecine physique et de Réadaptation
	FRANCOIS Patrick	Neurochirurgie
	FUSCIARDI Jacques	Anesthésiologie et Réanimation chirurgicale ; médecine
d'urgence	GAILLARD Philippe	Psychiatrie d'Adultes
	GOGA Dominique	Chirurgie maxillo-faciale et Stomatologie
	GOUDEAU Alain	Bactériologie -Virologie ; Hygiène hospitalière
	GOUPILLE Philippe	Rhumatologie
	GRUEL Yves	Hématologie ; Transfusion
	GUILMOT Jean-Louis	Chirurgie vasculaire ; Médecine vasculaire
	GUYETANT Serge	Anatomie et Cytologie pathologiques
	HAILLOT Olivier	Urologie
	HALIMI Jean-Michel	Thérapeutique ; médecine d'urgence (Néphrologie et
		Immunologie clinique)
	HERAULT Olivier	Hématologie ; transfusion
	HERBRETEAU Denis	Radiologie et Imagerie médicale
Mme	HOMMET Caroline	Médecine interne, Gériatrie et Biologie du vieillissement
MM.	HUTEN Noël	Chirurgie générale
	LABARTHE François	Pédiatrie
	LAFFON Marc	Anesthésiologie et Réanimation chirurgicale ; médecine
d'urgence	LANSON Yves	Urologie
	LARDY Hubert	Chirurgie infantile
	LASFARGUES Gérard	Médecine et Santé au Travail
	LEBRANCHU Yvon	Immunologie
	LECOMTE Pierre	Endocrinologie et Maladies métaboliques
	LECOMTE Thierry	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
	LEMARIE Etienne	Pneumologie
	LESCANNE Emmanuel	Oto-Rhino-Laryngologie
	LINASSIER Claude	Cancérologie ; Radiothérapie
	LORETTE Gérard	Dermato-Vénérologie
	MACHET Laurent	Dermato-Vénérologie
	MAILLOT François	Médecine Interne
	MARCHAND Michel	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
	MARRET Henri	Gynécologie et Obstétrique
	NIVET Hubert	Néphrologie
	PAGES Jean-Christophe	Biochimie et biologie moléculaire
	PAINTAUD Gilles	Pharmacologie fondamentale, Pharmacologie clinique
	PATAT Frédéric	Biophysique et Médecine nucléaire
	PERROTIN Dominique	Réanimation médicale ; médecine d'urgence
	PERROTIN Franck	Gynécologie et Obstétrique
	PISELLA Pierre-Jean	Ophthalmologie
	QUENTIN Roland	Bactériologie-Virologie ; Hygiène hospitalière
	RICHARD-LENOBLE Dominique	Parasitologie et Mycologie
	ROBERT Michel	Chirurgie Infantile
	ROBIER Alain	Oto-Rhino-Laryngologie
	ROINGEARD Philippe	Biologie cellulaire
	ROSSET Philippe	Chirurgie orthopédique et traumatologique
	ROYERE Dominique	Biologie et Médecine du développement et de la
		Reproduction
	RUSCH Emmanuel	Epidémiologie, Economie de la Santé et Prévention
	SALAME Ephrem	Chirurgie digestive
	SALIBA Elie	Biologie et Médecine du développement et de la
Reproduction	SIRINELLI Dominique	Radiologie et Imagerie médicale
	THOMAS-CASTELNAU Pierre	Pédiatrie
	TOUTAIN Annick	Génétique
	VAILLANT Loïc	Dermato-Vénérologie

VELUT Stéphane
WATIER Hervé

Anatomie
Immunologie.

PROFESSEURS ASSOCIES

M.	HUAS Dominique	Médecine Générale
Mme	LEHR-DRYLEWICZ Anne-Marie	Médecine Générale
MM.	POTIER Alain	Médecine Générale
	TEIXEIRA Mauro	Immunologie

PROFESSEUR détaché auprès de l'Ambassade de France à Washington pour exercer les fonctions de Conseiller pour les affaires sociales

M.	DRUCKER Jacques	Epidémiologie-Economie de la Santé et Prévention
----	-----------------	--

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

Mme	ARBEILLE Brigitte	Biologie cellulaire
M.	BARON Christophe	Immunologie
Mme	BAULIEU Françoise	Biophysique et Médecine nucléaire
M.	BERTRAND Philippe	Biostatistiques, Informatique médicale et Technologies de Communication
Mme	BLANCHARD-LAUMONIER Emmanuelle	Biologie cellulaire
M	BOISSINOT Eric	Physiologie
Mmes	BONNET-BRILHAULT Frédérique	Physiologie
	BRECHOT Marie-Claude	Biochimie et Biologie moléculaire
MM.	BRILHAULT Jean	Chirurgie orthopédique et traumatologique
	DESTRIEUX Christophe	Anatomie
	DUONG Thanh Hai	Parasitologie et Mycologie
Mmes	EDER Véronique	Biophysique et Médecine nucléaire
	FOUQUET-BERGEMER Anne-Marie	Anatomie et Cytologie pathologiques
	GAUDY-GRAFFIN Catherine	Bactériologie - Virologie ; Hygiène hospitalière
M.	GIRAUDEAU Bruno	Biostatistiques, Informatique médicale et Technologies de Communication
Mme	GOUILLEUX Valérie	Immunologie
MM.	GUERIF Fabrice	Biologie et Médecine du développement et de la reproduction
	GYAN Emmanuel	Hématologie , transfusion
M.	HOARAU Cyrille	Immunologie
M.	HOURIOUX Christophe	Biologie cellulaire
Mme	LARTIGUE Marie-Frédérique	Bactériologie-Virologie ; Hygiène hospitalière
Mmes	LE GUELLEC Chantal	Pharmacologie fondamentale ; Pharmacologie clinique
	MACHET Marie-Christine	Anatomie et Cytologie pathologiques
MM.	MARCHAND-ADAM Sylvain	Pneumologie
	MEREGHETTI Laurent	Bactériologie-Virologie ; Hygiène hospitalière
Mme	MICHEL-ADDE Christine	Pédiatrie
M.M	MULLEMAN Denis	Rhumatologie
	PIVER Eric	Biochimie et biologie moléculaire
Mme	SAINT-MARTIN Pauline	Médecine légale et Droit de la santé
Mme	VALAT Chantal	Biophysique et Médecine nucléaire
M.	VOURC'H Patrick	Biochimie et Biologie moléculaire

MAITRES DE CONFERENCES

Mlle	BOIRON Michèle	Sciences du Médicament
Mme	ESNARD Annick	Biologie cellulaire
M.	LEMOINE Maël	Philosophie
Mlle	MONJAUZE Cécile	Sciences du langage - Orthophonie
M.	PATIENT Romuald	Biologie cellulaire

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE A MI-TEMPS

M.M. LEBEAU Jean-Pierre Médecine Générale
ROBERT Jean Médecine Générale

PROFESSEUR CERTIFIE

M DIABANGOUAYA Célestin Anglais

CHERCHEURS C.N.R.S. - INSERM

MM. BIGOT Yves Directeur de Recherche CNRS – UMR CNRS 6239
BOUAKAZ Ayache Chargé de Recherche INSERM – UMR CNRS-INSERM
930
Mmes BRUNEAU Nicole Chargée de Recherche INSERM – UMR CNRS-INSERM
930
CHALON Sylvie Directeur de Recherche INSERM – UMR CNRS-INSERM
930
MM. COURTY Yves Chargé de Recherche CNRS – U 618
GAUDRAY Patrick Directeur de Recherche CNRS – UMR CNRS 6239
GUILLEUX Fabrice Directeur de Recherche CNRS – UMR CNRS 6239
Mmes GOMOT Marie Chargée de Recherche INSERM – UMR CNRS-INSERM
930
HEUZE-VOURCH Nathalie Chargée de Recherche INSERM – U 618
MM. LAUMONNIER Frédéric Chargé de Recherche INSERM - UMR CNRS-INSERM
930
LE PAPE Alain Directeur de Recherche CNRS – U 618
Mmes MARTINEAU Joëlle Chargée de Recherche INSERM – UMR CNRS-INSERM
930
POULIN Ghislaine Chargée de Recherche CNRS – UMR CNRS-INSERM 930

CHARGES D'ENSEIGNEMENT

Pour l'Ecole d'Orthophonie

Mme DELORE Claire Orthophoniste
M GOUIN Jean-Marie Praticien Hospitalier
M. MONDON Karl Praticien Hospitalier
Mme PERRIER Danièle Orthophoniste

Pour l'Ecole d'Orthoptie

Mme LALA Emmanuelle Praticien Hospitalier
M. MAJZOUB Samuel Praticien Hospitalier

Pour l'Ethique Médicale

Mme BIRMELE Béatrice Praticien Hospitalier
M. MALLET Donatien Praticien Hospitalier.

A Monsieur le Professeur Jean-Philippe COTTIER, Président de Thèse,

Vous me faites l'honneur de présider ma thèse après ces années d'externat et d'internat passées à vos côtés.

Vous m'avez appris la rigueur scientifique lors de votre thèse de science, vous me jugez aujourd'hui sur mon travail de thèse et je vous en remercie.

Il y a un an vous acheviez la thèse de Jean-Paul par une question, j'espère ce jour y avoir apporté une réponse.

Je vous suis reconnaissant pour votre disponibilité, votre accessibilité et votre dévouement dans notre formation.

Veillez recevoir ici la marque de mon profond respect.

A Monsieur le Professeur Alain ROBIER, Directeur de thèse,

Vous me faites l'honneur de diriger ma thèse sur un sujet qui vous est cher.

Vous m'avez fait aimer cette discipline et je vous en remercie.

J'espère avoir appliqué au mieux cette phrase que vous m'aviez écrit au début de ma préparation de thèse : « en anticipation d'une future thèse, au travail ».

Je vous remercie pour votre enseignement que vous nous avez apporté.

J'espère encore beaucoup apprendre à vos côtés.

Voyez dans cette thèse ma profonde reconnaissance.

A Monsieur le Professeur Philippe BORDURE,

Vous me faites l'honneur de juger ce travail de thèse.

Vous m'avez accueilli pendant 6 mois dans votre service et enseigné les principes d'otologie de l'école Nantaise.

Soyez assuré de mon profond respect.

Je vous remercie de m'avoir encadré comme pour ma première myringoplastie, à votre manière.

Veillez accepter ma sincère amitié et ma profonde reconnaissance.

A Monsieur le Professeur Stéphane VELUT,

Vous me faites l'honneur de juger ce travail de thèse.

Vous m'avez enseigné l'anatomie au cours de ma formation initiale qui représente à mes yeux la plus belle science de la médecine.

Vous m'avez vu naître chirurgien lors de mon début d'internat et su faire vaciller mes objectifs.

Je vous suis reconnaissant pour le neurochirurgien que vous êtes mais aussi l'homme anatomiste et artiste.

Veillez recevoir la marque de ma sincère gratitude.

A Monsieur le Docteur Sylvain MORINIERE,

Je suis heureux que tu ais accepté de juger mon travail de thèse.

Je te remercie pour tes talents d'opérateur, qui resteront pour moi un exemple.

Tu as su me faire confiance et me soutenir quand les erreurs solitaires étaient critiquables.

Les victoires sont le reflet de ton travail.

Reçois ici le témoignage de ma sincère amitié et de mon profond respect.

A Monsieur le Docteur David BAKHOS,

Si je devais partager cette thèse avec quelqu'un, sans hésiter, ce serait avec toi.

Je te remercie pour tout l'investissement que tu fais pour nous.

Tu es un moteur pour le service, la recherche et la formation des externes et internes.

Sans toi, le CTS n'aurait pas la grandeur qu'il a. Merci d'apporter ton don à cette grande cause !

Je te souhaite tout le succès que tu mérites.

Merci encore David pour tout.

A mon papa et ma maman,

La vie ne nous laisse souvent pas le temps de dire toute notre amour et notre reconnaissance à ce qu'on aime.

Jamais je ne vous remercierais assez pour ce que vous avez fait pour moi et que vous faites encore.

Vous avez toujours cru en moi, et en ma bonne étoile.

Vous avez su exiger de moi le meilleur.

Vous avez su nous faire apprendre les valeurs de la vie.

Vous avez su être juste envers vos enfants.

Vous m'avez donné l'amour de la médecine par votre don de vous-mêmes envers les autres.

La vie est un cadeau que tu m'as offert à 2 reprises, sache maman que je ne te remercierais jamais assez et reçois en ce jour toute ma gratitude et mon amour.

La vie est un dévouement envers ce qu'on aime. Devenir docteur était un rêve de gosse. Papa, je réalise ce jour ce rêve grâce à tes sacrifices et ton amour. Merci.

Je vous aime tant.

A Sandrine, mon Doudou,

Tu m'as toujours apporté ton amour et ton soutien.

Tu m'as aimé pour la première fois rue de Jérusalem grâce à de l'aide...

Tu es mon cordon bleu et ma main verte.

Tu m'as permis de devenir ORL à Tours grâce à tes superbes fiches de révision de l'ECN.

Tu m'acceptes tel que je suis avec mes défauts et j'espère quelques qualités.

Tu es la femme de ma vie.

Je te promets de toujours t'aimer, te soutenir et de t'aider comme tu sais le faire pour moi.

Avec tout mon amour, je te remercie d'avoir accepté de te lier à moi pour la vie.

Faites que ce bonheur s'agrandisse dans quelques temps...

A mon frère Stéphane, Laetitia, Léa et Eva,

Vous êtes mon rayon de lumière.

Stéphane, tu as toujours été mon grand frère protecteur. Je te remercie de m'avoir soutenu et montré comment il fallait travailler, quand nous étions petits, pour ne pas se faire engueuler. Je te félicite pour ta vie, tu as su écouter les conseils de papa et maman. Je souhaite avoir des petites princesses comme vos filles.

Merci Laetitia pour tous les plaisirs (aquatiques) que tu nous offres. Réviser l'internat à vos côtés était une détente...

A mes 2 poulettes que j'aime et qui vont avoir « une p'tite surprise... »

Je vous aime.

A ma mami,

J'espère que tu es fière de ton petit fils. Mémère ne croyait pas que je serais assez sérieux pour réussir, mais toi tu as toujours cru en moi. Je te remercie pour tout ce que vous avez fait pour nous et les parents. Sans toi et papy, nous ne serions pas arrivés à la vie que nous avons.

A papy,

Qui aurait été heureux d'être présent ce jour pour me voir devenir spécialiste « auriculaire ». Je crois qu'il représente la personne qui m'a le plus fait aimer la vie et le travail. Passer des journées à sculpter et des soirées à faire des maquettes, étaient le début de l'apprentissage des dissections...

A mon papy,

Ich bedanke dich für deine hilfe. Du bist und du willst ein beispiel verbleiben. Ich bin sehr zufrieden dass dein buch geschrieben ist. Ich liebe dich und ich hoffe dass du liebst noch lange.

A mami,

qui aurait aimée voir sa « petite fleur » devenir docteur. Tu nous as toujours considéré à notre juste valeur depuis que nous étions petits. Je te remercie pour tout.

Merci à vous, je vous aime.

A toute ma famille,

A mes beaux-parents, pour leur affection, leur dévouement et leur relecture (merci Nicole).

A ma marraine, pour son soutien depuis que je suis petit. Merci.

A Nathalie et Mike, loin des yeux (à Montréal) mais près du cœur.

A Jean-Louis et Dany, qui m'ont beaucoup appris et guidé. Merci.

A tous mes amis de médecine, Blondasse et Catou, Massai et Emilie, Guigui et Céline, Piquouse et Tomtom,

Nath et Greg, Rocco et Elo, Kiki et Aurélie, Denis et Anne, Alexis et Emilie, Toinou et Lucie, Chachatte et Caro

Pour toutes ces années passées ensemble et toutes celles à venir...

Aux baltringues, Saysana et Lise, Lolo et Cécile, Oliv et Charlotte.

L'amitié se partage et se retrouver fait du bien : Mazel Tov !!!!

A mes témoins de mariage non cités,

Matthieu tu as toujours été un confident, un ami sur qui on peut compter. Tu as encore été d'une précieuse aide pour cette thèse : « Sans la justesse, la précision n'est rien ! ». Merci à toi et à vous 4.

Claire, ma petite Claire, tu sais combien je t'apprécie et pouvoir une nouvelle fois fêter ton mariage me réjouit déjà. Francis prend soin d'elle et surtout de ma petite filleule, Blanche et bien sûr d'Auguste aussi.

A tous mes amis d'enfance, Antoine et Elodie, Lukas, Guigui, Alex, Augustin, Julien, Jordane, Julie, Marina, Baptiste...

A Monsieur le Professeur Emmanuel LESCANNE,

Merci pour votre attachement à notre formation et votre soutien.

Le vouvoiement est parfois difficile mais on s'y habitue...

Regret de ne pas vous avoir compté parmi mon jury de thèse.

A Monsieur le Professeur Patrick FRANCOIS,

Merci pour ton aide et ton esprit battant. Vivement que les beaux jours reviennent pour des parties de pêche et des tours en vélo...

A Monsieur le Professeur Olivier MALARD,

Ta sagacité, ta vivacité et ta maîtrise chirurgicale me forment le respect.

Merci encore pour ton accueil à Nantes.

Aux Docteurs Eric PINLONG et Soizick PONDAVEN pour votre présence et votre aide pour ma formation au cours de mon internat.

Au Docteur Vincent BOUETEL, mon ancien chef de clinique,

Tu m'as permis de faire les bons choix dans des moments importants de ma vie. Tu as su me faire confiance.

Sois assuré de ma reconnaissance.

Au Docteur Yves PERRIN-GUEX, mon médecin généraliste,

Vous avez toujours suivi de près mon parcours. Vous êtes un exemple pour moi dans votre pratique quotidienne.

Sachez que votre examen clinique restera toujours gravé dans ma mémoire.

Aux Docteurs Hélène et Denis DESHAYES, et Thierry MILLET,

Vous êtes les premiers contacts que j'ai pu avoir avec le corps médical. Vous m'avez attiré vers la médecine. Je vous en remercie.

Aux Docteurs Jacqueline et Philippe GRASSIN,

Vous m'avez permis de réaliser mon rêve, la Médecine et de découvrir la chirurgie. Je vous en serais toujours reconnaissant. Merci.

Aux Docteurs Christophe DESTRIEUX et Anne-Marie BERGEMER-FOUQUET,

Vous m'avez aidé pour la concrétisation de ce travail et je vous en remercie.

Au Docteur Jean-Paul TRIJOLET,

Sans qui ce travail n'aurait pas pu naître. Merci.

Au Docteur Marie-Agnès LAUVIN, Romain, Frédérique et aux manipulateurs radios,

Merci de m'avoir permis de réaliser ces acquisitions, de m'avoir formé à l'utilisation des consoles post-traitement et d'avoir relu avec attention toutes ces coupes transmodiolaires.

A Daniel BOURRY, photographe au laboratoire communication de la faculté de médecine,

Tu as permis d'ériger mes cochlées en œuvre d'art. Sans tes talents d'artiste, la finalité de ce travail ne serait pas la même. Merci pour tout.

A Gérald et Jean-Paul, thanatopracteurs au laboratoire d'Anatomie,

Depuis mon externat, vous avez été présents et vous m'avez permis de disséquer selon mes envies. Je vous remercie pour votre aide.

A mes co-internes d'ORL,

Alex, Karim H, Carl, Musaed, Allan, Marie, Clément, Soo et Karim O. Allez au boulot maintenant parce que je ne vais pas rester le seul jeune docteur de ce service...

A mes co-internes, Cédric (vive la neurochirurgie et merci pour m'avoir appris à faire les nœuds...) et Noémie, Yves et Dorothée, Gildas et Cécile, Julien et Audrey, Ilyess, François, Julie, Antoine, Angélique...

A l'ensemble des personnels des services pour leur accueil et leur soutien au cours de mon internat et tout particulièrement :

- A ma secrétaire privée Gene mais bien sûr à Valérie, Coralie et Claude.
- Aux infirmières (Sophie, Anne, Barbara, Séverine,...), aux aides-soignantes (Djeb...) et ASH (Nelly, Martine...) du service d'ORL de Tours.
- Aux infirmières de consultation : Françoise, Karine, Laetitia, Béa et Anne.
- A toute l'équipe du service d'ORL-CCF du CHU Clocheville de Tours.
- Et bien évidemment à tout le personnel du bloc opératoire.

Table des matières

Introduction	23
Etat de l'art : L'implantation cochléaire.....	26
1. Indications	27
1.1. Chez l'enfant.....	28
1.2. Chez l'adulte.....	28
2. Facteurs de variabilité des performances après implantation cochléaire	28
2.1. Facteurs individuels.....	28
2.1.1. L'âge d'implantation	28
2.1.2. La durée de privation sensorielle	29
2.1.3. Le statut lingual.....	29
2.1.4. L'audition résiduelle préopératoire	29
2.2. Facteurs techniques et technologiques.....	29
2.3. Facteurs positionnels du porte-électrode.....	30
2.3.1. Vecteurs d'insertion du porte-électrode	30
2.3.2. Sites de cochléostomie	31
2.3.3. Proximité du porte-électrode avec le modiolus	31
2.3.4. Sélection du design du porte-électrode	32
2.3.5. Profondeur d'insertion du porte-électrode	32
2.3.6. Sélection de la rampe	33
3. Techniques de détermination de la position du porte-électrode.....	33
3.1. Techniques de recherche	33
3.1.1. Microdissections	33
3.1.2. Microscopie optique à fluorescence	34
3.1.3. Microscanner	35
3.1.4. Fusion d'images par ANALYSE software	35
3.2. Techniques en pratique clinique	35
3.2.1. Radiographie conventionnelle	35
3.2.2. Radiographie en contraste de phase	36
3.2.3. Fluoroscopie	37
3.2.4. Tomodensitométrie	37
3.2.5. Tomographie rotationnelle : cone beam computerized tomography (CBCT)	38
Matériels et méthodes	39
1. Procédure chirurgicale	40
1.1. Préparation des os temporaux cadavériques	40
1.2. Sélection par tirage au sort de la rampe à implanter	41
1.3. Technique d'implantation du porte-électrode périmodiolaire.....	41
2. Evaluation neuroradiologique	45
2.1. Matériel et paramètres d'acquisition.....	45
2.2. Profondeur d'insertion des électrodes implantées.....	46
2.3. Le plan transmodiolaire scanographique.....	46
3. Evaluation neuroradiologique de la position du porte-électrode implanté.....	46
4. Validation anatomique de la position du porte-électrode	50
4.1. Décalcification et fixation.....	50
4.2. Microdissections.....	50
5. Analyse statistique	51

Résultats	52
1. Insertion du porte-électrode.....	53
1.1. Profondeur d'insertion : longueur et angle d'insertion du porte-électrode.....	53
1.2. Problèmes d'insertion : résistance	53
2. Sensibilité et spécificité du plan transmodiolaire en fonction de la localisation	56
2.1. Localisations en rampe tympanique	56
2.2. Localisations en rampe vestibulaire.....	58
2.3. Localisations en rampe tympanique et vestibulaire : dislocation	58
3. Corrélation radio-anatomique	58
Discussion	60
1. Le plan transmodiolaire	61
1.1. Les inconvénients	61
<i>1.1.1. Cas d'interprétation radiologique incertaine</i>	<i>61</i>
<i>1.1.2. Artéfacts métalliques</i>	<i>62</i>
<i>1.1.3. Doses d'irradiation</i>	<i>63</i>
1.2. Les avantages	64
<i>1.2.1. Protocole d'acquisition scanographique de pratique clinique</i>	<i>64</i>
<i>1.2.3. Révision d'implant cochléaire</i>	<i>66</i>
<i>1.2.4. Amélioration de la technique chirurgicale</i>	<i>67</i>
<i>1.2.5. Conception des modèles de porte-électrodes</i>	<i>67</i>
2. Analyse des cas de dislocations	67
2.1. Comparaison aux données in-vivo	67
2.2. Sites de dislocation spécifiques	68
<i>2.2.1. Dislocations basales</i>	<i>68</i>
<i>2.2.2. Dislocations médiales</i>	<i>69</i>
<i>2.2.3. Dislocations distales</i>	<i>69</i>
2.3. Dislocations et résistances	69
Conclusion	70
Bibliographie.	72
Annexe 1 : Ensemble des données anatomiques et scanographiques de l'étude	79
Annexe 2 : Communication et article soumis	86

Introduction

L'appareil auditif humain est composé de structures anatomiques périphérique et centrale. L'oreille externe et l'oreille moyenne permettent la transmission et l'amplification des vibrations sonores à l'oreille interne grâce à une adaptation de l'impédance entre les milieux aérien et liquidien. L'oreille interne, située dans l'os temporal, est composée de la cochlée en forme de limaçon qui est axée sur le modiolus, contenant les fibres nerveuses afférentes auditives. La cochlée est constituée d'une rampe vestibulaire fermée par la fenêtre ovale, d'une rampe tympanique ouverte sur la fenêtre ronde et du canal cochléaire qui renferme l'organe de Corti. Les 2 rampes sont situées de part et d'autre du canal cochléaire et sont remplies de périlymphe. Elles communiquent à l'apex par l'hélicotréma. L'organe de Corti, bordé par deux membranes souples, la membrane de Reissner et la membrane basilaire, renferme de l'endolymphe.

Lorsque le mouvement de l'étrier se propage à la cochlée par la rampe vestibulaire, la vibration de la membrane basilaire induite est amplifiée par les cellules ciliées externes. Les cellules ciliées internes, qui reposent sur la membrane basilaire, vont permettre une conversion des vibrations en impulsions neurales par dépolarisation cellulaire. Les fibres nerveuses afférentes, appelées ganglion spiral, sortent de l'organe de Corti et se rassemblent pour former le nerf auditif, point de départ de la voie auditive vers le système central, indispensable à l'intégration, la reconnaissance et la mémorisation des sons perçus par le système périphérique.

En cas de surdité neurosensorielle, une atteinte de la cochlée ou du nerf auditif est en cause. Le plus souvent une détérioration des cellules ciliées sur la membrane basilaire est à l'origine d'une atteinte de la perception de la sonie. En cas de handicap social majeur, le

patient nécessite une réhabilitation de l'audition par la mise en place d'un implant cochléaire qui va stimuler directement les fibres nerveuses afférentes shuntant ainsi les structures intracochléaires non fonctionnelles.

Les résultats audiolinguistiques après réhabilitation par un implant cochléaire dépendent de facteurs individuels, techniques et technologiques. D'autres facteurs sont contrôlables par le chirurgien et dépendent des modalités d'implantation. Le but étant de préserver les structures intracochléaires (ganglion spiral, membrane basilaire, mur latéral de la cochlée) en évitant les traumatismes lors de l'insertion de l'électrode et de positionner le porte-électrode dans la rampe tympanique sans induire de dislocation au niveau de la membrane basilaire.

Actuellement, de nombreuses méthodes sont décrites pour déterminer la position du porte-électrode de l'implant cochléaire. La plupart des méthodes fiables font partie du domaine de la recherche. En pratique clinique, les techniques utilisées sont radiologiques mais la détermination précise de la position du porte-électrode reste difficile. Plusieurs auteurs (Van Wermeskerken, Verbist, Skinner) ont étudié la position du porte-électrode après implantation cochléaire cadavérique ou humaine à l'aide du plan transmodiolaire scanographique. Mais aucune étude n'a été réalisée à notre connaissance pour valider anatomiquement la précision et la justesse du plan transmodiolaire pour déterminer la position du porte-électrode.

Les objectifs de cette étude cadavérique radio-anatomique étaient de valider le plan transmodiolaire scanographique comme une méthode fiable pour la détermination de la position du porte-électrode de l'implant cochléaire avec un protocole d'acquisition de pratique clinique.

Etat de l'art :

L'implantation cochléaire

1. Indications

En France, environ 700 implantations sont réalisées par an. Les implants cochléaires (*Figure 1*) sont composés d'une partie externe (microphone, processeur vocal et antenne de transmission) et d'une partie interne (antenne de réception, récepteur-stimulateur et porte-électrode). L'implantation est unilatérale sauf dans 4 cas (post-méningitique, syndrome de Usher, fractures du rocher bilatérales, échec de réhabilitation par prothèse auditive chez un patient déjà implanté).

Figure 1. Schéma d'un implant cochléaire implanté.



1.1. Chez l'enfant

L'indication d'implantation cochléaire est retenue quand l'enfant présente soit une surdité sévère avec une discrimination (seuil vocal obtenu à 35 dB au-dessus du seuil d'intelligibilité) inférieure ou égale à 50%, lors de la réalisation de tests d'audiométrie vocale adaptés à l'âge de l'enfant, en champ libre, à 60 dB, avec des prothèses bien adaptées, soit une surdité profonde dont le gain prothétique ne permet pas le développement du langage (1).

En cas de surdité prélinguale, l'implantation doit être la plus précoce possible. Au-delà de 5 ans, l'indication n'est retenue que si l'enfant présente une appétence à la communication orale (2).

1.2. Chez l'adulte

Il n'y a pas de limite d'âge. L'indication est retenue après une évaluation psychocognitive et si les critères audiométriques sont vérifiés (discrimination inférieure ou égale à 50% lors de la réalisation de tests d'audiométrie vocale avec une liste de mots monosyllabiques, pratiqués à 60 dB, en champ libre, avec des prothèses bien adaptées). L'indication n'est pas retenue quand il s'agit d'un patient présentant une surdité prélinguale non implanté auparavant.

2. Facteurs de variabilité des performances après implantation cochléaire

2.1. Facteurs individuels

2.1.1. L'âge d'implantation

Chez l'enfant, plus l'implantation est précoce plus les délais pour acquérir les performances audiolinguistiques d'enfants normalement entendants sont réduits et comparables

surtout entre 5 et 20 mois (3). Chez l'adulte sourd postlingual, l'âge d'implantation donne des résultats similaires à ceux des adultes implantés jeunes (4).

2.1.2. La durée de privation sensorielle

Une implantation précoce donne des résultats sur la compréhension et sur la production du langage meilleure et plus rapide qu'une implantation tardive. La comparaison des résultats entre implantation précoce et tardive chez des sourds prélinguaux est en faveur de l'implantation précoce (1).

2.1.3. Le statut lingual

La comparaison d'enfants implantés en période prélinguale par rapport à l'implantation en période postlinguale met en évidence de meilleurs résultats pour le groupe postlingual, notamment en ce qui concerne l'intégration scolaire (1)

2.1.4. L'audition résiduelle préopératoire

C'est un paramètre essentiel et les développements techniques actuels (conception des électrodes, étude du positionnement du porte-électrode) visent à préserver l'audition résiduelle qui peut bénéficier d'une stimulation électro-acoustique de meilleure qualité qu'une stimulation purement électrique (4). Cependant la préservation de l'audition n'améliore pas les performances du seuil prothétique tonal moyen en post-opératoire (6).

2.2. Facteurs techniques et technologiques

Les facteurs techniques sont liés au type d'implant cochléaire, son utilisation et sa maintenance (7-9). Il existe 4 fabricants d'implants cochléaires : Advanced Bionics®,

Cochlear®, MED-EL® et Neurelec-MXM®. Il n'est pas reconnu de variabilité en fonction du type d'implants.

Les facteurs technologiques dépendent essentiellement de la stratégie de codage. Chaque fabricant possède une stratégie de codage mais qui peut être regroupée en 2 types : les stratégies « CIS » et « n of m ». Ces 2 stratégies filtrent le signal en bandes fréquentielles qui sont attribuées aux électrodes correspondantes en fonction de la cartographie tonotopique. Dans la stratégie CIS (continuous interleaved sampling), la totalité des électrodes est stimulée, de manière séquentielle. La stratégie « n of m » diffère par le nombre d'électrodes activées dans chaque cycle de traitement parmi les m canaux allumés. Le facteur n est pré-déterminé par le fabricant ou le régleur. Le signal est ensuite délivré uniquement aux n canaux sélectionnés ($n < m$), permettant de réduire la densité de stimulation et donc le risque de chevauchement. La stratégie « n of m » délivre, à un instant donné, les informations les plus pertinentes du signal. Si $n=m$, alors les 2 stratégies deviennent équivalentes.

Ces facteurs sont indépendants du chirurgien ORL et nous n'avons pas de données sur leur implication dans l'évaluation des résultats après implantation.

2.3. Facteurs positionnels du porte-électrode

2.3.1. Vecteurs d'insertion du porte-électrode

Pour permettre une insertion du porte-électrode dans la rampe tympanique sans traumatisme des structures intracochléaires (dislocation de la membrane basilaire, fracture du mur latéral ou médial de la cochlée), le vecteur d'insertion doit pénétrer par le récessus du facial (délimitée par le nerf facial, la corde du tympan et la fossa incudis) jusqu'au tour basal de la cochlée (10) en passant par la cochléostomie. Certains auteurs ont étudié le trajet du

porte-électrode en cas d'insertion directement par la fenêtre ronde. De hautes résistances étaient rencontrées au niveau de la fenêtre ronde avec pour conséquences une faible profondeur d'insertion ou un trajet extra-cochléaire (11). Afin d'obtenir un vecteur d'insertion optimal, il est reconnu de fraiser le récessus du facial au plus près du canal de Fallope (canal du nerf facial intra-pétreux) en laissant une fine lamelle osseuse antérieure et latérale afin de protéger le nerf facial et d'assurer une trajectoire d'implantation proche du centre de la rampe tympanique (10).

2.3.2. Sites de cochléostomie

La cochléostomie est un fraisage de la margelle osseuse de la fenêtre ronde pour réduire les résistances et faciliter une insertion profonde du porte-électrode (12) dans la rampe tympanique sans induire de lésions aux structures intracochléaires afin de préserver l'audition résiduelle (4) et d'éviter des vertiges post-opératoires (13). Elle est idéalement située au bord antéro-inférieur de la margelle osseuse de la fenêtre ronde nommée « crista fenestra »(14). Cependant en cas de projection osseuse importante de la portion inférieure de la margelle de la fenêtre ronde, nommée « crista semilunaris », la trajectoire du porte-électrode peut être déviée en direction de la membrane basilaire et induire une dislocation (15). Aucun consensus n'est actuellement reconnu et les pratiques restent assez différentes et opérateur-dépendants (16).

2.3.3. Proximité du porte-électrode avec le modiulus

Un positionnement des électrodes proche du modiulus tend à réduire les interférences entre électrodes et à augmenter la sélectivité spatiale sans modifier la dynamique fréquentielle de l'implant cochléaire (17). Les électrodes plus proches des cellules ganglionnaires permettent une excitation des fibres plus ciblée. Cette proximité permet potentiellement

d'améliorer la sélectivité fréquentielle et de diminuer les besoins en énergie. Cette donnée positionnelle est à l'origine du développement des électrodes péri-modiolaires à concavité médiale avec mise en place par un positionneur grâce à la technique Advance Off-Stylet (Cochlear®) (18).

2.3.4. Sélection du design du porte-électrode

Deux types de porte-électrodes sont actuellement disponibles. Les porte-électrodes « droit » et « périmodiolaire ». Comme nous l'avons relaté, les porte-électrodes périmodiolaires permettent un positionnement des électrodes autour du modiolus en diminuant les risques de dislocation de la membrane basilaire (17). Ce modèle est actuellement celui utilisé dans notre service et dans l'étude qui va suivre.

2.3.5. Profondeur d'insertion du porte-électrode

Contrairement à ce que l'on pourrait admettre, une insertion profonde du porte-électrode n'améliore pas les résultats des patients implantés par rapport à ceux implantés moins profondément (19). Des traumatismes à 2 localisations expliqueraient ces résultats. Dans la partie basale de la cochlée, l'insertion profonde détacherait la région du crochet (hook region) au premier tour de spires et empêcherait les contacts des électrodes avec le modiolus (14). Dans la partie apicale, l'insertion profonde augmenterait les traumatismes mécaniques proches de l'apex au fur et à mesure que le diamètre des rampes diminue et l'enroulement des spires augmente. Il est actuellement conseillé lors de l'implantation d'éviter une insertion au-delà de 425° (19) et d'utiliser de l'acide hyaluronique afin de minimiser les traumatismes intracochléaires (12,20)

2.3.6. Sélection de la rampe

Un positionnement du porte-électrode exclusivement en rampe tympanique permet une amélioration significative des résultats audiométriques (tonaux et vocaux) en champ libre (21) et des scores de reconnaissance verbale (19). L'explication est basée sur la proximité des électrodes placées dans la rampe tympanique avec les éléments excitables (cellules des ganglions spirales et dendrites) par rapport à une position en rampe vestibulaire (22).

En cas de dislocation ou de placement uniquement en rampe vestibulaire, les tests de perception vocale sont significativement moins bons (21). Cependant les résultats avec positionnement du porte-électrode en rampe vestibulaire exclusive, sans traumatisme de la membrane basilaire, nécessitent d'être pondérés compte tenu des constatations relatées par ces 2 auteurs.

3. Techniques de détermination de la position du porte-électrode

3.1. Techniques de recherche

3.1.1. Microdissections

La microdissection de l'os temporal est reconnue comme un outil efficace pour l'étude de la morphologie et des pathologies de l'oreille interne (23). Dans les études de positionnement du porte-électrode, le respect des structures intracochléaires est essentiel pour permettre une évaluation qualitative.

La technique la plus fréquemment utilisée par les auteurs (23) consiste à obtenir l'os temporal cadavérique dans les 12 heures après le décès. L'excès de tissu est disséqué et l'oreille moyenne est ouverte pour permettre un accès au promontoire. L'oreille interne est perfusée, par la fenêtre ovale, avec une solution de Glutaraldéhyde 2,5% afin de fixer le labyrinthe

membraneux puis la totalité de l'os est immergée dans la même solution pendant 48 heures à 4°C. L'os est ensuite rincé dans une solution saline puis la région de la fenêtre ronde est exposée par dissection. La mise en place du porte-électrode est réalisée après cochléostomie avec ajout d'acide hyaluronique. Le labyrinthe membraneux est alors perfusé avec une solution de tétraoxyde d'osmium 1% pendant 1 à 2 minutes avant d'être rincé par une solution saline 0,9%. Le porte-électrode est fixé par de la glue de type cyanoacrylate. L'os est alors fraisé jusqu'à l'endoste sous contrôle microscopique avec irrigation. Afin de décalcifier la fine lamelle osseuse qui reste, le spécimen est plongé pendant une nuit dans de l'acide éthylènediaminetétraacétique (EDTA). L'ouverture de la cochlée est réalisée par la rampe vestibulaire à l'aide de ciseaux fins sans traumatiser le canal cochléaire et la lame spirale osseuse. On voit enfin apparaître la membrane basilaire et le ligament spiral qui peuvent être analysés. Cette technique permet une conservation optimale des structures internes de l'oreille. Dans notre étude, nous n'avons pas pu réaliser ces conditions compte tenu du faible nombre de corps humains disponibles. Nous expliquerons ultérieurement la technique mise en œuvre pour les microdissections d'os temporaux cadavériques.

3.1.2. Microscopie optique à fluorescence

Cette technique utilise des plans de section optique avec un laser, dans 3 axes de translation et 2 axes de rotation. L'os temporal décalcifié est passé sous un laser qui permet d'exciter des marqueurs fluorescents avec lesquels le tissu cochléaire a été imprégné. Une caméra permet un recueil focalisé sur la région fluorescente dans tous les axes. La résolution spatiale des images obtenues varie entre 16 et 27 μm (24,25). Cette technique est dénommée OPFOS (Orthogonal-plane fluorescence optical sectionning) pour les anglo-saxons.

3.1.3. Microscanner

Le microscanner est utilisé uniquement en recherche compte tenu des délais d'acquisition (2 ou 3 heures contre 20 à 30 secondes pour un scanner conventionnel), des doses d'irradiation supérieures et des volumes d'acquisition beaucoup plus faibles (35x80mm). Il permet une très haute résolution spatiale (0,036 mm contre 0,5mm). Les volumes de reconstruction ont 36 µm de voxels isotropiques (24).

3.1.4. Fusion d'images par ANALYSE software

Les données scanographiques, microscanographiques et microscopiques (OPFOS) bidimensionnelles (2-D) peuvent être importées, analysées et traitées par ANALYSE software pour créer un modèle tridimensionnel (3-D). Le procédé de fusion des acquisitions 2-D en 3-D utilise à la fois une technique manuelle et automatique de traitement des images. Le modèle 3-D est utilisable pour la manipulation, l'analyse et la comparaison à d'autres systèmes d'acquisition d'images (24).

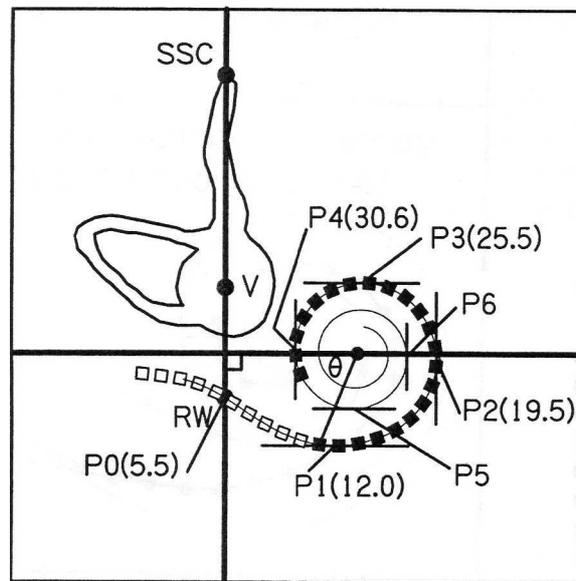
3.2. Techniques en pratique clinique

3.2.1. Radiographie conventionnelle

Xu et al ont décrit en 2000 (26) une technique radiologique qui est actuellement une référence pour estimer l'angle d'insertion de chaque électrode (*Figure 2*). Le plan utilisé pour dérouler le porte-électrode est perpendiculaire au plan du canal semi-circulaire supérieur. Une ligne de référence est tracée du sommet du canal semi-circulaire supérieur au centre du vestibule et sa perpendiculaire passe par le centre de la cochlée. L'angle de chaque électrode correspond à l'angle formé par la tangente au plan de l'électrode considérée et la

perpendiculaire à la tangente de la première électrode (électrode sur la ligne de référence : site de la cochléostomie). Cette coupe est utilisée en pratique clinique pour déterminer en post-opératoire l'enroulement du porte-électrode dans la cochlée.

Figure 2. Diagramme de la méthode clinique pour estimer les angles d'insertion de chaque électrode. [Xu et al. *The American Journal of Otolaryngology*, 2000 ; 21 :49-56]



3.2.2. Radiographie en contraste de phase

La radiographie standard permet un calcul de l'angle d'insertion du porte-électrode mais ne permet pas de déterminer avec précision la position du porte-électrode par rapport aux structures fines osseuses de la cochlée et des traumatismes intracochléaires résultant de l'insertion. La radiographie en contraste de phase produit une source cohérente de rayons X sphérique qui permet une variation des intensités en fonction des interférences avec l'objet

radiographié. Les phases de distorsion obtenues après analyse permettent une meilleure résolution. Cette technique a l'avantage d'améliorer la visualisation des détails anatomiques de la cochlée et des rapports du porte-électrode avec le mur de la cochlée (27).

3.2.3. Fluoroscopie

La fluoroscopie est une technique radiologique qui permet une analyse per-opératoire lors de l'insertion du porte-électrode dans la cochlée. Cette technique a permis de mettre en évidence qu'une augmentation de la résistance lors de l'insertion du porte-électrode majorait le risque de traumatisme des structures intracochléaires (28). Il est ainsi conseillé de ne pas majorer la pression sur le porte-électrode en cas de résistance à l'insertion.

3.2.4. Tomodensitométrie

L'utilisation de la tomodensitométrie s'est considérablement développée ces dernières années grâce à la facilité d'accessibilité et à la modernisation du matériel. Les scanners monobarettes (single-slice CT) ont fait place aux scanners multibarettes avec acquisition hélicoïdale (multi-slice CT) permettant une meilleure résolution par des coupes infra-millimétriques et la possibilité de reconstruction multiplanaire (MPR). Actuellement la plupart des centres utilisent des scanners 40 ou 64 barettes.

Cette technique permet une analyse fine des structures intra-cochléaires osseuses mais est critiquée pour les artefacts métalliques créés par les électrodes de platine. Selon certains auteurs, elle ne permet pas une analyse précise de la position du porte-électrode par rapport aux structures intracochléaires, notamment la membrane basilaire (29). Lors de pathologies cochléaires, la position du porte-électrode peut être difficile à évaluer malgré les reconstructions multiplanaires (30). Les doses d'irradiation varient selon les paramètres d'acquisition pour l'imagerie de l'os temporal entre 130 et 190 μsv .

3.2.5. Tomographie rotationnelle : cone beam computerized tomography (CBCT)

Cette technique d'imagerie récente repose sur une tomographie volumique à faisceaux coniques de la face. Elle est utilisée depuis quelques années en chirurgie odontologique et montre des perspectives intéressantes en ORL pour la chirurgie endoscopique des sinus et l'otologie. Deux intérêts principaux sont actuellement reconnus par la Haute Autorité de Santé (31), l'un concernant l'évaluation des pathologies et des implants de l'oreille moyenne et l'autre dosimétrique (33).

Cet état de l'art révèle que l'évaluation de la position du porte-électrode dans la cochlée est difficile et nécessite un outil adapté à la pratique clinique pour permettre une interprétation juste et précise. Nous avons voulu étudier la position du porte-électrode par rapport aux structures intracochléaires grâce au plan transmodiolaire scanographique et valider son utilisation pour la pratique clinique par une étude radio-anatomique.

Matériels et méthodes

Dix huit os temporaux cadavériques, sans malformation, ont été sélectionnés au laboratoire d'Anatomie puis préservés pendant un mois dans une solution de formaldéhyde 10%. Les donateurs avaient tous fait don de leur corps à la Science, via le Laboratoire d'Anatomie de la Faculté de Médecine de Tours. Une procédure chirurgicale a été réalisée pour implanter chaque os temporal cadavérique puis la position du porte-électrode était évaluée neuroradiologiquement par le plan transmodiolaire scanographique. La détermination exacte du porte-électrode était confirmée par l'analyse des microdissections. Les résultats radiologiques et anatomiques étaient finalement comparés. Chaque étape est détaillée ci-dessous.

1. Procédure chirurgicale

1.1. Préparation des os temporaux cadavériques

Les os temporaux étaient notés de 1 à 18. Maintenus dans un support rigide, une mastoantrotomie puis une tympanotomie postérieure étaient réalisées avec un moteur otologique avec irrigation (NSK Surgic XT, Karl Storz®) sous contrôle microscopique (Leica®, Leica Microsystems SAS, Nanterre, France). Des acquisitions photographiques de la procédure étaient réalisées par l'utilisation d'un Nikon® D5000 piloté par ordinateur : Photoshop acquisition Nikon Remote Assistant. Le volume des pièces anatomiques était réduit à environ 3 cm³ par l'utilisation d'une scie circulaire avec pour limites : en avant le canal carotidien dans sa portion verticale intrapétreuse, en arrière le canal semi-circulaire postérieur, en haut le tegmen antri, en bas le bord inférieur de l'os tympanal, en dedans le méat acoustique interne au niveau du porus et en dehors le méat acoustique externe au niveau de la membrane tympanique. Repositionné sur le support rigide, le mur postérieur du méat acoustique externe était réséqué afin de visualiser au mieux la région de la fenêtre ronde.

1.2. Sélection par tirage au sort de la rampe à implanter

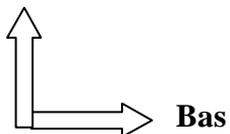
Le choix de la rampe à implanter était randomisé par tirage au sort par l'opérateur avec une répartition égale entre les rampes vestibulaires et tympaniques. Pour une insertion en rampe tympanique, la cochléostomie était réalisée (fraise diamantée de 1 mm) en position antéro-inférieure par rapport à la membrane de la fenêtre ronde (*Figure 3*). Pour une insertion en rampe vestibulaire, la cochléostomie était réalisée au bord supérieur de la margelle osseuse de la fenêtre ronde (*Figure 4*). La margelle osseuse était fraisée jusqu'à l'endoste de la rampe sélectionnée, la membrane de la fenêtre ronde était réséquée et la membrane basilaire exposée. L'insertion était ensuite pratiquée.

1.3. Technique d'implantation du porte-électrode périmodiolaire

Chaque os temporal cadavérique était implanté par un opérateur confirmé selon la technique de l'ablation du stylet (Advance Off-Stylet) avec un porte-électrode de type périmodiolaire (*Figure 5*), Cochlear Nucleus® 24 Contour Advance™ (Practice electrode, Cochlear Corp., Lane Cove, Australia). Chaque porte-électrode contenait 22 électrodes de platine, réparties sur 15 mm et maintenues dans une gaine de silicone. Le diamètre était de 0,8 mm à la partie proximale, 0,5 mm à la partie distale et 0,2 mm à l'extrémité. La distance de l'extrémité à la première bague siliconée était de 17 mm (*Figure 6*). Tous les porte-électrodes étaient insérés jusqu'à la première bague siliconée. Le porte-électrode était maintenu au niveau de la cochléostomie par du tissu conjonctif puis la partie dépassant était sectionnée par des microciseaux. Les problèmes rencontrés par l'opérateur durant l'implantation étaient notés pour chaque spécimen. Les pièces étaient ensuite placées dans des pots numérotées de 1 à 18 contenant du formaldéhyde 10%.

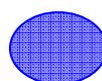
Figure 3. Insertion du porte-électrode en rampe tympanique après réalisation d'une cochléostomie antéro-inférieure (os temporal cadavérique n° 13).

Avant



 Repérage de la rampe tympanique

 Plan de la membrane basilaire

 Porte-électrode implanté

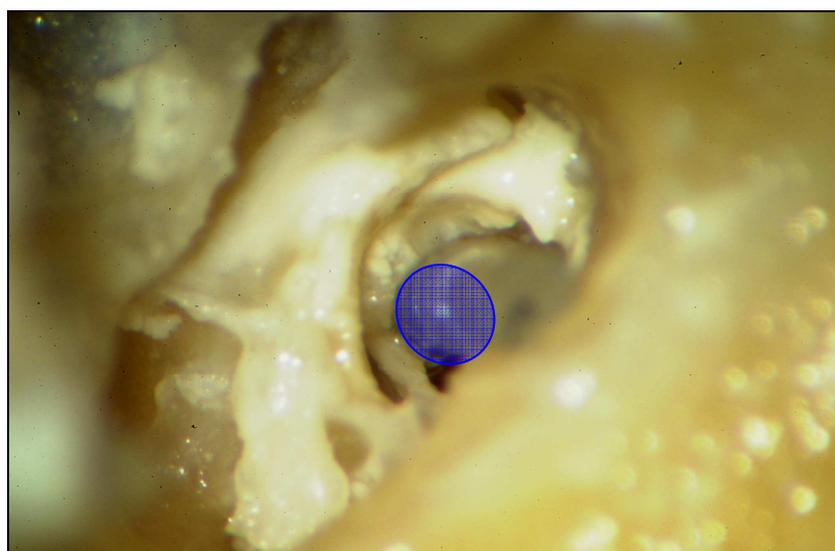


Figure 4. Insertion du porte-électrode en rampe vestibulaire après réalisation d'une cochléostomie supérieure (os temporal cadavérique n°1).

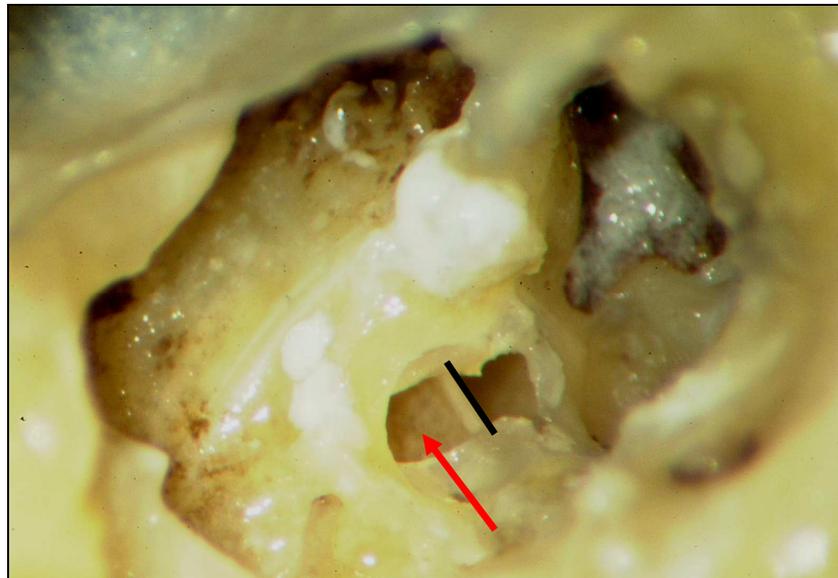
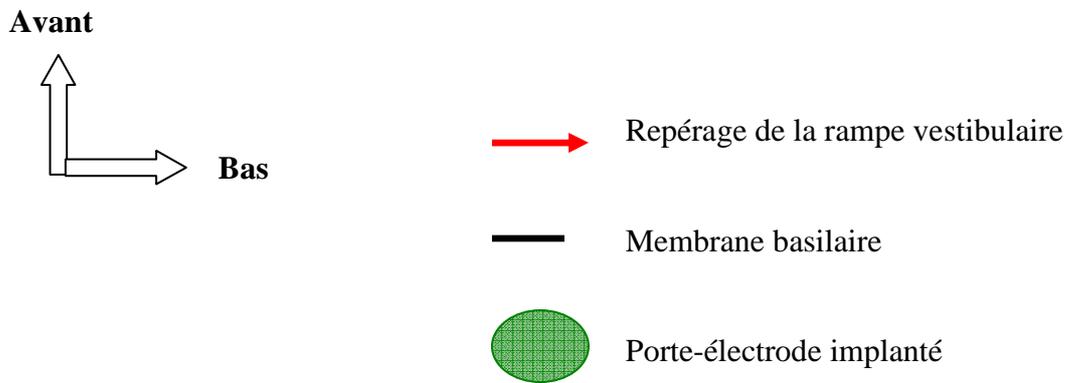
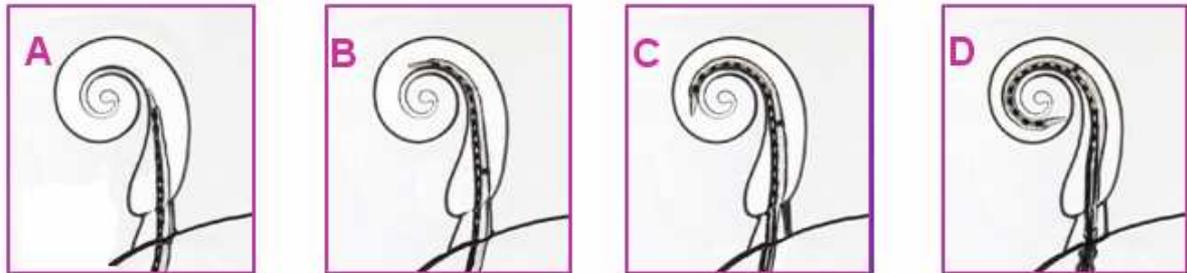
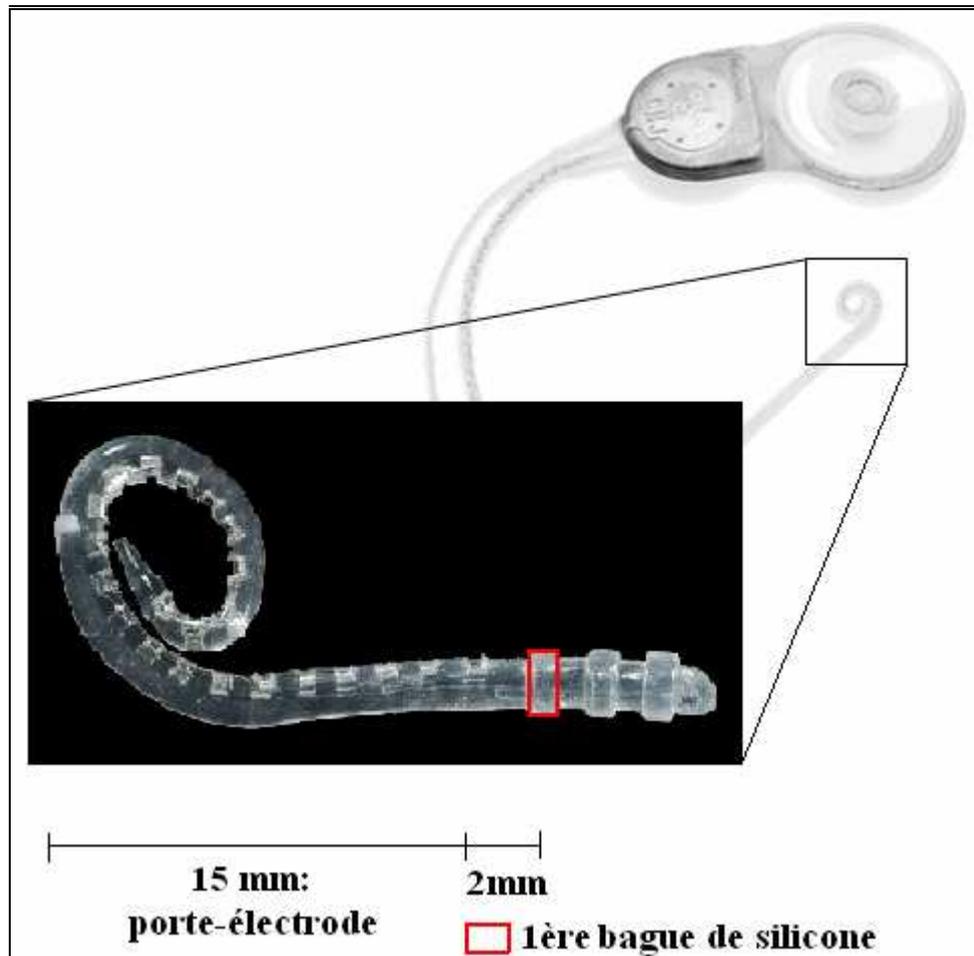


Figure 5. Illustration schématique de la séquence de mise en place du porte-électrode périmodiolaire selon la technique Advance Off-Stylet (Cochlear®)



A. Insertion du porte-électrode jusqu'à ce que la marque soit au-niveau de la cochléostomie.
B et C. Le stylet est retiré pendant que le porte-électrode est introduit.
D. Retrait complet du stylet.

Figure 6. Détails du porte-électrode de l'implant cochléaire Cochlear Nucleus® 24 Contour Advance™ C124R utilisé dans l'étude.



2. Evaluation neuroradiologique

2.1. Matériel et paramètres d'acquisition

Après réalisation de la procédure chirurgicale, l'acquisition tomodensitométrique était obtenue par un scanner utilisé en pratique clinique, Philips® Brilliance 40 barettes (Philips® Medical System, Cleveland, OH, USA) pour chaque pièce cadavérique. Les pièces cadavériques étaient placées par 2 dans une éponge souple de 20 x 10 x 7 cm avec 2 emplacements prévus au maintien de la stabilité lors des acquisitions scanographiques (*Figure 7*). Les paramètres d'acquisition étaient : 140 kV, 400 mAs/coupe, collimation = 2 x 0,5 mm, pitch = 0,375, temps de rotation = 0,75 s, fenêtre = 800 x 4095, matrice = 1024 x 2048, épaisseur des coupes = 0,55 mm, incrément = 0,27 mm. Les images étaient reconstruites selon le protocole Os temporal en très haute résolution. Le traitement des images était réalisé sur la console Brilliance Workspace Workstation avec reconstructions tri-dimensionnelles par le logiciel de reformation multiplanaire (MPR).

Figure 7. Photographie en cours d'acquisition tomodensitométrique (Philips® Brilliance 40) de 2 os temporaux cadavériques placés dans une éponge.



2.2. Profondeur d'insertion des électrodes implantées

Les mesures de profondeur d'insertion du porte-électrode étaient notées pour chaque os temporal cadavérique implanté en longueur (en mm, de la fenêtre ronde à l'extrémité distale du porte-électrode) et en angle (en °, angle formé entre le centre de la fenêtre ronde, le centre du modiulus et l'extrémité du porte-électrode en prenant en compte le nombre de tours) par l'étude de la coupe para sagittale passant par le premier tour de spires et déroulant au mieux le porte-électrode.

2.3. Le plan transmodiolaire scanographique

La coupe transmodiolaire était obtenue par reconstruction multiplanaire pour chaque pièce cadavérique sur la console post-traitement suscitée. Le pointeur tridimensionnel était placé au centre du modiulus sur le plan axial et en direction du tour basal de la cochlée sur le plan coronal. Le plan sagittal était dans l'axe du modiulus et correspondait au plan transmodiolaire (+/- 45°, dans le système de coordonnées cochléaire défini par Verbist (34)). La coupe était ensuite pivotée de +/- 90° afin d'obtenir une orientation du modiulus dans l'axe vertical (*Figure 8*).

3. Evaluation neuroradiologique de la position du porte-électrode implanté

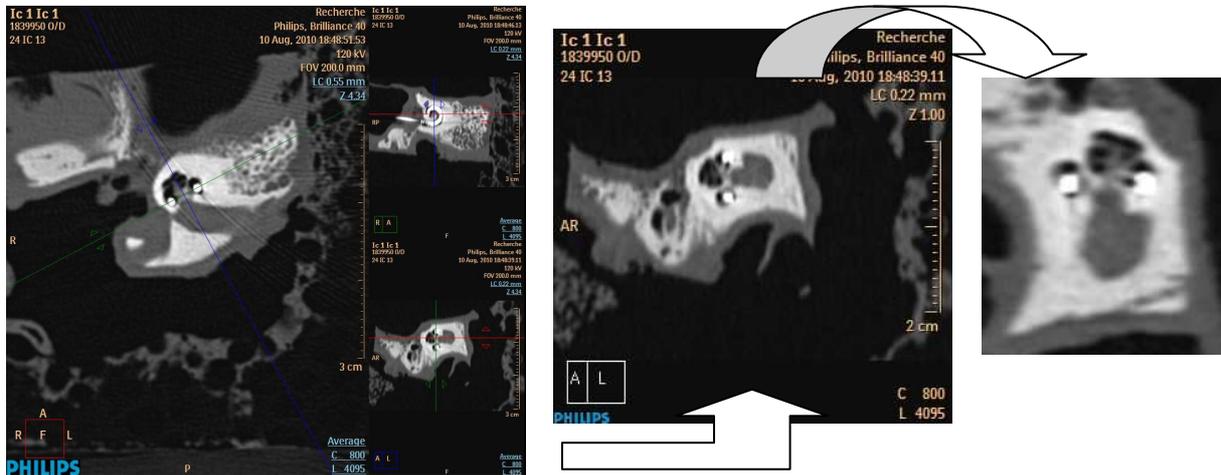
Deux neuroradiologues expérimentés, sénior 1 et 2, interprétaient les images scanographiques pour évaluer la position de chaque porte-électrode implanté dans les 18 pièces cadavériques par lecture unique de la coupe trans-modiolaire. Le choix de la rampe implantée, l'insertion chirurgicale et les résultats anatomiques n'étaient pas connus des neuroradiologues.

Les conditions pour déterminer la position de chaque contact d'électrode dans le tour de spires sectionné sur la coupe transmodiolaire étaient : un contact de l'électrode dans la moitié inférieure du tour de spire sectionné correspondait à une position en rampe tympanique (RT), un contact de l'électrode dans la moitié supérieure du tour de spire sectionné correspondait à une position en rampe vestibulaire (RV), un contact de l'électrode au milieu de la section du tour de spires correspondait à une position non classable (MR), l'absence de contact d'électrode était notée non évaluable (NE) et la présence de 2 contacts sur une même section de tour de spires correspondait à un repli du porte-électrode sur lui-même (overfolding). La grille de lecture (*Figure 9*) était fournie aux neuroradiologues pour faciliter l'interprétation des coupes.

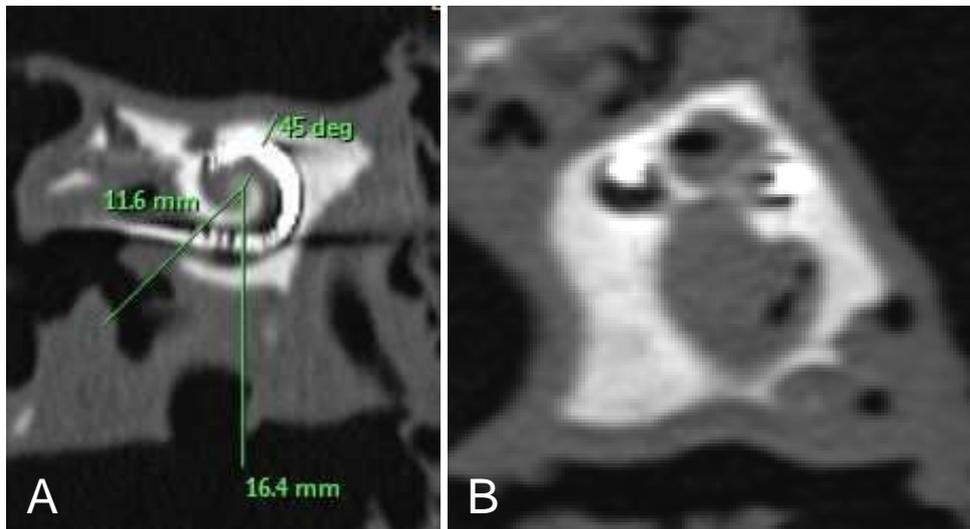
Quatre réponses étaient acceptées pour définir la position radiologique du porte-électrode implanté après analyse des contacts des électrodes par chaque neuroradiologue et consensus de relecture en cas de réponses différentes entre les neuroradiologues. La position radiologique du porte-électrode était définie en rampe tympanique si RT/RT, en rampe vestibulaire si RV/RV, dislocation radiologique si RT/RV ou RV/RT et indéterminable en cas de « doute » après consensus de relecture.

Figure 8. Séquences de reconstruction du plan transmodiolaire scanographique à partir de la console post-traitement.

1. Reconstruction multiplannaire pour obtenir le plan transmodiolaire : le plan sagittal est pivoté de 90°.(cas n°13)

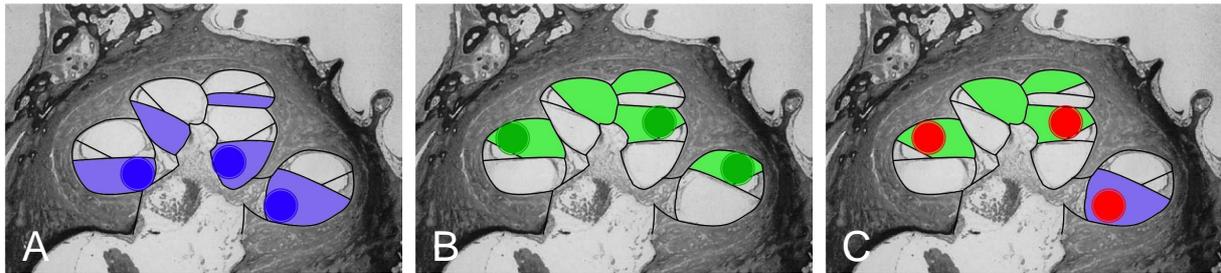


2. L'angle du plan transmodiolaire est de 45° par rapport au plan entre le centre de la fenêtre ronde et le centre du modiulus (cas n°15)



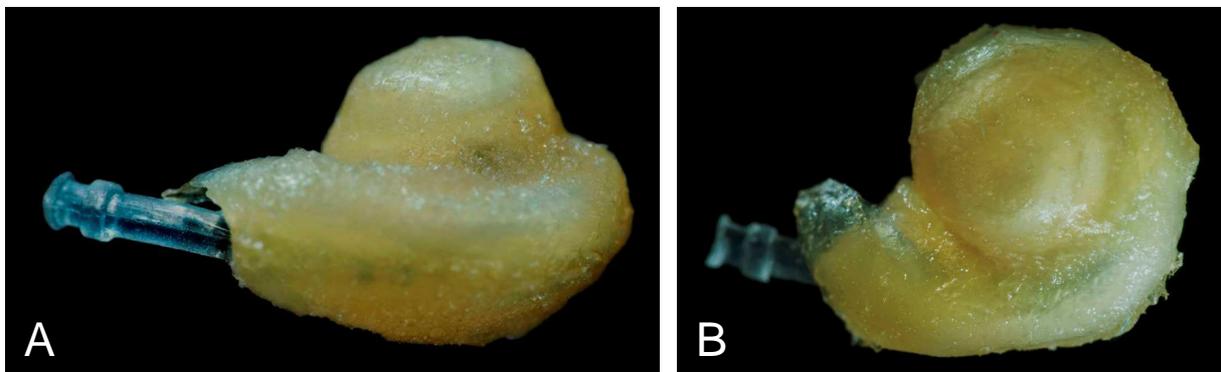
- A. plan coronal scanographique avec mesure de l'angle : la ligne oblique correspond à la ligne entre le centre de la fenêtr ronde et le centre du modiulus. La ligne verticale correspond au plan transmodiolaire
- B. plan transmodiolaire scanographique

Figure 9. Grille de lecture fournie aux neuroradiologues. Coupes histologiques avec représentations schématiques des rampes tympaniques (en bleu), vestibulaires (en vert) et des trajectoires possibles du porte-électrode. (Schémas extraits de la thèse de Jean Paul Trijolet (33), coupes histologiques extraites de Verbist et al. AJNR 2005 ;26 :424-429 (35))



- A. Contact des électrodes avec les moitiés inférieures des tours de spires sectionnés : placement en rampe tympanique.
- B. Contact des électrodes avec les moitiés supérieures des tours de spires sectionnés : placement en rampe vestibulaire.
- C. Contact des électrodes avec les moitiés supérieures et inférieures des tours de spires sectionnés : dislocation radiologique.

Figure 10. Photographie d'une cochlée implantée après décalcification, fixation et microdissection sans ouverture du mur latéral.



- A. Vue inférieure de cochlée implantée.
- B. Vue latérale de cochlée implantée.

4. Validation anatomique de la position du porte-électrode

Pour valider la position exacte de l'électrode implantée, une microdissection a été réalisée après décalcification et fixation de chaque pièce opératoire.

4.1. Décalcification et fixation

Pendant 9 jours, chaque pièce opératoire a été placée pendant 10 heures dans un bain d'acide nitrique 6,5% en eau déminéralisée puis fixée pendant 14 heures dans un bain de formaldéhyde 10% quotidiennement. Les manipulations étaient effectuées sous cuve aspirante avec des protections manuelles (gants) et oculaires (lunettes anti-projection). Cette durée a été déterminée en fonction de la consistance des pièces cadavériques. Lorsque la consistance osseuse est devenue cartilagineuse, les microdissections étaient alors réalisables.

4.2. Microdissections

Les microdissections étaient réalisées au bistouri lame n°23, micro ciseaux et micro pinces sous contrôle microscopique (Leica®, Leica Microsystems SAS®, Nanterre, France) en évitant toute mobilisation du porte-électrode. Une fine couche du limaçon osseux était laissée pour permettre une résistance de la pièce cadavérique. A ce stade, le porte-électrode était visible par transparence dans la cochlée (*Figure 10*). Deux ouvertures fenêtrées de 2 à 3 mm de longueur et de 1 à 2 mm de hauteur étaient réalisées pour chaque pièce cadavérique : l'une à environ 180° du premier tour de spires, l'autre en fonction de la position de l'extrémité du porte-électrode ou de la marque blanche repérée sur le porte-électrode et située entre les 12^{ème} et 13^{ème} électrodes. Pendant cette étape, le micro ciseau était introduit dans l'axe de la rampe vestibulaire puis dans l'axe de la rampe tympanique, ensuite les 2 incisions

étaient rejointes en préservant la membrane basilaire par incision le long du mur latéral de la cochlée.

La position exacte du porte-électrode était repérée et notée rampe tympanique, rampe vestibulaire ou dislocation en fonction des constatations anatomiques lors des microdissections. Chaque ouverture fenêtrée était photographiée afin de prouver les résultats énoncés (objectif Pentax® K20D 14,7 millions pixels, une optique Tamron® 90 mm SP et un complément optique 8 plana inverse). Le traitement des images était ensuite réalisé sur Photoshop® acquisition Pentax remote Assistant 3 sur Apple® Mac book Pro.

5. Analyse statistique

Les moyennes et écart-types ont été calculés par le logiciel Microsoft® Excel 2003. La sensibilité et la spécificité du plan transmodiolaire a été calculé pour les localisations en rampe tympanique, en rampe vestibulaire et en cas de dislocation.

La corrélation radio-anatomique a été calculée pour chaque neuroradiologue et correspondait à la concordance entre l'évaluation neuroradiologique et les résultats anatomiques. Le seuil de 95% pour le calcul des intervalles de confiance a été retenu pour les résultats.

Résultats

1. Insertion du porte-électrode

1.1. Profondeur d'insertion : longueur et angle d'insertion du porte-électrode

Dix os temporaux cadavériques droits et 8 gauches ont été implantés (*Tableau 1*). Seize porte-électrodes ont été insérés jusqu'à la première bague siliconée. L'insertion était incomplète pour le spécimen n°8 et le porte-électrode du spécimen n°11 a été inséré jusqu'à la deuxième bague siliconée. Les moyennes de longueur et d'angle d'insertion étaient de 14,4 mm [écart type : +/- 2,43] et 316° [écart-type : +/- 75,29].

1.2. Problèmes d'insertion : résistance

Dans 3 cas, une résistance lors de l'insertion du porte-électrode a été constatée par l'opérateur. Une résistance basale (proximale) a été relevée lors de l'insertion du porte-électrode n°1. Une résistance médiale a été constatée pour le spécimen n°8 et empêchant une insertion complète. Cette résistance médiale a été relevée aussi lors de l'insertion du porte-électrode n°15, nécessitant 2 essais d'insertion pour permettre une insertion complète.

TABLEAU 1. *Os temporaux cadavériques implantés avec Cochlear Nucleus® 24 Contour Advance™ Practice Electrode : étude des profondeurs et des problèmes d'insertion pour chaque porte-électrode.*

Spécimen		Profondeur d'insertion		Problèmes d'insertion	
N°.	Côté	Longueur (mm)	Angle (degrés)	Résistance	Incomplet
1	Droit	15.3	273	basale	Non
2	Gauche	14.4	313	Non	Non
3	Droit	14.1	259	Non	Non
4	Droit	15.6	308.7	Non	Non
5	Gauche	13.4	361.8	Non	Non
6	Droit	14.5	235.7	Non	Non
7	Gauche	15.7	254.3	Non	Non
8	Droit	5.6	65.8	médiale	Oui
9	Gauche	13.9	332.3	Non	Non
10	Gauche	16.7	377.5	Non	Non
11	Droit	17.3	373.2	Non	Non
12	Droit	13.7	337.2	Non	Non
13	Droit	14.0	348.2	Non	Non
14	Gauche	16.6	382.4	Non	Non
15	Droit	13.0	343.6	médiale	Non
16	Gauche	15.4	364	Non	Non
17	Droit	14.8	374.5	Non	Non
18	Gauche	15.0	344.6	Non	Non
Minimum		5.6	65.8	—	
Maximum		17.3	382.4	—	
Moyenne		—	14.4	—	
Ecart type		—	2.43	—	

RT : rampe tympanique ; RV : rampe vestibulaire. Résistance basale (proximale) et médiale (au milieu de la procédure) constatées par l'opérateur lors de l'insertion.

TABLEAU 2. Positions de chaque porte-électrode déterminées après randomisation, implantation chirurgicale, évaluation neuroradiologique (senior 1 et 2) par le plan transmodiolaire et vérification anatomique (microdissections 1 et 2).

OTC	Randomisation Implantation	Evaluation neuroradiologique			Vérification anatomique		
		Senior 1	Senior 2	Consensus	MD 1	MD 2	Position anatomique
1	RV	RV/RT	RV/RT	Dislocation	RV	RT	Dislocation (30°)
2	RT	RV/MR	RV/RT	Doute	RT	RT	RT
3	RV	RV/RV	RV/RV	SV	RV	RV	RV
4	RV	RV/RV	RV/RV	RV	RV	RV	RV
5	RT	RT/RT	RT/RT	RT	RT	RT	RT
6	RT	RV/RT	RV/RT	Dislocation	RT	RV	Dislocation (180°)
7	RT	RT/MR	RT/RT	RT	RT	RT	RT
8	RV	RV/NE	RV/NE	RV	RV	RV	RV
9	RV	RV/RV	RV/SV	RV	RV	RV	RV
10	RV	RV/RV	RV/RV	RV	RV	RV	RV
11	RV	RV/RV	RV/RV	RV	RV	RV	RV
12	RV	RV/RV	RV/RV	RV	RV	RV	RV
13	RT	RT/RT	RT/RT	RT	RT	RT	RT
14	RT	RT/RT	RT/RT	RT	RT	RT	RT
15	RV	RV/RV	RV/RV	RV	RV	RV	RV
16	RT	RT/RT	RT/RT	RT	RT	RT	RT
17	RT	RT/RT	RT/RT	RT	RT	RT	RT
18	RT	RT/RT	RT/RT	RT	RT	RT	RT

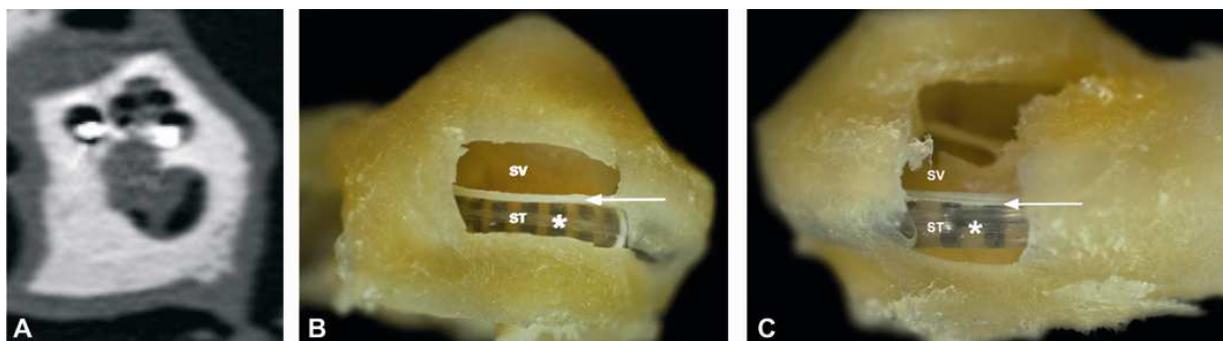
OTC : Os temporal cadavérique ; RV: rampe vestibulaire; RT: rampe tympanique; MR: milieu de rampe (le contact de l'électrode est au milieu de la section du tour de spire); NE: non évalué.MD : microdissection.En gras, les réponses discordantes entre l'évaluation neuroradiologique et la verification anatomique

2. Sensibilité et spécificité du plan transmodiolaire en fonction de la localisation

2.1. Localisations en rampe tympanique

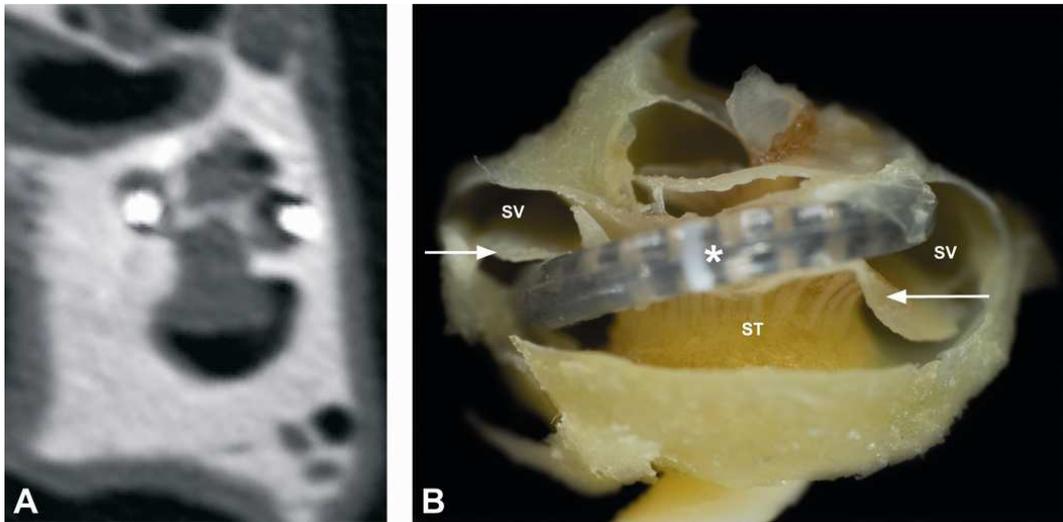
Neuf porte-électrodes sélectionnés après randomisation (tirage au sort), ont été implantés selon l'opérateur dans la rampe correspondante. L'évaluation neuroradiologique par lecture unique de la coupe transmodiolaire, après consensus de relecture, a noté 7 cas en rampe tympanique, une dislocation et une position douteuse. La vérification anatomique a confirmé les 8 positionnements en rampe tympanique (*Figure 11*) et la dislocation (*Figure 12*). Le porte-électrode sans position déterminée (« doute », cas n°2) avait en fait une position en rampe tympanique avec une rupture de la membrane basilaire. La sensibilité était de 87,5% [72,2% ; 100%] et la spécificité était de 100% pour déterminer la position en rampe tympanique du porte-électrode avec le plan transmodiolaire après consensus de relecture.

Figure 11. Comparaison du plan transmodiolaire aux microdissections de l'os temporal cadavérique n°14 : position du porte-électrode en rampe tympanique.



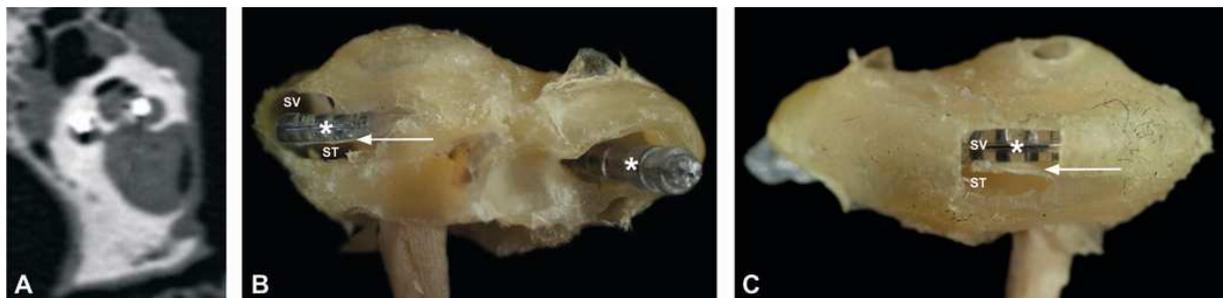
- A. Coupe transmodiolaire scanographique. Les 2 contacts des électrodes sont dans la moitié inférieure du tour de spires cochléaire. Position radiologique en rampe tympanique
- B. Vue postérieure de la microdissection. La membrane basilaire (→) sépare les rampes tympanique (ST) et vestibulaire (SV). Le porte-électrode (*) est situé dans la rampe tympanique
- C. Vue antérieure de la microdissection. Le porte-électrode est situé dans la rampe tympanique.

Figure 12. Comparaison du plan transmodiolaire aux microdissections de l'os temporal cadavérique n°6 : dislocation du porte-électrode.



- Coupe transmodiolaire scanographique. Un contact d'électrode est situé dans la moitié inférieure du tour de spires cochléaire et l'autre dans la moitié supérieure. Il s'agit d'une dislocation radiologique
- Vue postérieure de la microdissection. La membrane basilaire fracturée (→) sépare les rampes tympanique (ST) et vestibulaire (SV). Le porte-électrode (*) passe de la rampe tympanique à la rampe vestibulaire.

Figure 13. Comparaison du plan transmodiolaire aux microdissections de l'os temporal cadavérique n°6 : position en rampe vestibulaire du porte-électrode.



- Coupe transmodiolaire scanographique. Les 2 contacts des électrodes sont dans la moitié supérieure du premier tour de spires cochléaire. Position radiologique en rampe vestibulaire.
- Vue postérieure de la microdissection. La membrane basilaire (→) sépare les rampes tympanique (ST) et vestibulaire (SV). Le porte-électrode (*) est situé dans la rampe vestibulaire.
- Vue antérieure de la microdissection. Le porte-électrode est situé dans la rampe vestibulaire.

2.2. Localisations en rampe vestibulaire

Neuf porte-électrodes sélectionnés après randomisation (tirage au sort), ont été implantés selon l'opérateur dans la rampe correspondante. L'évaluation neuroradiologique par lecture unique de la coupe transmodiolaire, après consensus de relecture, a noté 8 cas en rampe tympanique et une dislocation. La vérification anatomique a confirmé les 8 positionnements en rampe vestibulaire (*Figure 13*) et la dislocation. La sensibilité et la spécificité étaient de 100% pour déterminer la position en rampe vestibulaire du porte-électrode avec le plan transmodiolaire après consensus de relecture.

2.3. Localisations en rampe tympanique et vestibulaire : dislocation

Les 2 cas (n°1 et 6) ont été confirmés par la vérification anatomique. Pour le cas °1, une résistance basale a été constatée lors de l'insertion et une dislocation basale a été observée lors des microdissections. Pour le cas n°6, aucun problème n'a été rencontré lors de l'insertion du porte-électrode. Les sensibilité et spécificité du plan transmodiolaire pour déterminer une dislocation étaient de 100% après consensus de relecture.

Aucun repli du porte-électrode n'a été retrouvé lors des analyses scanographiques et des microdissections.

3. Corrélation radio-anatomique

Concernant l'évaluation neuroradiologique, un consensus de relecture entre les 2 neuroradiologues a été nécessaire pour 2 réponses discordantes. En effet, une position médiale du porte-électrode (MR) a été observée dans 2 cas (n°2 et 7) sur le plan transmodiolaire. Le neuroradiologue 1 ne pouvait pas affirmer la position exacte du porte-électrode. Dans le

premier cas (n°2), les microdissections ont retrouvé une rupture de la membrane basilaire (annexe, os temporal cadavérique n°2) et dans l'autre cas (N°7), une élévation de la membrane basilaire (annexe, os temporal cadavérique n°7). Pour le cas n°8, uniquement un contact d'électrode était visualisé sur le plan transmodiolaire. La position a donc été déterminée avec une seule coupe de tour de spires, l'autre était non évaluable. Après ce consensus de relecture, seule la position du porte-électrode du cas n°2 était indéterminable. La corrélation radio-anatomique était de 88% [80% ; 95%] pour le sénior 1 et de 94% [89% ; 98%] pour le sénior 2. Finalement, la corrélation radio-anatomique pour déterminer la position du porte-électrode dans la cochlée avec le plan transmodiolaire, après consensus de relecture, était de 94% [89% ; 98%].

Discussion

La vérification anatomique, par microdissection des os temporaux cadavériques, de la position de chaque porte-électrode implanté a permis de valider le plan transmodiolaire comme une méthode fiable pour la détermination positionnelle du porte-électrode dans les rampes. En effet, la corrélation radio-anatomique était de 94% après consensus de relecture. Cette validation anatomique du plan transmodiolaire est une étape préalable nécessaire pour les applications cliniques. A notre connaissance, aucune étude ne rapporte des statistiques sur la validité de ce plan scanographique.

1. Le plan transmodiolaire

1.1. Les inconvénients

1.1.1. Cas d'interprétation radiologique incertaine

La position du porte-électrode peut être indéterminable après évaluation neuroradiologique. Cette situation peut se rencontrer dans 2 circonstances : une position médiale du porte-électrode dans le plan de section du tour de spires étudié et une absence de contact d'électrode. Le plan transmodiolaire, défini dans notre étude avec une angulation de 45°, peut être pivoté par rapport à son axe afin de préciser la position du porte-électrode et de suivre la trajectoire du porte-électrode à partir de son point d'insertion.

Dans notre étude, seul 2 contacts étaient visibles sur chaque coupe transmodiolaire. In vivo, il peut être constaté plus de contacts. Les mêmes critères de positionnement peuvent s'appliquer pour chaque contact d'électrode afin de permettre une détermination exacte de la position du porte-électrode.

Lane et al (30) ont étudié la position du porte-électrode à partir d'acquisitions scanographiques (scanner 64 barettes) et de reconstructions mutiplanaires (oblique sagittal et axial). Dans 7 cas sur 10, la position du porte-électrode ne pouvait être déterminé en rapport avec des pathologies cochléaires de type otosclérose, labyrinthite ossifiante et malformations cochléaires (anomalies de partition). Dans notre série, les os temporaux cadavériques sélectionnés ne présentaient pas de pathologie ou de malformations. L'apport du plan transmodiolaire pour la détermination positionnel du porte-électrode ne peut donc pas être évalué dans cette étude.

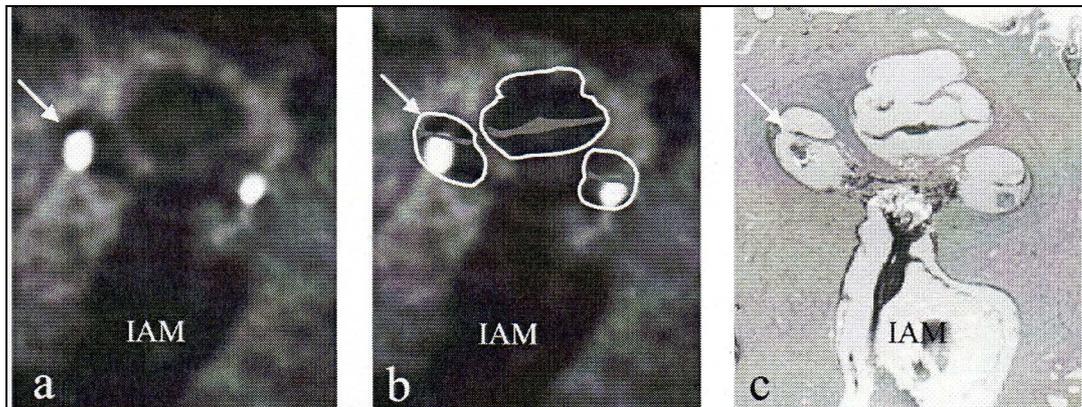
1.1.2. Artéfacts métalliques

Certains auteurs (33) rapportent que les artéfacts dus aux électrodes compliquent l'évaluation de la position du porte-électrode dans le plan transmodiolaire scanographique (scanner Siemens® spiral). Ils proposent de privilégier l'utilisation de la tomographie rotationnelle qui permet de diminuer les artéfacts métalliques par une meilleure résolution par rapport à la tomodensitométrie. Cependant des études complémentaires semblent nécessaires pour permettre d'évaluer avec précision la diminution des artéfacts par la tomographie rotationnelle au vu des images comparables entre les coupes transmodiolaires présentées dans leur article (29, *Figure 14*) et celles obtenues avec notre protocole. De plus, la réduction des artéfacts métalliques est possible en tomodensitométrie conventionnelle par l'utilisation de filtres de reconstruction de haute résolution (35).

Van Wermesken et al. (36) ont utilisé cette reconstruction pour localiser la position du porte-électrode sur 2 os temporaux, l'un cadavérique l'autre in-vivo. Les acquisitions scanographiques étaient obtenues à partir d'un scanner Philips® Brilliance 64 barettes. Les paramètres d'acquisition étaient différents pour le temps de rotation (0,5s contre 0,75s), le

facteur pitch (0,35 contre 0,375) et l'intensité (260 contre 400 mAs). Cette intensité avait été déterminée comme étant celle qui donnait une meilleure qualité d'image avec une exposition de dose faible (136 mGy). Elle apportait aussi moins d'artéfact métallique. Cependant aucune validation anatomique n'a été réalisée pour confirmer leurs résultats.

Figure 14. Plan transmodiolaire en tomographie rotationnelle (a) avec mise en place de repères histologiques pour repérer la position en rampe tympanique du porte-électrode (b) et histologie (c). IAM : méat acoustique interne. [Aschendorff et al, *Acta Otolaryngol* 2004 ;Suppl552 :46-49].



1.1.3. Doses d'irradiation

La dosimétrie lors de protocole de pratique clinique en tomodensitométrie conventionnelle avec un scanner 40 barettes retrouve des valeurs d'environ 160 μ sv pour l'imagerie des rochers. En comparaison, la tomodensitométrie rotationnelle permet une dose

d'exposition de moitié (33) mais actuellement peu de centres sont équipés de cette technologie. Ce critère n'est pas à négliger compte tenu de l'augmentation des cancers radio-induits par irradiation médicale (37,38) et du développement des techniques d'imagerie à visée diagnostique et thérapeutique.

1.2. Les avantages

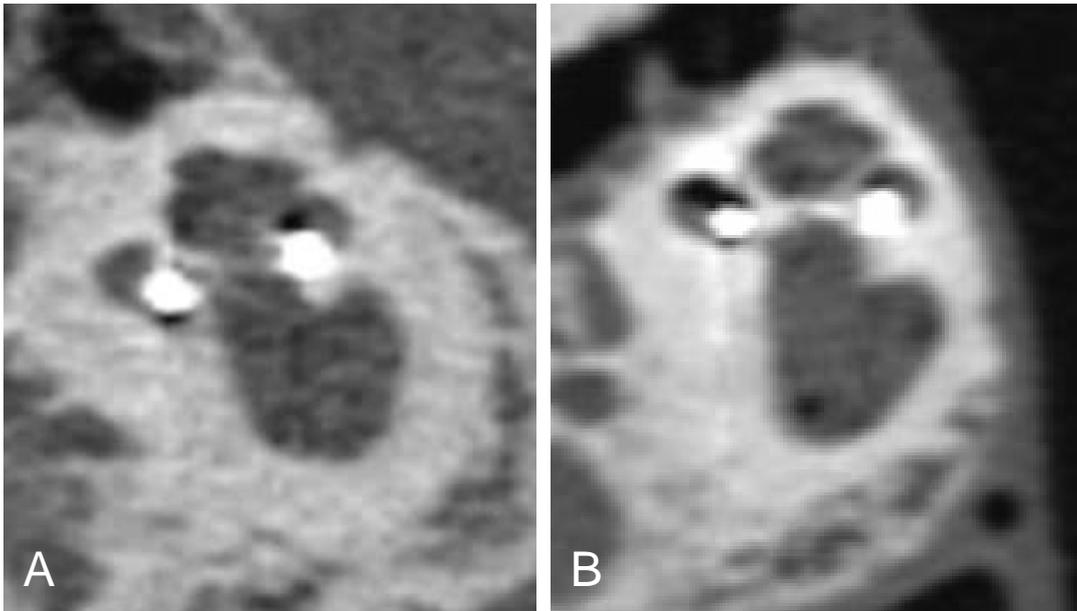
1.2.1. Protocole d'acquisition scanographique de pratique clinique

L'accessibilité aux techniques d'imagerie s'est développée ces dernières années en fonction des besoins médicaux par région avec un encadrement par l'agence régionale de la santé (ARS). Tous les centres d'implantation cochléaire possèdent un plateau technique radiologique avec un scanner multibarrettes.

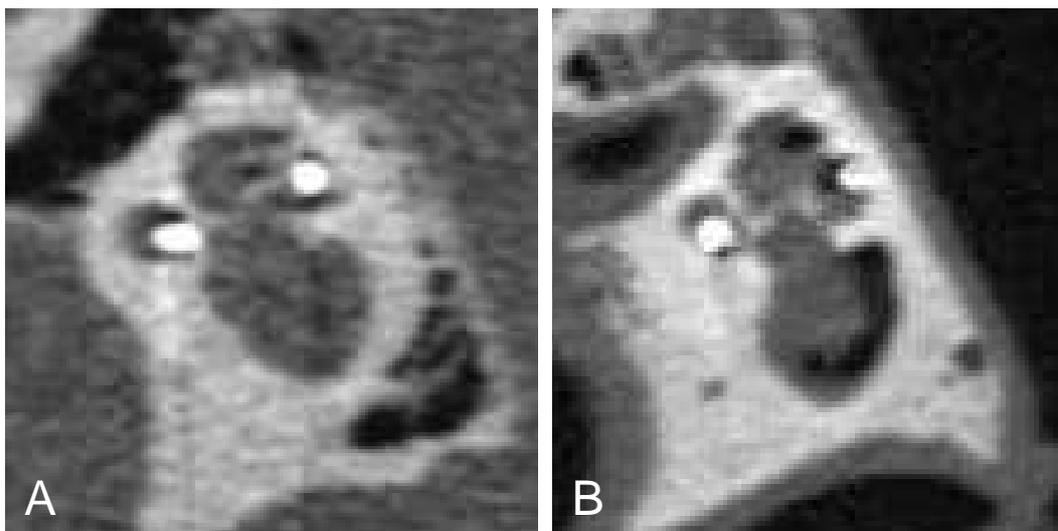
La reconstruction du plan transmodiolaire est simple à obtenir sur une console post-traitement. Il permet de repérer avec justesse et précision la position du porte-électrode grâce à un protocole d'acquisition réalisable en pratique clinique. La comparaison avec des acquisitions scanographiques de patients implantés révèle que la position du porte-électrode peut être déterminée de la même façon que dans l'étude réalisée (*Figure 15*). Les artefacts métalliques semblent de mêmes importances et n'empêchent pas la détermination de la position radiologique du porte-électrode cependant une étude statistique avec un nombre important de patients serait nécessaire pour comparer les mesures de l'artefact métallique ex-vivo et in-vivo.

Figure 15. Comparaison de coupes transmodiolaires scanographiques in-vivo (patients implantés) et ex-vivo (os temporaux cadavériques) pour repérer la position du porte-électrode.

1. Positionnement en rampe tympanique. A : plan transmodiolaire in-vivo. B : plan transmodiolaire de notre étude ex-vivo.



2. Dislocation. A : plan transmodiolaire in-vivo. B : plan transmodiolaire de notre étude ex-vivo.



1.2.2. Approche simple d'une anatomie complexe

La reconstruction en 2 dimensions est nécessaire, compte tenu de l'architecture complexe de la cochlée. En effet, cette coupe permet d'identifier à la fois les contacts d'électrodes et les structures intracochléaires (modiolus et mur latéral de la cochlée). Cependant cette reconstruction ne permet pas de visualiser la lame spirale ou la membrane basilaire mais le niveau des contacts des électrodes indiquent dans quelle rampe est située le porte-électrode avec d'excellentes sensibilités et spécificités.

1.2.3. Révision d'implant cochléaire

La révision après implantation cochléaire est un problème actuel à considérer compte tenu de l'absence de pérennité des matériaux implantés et d'une meilleure connaissance et interprétation des résultats post-implantation (39). Le choix de l'oreille à réimplanter peut dépendre de la position initiale du premier implant déterminé par le plan transmodiolaire scanographique. En cas de dislocation ou d'insertion en rampe vestibulaire avec des résultats audiolinguistiques décevants, le côté controlatéral peut être proposé pour améliorer les performances. De plus, si une explantation est proposée à cet enfant, des traumatismes intracochléaires surajoutés peuvent apparaître lors de l'explantation et induire des dégénérescences neuronales localisées. Des modifications histologiques, à type de fibroses importantes et ostéoformations, peuvent en effet se développer au contact de l'électrode considérée comme un corps étranger (40) et induire des traumatismes lors du retrait du porte-électrode.

1.2.4. Amélioration de la technique chirurgicale

La facilité pour obtenir la coupe transmodiolaire permet une évaluation directe du geste chirurgicale. Le chirurgien peut donc être juge et critique de son travail. Il peut comparer le trajet du porte-électrode avec les résistances rencontrées lors de l'implantation. La connaissance de la position du porte-électrode est un outil d'expertise possible pour les futurs résultats audiolinguistiques.

1.2.5. Conception des modèles de porte-électrodes

La conception des modèles de porte-électrodes (design) est un élément fondamental pour optimiser l'insertion atraumatique (41). L'évaluation de la position du porte-électrode par le plan transmodiolaire permet d'apprécier les qualités ergonomiques du porte-électrode et son comportement lors de l'implantation cochléaire.

2. Analyse des cas de dislocations

2.1. Comparaison aux données in-vivo

Il est reconnu que les performances vocales après implantation sont corrélées avec une implantation en rampe tympanique (19). Certains auteurs ont observé qu'une dislocation ou un positionnement en rampe vestibulaire pouvait expliquer de mauvais résultats sur la parole (41). Les taux de dislocation retrouvés dans les études in-vivo varient de 50 à 91% (19,23). Les techniques utilisées pour localiser le porte-électrode étaient basées sur des fusions d'images entre scanners pré- et postopératoires, microscanners, microscopie optique à fluorescence. Des vérifications anatomiques ne pouvaient évidemment pas être réalisées. Dans la littérature, les taux de dislocation de la rampe tympanique à la rampe vestibulaire avec vérification anatomique varient entre 16 et 42% (42-44). Dans notre étude cadavérique, les

dislocations de la rampe tympanique à la rampe vestibulaire ont été observées dans 11% (1/9 cas). Ces divergences pourraient être expliquées par le fait que les études in-vivo utilisent des modèles statistiques à partir d'atlas basé sur des acquisitions de microscopie optique à fluorescence (OPFOS) sans tenir compte des variations interindividuelles de taille de la cochlée (45,46). Il est surtout surprenant d'observer dans les études in-vivo des dislocations multiples avec des trajets allant de la rampe tympanique vers la rampe vestibulaire pour revenir dans la rampe tympanique. Cette donnée n'a pas été constatée lors des microdissections réalisées dans notre étude ou dans d'autres séries anatomiques.

2.2. Sites de dislocation spécifiques

Les dislocations sont décrites à 3 localisations spécifiques : dans la partie proximale et basale du premier tour de spires pour les dislocations basales (47,48), à 180° pour les dislocations médiales (11,42,49) et au-delà de 400° d'insertion pour les dislocations distales (50).

2.2.1. Dislocations basales

Ce type de dislocation peut être expliqué par la procédure chirurgicale (51). Dans ces cas, le vecteur d'insertion du porte-électrode n'est pas orienté dans la direction du tour basal de la cochlée due aux contraintes sus-citées (état de l'art) et se dirige vers le modiolus ou la membrane basilaire. Le choix du site de la cochléostomie est primordial pour faciliter l'insertion sans majorer les résistances au niveau de la cochléostomie. Afin d'éviter les variations anatomiques possibles de la région de la fenêtre ronde (52), nous avons exposé la membrane de la fenêtre ronde, l'endoste et la membrane basilaire afin d'exposer au mieux la rampe sélectionnée pour l'insertion. Dans un cas (n°1), ce type de dislocation a été rencontré. Probablement parce qu'il s'agissait de notre première expérience avec cette technique.

2.2.2. Dislocations médiales

Les dislocations médiales sont observées la plupart du temps à 180°. Cela peut être expliqué par la diminution du diamètre de la rampe tympanique surtout entre 160 et 200° alors que celui de la rampe vestibulaire augmente (53). Cette donnée anatomique peut expliquer le cas rencontré de dislocation médiale (n°6). Cette localisation correspond à un point de pression important sur la membrane basilaire (51).

2.2.3. Dislocations distales

Les points potentiels de surpression sur le plancher de la rampe tympanique se situent entre 405 et 450° et sur la membrane basilaire après 700° (51). Ce type de dislocation n'a pas été observé dans notre étude étant donné que la profondeur d'insertion maximale était de 382° et 17,3 mm (cas n°11).

2.3. Dislocations et résistances

Les dislocations sont majorées en cas de résistance car la pression à appliquer sur le porte-électrode entraîne des traumatismes sur les structures intracochléaires qui induisent des déviations de la trajectoire du porte-électrode (dislocation, overfolding ou translocation) (51). Afin de diminuer les résistances lors de l'insertion du porte-électrode en salle opératoire, nous ajoutons de l'acide hyaluronique pour prévenir les dommages intracochléaires (12,20). Dans notre étude, la fixation prolongée avec le formaldéhyde a pu fragiliser la membrane basilaire et expliquer les 4 cas de traumatisme de la membrane basilaire (n°1, 2, 6 et 7).

Conclusion

Cette étude anatomo-radiologique a permis de valider le plan transmodiolaire scanographique comme une méthode fiable pour la détermination de la position du porte-électrode d'implant cochléaire. Le protocole d'acquisition est applicable en pratique clinique et permet de déterminer avec justesse et précision la position du porte-électrode et de prédire le respect de la membrane basilaire. L'implantation atraumatique en rampe tympanique est en effet le garant de résultats audiolinguistiques meilleurs. Les études cliniques à venir pourraient utiliser cette reconstruction pour l'évaluation du positionnement du porte-électrode et corréler les performances audiolinguistiques.

Bibliographie

1. HAS. Traitement de la surdité par implants cochléaires ou du tronc cérébral, Rapport 2007.
2. INSERM. Déficits auditifs. Recherches émergentes et applications chez l'enfant. Paris: Inserm; 2006.
3. Schauwers K, Gillis S, Daemers K, De Beukelaer C, Govaerts PJ. Cochlear implantation between 5 and 20 months of age: the onset of babbling and the audiologic outcome. *Otol Neurotol* 2004;25(3):263-70.
4. Labadie RF, Carrasco VN, Gilmer CH, Pillsbury HC. Cochlear implant performance in senior citizens. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2000;123(4):419-24.
5. James CJ, Fraysse B, Deguine O, Lenarz T, Mawman D, Ramos A, et al. Combined electroacoustic stimulation in conventional candidates for cochlear implantation. *Audiol Neurootol* 2006;11 Suppl 1:57-62.
6. Balkany TJ, Connell SS, Hodges AV, Payne SL, Telischi FF, Eshraghi AA, et al. Conservation of residual acoustic hearing after cochlear implantation. *Otol Neurotol* 2006;27(8):1083-8.
7. Skinner MW. Optimizing cochlear implant speech performance. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl* 2003;191:4-13.
8. Skinner MW, Holden LK, Whitford LA, Plant KL, Psarros C, Holden TA. Speech recognition with the nucleus 24 SPEAK, ACE, and CIS speech coding strategies in newly implanted adults. *Ear Hear* 2002;23(3):207-23.
9. Wilson BS, Finley CC, Farmer JC, Lawson DT, Weber BA, Wolford RD, et al. Comparative studies of speech processing strategies for cochlear implants. *Laryngoscope* 1988;98(10):1069-77.
10. Meshik X, Holden TA, Chole RA, Hullar TE. Optimal cochlear implant insertion vectors. *Otol Neurotol* 2010;31(1):58-63.
11. Souter MA, Briggs RJS, Wright CG, Roland PS. Round window insertion of precurved

- perimodiolar electrode arrays: how successful is it? *Otol Neurotol* 2011;32(1):58-63.
12. Briggs RJS, Tykocinski M, Stidham K, Roberson JB. Cochleostomy site: implications for electrode placement and hearing preservation. *Acta Otolaryngol* 2005;125(8):870-6.
 13. Todt I, Basta D, Ernst A. Does the surgical approach in cochlear implantation influence the occurrence of postoperative vertigo? *Otolaryngol Head Neck Surg* 2008;138(1):8-12.
 14. Li PMMC, Wang H, Northrop C, Merchant SN, Nadol JB. Anatomy of the round window and hook region of the cochlea with implications for cochlear implantation and other endocochlear surgical procedures. *Otol Neurotol* 2007;28(5):641-8.
 15. Roland PS, Wright CG, Isaacson B. Cochlear implant electrode insertion: the round window revisited. *Laryngoscope* 2007;117(8):1397-402.
 16. Adunka OF, Buchman CA. Scala tympani cochleostomy I: results of a survey. *Laryngoscope* 2007;117(12):2187-94.
 17. Frijns JH, Briaire JJ, Grote JJ. The importance of human cochlear anatomy for the results of modiolar-hugging multichannel cochlear implants. *Otol Neurotol* 2001;22(3):340-9.
 18. Stöver T, Issing P, Graurock G, Erfurt P, ElBeltagy Y, Paasche G, et al. Evaluation of the advance off-stylet insertion technique and the cochlear insertion tool in temporal bones. *Otol Neurotol* 2005;26(6):1161-70.
 19. Finley CC, Holden TA, Holden LK, Whiting BR, Chole RA, Neely GJ, et al. Role of electrode placement as a contributor to variability in cochlear implant outcomes. *Otol Neurotol* 2008;29(7):920-8.
 20. Radeloff A, Mack M, Baghi M, Gstoettner WK, Adunka OF. Variance of angular insertion depths in free-fitting and perimodiolar cochlear implant electrodes. *Otol Neurotol* 2008;29(2):131-6.
 21. Aschendorff A, Kromeier J, Klenzner T, Laszig R. Quality control after insertion of the nucleus contour and contour advance electrode in adults. *Ear Hear* 2007;28(2)

Suppl):75S-79S.

22. Adunka OF, Radloff A, Gstoettner WK, Pillsbury HC, Buchman CA. Scala tympani cochleostomy II: topography and histology. *Laryngoscope* 2007;117(12):2195-200.
23. Wright CG, Roland PS. Temporal bone microdissection for anatomic study of cochlear implant electrodes. *Cochlear Implants Int* 2005;6(4):159-68.
24. Skinner MW, Holden TA, Whiting BR, Voie AH, Brunsten B, Neely JG, et al. In vivo estimates of the position of advanced bionics electrode arrays in the human cochlea. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl* 2007;197:2-24.
25. Voie AH, Spelman FA. Three-dimensional reconstruction of the cochlea from two-dimensional images of optical sections. *Comput Med Imaging Graph* 1995;19(5):377-84.
26. Xu J, Xu SA, Cohen LT, Clark GM. Cochlear view: postoperative radiography for cochlear implantation. *Am J Otol* 2000;21(1):49-56.
27. Xu J, Stevenson AW, Gao D, Tykocinski M, Lawrence D, Wilkins SW, et al. The role of radiographic phase-contrast imaging in the development of intracochlear electrode arrays. *Otol Neurotol* 2001;22(6):862-8.
28. Roland JT, Fishman AJ, Alexiades G, Cohen NL. Electrode to modiolus proximity: a fluoroscopic and histologic analysis. *Am J Otol* 2000;21(2):218-25.
29. Aschendorff A, Kubalek R, Hochmuth A, Bink A, Kurtz C, Lohnstein P, et al. Imaging procedures in cochlear implant patients--evaluation of different radiological techniques. *Acta Otolaryngol Suppl* 2004;(552):46-9.
30. Lane JJ, Witte RJ, Driscoll CL, Shallop JK, Beatty CW, Primak AN. Scalar localization of the electrode array after cochlear implantation: clinical experience using 64-slice multidetector computed tomography. *Otol Neurotol* 2007;28(5):658-62.
31. HAS. Tomographie volumique à faisceaux coniques de la face (cone beam computerized tomography). Décembre 2009.

32. TRIJOLET Jean Paul. Implantation cochléaire: étude du positionnement de l'électrode. Corrélation audiométrique et anatomo-radiologique. 75p. Thèse: Médecine: Tours: 2010.
33. Ruivo J, Mermuys K, Bacher K, Kuhweide R, Offeciers E, Casselman JW. Cone beam computed tomography, a low-dose imaging technique in the postoperative assessment of cochlear implantation. *Otol Neurotol* 2009;30(3):299-303.
34. Verbist BM, Skinner MW, Cohen LT, Leake PA, James C, Boëx C, et al. Consensus panel on a cochlear coordinate system applicable in histologic, physiologic, and radiologic studies of the human cochlea. *Otol Neurotol* 2010;31(5):722-30.
35. Verbist BM, Frijns JHM, Geleijns J, van Buchem MA. Multisection CT as a valuable tool in the postoperative assessment of cochlear implant patients. *AJNR Am J Neuroradiol* 2005;26(2):424-9.
36. van Wermeskerken GKA, Prokop M, van Olphen AF, Albers FWJ. Intracochlear assessment of electrode position after cochlear implant surgery by means of multislice computer tomography. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2007;264(12):1405-7.
37. Chakraborty R, Sankaranarayanan K. Cancer predisposition, radiosensitivity and the risk of radiation-induced cancers. II. A Mendelian single-locus model of cancer predisposition and radiosensitivity for predicting cancer risks in populations. *Radiat Res* 1995;143(3):293-301.
38. Doll R. Hazards of ionising radiation: 100 years of observations on man. *Br J Cancer* 1995;72(6):1339-49.
39. Zeitler DM, Budenz CL, Roland JT. Revision cochlear implantation. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2009;17(5):334-8.
40. Nadol JB, Eddington DK. Histologic evaluation of the tissue seal and biologic response around cochlear implant electrodes in the human. *Otol Neurotol* 2004;25(3):257-62.
41. Pfungst BE, Franck KH, Xu L, Bauer EM, Zwolan TA. Effects of electrode configuration

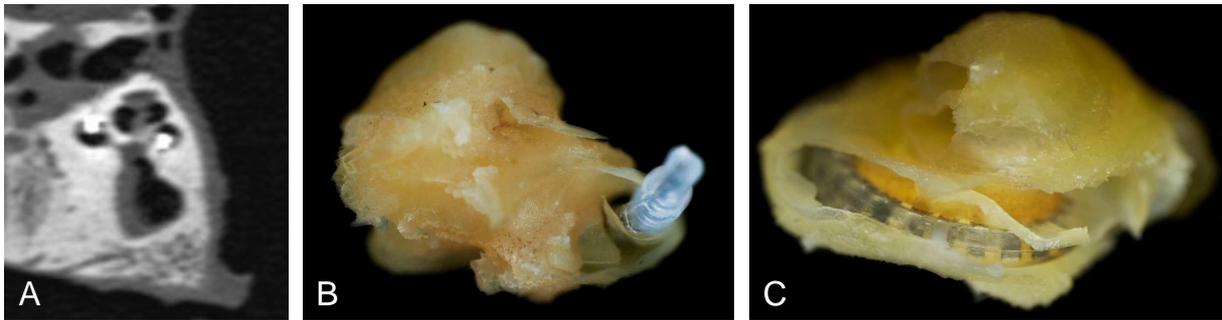
- and place of stimulation on speech perception with cochlear prostheses. *J Assoc Res Otolaryngol* 2001;2(2):87-103.
42. Schuman TA, Noble JH, Wright CG, Wanna GB, Dawant B, Labadie RF. Anatomic verification of a novel method for precise intrascalar localization of cochlear implant electrodes in adult temporal bones using clinically available computed tomography. *Laryngoscope* 2010;120(11):2277-83.
43. Richter B, Aschendorff A, Lohnstein P, Husstedt H, Nagursky H, Laszig R. The Nucleus Contour electrode array: a radiological and histological study. *Laryngoscope* 2001 ;111(3):508-14.
44. Tykocinski M, Saunders E, Cohen LT, Treaba C, Briggs RJ, Gibson P, et al. The contour electrode array: safety study and initial patient trials of a new perimodiolar design. *Otol Neurotol* 2001;22(1):33-41.
45. Erixon E, Högstorp H, Wadin K, Rask-Andersen H. Variational anatomy of the human cochlea: implications for cochlear implantation. *Otol Neurotol* 2009;30(1):14-22.
46. Escudé B, James C, Deguine O, Cochard N, Eter E, Fraysse B. The size of the cochlea and predictions of insertion depth angles for cochlear implant electrodes. *Audiol Neurootol*;11 Suppl 1:27-33.
47. Nadol JB, Shiao JY, Burgess BJ, Ketten DR, Eddington DK, Gantz BJ, et al. Histopathology of cochlear implants in humans. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2001;110(9):883-91.
48. O'Leary MJ, Fayad J, House WF, Linthicum FH. Electrode insertion trauma in cochlear implantation. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1991;100(9):695-699.
49. Tykocinski M, Saunders E, Cohen LT, Treaba C, Briggs RJ, Gibson P, et al. The contour electrode array: safety study and initial patient trials of a new perimodiolar design. *Otol Neurotol* 2001;22(1):33-41.

50. Eshraghi AA, Yang NW, Balkany TJ. Comparative study of cochlear damage with three perimodiolar electrode designs. *Laryngoscope* 2003;113(3):415-9.
51. Verbist BM, Ferrarini L, Briaire JJ, Zarowski A, Admiraal-Behloul F, Olofsen H, et al. Anatomic considerations of cochlear morphology and its implications for insertion trauma in cochlear implant surgery. *Otol Neurotol* 2009;30(4):471-7.
52. Tóth M, Alpár A, Patonay L, Oláh I. Development and surgical anatomy of the round window niche. *Ann Anat* 2006;188(2):93-101.
53. Biedron S, Prescher A, Ilgner J, Westhofen M. The internal dimensions of the cochlear scalae with special reference to cochlear electrode insertion trauma. *Otol Neurotol* 2010;31(5):731-7.
54. Aschendorff A, Kubalek R, Turowski B, Zanella F, Hochmuth A, Schumacher M, et al. Quality control after cochlear implant surgery by means of rotational tomography. *Otol Neurotol* 2005;26(1):34-7.

Annexe 1 :

**Ensemble des données anatomiques et
scanographiques de l'étude**

Os temporal cadavérique 1 : Dislocation de la rampe vestibulaire à la rampe tympanique



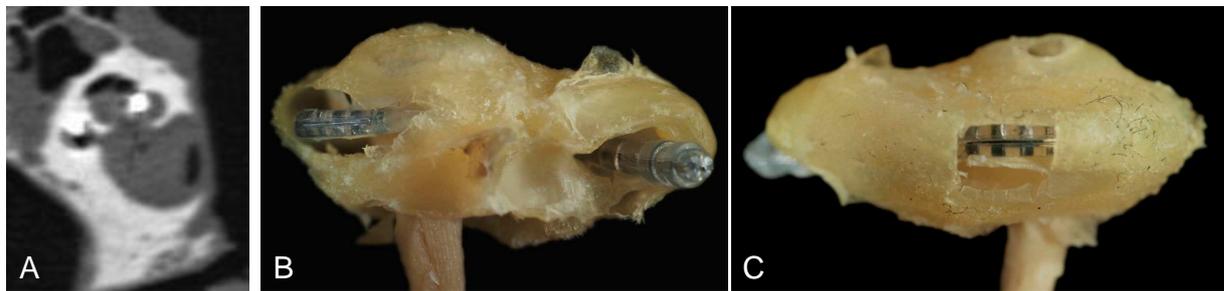
Os temporal cadavérique 2 : position en rampe tympanique (rupture de la membrane basilaire)



Os temporal cadavérique 3 : position en rampe vestibulaire



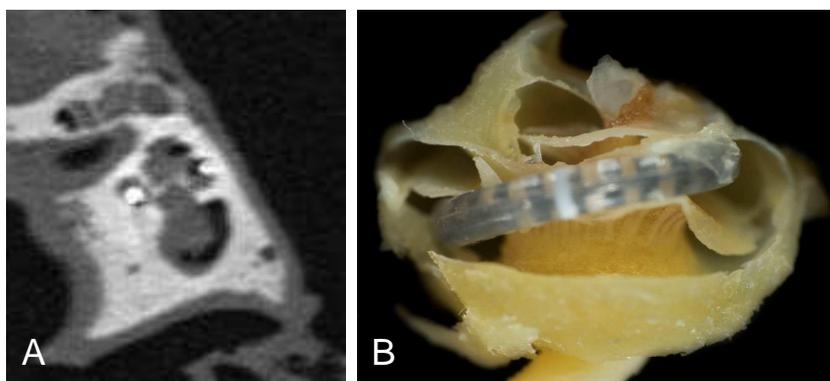
Os temporal cadavérique 4 : position en rampe vestibulaire



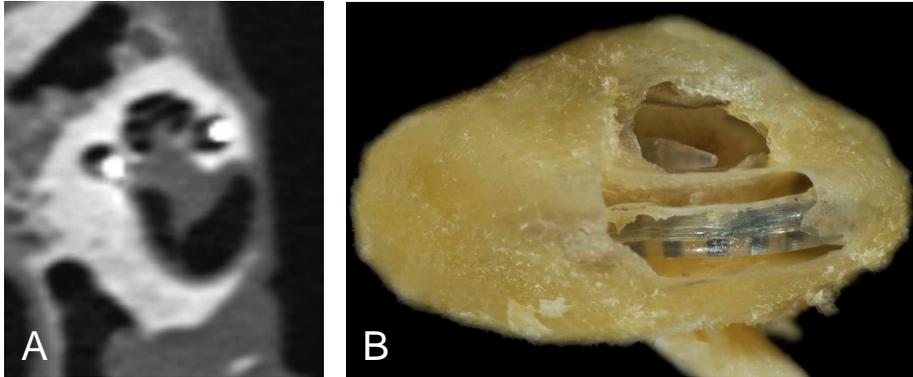
Os temporal cadavérique 5 : position en rampe tympanique



Os temporal cadavérique 6 : Dislocation de la rampe tympanique à la rampe vestibulaire



Os temporal cadavérique 7 : position en rampe tympanique (élévation de la membrane basilaire)



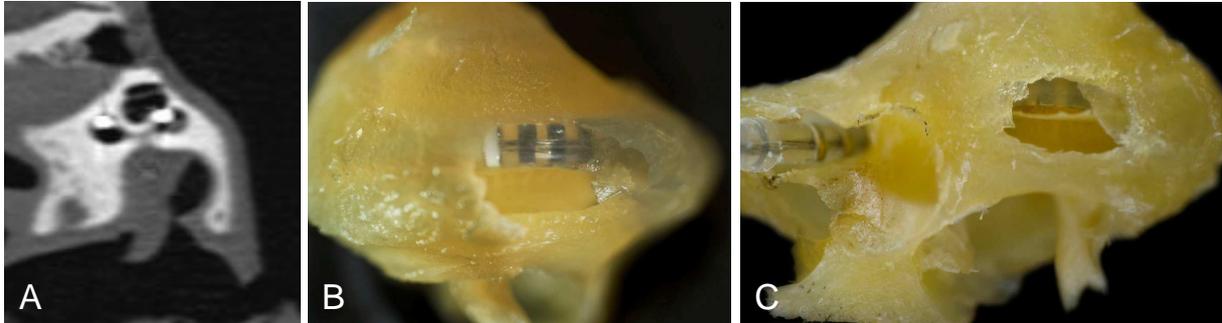
Os temporal cadavérique 8 : position en rampe vestibulaire



Os temporal cadavérique 9 : position en rampe vestibulaire



Os temporal cadavérique 10 : position en rampe vestibulaire



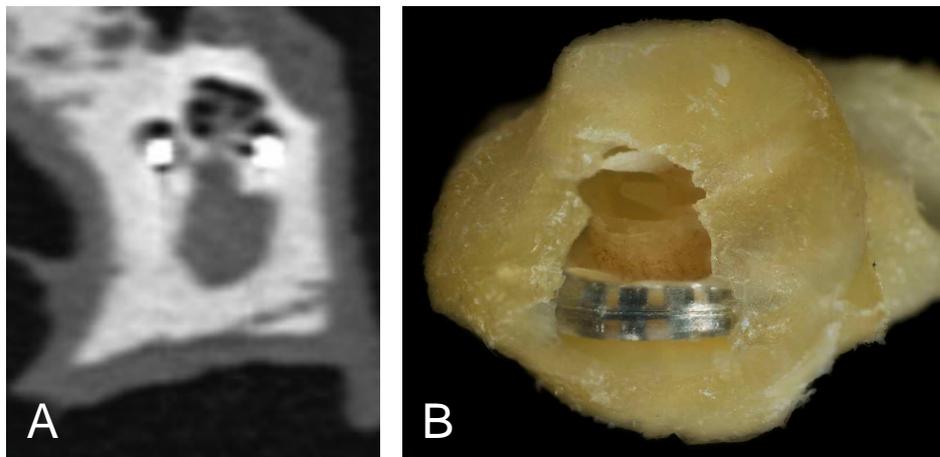
Os temporal cadavérique 11 : position en rampe vestibulaire



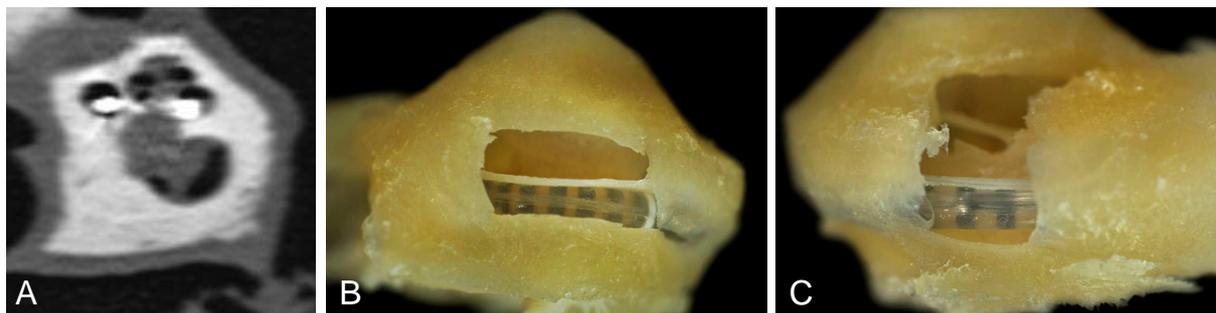
Os temporal cadavérique 12 : position en rampe vestibulaire



Os temporal cadavérique 13 : position en rampe tympanique



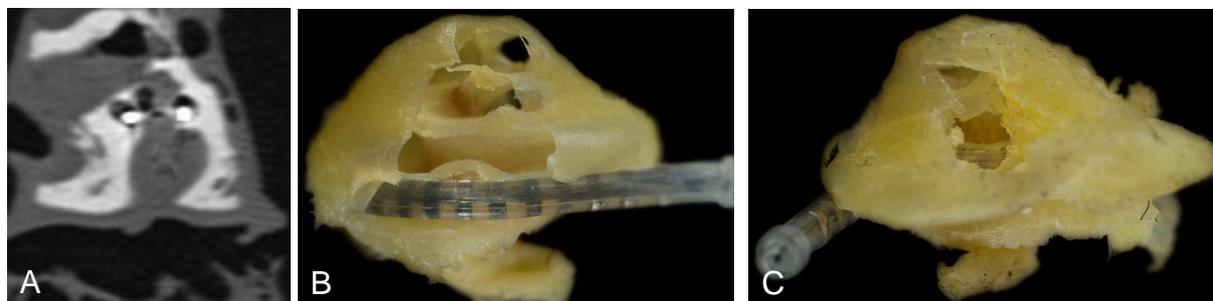
Os temporal cadavérique 14 : position en rampe tympanique



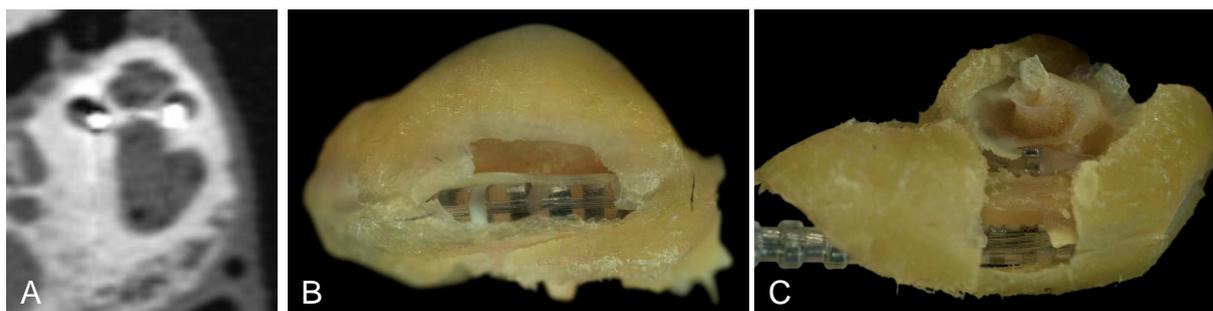
Os temporal cadavérique 15 : position en rampe vestibulaire



Os temporal cadavérique 16 : position en rampe tympanique



Os temporal cadavérique 17 : position en rampe tympanique



Os temporal cadavérique 18 : position en rampe tympanique



Annexe 2 :

Communication et article soumis

AMERICAN OTOLOGICAL SOCIETY, INC.



COUNCIL

PRESIDENT
C. PHILLIP DASPIT, M.D.
3924 E. BETHANY HOME RD
PARADISE VALLEY, AZ 85253
(602) 406-6730
Email: phillip.daspit@chw.edu

PRESIDENT-ELECT
HERMAN A. JENKINS, M.D.
UNIVERSITY OF COLORADO
DEPARTMENT OF OTOLARYNGOLOGY-HNS
12631 EAST 17th AVENUE, B-205
PO BOX 6511
AURORA, CO 80045
(303) 724-1960
Email: herman.jenkins@ucdenver.edu

SECRETARY-TREASURER
PAUL R. LAMBERT, M.D.
MEDICAL UNIVERSITY OF SOUTH CAROLINA
DEPARTMENT OF OTOLARYNGOLOGY-HNS
135 RUTLEDGE AVE, SUITE 1117, MSC 550
CHARLESTON, SC 29425-8903
(843) 792-7161
Email: lambertp@musc.edu

EDITOR-LIBRARIAN
DEBARA L. TUCCI, M.D.
DUKE UNIVERSITY MEDICAL CENTER
DIVISION OF OTOLARYNGOLOGY-HNS
BOX 3805
DURHAM, NC 27710
(919) 684-6968
Email: tucci001@mc.duke.edu

COUNCIL MEMBERS
JOSEPH B. NADOL, JR., M.D.
MASSACHUSETTS EYE & EAR INFIRMARY
DEPARTMENT OF OTOLARYNGOLOGY-HNS
243 CHARLES STREET
BOSTON, MA 02114
(617) 573-3652
Email: joseph_nadol@meel.harvard.edu

BRUCE J. GANTZ, M.D.
UNIVERSITY OF IOWA HOSPITALS & CLINICS
DEPARTMENT OF OTOLARYNGOLOGY-HNS
200 HAWKINS DRIVE (21201 PFP)
IOWA CITY, IA 52242-1078
(319) 356-2173
Email: bruce-gantz@uiowa.edu

JOHN W. HOUSE, M.D.
HOUSE CLINIC, INC.
2100 WEST THIRD STREET 1st FL
LOS ANGELES, CA 90057
(213) 483-9930
Email: jhouse@hei.org

D. BRADLEY WELLING, M.D., Ph.D.
OHIO STATE UNIVERSITY
DEPARTMENT OF OTOLARYNGOLOGY-HNS
915 OLENTANGY RIVER ROAD 4th FL
COLUMBUS, OHIO 43212
(614) 293-9507
Email: Brad.Welling@osumc.edu

STEVEN A. TELIAN, MD
UNIVERSITY OF MICHIGAN
DEPARTMENT OF OTOLARYNGOLOGY-HNS
1500 E. MEDICAL CENTER DRIVE
ANN ARBOR, MI 48109-0312
734-936-8006
Email: telian@umich.edu

November 15, 2010

A. Robier, MD
Service ORL et CCF, CHRU de Tours
Université François-Rabelais de Tours
37000 Tours
France

Dear Dr. Robier:

This letter is to advise you the American Otological Society's Program Advisory Committee has accepted your abstract entitled, "**Trans-modiolar CT Scan Plane: Cadaveric Temporal Bone Study for the Localization of the Electrode Array in Cochlea Implanted,**" for presentation at the 2011 AOS/COSM Spring Meeting Scientific Sessions scheduled for April 30-May 1, 2011, at the Sheraton Chicago Hotel & Towers, Chicago, IL. The Committee graded all abstract submissions on a 1.0 to 5.0 scale. Thirty-five of the 55 abstracts submitted were accepted for presentation.

Your presentation will be limited to a maximum of 7 minutes. There will be a one-minute interval between presentations for access to the podium. Prior to your presentation, please sit in the front of the auditorium to facilitate your punctual arrival to the podium. Following each group of papers there is a discussion period with the audience. Please remain in the auditorium after your presentation until the discussion period is completed.

All manuscripts must be submitted online to the journal of **Otology & Neurotology** on or before **Friday, April 8, 2011**, via the journal's website. Instructions for registering, submitting a manuscript, and the author guidelines are available on the Editorial Manager site. Failure to meet this deadline will result in the paper being withdrawn from the scientific session.

Please use the COSM website to register online and reserve your hotel reservation, <http://www.cosm.md/index.html>. The AOS Administrator will e-mail you additional details as to the date and time of your presentation. The selected abstracts and program will be posted on the AOS website. www.americanotologicalsociety.org

Thank you and congratulations.

Sincerely,

C. Phillip Daspit, MD

OFFICE OF THE PRESIDENT
C. PHILLIP DASPIT, M.D.
3924 E. BETHANY HOME RD
PARADISE VALLEY, AZ 85253
(602) 406-6730
Email: phillip.daspit@chw.edu

RECU Ie
- 1 DEC 2010

Editorial Manager(tm) for Otology & Neurotology
Manuscript Draft

Manuscript Number:

Title: MIDMODIOLAR RECONSTRUCTION AS A VALUABLE TOOL TO DETERMINE THE EXACT POSITION OF THE COCHLEAR IMPLANT ELECTRODE ARRAY

Article Type: Original Study

Section/Category: Cochlear Implants

Keywords: midmodiolar reconstruction; multi-slice computed tomography; cochlear implant; electrode array position; intracochlear trauma.

Corresponding Author: David Bakhos, MD

Corresponding Author's Institution: CHRU de Tours; service ORL; université François Rabelais de Tours

First Author: Patrick Lecerf, MD

Order of Authors: Patrick Lecerf, MD; David Bakhos, MD; Jean-Philippe Cottier, MD; PhD; Emmanuel Lescanne, MD; PhD; Jean-Paul Trijolet, MD; Alain Robier, MD

Manuscript Region of Origin: FRANCE

Abstract: Hypothesis: A midmodiolar reconstruction with multi-slice computed tomography could potentially be used clinically to determine the cochlear implant electrode array position if the technique was validated with a cadaveric temporal bone study.

Background: Several radiological studies using sophisticated techniques have been described. This study was designed to validate a standard multi-slice computed tomography scan technique to determine the electrode array position.

Methods: This ex-vivo study was conducted on 18 cadaveric temporal bones without malformation. Cochlear® electrode dummies were implanted by a single experimented surgeon with the Advance Off-Stylet technique. After randomization, the placement was processed through an antero-inferior or superior cochleostomy for respective scala tympani or vestibuli positioning with direct location of the basilar membrane. Cadaveric temporal bones were then scanned (Philips Brilliance 40 computed tomography scan) and reconstructed into the midmodiolar computed tomography scan plane (+/- 45°, z-axis in the cochlear coordinate system). Two independent neuroradiologists, who were unaware of the implanted scala, evaluated the electrode array position on

a computed tomography scan through the midmodiolar reconstruction. In the end, the microanatomical study was the criterion standard to determine the exact scala localization of the electrode array.

Results: Nine electrodes were inserted into the scala tympani, and nine were inserted into the scala vestibuli.

According to our anatomical criterion standard, the midmodiolar reconstruction sensitivity and the specificity for the scala tympani position were 0.875 [0.722; 1.0] and 1.0, respectively; the sensitivity and specificity for dislocation and the scala vestibuli position were both 1.0. The radio-anatomical concordance was 0.94 [0.89; 0.98] for determining the electrode array position into scalas with midmodiolar reconstruction.

Conclusion: Our cadaveric study validates midmodiolar reconstruction as a valuable tool to routinely determine the precise position of the cochlear implant electrode array. This study opens the field for further clinical studies.

SERMEN D'HIPPOCRATE

En présence des Maîtres de cette Faculté,
de mes chers condisciples
et selon la tradition d'Hippocrate,
je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur
et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent,
et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux
ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira
les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas
à corrompre mes mœurs ni à favoriser le crime.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres,
je rendrai à leurs enfants
l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime
si je suis fidèle à mes promesses.
Que je sois couvert d'opprobre
et méprisé de mes confrères
si j'y manque.

Académie d'Orléans – Tours

Université François-Rabelais

LECERF Patrick

**Thèse
n° 21**

66 pages – 2 tableaux – 15 figures – 2 annexes

Résumé :

Introduction : Lors de la réhabilitation de l'audition par implant cochléaire, la position du porte-électrode conditionne le résultat fonctionnel. Le but de notre travail était de valider par une étude radio-anatomique le plan transmodiolaire scanographique comme une méthode fiable d'évaluation de la position en pratique clinique.

Matériel et méthodes : Un porte-électrode de type périmodiolaire a été implanté sur 18 os temporaux cadavériques. La mise en place de l'implant était réalisée par une cochléostomie antéro-inférieure (pour la rampe tympanique) ou supérieure (pour la rampe vestibulaire). Les rochers étaient ensuite étudiés avec un scanner 40 barettes et les coupes reconstruites selon un plan transmodiolaire. Deux neuroradiologues classaient de façon indépendante la position de l'implant en rampe tympanique, en rampe vestibulaire, en dislocation (traumatisme intracochléaire) ou en position inclassable. Une étude anatomique par microdissection permettait ensuite de valider la localisation exacte de l'implant.

Résultats: La sensibilité et la spécificité de l'évaluation scanographique du plan transmodiolaire pour déterminer la position du porte-électrode était respectivement de 89% et 100% pour la rampe tympanique et de 100% (sensibilité et spécificité) pour la position en rampe vestibulaire ou en cas de dislocation. La corrélation radio-anatomique était de 94% après consensus de relecture.

Conclusion : Cette étude radio-anatomique suggère que la position exacte du porte-électrode dans la cochlée pourrait être déterminée en pratique par le scanner en utilisant un plan transmodiolaire.

Mots clés :

- implant cochléaire
- position
- porte-électrode
- plan transmodiolaire
- scanner
- traumatisme intracochléaire

Jury :

Président : Monsieur le Professeur COTTIER

Membres : Monsieur le Professeur ROBIER
Monsieur le Professeur BORDURE
Monsieur le Professeur VELUT
Monsieur le Docteur MORINIÈRE
Monsieur le Docteur BAKHOS

Date de la soutenance : 22 Avril 2011

