



## Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in : <http://oatao.univ-toulouse.fr/Eprints> ID : 14116

**To cite this version :**

Colamonico, Christine. *Apport de l'IRM et de la tomodensitométrie dans le diagnostic des affections de l'oreille chez les carnivores domestiques*. Thèse d'exercice, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2015, 153 p.

Any correspondance concerning this service should be sent to the repository administrator: [staff-oatao@inp-toulouse.fr](mailto:staff-oatao@inp-toulouse.fr).

# APPORT DE L'IRM ET DE LA TOMODENSITROMÉTRIE DANS LE DIAGNOSTIC DES AFFECTIONS DE L'OREILLE CHEZ LES CARNIVORES DOMESTIQUES

THESE  
pour obtenir le grade de  
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement  
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

*par*

**COLAMONICO Christine**

Née, le 3 septembre 1990 à NORWALK (Etats-Unis)

Directeur de thèse : **M. Giovanni MOGICATO**

## JURY

PRESIDENT :  
**Mme BERRY Isabelle**

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSEESSEURS :  
**M. Giovanni MOGICATO**  
**Mme Alexandra DEVIERS**

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE  
Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt  
ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE

Directeur : M. Alain MILON

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

- M. AUTEFAGE André, *Pathologie chirurgicale*
- Mme CLAUW Martina, *Pharmacologie-Toxicologie*
- M. CONCORDET Didier, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*
- M. DELVERDIER Maxence, *Anatomie Pathologique*
- M. ENJALBERT Francis, *Alimentation*
- M. FRANC Michel, *Parasitologie et Maladies parasitaires*
- M. MARTINEAU Guy, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*
- M. PETIT Claude, *Pharmacologie et Toxicologie*
- M. REGNIER Alain, *Physiopathologie oculaire*
- M. SAUTET Jean, *Anatomie*
- M. SCHELCHER François, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

PROFESSEURS 1<sup>re</sup> CLASSE

- M. BERTAGNOLI Stéphane, *Pathologie infectieuse*
- M. BERTHELOT Xavier, *Pathologie de la Reproduction*
- M. BOUSQUET-MELOU Alain, *Physiologie et Thérapeutique*
- M. DUCOS Alain, *Zootecnie*
- M. FOUCRAS Gilles, *Pathologie des ruminants*
- Mme GAYRARD-TROY Véronique, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*
- Mme HAGEN-PICARD Nicole, *Pathologie de la reproduction*
- M. LEFEBVRE Hervé, *Physiologie et Thérapeutique*
- M. MEYER Gilles, *Pathologie des ruminants*
- M. SANS Pierre, *Productions animales*
- Mme TRUMEL Catherine, *Biologie Médicale Animaux et Comparée*

PROFESSEURS 2<sup>e</sup> CLASSE

- M. BAILLY Jean-Denis, *Hygiène et Industrie des aliments*
- Mme BENARD Geneviève, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
- M. BRUGERE Hubert, *Hygiène et Industrie des aliments d'Origine animale*
- Mme CHASTANT-MAILLARD Sylvie, *Pathologie de la Reproduction*
- M. GUERRE Philippe, *Pharmacologie et Toxicologie*
- M. GUERIN Jean-Luc, *Aviculture et pathologie aviaire*
- M. JACQUIET Philippe, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
- M. LIGNEREUX Yves, *Anatomie*
- M. PICAVET Dominique, *Pathologie infectieuse*

PROFESSEURS CERTIFIÉS DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

- Mme MICHAUD Françoise, *Professeur d'Anglais*
- M. SEVERAC Benoît, *Professeur d'Anglais*

**MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE**

- M. BERGONIER Dominique, *Pathologie de la Reproduction*  
Mme BOUCLAINVILLE-CAMUS Christelle, *Biologie cellulaire et moléculaire*  
Mlle BOULLIER Séverine, *Immunologie générale et médicale*  
Mme BOURGES-ABELLA Nathalie, *Histologie, Anatomie pathologique*  
Mlle DIQUELOU Armelle, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*  
M. DOSSIN Olivier, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*  
M. JOUGLAR Jean-Yves, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-coeur*  
Mme LETRON-RAYMOND Isabelle, *Anatomie pathologique*  
M. LYAZRHI Fouzi, *Statistiques biologiques et Mathématiques*  
M. MATHON Didier, *Pathologie chirurgicale*  
Mme PRIYMENKO Nathalie, *Alimentation*

**MAITRES DE CONFERENCES (classe normale)**

- M. ASIMUS Erik, *Pathologie chirurgicale*  
Mme BENNIS-BRET Lydie, *Physique et Chimie biologiques et médicales*  
Mlle BIBBAL Delphine, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*  
Mme BOUSIRA Emilie, *Parasitologie, maladies parasitaires*  
Mlle CADIERGUES Marie-Christine, *Dermatologie*  
M. CONCHOU Fabrice, *imagerie médicale*  
M. CORBIERE Fabien, *Pathologie des ruminants*  
M. CUEVAS RAMOS Gabriel, *Chirurgie Equine*  
Mme DANIELS Hélène, *Microbiologie-Pathologie infectieuse*  
Mlle DEVIERS Alexandra, *Anatomie-Imagerie*  
Mlle FERRAN Aude, *Physiologie*  
M. GUERIN Jean-Luc, *Elevage et Santé avicoles et cynicoles*  
M. JAEG Jean-Philippe, *Pharmacie et Toxicologie*  
Mlle LACROUX Caroline, *Anatomie Pathologique des animaux de rente*  
Mlle LAVOUE Rachel, *Médecine Interne*  
M. LÉNARD Emmanuel, *Parasitologie et maladies parasitaires*  
M. MAILLARD Renaud, *Pathologie des Ruminants*  
Mme MEYNADIER Annabelle, *Alimentation*  
Mme MEYNAUD-COLLARD Patricia, *Pathologie Chirurgicale*  
M. MOGICATO Giovanni, *Anatomie, Imagerie médicale*  
M. NOUVEL Laurent, *Pathologie de la reproduction (en disponibilité)*  
Mlle PALIERNE Sophie, *Chirurgie des animaux de compagnie*  
Mlle PAUL Mathilde, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles et porcins*  
Mme PRADIER Sophie, *Médecine interne des équidés*  
M. RABOISSON Didier, *Productions animales (ruminants)*  
M. VOLMER Romain, *Microbiologie et Infectiologie*  
M. VERWAERDE Patrick, *Anesthésie, Réanimation*  
Mme WARET-SZKUTA Agnès, *Production et pathologie porcine*

**MAITRES DE CONFERENCES et AGENTS CONTRACTUELS**

- M. BOURRET Vincent, *Microbiologie et infectiologie*  
M. DAHAN Julien, *Médecine Interne*  
Mme FERNANDEZ Laura, *Pathologie de la reproduction*  
M. HERRY Vincent, *Pathologie des ruminants*

**ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS**

- Mme COSTES Laura, *Hygiène et industrie des aliments*  
M. DOUET Jean-Yves, *Ophthalmologie*  
Mme LALLEMAND Elodie, *Chirurgie des Equidés*

## REMERCIEMENTS

*A mon président de thèse,*

**Madame le Professeur Isabelle BERRY**  
Professeur des universités Paul Sabatier,  
Praticien Hospitalier  
Biophysique

*Qui me fait l'honneur d'accepter la présidence du jury de thèse.  
Hommages respectueux*

*A mon directeur de thèse*

**Monsieur le Docteur Giovanni MOGICATO**  
Maître de Conférence à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse  
Anatomie-Imagerie Médicale

*Qui a accepté d'encadrer ce projet et m'a guidée tout au long de sa réalisation. Qu'il trouve  
ici toute l'expression de ma gratitude*

**A Madame le Docteur Alexandra DEVIERS**

Maître de Conférence à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse  
Anatomie-Imagerie Médicale

*Qui a accepté de prendre part à ce jury de thèse. Sincères remerciements*

**A mes parents,**

*A qui je dois ma réussite.*

*A toi ma Maman,*

Merci pour toutes les petites attentions dont tu m'entoures au quotidien,

Pour ton soutien sans réserve ni limite,

En souvenir de cet inoubliable road trip Australien et de Wine Glass Bay : « no worries » in the world, just you and me,

En souvenir de la traversée de la Louisiane avec ses mets raffinés (mmmm les plateaux de fruits de mer frits), les « swamps » et ses alligators,

Et en anticipation de nos aventures à venir,

Je t'aime de tout mon cœur !

*To you Dad,*

Thank you for always believing in me, even when I doubted myself,

For helping me out with my "dictée" (2/10...What is the problem? ), For always encouraging me to do better ( "if you have less the 10/20 I'll give you 20\$"),

For taking me to prep school and all the way to vet school,

For the best advice I ever got « if you don't ask you don't get »,

Even though your "fifigirl" is "one pain in the neck" and "elle coute chère", she loves you beyond words.

*Maman, Dad, you have no idea how much you inspire me every day. You guys ROCK !*

**Mes frères et ma sœur,**

*A toi Cécile*

Merci pour tes conseils de grande sœur sur les études (« fais le minimum nécessaire») et les hommes (là aussi « fais le minimum nécessaire »),

Je n'oublierai pas tous les stages de poney et les séjours chez toi quand j'étais petite,

Tu m'inspires tous les jours par la dévotion dans ton travail et ta réussite en temps que mère,

Je t'aime.

*A toi Paul*

Mon grand frère et le superman de mon enfance, mon grand frère chéri,

Merci pour toutes les leçons de vie que tu m'as données (mais heureusement que j'ai su faire un léger tri)

Tu es mon rocher, contre vent et marrée,

Je t'aime.

*A toi Denis,*

Mon petit frère qui s'est transformé en homme accompli, « Loup de Wall Street »

Je suis si fière de ta réussite !

Je t'aime mon Doo.

**A mes neveux et ma nièce,**

*Qu'il est bon d'avoir des enfants... Quand on peut les rendre à leurs parents à la fin de la journée !*

*A Camille, Yann et Benjamin,*

Les petits monstres innocents,

Je n'ai aucun doute que vous allez devenir des jeunes gens talentueux un jour,

J'ai hâte de suivre votre parcours et de vous voir grandir,

Je vous aime de tout mon cœur !

**A ma famille américaine,**

*To you my Nanny,*

How could I ever give you back all the love you surround me with?

I jumped in your arms as a little girl, if I had it my way I probably never would have left them,

I love you so much and miss you every day.

*To you Pop's,*

I know you are with me today, and you see I made it as a vet... even « better than a doctor »,

I love you so much « I can't stand it ».

*To you Lola,*

For being the coolest aunt ever,

I'll always remember doing the twist on the dance floor at Mohegan Sun,

I love you.

*To you Francis,*

My older cousin who I have always looked up to,

For showing me you can « make dollar » but still be partying like there is no tomorrow,

Je t'aime cousin.

*To you Leelee,*

My little cousin who could now carry me with his little finger

I'll always remember putting you to bed when we partied in Toulouse,

You are one hell of a guy, never forget it!

I love you.

### **A mes cousins français,**

*A Laure,*

La petite sœur que je n'ai jamais eue,  
Celle qui va sauver nos océans,  
Je t'aime !

*A Pierre,*

Mon cousin un peu « ours » qui est devenu un mec plutôt très cool,  
En souvenir de nos disputes de cousins,  
En anticipation de nos soirées à venir,  
Je suis contente de t'avoir retrouvé !

*A Jean,*

L'entremetteur et l'homme qui fait le plus rêver les femmes,  
A quand une soirée scandaleuse sur Paris ?

*A Anne*

En souvenir des cours de poneys quand j'étais petite,  
Et de la pêche à la crevette,  
Je n'oublie pas.

### **A ma famille Rochelaise,**

*A toi Maxime,*

Qui me supporte depuis douze ans,  
En souvenir de nos longues correspondances d'adolescents, du travail en groupe sans « aller sur les sites X », de nos premières soirées scandaleuses,  
En anticipation des douze prochaines années à venir qui seront elles aussi mémorables,  
Merci d'avoir toujours su me faire oublier mes doutes et mes peurs,  
J'ai une confiance absolue en ta réussite et ton avenir,  
Avec toi la France ne craint rien!  
Je t'aime.

*A toi Charlotte,*

Ma sœur de cœur,  
« Tic et tac pour la vie, toujours amies, toujours unies, et si ça plait pas tant pis »,  
TATU,  
Je t'aime

*A toi Polo,*  
Mon petit péruvien chéri, ma « beauté »,  
En souvenir des soirées Shisha-Sauna-Piscine,  
Je suis heureuse de t'avoir à mes côtés,  
Je t'aime

**A ma famille Toulousaine,**

*Qui m'a vue inventer une nouvelle langue, me déhancher sauvagement sur le dance floor,  
être au top de ma féminité (hum les repas de promo..),  
Mais qui m'aime quand même.*

*A toi Adjo,*

L'enfant unique, le PT, mais envers et contre tout mon BFF,  
Pour qui je ne regretterai jamais de m'être égarée à l'ENVT,  
Tu as raison, je n'oublierai jamais tout ce que tu fais pour moi, notre séjour au Colorado, nos  
diners « presque parfaits »,  
Puisque véto ce n'est pas pour nous, si on signait à New Belgium ?  
Love you « J » ( you know it).

*A toi Lena,*

Ma co-runneuse, co-swimmeuse, co-worker, co-loche,  
Mon plus grand soutien depuis la prépa, on a survécues !  
Tu as tellement changé en cinq ans ; tu as une force et un charme sans limite, une véritable  
« croqueuse d'homme » (et de femme ! ;)),  
Je t'aime ma Lena.

*A toi Chloé,*

Mon autre co-loche,  
En souvenir de notre premier clanD, de nos vacances grave ghetto à Port-de-Bouc et des  
croquettes pour chat, de la soirée improbable sur Toulouse (« quoi j'ai un couteau dans mon  
coffre » ?)  
Merci d'avoir su passer outre nos différences et d'être devenue une véritable amie !  
Je t'aime.

*A toi Yannis,*

En souvenir de notre super groupe de TD, de nos (trop peu nombreux) repas en tête à tête,  
de nos débats passionnés US Vs France,  
Merci d'être aussi attentionné et présent, toujours de bonne humeur et prêt à faire la fête  
Oui MONSIEUR, tu es un grand frère super cool ;)  
Je t'aime.

*A toi Laetitia,*

My « little sista » et co-pomo dans l'âme,

Ton entrain et ta passion m'inspirent tous les jours, je suis heureuse pour ton année à venir, tu vas adorer les US !

En souvenir de nos longues réflexions sur la vie, nos brunchs et diners en tête-à-tête,

Un jour peut-être on fera le tour du monde ?

Je t'aime.

*A toi H,*

« Cuire, cuir, moustache »

Mon grand frère à l'ENVT, mon guide touristique perso à Cannes et Nice,

L'homme qui m'a offert une soirée « champagne shower » paillettes,

Dont les parents sont méga cool,

Je t'aime.

*A toi Chloé D,*

Ma co-work-out girl, toi seule comprends le mythe de « juliennnnnnn »

La cuisinière hors pair et amie hors du commun !

Je t'aime.

*A toi JB Tanis,*

L'homme que j'ai couché mille fois, le déchet de boom,

Mais ça c'était avant,

Maintenant homme sage et rangé,

Je sais que tu iras loin, tu m'inspires tous les jours par ta motivation et ton ambition,

Je t'aime.

*A toi Myriam,*

En souvenir de nos soirées indécentes en ville,

Pensée spéciale à notre soirée Wallace près-Australie (comment est on rentrées...?),

Je suis heureuse que tu aies rencontré quelqu'un qui te corresponde,

Tu es une fille exceptionnelle et une véritable amie,

Je t'aime.

*A toi Hirsh,*

L'homme le plus relax de la terre et DJ à tes heures perdues,

Celui qui a le plus beau « zlip de bain » de la terre (merci la Tranche-sur-Mer),

Hâte que tu rentres de ton paradis terrestre !

« La petite » t'aime.

*A toi Antoine,*

Qui a su rendre mon semestre de bovine « grave cool »,

Qui m'a emmené faire un faaat tour en tracteur « John Deere »

Je te « kiff grave ».

*Et à tous ceux de la promo Pescadère que je n'ai pas cité mais avec qui j'ai vécu pleins de petites choses mémorables qui ont rendu mes cinq années à l'ENVT inoubliables : Lucie, Steve, Maxime, Claire, Pauline, Lise, Morgane, Jeff, Thomas, David*

**A ceux qui ont été là pour moi à Toulouse,**

*A Jérémie,*

Sans qui je n'aurai sûrement pas pu aller aussi loin, qui a rendu mes années de prépa agréables,

Pour l'accueil chaleureux de ta famille, pour tout ce qu'on a vécu ensemble,

Je te suis extrêmement reconnaissante et je suis heureuse que tu sois là aujourd'hui

*A Julie, Docteur Besson,*

Qui m'a fait découvrir le Wallace, les endroits « hype de Toulouse »,

On a appris à se connaître un peu trop tard à mon goût mais je suis ravie qu'on soit devenues amies,

Tu es une fille merveilleuse, pleine de vie,

Je t'admire énormément

*A Caro, Docteur Didier,*

Mon autre docteur préféré,

Un peu fofolle, toujours prête à prendre un verre et faire la fête,

Merci pour tes conseils et ton écoute quand je ne savais pas ce que je voulais faire de ma vie

*A Maxime,*

Le véritable top chef et sportif de haut niveau,

Je n'oublierai pas de si tôt ton tiramisu, la langue de bœuf, les soirées Dexter,

Merci pour tous les bons moments que l'on a passés !

*A Jules,*

Merci pour les machines, les faaaat pots de moutardes, les débats « heated »,

A quand le « threesum » ?

**Aux personnes qui m'ont beaucoup apporté au cours de mes études,**

*A Christian Pescadère,*

Le meilleur parrain de promotion que l'ENVT n'ait jamais connu,

Merci pour tous les restaurants que tu nous as offert, les nombreuses bières aux cercles, les danses endiablées,

Grâce à toi nous aurons des souvenirs uniques,

Tu as su nous épauler tout au long de ces cinq années,

Je suis fière d'être ta filleule et honorée que tu assistes à ma soutenance.

*To the anesthesia team of Cornell,*  
I loved the two weeks I spent in your service,  
I learned so much in so little time,  
You guys made me love every moment of this rotation,  
A special thought to Dr. Martin Flores, who became a mentor to me.

*To Dr Dyce and his surgery team at OSU,*  
In only three days you made me feel like I belonged there and thought me so much,  
I loved my first total hip replacement surgery, I won't ever forget how precise and quick it was,  
Thank you for taking me under your wing.

*Au Dr. Le Chevoir,*  
Qui m'a tout appris de la neurologie canine et féline,  
Merci pour ta patience, ton soutien et tes conseils.

*Au Dr Verwaerde,*  
Qui m'a soutenue pour mon année aux Etat-Unis,  
Et qui par sa passion m'a donné le goût de l'anesthésie et la réanimation,  
Merci de tes encouragements et de ta confiance.

*A l'équipe de la clinique Azurvet,*  
Sans qui cette thèse serait d'un tout autre genre,  
Merci pour votre temps, de votre patience et du savoir que vous m'avez transmis.

*A Jean-Louis Martins,*  
Mon premier patron,  
A qui je dois mes premiers pas dans la vie active,  
Tu m'inspires par ta dévotion envers tes patients et ta patience avec les clients,  
Merci de tes conseils et de ta confiance

**To the amazing people from all over the world,**  
*You guys all made me feel at home, where ever I was*

*To Brian,*  
I'll always remember my time at OTS and our long runs with Penny,  
I'm confident you will be a great veterinarian,  
I know we will keep in touch,  
Thank you for showing me the best time ever in Cornell.

*To Amanda and Mason,*  
The best couple I was ever given to meet,  
You guys saved me when I was all-alone in a foreign state,

You made me discover an all new side to beautiful Louisiana with the « Jambalaya », the « merveille », the brewery tour and home made beers,  
I hope I get to show you around France one day and make you feel as welcome as you two did,  
Thank you for an amazing roommate experience!

*To Paul,*

I won't forget the crazy road trip we did on the gold coast in our Hippy Van,  
Thank you for caring for me when I was miles away from home.

*To Scott,*

Who made me eat Kangaroo meat for the first time « façon flambé »  
Thank you for helping me out with my bike and my life on Werribee campus,  
Hope you make it to France one day to try our « foie gras »

*To Dave,*

You are a true french man, I loved showing you around Toulouse while Francis was sleeping,  
I'm happy you got to live your dream and are becoming a doctor,  
No doubts you will be excellent.

Liberté, Egalité, Fraternité  
In God we trust

## WHY STUDY

The more I study,  
The more I know,  
The more I know,  
The more I forget,  
The more I forget,  
The less I know,  
So Why Study ?

## TABLE DES MATIERES

<b>INTRODUCTION</b>	<b>20</b>
<b>I. L'ANATOMIE DE L'OREILLE</b>	<b>21</b>
<b>1.1- L'OREILLE EXTERNE</b>	<b>22</b>
1.1.1- L'AURICULE	23
1.1.1.a La charpente cartilagineuse	24
(i) Le cartilage de l'auricule	25
(ii) Le cartilage scutiforme	27
1.1.1.b Les muscles auriculaires	28
1.1.1.c Les vaisseaux et les nerfs	28
1.1.2- LE MEAT ACOUSTIQUE EXTERNE	31
1.1.2.a La charpente cartilagineuse et osseuse	31
1.1.2.b L'innervation du méat acoustique externe	32
<b>1.2- L'OREILLE MOYENNE</b>	<b>32</b>
1.2.1- LA MEMBRANE DU TYMPAN	33
1.2.2- LA CAISSE DU TYMPAN	36
1.2.3- LES OSSELETS DE L'OUÏE	40
1.2.3.a Topographie et conformation des osselets auditifs	40
(i) Le marteau ou Malleus	40
(ii) L'enclume ou Incus	41
(iii) L'étrier ou Stapes	42
1.2.3.b Articulation des osselets	43
1.2.3.c Muscles et innervations	44
(i) Le muscle tenseur du tympan	45
(ii) Le muscle stapédien	45
1.2.4-VAISSEAUX ET NERFS DE L'OREILLE MOYENNE	45
<b>1.3- L'OREILLE INTERNE</b>	<b>46</b>
1.3.1- LE LABYRINTHE OSSEUX	47
1.3.1.a Le vestibule	48
1.3.1.b Les canaux semi-circulaires	49
1.3.1.c La cochlée	50
1.3.2- LE LABYRINTHE MEMBRANEUX	52
1.3.2.a Utricule et saccule	53
1.3.2.b Conduits semi-circulaires	54
1.3.2.c Conduit cochléaire	55
1.3.3- VAISSEAUX ET NERFS DE L'OREILLE INTERNE	57
<b>1.4- SITUATION DE L'OREILLE DANS L'OS TEMPORAL</b>	<b>58</b>
1.4.1- LA PARTIE ECAILLEUSE DE L'OS TEMPORAL	59
1.4.2-LA PARTIE PETREUSE DE L'OS TEMPORAL	60
1.4.3-LA PARTIE TYMPANIQUE DE L'OS TEMPORAL	63
<b>II. LA TOMODENSITOMETRIE ET L'IMAGERIE PAR RESONANCE MAGNETIQUE : PRINCIPES PHYSIQUES, FONCTIONNEMENT ET IMAGES NORMALES DE L'OREILLE CHEZ LES CHIENS ET LES CHATS</b>	<b>65</b>
<b>2.1 LES PRINCIPES GENERAUX DE LA TOMODENSITOMETRIE ET DE L'IMAGERIE PAR RESONANCE MAGNETIQUE</b>	<b>65</b>

2.1.1	CONCEPTS GENERAUX DE FORMATION D'IMAGES AVEC L'IRM ET LE SCANNER	67
2.1.2-	LA TOMODENSITOMETRIE, GRANDS PRINCIPES ET FONCTIONNEMENT	69
2.2.1.a	Formation de l'image	69
2.2.1.b	Fonctionnement de l'appareil de tomodensitométrie, la géométrie du système	74
2.2.1.c	Les artéfacts	76
2.1.3	L'IMAGERIE PAR RESONNANCE MAGNETIQUE, PRINCIPES ET FONCTIONNEMENT	77
2.1.3 a	Origine de la résonance magnétique nucléaire	78
(i)	Spin nucléaire et moment magnétique nucléaire	78
(ii)	Mouvement de précession et fréquence de Larmor	79
(iii)	Phénomène de résonance, phase d'excitation et phase de relaxation	80
2.1.3 b	Instrumentation IRM	83
2.1.3c	Les séquences d'IRM	85
(i)	Séquences écho de spin	85
(ii)	Pondération T1, pondération T2 et contraste tissulaire	87
(iii)	Codage spatial : Localisation du signal de résonance magnétique	88
(iv)	Sélection des séquences d'écho de spin	89
(v)	Sélection des séquences d'inversion-récupération : STIR et FLAIR	89
2.1.3 d	Produits de contraste en IRM	90
2.1.3 e	Qualité de l'image, temps d'acquisition et artéfacts	90
<b>2.2</b>	<b>LES IMAGES NORMALES SCANNER ET IRM DE L'OREILLE DES CARNIVORES DOMESTIQUES</b>	<b>92</b>
2.2.1.	ASPECT TECHNIQUE DE L'ACQUISITION DES IMAGES TOMODENSITOMETRIQUES ET IRM DE L'OREILLE DES CARNIVORES DOMESTIQUES	92
2.2.1.a	Tomodensitométrie	92
2.2.1.b	IRM	92
2.2.1.c	Reconstruction des images	93
2.2.2	LES IMAGES DE TOMODENSITOMETRIE NORMALES DE CHIENS ET DE CHATS	93
2.2.3	LES IMAGES D'IRM NORMALES DE CHIENS ET DE CHATS	100
2.2.3.a	Séquence Echo Spin en pondération T1	101
(i)	Coupes transversales	101
(ii)	Coupes frontales	104
2.2.3.b	Séquence Fast Echo Spin en pondération T2	105
<b><u>III. PATHOLOGIES DE L'OREILLE DES CARNIVORES DOMESTIQUES DONT LE DIAGNOSTIC EST FACILITE PAR UN EXAMEN DE TOMODENSITOMETRIE ET/OU D'IRM</u></b>		<b>109</b>
<b>3.1</b>	<b>LES AFFECTIONS DE L'OREILLE EXTERNE CHEZ LES CARNIVORES DOMESTIQUES</b>	<b>109</b>
<b>3.2</b>	<b>LES AFFECTIONS DE L'OREILLE MOYENNE</b>	<b>109</b>
3.2.1	LES OTITES MOYENNES AIGUES	110
3.2.1.a	Mise en évidence d'un cholestéatome : changements structuraux associés	113
(i)	Apport de la littérature	113
(ii)	Cas clinique et illustration de l'apport du scanner dans le diagnostic du cholestéatome canin	116
3.2.1.b	Mise en évidence d'otites moyenne primaires : changements structuraux associés	117
(i)	Apport de la littérature	117
(ii)	Cas clinique et illustration de l'apport du scanner dans le bilan d'extension d'une masse caudale à l'oreille chez un chat	121
3.2.2	LES OTITES MOYENNES CHRONIQUES	123
3.2.2.a	Apports de la littérature	123
3.2.2.b	Cas clinique et illustration de l'apport du scanner dans le diagnostic étiologique d'une otite moyenne chez un chat (polype)	123
<b>3.3</b>	<b>LES AFFECTIONS DE L'OREILLE INTERNE</b>	<b>125</b>

3.3.1 LES OTITES INTERNES	125
3.3.2 ATTEINTE DE L'APPAREIL VESTIBULAIRE	126
3.3.2.a L'appareil vestibulaire, organe de l'équilibre	126
3.3.2.b Syndromes vestibulaires : les apports du scanner et de l'IRM dans le diagnostic étiologique	127
(i) Apports de la littérature	127
(ii) Cas clinique et illustration de l'apport du scanner dans l'exploration d'un syndrome vestibulaire chez un chien	129
(iii) Cas clinique et illustration de l'apport du scanner dans l'exploration d'un syndrome vestibulaire chez un chat	132
3.3.3 ATTEINTE DE LA COCHLEE	135
3.3.3.a L'audition	135
3.3.3.b Surdité : les apports du scanner et de l'IRM dans le bilan lésionnel	136
(i) Surdité obstructive, apport de la littérature	136
(ii) Cas clinique et illustration de l'apport du scanner dans le diagnostic étiologique d'une surdité obstructive	136
(iii) Surdité neurosensorielle	138
<b>CONCLUSION</b>	<b>139</b>
<b>ANNEXE</b>	<b>142</b>
<b>I. LES AFFECTIONS DU CONDUIT AUDITIF EXTERNE</b>	<b>142</b>
1.1 LES OTITES EXTERNES	142
1.2 LES ALLERGIES	142
1.3. LES MALADIES ENDOCRINIENNES	142
1.4 LES ECTOPARASITES	142
1.5 LES DESORDRES KERATO-SEBORRHEIQUES	143
1.6. LES MALADIES AUTO-IMMUNES	143
1.7 IDIOPATHIQUE	143
1.8 LES CORPS ETRANGERS	143
1.9 LES PROCESSUS NEOPLASIQUES ET HYPERPLASIE DU CONDUIT AUDITIF EXTERNE	144
<b>II. AUTRES TYPES DE SEQUENCES IRM</b>	<b>145</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>146</b>

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

<i>Figure 1 : Représentation schématique de l'oreille, vue en coupe [6]</i>	22
<i>Figure 2 : Oreille gauche canine, rasée [5]</i>	23
<i>Figure 3 : Oreille droite de chat montrant les conduits auditifs et l'oreille moyenne. Image obtenue par tomodensitométrie - Coupe transversale (fenêtre type os) [5]</i>	24
<i>Figure 4 : Cartilage auriculaire gauche de chien comparé à celui humain. [5]</i>	25
<i>Figure 5 : Cartilage auriculaire, oreille externe droite. [11]</i>	26
<i>Figure 6 : Cartilage scutiforme-Cartilago scutiformis [11]</i>	27
<i>Figure 7 : Vascularisation de la tête de chien [5]</i>	28
<i>Figure 8 : Vaisseaux et nerfs de l'oreille externe avec une portion du muscle digastrique retiré [13]</i>	30
<i>Figure 9 : Cartilage annulaire - Cartilago anularis [11]</i>	31
<i>Figure 10 : Surface médiale et section transversale de la membrane tympanique canine [5]</i>	33
<i>Figure 11 : Vue lors de l'examen otoscopique de la membrane du tympan chez un chat [5]</i>	34
<i>Figure 12 Dessin de la vue médiale de l'oreille moyenne droite associée à la cochlée [11]</i>	35
<i>Figure 13 : Photos des structures de l'oreille moyenne [6] (Dr.F.D. Hartmann)</i>	36
<i>Figure 14 : La caisse du tympan et ses trois parties [6]</i>	36
<i>Figure 15 : Coupe schématique passant par l'oreille interne, l'oreille moyenne et le méat acoustique externe chez le chien [11]</i>	37
<i>Figure 16 : Image scanner de l'oreille moyenne. Auteur DR.A.Probst, Wien [6]</i>	39
<i>Figure 17 : Les osselets de l'ouïe (oreille gauche)- vue médio-craniale [5]</i>	40
<i>Figure 18 : Image radiographique du marteau (Malleus) [6]</i>	41
<i>Figure 19 : Image radiographique de l'enclume (Incus) [6]</i>	42
<i>Figure 20 : Image radiographique de l'étrier (Stapes) [6]</i>	43
<i>Figure 21 : Dessin d'une vue médiale de l'oreille moyenne droite montrant les osselets auditifs et leurs muscles [11]</i>	44
<i>Figure 22 : Vue schématique de la membrane tympanique, des osselets de l'oreille moyenne et l'oreille interne [11]</i>	46
<i>Figure 23 : Le labyrinthe osseux renferme le labyrinthe membraneux [11]</i>	48
<i>Figure 24 Labyrinthe osseux droit, aspect ventral [11]</i>	49
<i>Figure 25 : Cochlée et conduit cochléaire [5]</i>	51
<i>Figure 26 A- Labyrinthe membraneux B- Section de l'ampoule [5]</i>	52
<i>Figure 27 : Le labyrinthe membraneux de l'oreille interne chez un chien [11]</i>	55
<i>Figure 28 : Oreille interne droite en position in situ dans la partie pétreuse de l'os tympanique, aspect dorsal [11]</i>	58
<i>Figure 29: Os temporal gauche, aspect médial [11]</i>	59
<i>Figure 30 : Os temporal gauche, aspect latéral [11]</i>	60
<i>Figure 31 Os temporal gauche, aspect ventral [11]</i>	61
<i>Figure 32 : Os temporal, aspect rostral [11]</i>	63
<i>Figure 33 : Tomodensitométrie et abolition de la superposition [34]</i>	65
<i>Figure 34 : L'IRM, une meilleure résolution en contraste [34]</i>	66
<i>Figure 35 : De Voxels aux Pixels [34]</i>	67
<i>Figure 36 : Signal tissulaire et traduction informatique [34]</i>	68

Figure 37 : Le coefficient d'atténuation $\mu$ [36]	70
Figure 38 : Echelle de Hounsfield [39]	72
Figure 39 : Visualisation : notion de fenêtre et de niveau, d'après Hounsfield [40]	73
Figure 40 : Différences entre fenêtres type « os » et fenêtre type « tissu mou » [34]	74
Figure 41 : Arrangement spatial des détecteurs dans l'arceau [34]	75
Figure 42 : Apport des produits de contraste en tomodynamométrie [34]	76
Figure 43 : Spin individuel [34]	78
Figure 44 : Spin dans les tissus sans champ $B_0$ [34]	78
Figure 45 : Spin dans les tissus soumis à un champs $B_0$ [34]	79
Figure 46 : Mouvement de précession. [34]	80
Figure 47 : La relaxation T1 [34]	82
Figure 48 : Apparence extérieure des IRM à Bas et Haut champs [39]	83
Figure 49 : La relaxation T2 et T2* [34]	86
Figure 50 : Configuration standard d'une séquence standard d'écho de spin. [34]	87
Figure 51: Image tomodynamométrique de l'oreille droite de chien, au niveau de la jonction os temporal et os occipital Azurvet©	94
Figure 52: Image tomodynamométrique de l'oreille droite de chien montrant les canaux semi-circulaires osseux Azurvet©	94
Figure 53: Image tomodynamométrique de l'oreille droite de chien montrant la bulle tympanique, les canaux semi-circulaires et le vestibule Azurvet©	95
Figure 54: Image tomodynamométrique de l'oreille droite de chat montrant la bulle tympanique, les canaux semi-circulaires et le vestibule Azurvet©	95
Figure 55: Image tomodynamométrique de l'oreille droite de chien montrant le vestibule et les nerf crâniens Azurvet©	96
Figure 56 : Image tomodynamométrique de l'oreille droite de chat montrant le vestibule et les nerfs crâniens Azurvet©	96
Figure 57: Image tomodynamométrique de l'oreille droite de chien montrant la chaine des osselets, les nerfs crâniens, le vestibule, la cochlée Azurvet©	97
Figure 58: Image tomodynamométrique de l'oreille droite de chien montrant le les nerfs crâniens, la bulle tympanique, la chaine des osselets et la cochlée Azurvet©	97
Figure 59 : Image tomodynamométrique de l'oreille droite de chat montrant les nerfs crâniens, la bulle tympanique, la chaine des osselets et la cochlée Azurvet©	98
Figure 60: Image tomodynamométrique de l'oreille droite de chien montrant les nerf crâniens Azurvet©	98
Figure 61: Image tomodynamométrique de l'oreille droite de chien au niveau de l'os temporal et de l'os basisphenoïde Azurvet©	99
Figure 62 : Image tomodynamométrique de l'oreille droite de chat au niveau de l'os temporal et de l'os basisphenoïde Azurvet©	99
Figure 63: Image tomodynamométrique des oreilles de chien Azurvet©	100
Figure 64: Image IRM de l'oreille droite de chien montrant les canaux semi-circulaires membraneux	101
Figure 65: Image IRM de l'oreille droite de chien montrant le vestibule et ses structures membraneuses	101
Figure 66: Image IRM de l'oreille droite de chien montrant les nerf crâniens IX, X, XI	102

Figure 67: Image IRM de l'oreille droite de chat montrant les nerf crâniens IX, X, XI _____	102
Figure 68: Image IRM de l'oreille droite de chat montrant les canaux semi-circulaires et la cochlée _____	102
Figure 69: Image IRM de l'oreille droite de chien montrant le nerf crânien V _____	103
Figure 70: Image IRM de l'oreille droite de chat montrant le nerf crânien V _____	103
Figure 71: Image IRM des oreilles de chien montrant la trompe auditive _____	103
Figure 72: Image IRM des oreilles de chien montrant les nerfs crâniens V, VII, VIII _____	104
Figure 73: Image IRM des oreilles de chat montrant nerfs crâniens V, VII, VIII _____	104
Figure 74: Image IRM des oreilles de chien montrant le vestibule et les nerf crâniens _____	105
Figure 75: Image IRM de l'oreille droite de chat montrant le vestibule et les nerf crâniens _____	105
Figure 76: Image IRM des oreilles de chien montrant la cochlée et les nerfs crâniens _____	106
Figure 77: Image IRM de l'oreille gauche de chat montrant a cochlée et les nerf crâniens _____	106
Figure 78: Image IRM des oreilles de chat montrant la trompe auditive _____	107
Figure 79: Otite moyenne associé à une otite externe chez un chien. Séquences en écho de spin pondération T1 et T2, pré et post contraste, coupe transversale [66] _____	112
Figure 80 : Choléstéatome chez un chien. Séquences en écho de spin pondération T1 et T2, pré et post contraste, coupe transversale, frontal et sagittale [66] _____	114
Figure 81: Coupe transversale, filtre tissus mous Azurvet© _____	116
Figure 82 : Coupe transversale, filtre osseux Azurvet© _____	117
Figure 83 : Carcinome de l'épithélium pavimenteux chez un chien. Séquences en écho de spin pondération T1 et T2, pré et post contraste, coupe transversale, frontale et sagittale [66] _____	119
Figure 84 : Coupe transversale, filtre osseux Azurvet© _____	121
Figure 85 : coupe frontale, filtre osseux, reconstruction 3D MPR Azurvet© _____	122
Figure 86 : Coupe transversale, filtre osseux Azurvet© _____	122
Figure 87 : Coupe transversale, filtre tissus mous, pré et post contraste Azurvet© _____	124
Figure 88 : Coupe transversale, filtre osseux Azurvet© _____	124
Figure 89 : Atteinte du nerf faciale et du nerf vestibulo-cochléaire chez un berger blanc suisse de 7 ans. Séquences en écho de spin pondération T1, post contraste, coupe transversale ©2012 The University of Tennessee [23] _____	128
Figure 90: Otite moyenne septique avec extension intracrânienne chez un chat Siamois femelle stérilisée d'un an. Séquences en écho de spin pondération T1, post contraste, coupe transversale ©2012 The University of Tennessee [23] _____	129
Figure 91 : Reconstruction 3D MPR, coupe frontale, filtre tissus mous Azurvet© _____	130
Figure 92 : Coupes transversales, pré et post contraste, filtre tissus mous Azurvet© _____	130
Figure 93 : Coupe transversale, filtre osseux Azurvet© _____	131
Figure 94 : Coupes transversales, filtre osseux Azurvet© _____	132
Figure 95 : Coupes transversales, post contraste, filtre tissus mous Azurvet© _____	133
Figure 96 : Reconstruction 3D MPR, coupe frontale, filtre tissus mous Azurvet© _____	133
Figure 97 : coupe transversale, filtre osseux Azurvet© _____	137
Figure 98 : Reconstruction 3D MPR, coupe frontale, filtre osseux Azurvet© _____	137
Figure 99 : Tableau de conclusion _____	140

## INTRODUCTION

L'oreille des mammifères est divisée en trois parties: l'oreille externe, seule partie visible, l'oreille moyenne et l'oreille interne ; ces deux dernières sont incluses dans l'os temporal.

L'oreille est l'organe vestibulo-cochléaire, responsable à la fois de l'équilibre et de l'ouïe. Elle s'organise en un complexe réseau cartilagineux, osseux et membraneux, formant une structure hautement spécialisée en lien avec sa double fonction.

Mis à part l'auricule, partie saillante de l'oreille externe, l'ensemble est contenu dans un volume n'excédant pas quelques centimètres cubes.

Les particularités anatomo-fonctionnelles de cet organe rendent son exploration et le diagnostic des affections de l'oreille délicats.

Or si l'on s'intéresse à la prévalence des affections de l'oreille chez les carnivores domestiques présentés aux vétérinaires, on remarque que celle-ci est élevée. En effet la fréquence des pathologies de l'oreille s'étend de 7.5 à 16.5% chez les chiens et de 2 à 6.2% chez les chats, toutes affections confondues. **[1, 2, 3, 4]**

Bien qu'un examen otoscopique complet et consciencieux soit la base de toute évaluation d'une pathologie de l'oreille il est souvent bénéfique de faire appel à des outils diagnostiques spécialisés, particulièrement en cas d'affection de l'oreille moyenne ou de l'oreille interne.

L'imagerie tomodensitométrique (communément appelé scanner) et l'imagerie par résonance magnétique (IRM) trouvent toute leur importance dans l'évaluation de l'organe vestibulo-cochléaire, de part leur nature tomographique et leur haute résolution en contraste.

A l'heure actuelle l'IRM et la tomodensitométrie ne sont pas des examens de première ligne en médecine vétérinaire mais ils se développent et se perfectionnent de jour en jour.

L'exploitation de ces deux techniques d'imagerie permet d'obtenir des informations déterminantes dans le diagnostic, le traitement et le suivi des affections de l'oreille des chiens et des chats.

Tout vétérinaire désireux d'interpréter correctement une image tomodensitométrique ou IRM d'une affection de l'oreille des chiens et chats se doit de connaître en détail l'anatomie de celle-ci et de savoir reconnaître une image normale.

Ainsi nous proposons en premier lieu de reprendre l'anatomie de l'oreille et de détailler ses différentes parties.

Puis nous introduisons les principes fondamentaux de l'imagerie tomodensitométrique (ou scanner à rayons X) et de l'IRM afin de comprendre comment les images obtenues se forment et de pouvoir les interpréter. Des images normales et légendées de l'oreille des chiens et des chats, obtenues avec le scanner et l'IRM, seront présentées

Enfin nous nous intéresserons aux affections de l'oreille dont le diagnostic fait appel à ces deux techniques d'imagerie. Les illustrations de ces affections se feront par des images IRM prises dans la littérature ainsi que par des images scanner obtenues à la clinique d'Azurvet, centre de références en imagerie et en neurologie.

## I. L'ANATOMIE DE L'OREILLE

L'oreille est l'organe vestibulo-cochléaire (*Organum vestibulocochleare*), responsable à la fois de l'audition et de l'équilibre des mammifères.

Celui-ci est divisé en trois parties : l'oreille externe (*Auris externa*), l'oreille moyenne (*Auris media*) et l'oreille interne (*Auris interna*). C'est cette dernière qui permet les deux fonctions évoquées précédemment, grâce à l'association, dans un complexe ostéo-membraneux commun, d'épithéliums sensoriels hautement spécialisés. Il en découle que l'oreille interne constitue l'organe vestibulo-cochléaire à proprement parler.

Cet organe permet d'une part de convertir les stimuli mécaniques produits par les sons en influx nerveux dans la partie cochléaire, responsable de l'ouïe. D'autre part l'action d'une faible quantité de fluide (l'endolymphe) et de cristaux microscopiques, situés au niveau de la partie vestibulaire, permet à l'animal de percevoir le positionnement et les mouvements de sa tête dans le champ de gravité terrestre.

L'oreille externe et l'oreille moyenne sont affectées uniquement à la transmission des sons et seule l'oreille externe est visible. [5]

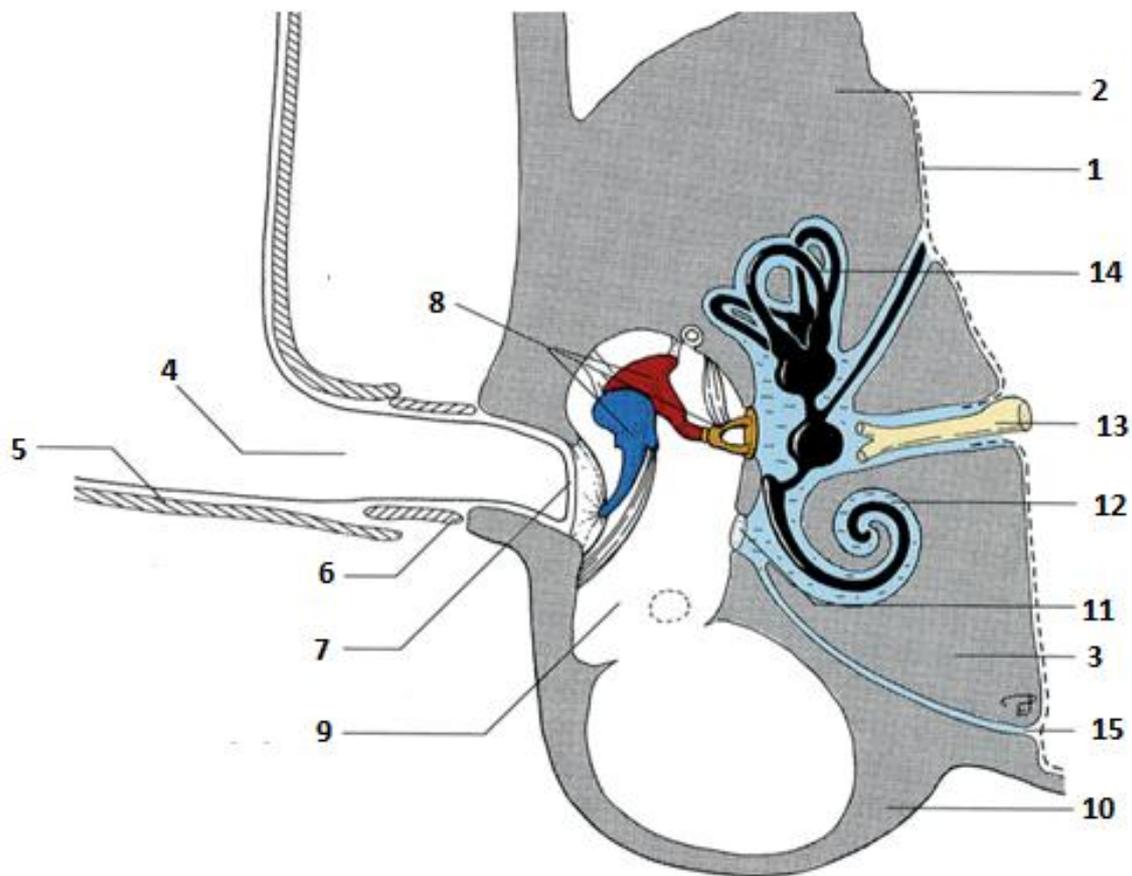


Figure 1 : Représentation schématique de l'oreille, vue en coupe [6]

**1. Meninges 2. Pars petrosa, Os temporale 3. Pars tympanica, Os temporale 4. Meatus acusticus externus cartilagineus 5. Cartilago auriculæ 6. Cartilago anularis 7. Membrana tympani 8. Ossicula auditus 9. Cavum tympani, Auris media 10. Bulla tympanica, Pars tympanica, Os temporal 11. Foramen cochleæ 12. Cochlea 13. Nervus vestibulocochlearis 14. Vestibular apparatus, Ductus semicirculares 15. Ductus perilymphaticus**

## 1.1- L'OREILLE EXTERNE

Elle permet de recueillir et d'identifier l'origine des ondes sonores. Une fois recueillies, ces ondes sont dirigées sur la membrane du tympan (*Membrana tympani*) qui transmet les vibrations à l'oreille moyenne.

L'oreille externe comprend à la fois une partie saillante, l'auricule (*Auricula*) et une partie tubulaire, le méat acoustique externe (*Meatus acusticus externus*). Ce dernier va de la base de l'auricule jusqu'à la membrane tympanique en passant dans une ouverture de l'os temporal, la partie tympanique de cet os.

### 1.1.1- L'AURICULE

Le pavillon auriculaire ou auricule est une sorte d'entonnoir semi-rigide et élastique. Il est largement ouvert en partie distale, la scapha (*Scapha*), pour recevoir les sons et il s'enroule, en partie proximale, en forme de tube qui se courbe médialement, le *Cavum conchae*. Ce dernier se connecte au méat acoustique externe.

L'auricule est mobilisée par de multiples muscles insérés à sa base qui lui permettent de se tourner vers la source du son. Chez les chiens et les chats, les auricules droites et gauches peuvent être mobilisées indépendamment les autorisant ainsi à se concentrer sur deux sons indépendants. Ces animaux ne sont pas obligés de tourner la tête, contrairement aux hommes qui ont une auricule brève et immobile.

La forme de l'auricule est déterminée par une charpente cartilagineuse constituée par le cartilage de l'auricule (*Cartilago auriculae*), le cartilage scutiforme (*Cartilago scutiformis*) et le cartilage annulaire (*Cartilago anularis*).

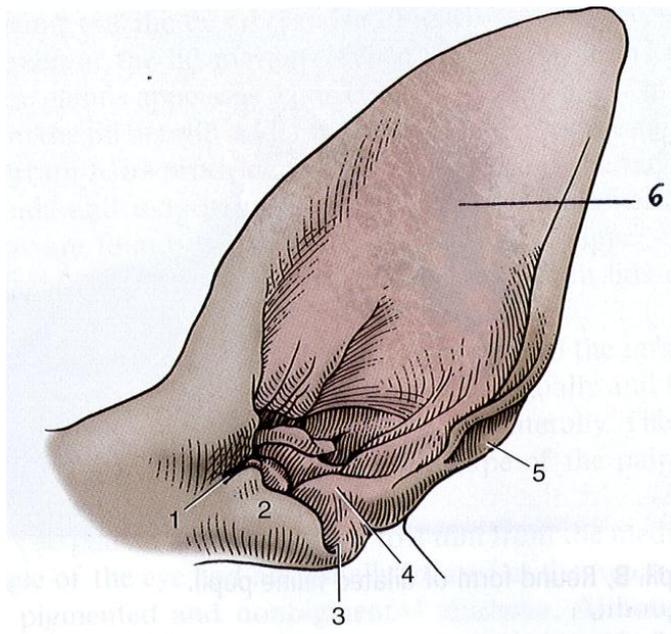


Figure 2 : Oreille gauche canine, rasée [5]

**1. Incisura pretragica 2. Tragus 3. Incisura intertragica 4. Margo antitragicus 5. Replis cutanés 6. Scapha**



Figure 3 : Oreille droite de chat montrant les conduits auditifs et l'oreille moyenne. Image obtenue par tomodensitométrie - Coupe transversale (fenêtre type os) [5]

**1. Meatus acusticus externus 2. Cavum tympani, Auris media 3. Bulla tympanica 4. Pars petrosa, Os temporale 5. Pars nalis pharyngis**

Il existe une grande diversité de forme, de taille et de port (dressé ou tombant) de l'auricule chez les chiens. On ne sait pas si cette diversité influence la qualité de l'ouïe.

En ce qui concerne les chats les oreilles sont de forme et taille plus homogènes et le port est dressé à l'exception des Scottish Fold chez qui la partie distale du cartilage auriculaire se plie rostro-ventralement vers quatre semaines d'âge. [5] [7]

Nous allons décrire les cartilages de l'auricule et scutiforme. Le cartilage annulaire sera décrit avec le méat acoustique externe, dans la paroi duquel il se loge.

#### 1.1.1.a La charpente cartilagineuse

La peau revêt directement tout le cartilage mais elle est plus adhérente en partie concave que convexe. [8] [9] [10] La description qui suit correspond à l'anatomie externe détaillée de la face interne (ou médiale) de l'auricule lorsque celle-ci est en position dressée.

## (i) Le cartilage de l'auricule

C'est une mince lame de cartilage élastique. Etalé en partie distale, il s'enroule en cornet en partie proximale où ses bords se chevauchent au niveau de sa base et se poursuivent pour former le canal auriculaire vertical et une partie du canal auriculaire horizontal, jusqu'au méat acoustique externe. Il est percé de multiples petits orifices permettant le passage de vaisseaux.

Ce cartilage définit des zones anatomiques importantes, permettant de se repérer lors de chirurgies : l'hélix (*Helix*), l'anthélix (*Anthelix*), le tragus (*Tragus*), l'antitragus (*Antitragus*) et la scapha.

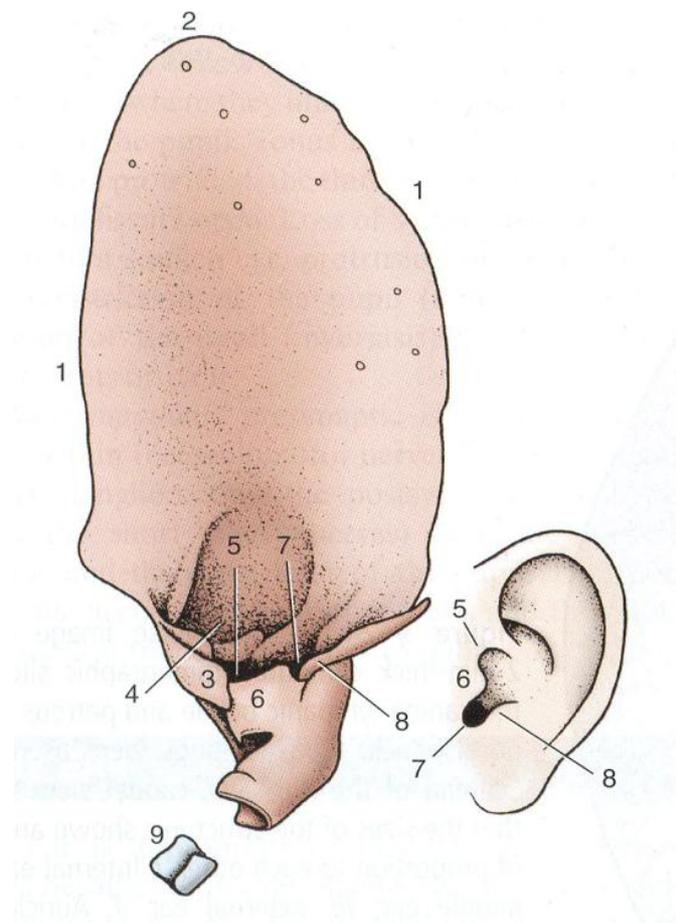


Figure 4 : Cartilage auriculaire gauche de chien comparé à celui humain.[5]

1. Helix 2. Apex auriculæ 3. Crus helix medialis 4. Crus helix lateralis 5. Incisura pretragica 6. Margo tragicus 7. Incisura intertragica 8. Margo antitragicus 9. Cartilago anularis

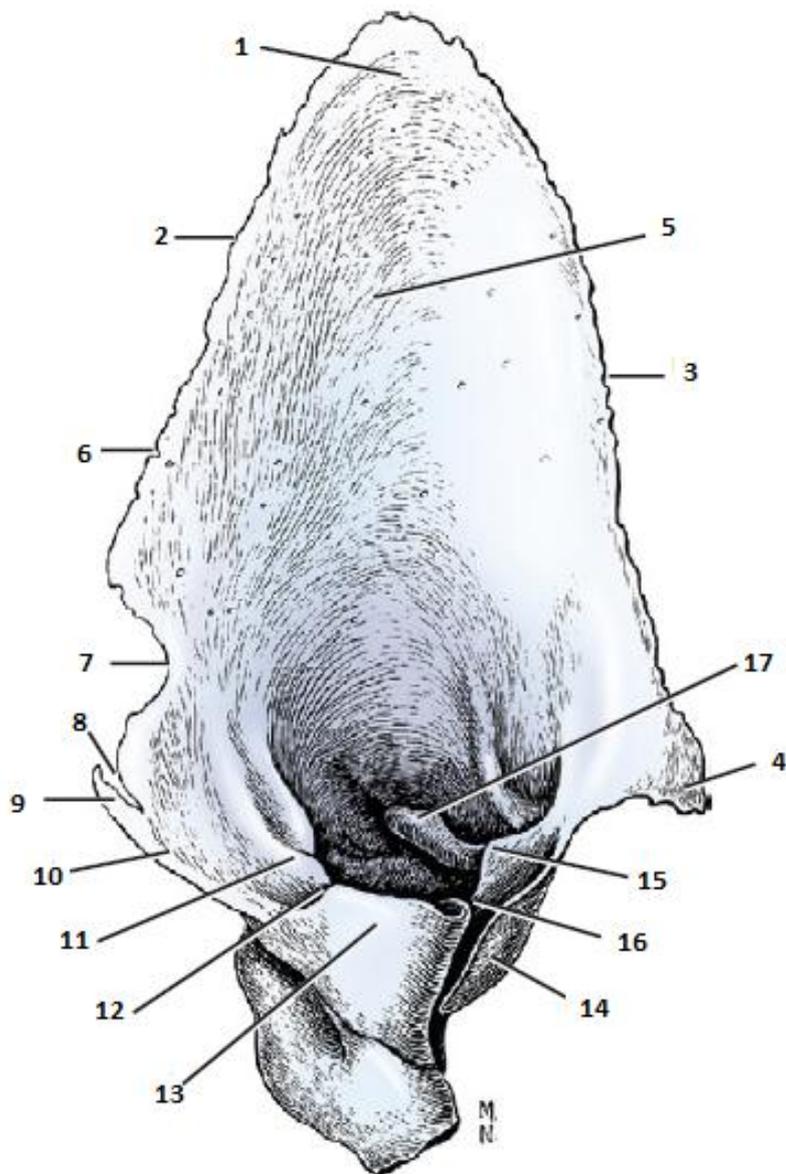


Figure 5 : Cartilage auriculaire, oreille externe droite. [11]

1. Apex 2. Helix, Crus helicis laterale 3. Helix, Crus helicis mediale 4. Spina helicis 5. Scapha 6. Foramen (passage de vaisseaux sanguins) 7. Incisura laterale, Helix 8. Incisura antitragicohelicina 9. Processus styloideus 10. Processus antitragicus medialis 11. Processus antitragicus lateralis 12. Incisura intertragica 13. Tragus 14. Crus helicis mediale 15. Crus helicis laterale 16. Incisura pretragica 17. Anthelix

L'hélix est le fin repli observable sur le pourtour de la face médiale de l'auricule. Celui-ci comprend deux bords se rejoignant à l'apex de l'auricule : un rostro- médial ou marge tragique (*Margo tragicus*) et un caudo-latéral ou marge anti-tragique (*Margo antitragicus*). L'épine de l'hélix (*Spina helicis*) est visible à la base de la marge tragique. La surface apicale de la face médiale de l'auricule correspond à la Scapha. La base de l'auricule présente une surface convexe formant une dépression qui porte le nom de conque auriculaire (*Concha auriculae*). La séparation de ces deux surfaces est matérialisée par un pli transverse, l'anthélix.

A la base de l'auricule, se trouve le pore acoustique externe (*Porus acusticus externus*) début du méat acoustique externe. Il est délimité par quatre structures.

- Latéralement se trouve le tragus, méplat quadrangulaire, irrégulier, recouvrant l'anthélix en vue externe.
- Rostralement par le pilier de l'hélix, repli important de l'hélix à la base de la marge tragique. Ce dernier est séparé du tragus par l'incisure prétragique (*Incisura pretragica*). En toute rigueur ce repli est en fait composé de deux piliers : l'un médio-caudal (*Crus helicis mediale*) et l'autre rostro-latéral (*Crus helicis laterale*).
- Caudalement se trouve l'antitragus formé par deux processus, médial (*Processus antitragicus medialis*) et latéral (*Processus antitragicus lateralis*), séparé du tragus par l'incisure intertragique (*Incisura intertragica*), et de la marge anti-tragique par le sac cutané marginal (*Saccus cutaneus marginalis*).
- Enfin médialement se trouve la conque auriculaire. [12]

Chez le chat le cartilage de l'auricule n'atteint pas l'extrémité de l'apex, qui est purement cutanée.

## (ii) Le cartilage scutiforme

C'est une petite plaque de cartilage élastique. Il est localisé à la surface du muscle temporal (*Musculus temporalis*). Le cartilage scutiforme est rattaché à la base du cartilage de l'auricule ou au pourtour de la fosse temporale par de nombreux muscles plats (muscles scutulaires). Il est très mobile et se comporte pareillement à un os sésamoïde. [12]

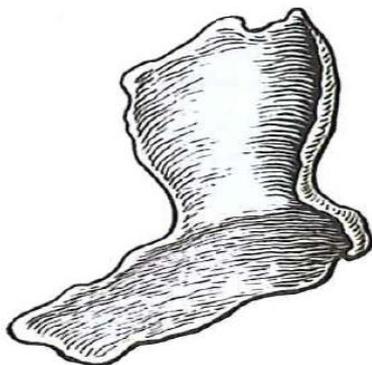


Figure 6 : Cartilage scutiforme-Cartilago scutiformis [11]

### 1.1.1.b Les muscles auriculaires

Les muscles de l'oreille externe constituent deux groupes bien différents :

- les muscles extrinsèques qui sont les muscles cutanés de l'oreille,
- les muscles intrinsèques qui sont appliqués directement sur le cartilage de l'auricule dont ils sont sensés modifier la forme.

Les muscles peuciers de l'oreille permettent les mouvements auriculaires. Ils prennent origine sur les os et les fascias de la tête ou de la nuque, et se terminent sur les cartilages de l'oreille externe. Certains unissent entre eux ces cartilages.

Tous ces muscles sont innervés par des branches du nerf facial moteur VII (*Nervus facialis*).

### 1.1.1.c Les vaisseaux et les nerfs

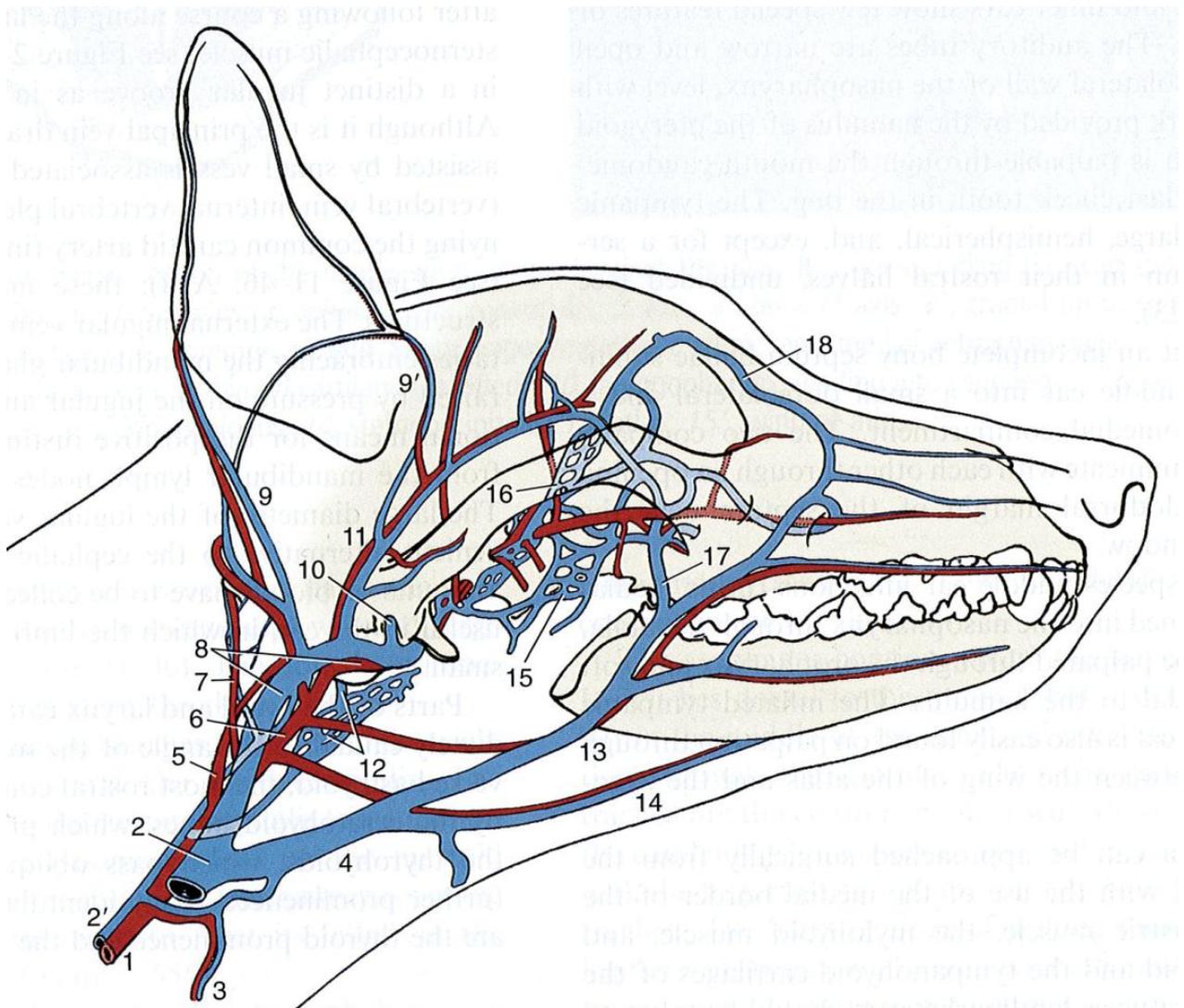


Figure 7 : Vascularisation de la tête de chien [5]

**Artères (*Arteriae*) (rouge) et veines (*Venae*) (bleu) majeures de la tête d'un chien. La ramification de la mandibule a été supprimée. 1. A. carotides communes 2. V. jugularis externa 2'. V. jugularis interna 3. Thyroidea cranialis 4. Linguofacialis 5. A. carotide interna 6. A. carotide externa 7. Occipitalis 8. Maxillaris 9,9'. Auricularis magna, Auricularis rostralis 10. Emissaria foraminis rotundi 11. Temporalis superficialis 12. Emissaria foraminis ovalis, plexus venosus pharyngeal 13. Facialis 14. Lingualis 15. Plexus pterygoidei 16. Plexus ophthalmicus 17. Plexus facialis 18. Angularis oculi**

L'auricule reçoit son sang de l'artère auriculaire caudale (*Arteriae auricularis magna*) et de l'artère auriculaire rostrale (*A. auricularis rostralis*) ou des rameaux auriculaires rostraux de l'artère temporale superficielle (*A. temporalis superficialis*).

Ces divers rameaux s'élèvent sur le dos de l'auricule en direction de l'apex : le rameau médial près du bord tragique et le latéral près du bord anti-tragique. Ils s'anastomosent en arcades et forment un riche réseau vasculaire sur la face dorsale de l'auricule. Des rameaux perforants traversent en outre le cartilage auriculaire pour aller rejoindre le réseau de la face concave, lequel est alimenté par l'artère auriculaire profonde (*A.auricularis profunda*) (une branche de l'artère auriculaire caudale).

Les veines accompagnent les artères.

Les lymphatiques sont drainés par les nœuds lymphatiques parotidiens (*Lymphonodi parotidei superficiales*) et retropharyngiens latéraux (*Lymphonodi retropharyngei*).

L'innervation sensitive, très riche, est constituée :

- par les nerfs auriculaires rostraux (*Nervi auriculares rostrales*) émis par le nerf auriculo-temporal (*Nervus auriculotemporalis*), lui-même issu du nerf mandibulaire (*N. mandibularis*), sous division du nerf trijumeau (*N. trigeminus*) ;
- le nerf grand auriculaire (*N. auricularis magnus*), issu de la branche ventrale du nerf cervical II ;
- le nerf occipital majeur (*N. occipitalis magus*), émis par le nerf cervical I, qui innerve la base de l'auricule du côté médian et assure la sensibilité du bord latéral de l'auricule.

Les nerfs auriculaires rostraux innervent la surface rostrale de l'auricule et la partie cartilagineuse du méat acoustique externe.

Par ailleurs l'innervation des muscles de l'oreille dépend entièrement du nerf facial, qui donne le nerf auriculaire caudal (*N. auricularis caudalis*) et le nerf auriculo-palpébral (*N. auriculopalpebralis*).

Un petit territoire cutané situé à la face interne de la conque auriculaire est innervé par le rameau auriculaire interne (*Ramus auricularis internus*) constitué de fibres nerveuses issues du nerf VII (*N. facialis*) et du rameau auriculaire du nerf vague X (*Ramus auricularis nervi vagi*).

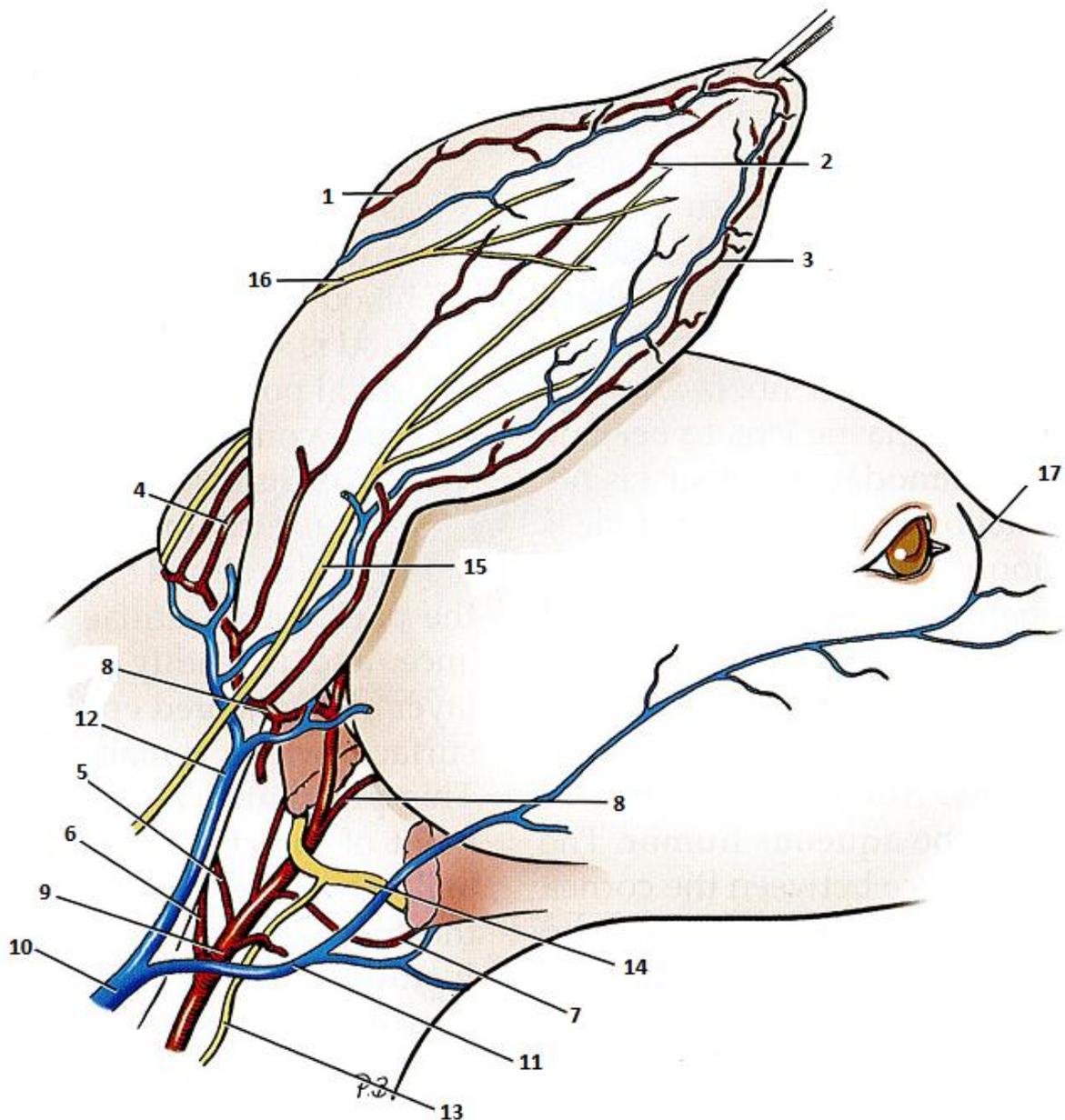


Figure 8 : Vaisseaux et nerfs de l'oreille externe avec une portion du muscle digastrique retiré [13]

En jaune les nerfs (Nervi), en rouge les artères et en bleu les veines.

1. A. auricularis medialis 2. A. auricularis intermedia 3. A. auricularis lateralis 4. A. auricularis profunda 5. A. occipitalis 6. A. carotide interna 7. A. lingualis 8. A. auricularis magna 9. A. carotide externa 10. V. jugularis externa 11. V. lingualis-facialis 12. V. maxillaris 13. Ansa cervicalis 14. N. hypoglossus 15. N. auricularis magnus 16. N. occipitalis magus 17. V. angularis oculi

### 1.1.2- LE MEAT ACOUSTIQUE EXTERNE

Il est contenu dans les portions verticale et horizontale du conduit auditif externe et s'étend du fond de la conque auriculaire à la membrane du tympan.

Le conduit auditif externe peut être divisé en trois parties, la partie formée par le cartilage auriculaire, la partie formée par le cartilage annulaire et la partie osseuse.

Le méat acoustique externe quant à lui se découpe en deux parties : médiale et latérale. La partie latérale correspond au méat acoustique externe cartilagineux (*Meatus acusticus externus cartilagineus*). La partie médiale est le méat acoustique externe osseux (*Meatus acusticus externus osseus*). La courbure entre ces deux parties est de l'ordre de 90° chez le Chien, et d'un peu moins chez le Chat. La longueur de ces deux segments est variable mais le méat acoustique externe cartilagineux est généralement six fois plus long que le méat acoustique externe osseux. Ceci est à corréliser aux dimensions du conduit auditif externe. En effet la longueur moyenne de la partie cartilagineuse (médiale) est de 4.1cm (et son diamètre moyen au niveau du tragus est de 5.8 cm). Ces dimensions diminuent au niveau de la partie osseuse où la longueur moyenne passe alors à 1.2cm. **[14]**

Chez le chat le méat acoustique externe est nettement plus large en proportion que chez le chien.

Le méat acoustique externe est presque circulaire sur les coupes réalisées perpendiculairement à son axe. Il est progressivement rétréci en profondeur. L'extrémité médiale du conduit est fermée par la membrane du tympan, qui sera décrite avec l'oreille interne.

Le méat acoustique externe est compris entre l'articulation temporo-mandibulaire (*Articulatio temporomandibularis*) et le processus mastoïdien (*Processus mastoideus*). Il est en rapport, ventralement, avec la glande parotide (*Glandula parotis*) qui se moule sur lui.

#### 1.1.2.a La charpente cartilagineuse et osseuse

On distingue, du plus externe au plus interne, le cartilage du méat acoustique (partie distale du cartilage auriculaire) et le cartilage annulaire, haut de 10-12mm. Puis, avant d'arriver à la membrane tympanique, le méat acoustique externe s'appuie sur une structure osseuse appartenant à la partie tympanique de l'os temporal. **[12]**

La partie auriculaire du méat acoustique cartilagineux est formée d'un ensemble de lames de cartilage fortement incurvées pour former un tube incomplet, fendu à son bord rostro-dorsal.



Figure 9 : Cartilage annulaire - *Cartilago anularis* [11]

Entre ce tube cartilagineux et le méat osseux s'intercale, chez les carnivores domestiques, le cartilage annulaire qui forme un tube intermédiaire fendu rostro-médialement dont les bords se chevauchent légèrement.

Le bord latéral de ce tube est logé dans la concavité du cartilage auriculaire alors que le bord médial s'insère à l'entrée du méat osseux. [15]

Les divers cartilages sont unis par une membrane fibro-élastique qui comble aussi leurs incisures et prend insertion sur le pourtour du méat osseux.

### 1.1.2.b L'innervation du méat acoustique externe

Cette innervation, sensitive, dépend du nerf du méat acoustique externe (*N. meatus acustici externi*), issu du nerf auriculo-temporal, lui-même sous-division du nerf mandibulaire, branche du nerf trijumeau (nerf crânien V).

## 1.2- L'OREILLE MOYENNE

L'oreille moyenne transmet les vibrations des ondes sonores de la membrane du tympan à l'oreille interne. Elle permet la protection et le fonctionnement optimal de cette dernière en s'adaptant en permanence (voie réflexe) à l'intensité et à la fréquence des vibrations sonores. [15]

L'oreille moyenne est séparée de l'oreille externe par la membrane du tympan et de l'oreille interne par la fenêtre vestibulaire (*Fenestra vestibuli*) et la fenêtre cochléaire (*Fenestra cochleae*).

L'oreille moyenne comporte une cavité intra-osseuse remplie d'air, située dans les parties pétreuse (*Pars petrosa*, Os temporal) et tympanique (*Pars tympanica*, Os temporal) de l'os temporal : la caisse du tympan (*Cavum tympani*). Celle-ci loge les osselets de l'ouïe (*Ossicula auditus*).

Ces osselets forment une chaîne qui relie la membrane tympanique à la fenêtre vestibulaire de l'oreille interne. Lorsque cette chaîne reçoit les ondes sonores de la membrane du tympan, elle est mise en tension. Cette tension est transmise à l'oreille interne, via la fenêtre vestibulaire. A l'intérieur du vestibule (partie vestibulaire de l'oreille interne) les liquides (pérylymphe et endolymphe) sont mis sous pression. Ce changement de pression est détecté par des récepteurs de l'oreille interne, ce qui permet l'interprétation des sons après conversion en influx nerveux, intégration et interprétation.

La caisse du tympan communique avec la partie nasale du pharynx (*Pars nasalis pharyngis*), désignée autrefois sous le terme de « nasopharynx », par la trompe auditive (*Tuba auditiva*) [12].

Nous allons ainsi étudier successivement la membrane tympanique, la cavité tympanique et les trois osselets auditifs.

### 1.2.1- LA MEMBRANE DU TYMPAN

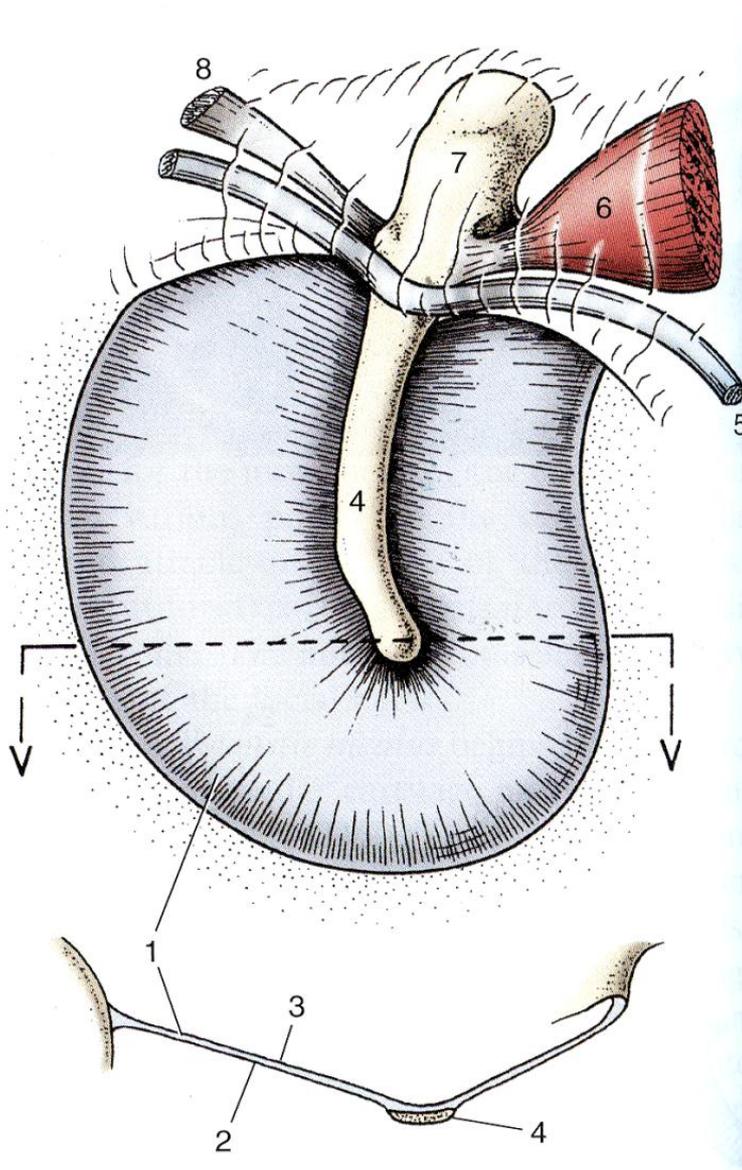


Figure 10 : Surface médiale et section transverse de la membrane tympanique canine [5]

**1. Pars tensa 2. Surface médiale 3. Surface latérale 4. Manubrium mallei 5. Chorda tympani 6. Musculus tensor tympani 7. Caput mallei 8. Ligmenta ossiculorum auditus**

Cette membrane, aussi appelée « tympan », est une mince lame semi-transparente. Elle est fixée à un cadre annulaire ce qui lui confère la capacité de vibrer.

Son apparence est similaire chez le chien et le chat. Cependant la forme et la taille varient. Chez le chien elle est de forme légèrement elliptique et son aire est d'approximativement  $63.3 \text{ mm}^2$  (dimensions moyennes  $15(\text{diamètre horizontal}) * 10(\text{diamètre vertical}) \text{ mm}$ ). [8, 16, 17] En revanche chez le chat elle est de forme plus circulaire et son aire se rapproche des  $41 \text{ mm}^2$  (dimensions moyennes  $8.7 * 6 \text{ mm}$ ). [18] [19] [20]

La membrane du tympan présente deux parties : une lâche (*Pars flaccida*) et l'autre tendue (*Pars tensa*).

La *pars flaccida* est une petite partie triangulaire, lâche, située sur la zone dorsale du tympan, obturant la partie dorsale du méat acoustique externe.

La *pars tensa*, comme son nom l'indique, est la partie la plus tendue, et elle constitue le reste du tympan. Cette partie est reliée à l'anneau tympanique (*Anulus tympanicus*) (cercle osseux incomplet à sa partie dorsale, appartenant à la paroi latérale de la cavité tympanique) par une structure fibro-cartilagineuse (*Anulus fibrocartilagineus*), et obture le reste du méat acoustique externe (**figures 11 et 13**). [21], [22] De plus, la *Pars tensa* est la partie de la membrane tympanique qui assure la transmission des ondes sonores. [12]

En vue externe (face latérale), le centre de la dépression de la membrane tympanique constitue l'ombilic ou coude de la membrane tympanique (*Umbo membranae tympani*). De là, part la strie malléaire (*Stria mallearis*) qui correspond à la présence du manche du marteau sur la face opposée. Cette strie aboutit dorsalement à un relief, la proéminence malléaire (*Prominentia mallearis*) qui loge le processus latéral du marteau. [15] Ainsi, en appuyant sur la membrane tympanique le marteau entraîne la mise sous tension de celle-ci (d'où l'opposition *Pars tensa* / *Pars flaccida*).

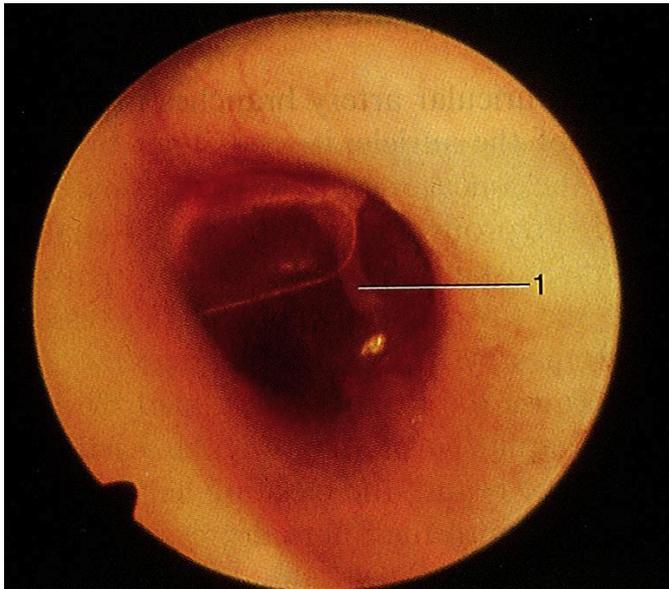


Figure 11 : Vue lors de l'examen otoscopique de la membrane du tympan chez un chat [5]

### 1- Malleus

En vue interne **figure 10** (face médiale), le manche du marteau s'y trouve implanté et y détermine un relief à peu près vertical occupant son rayon dorsal.

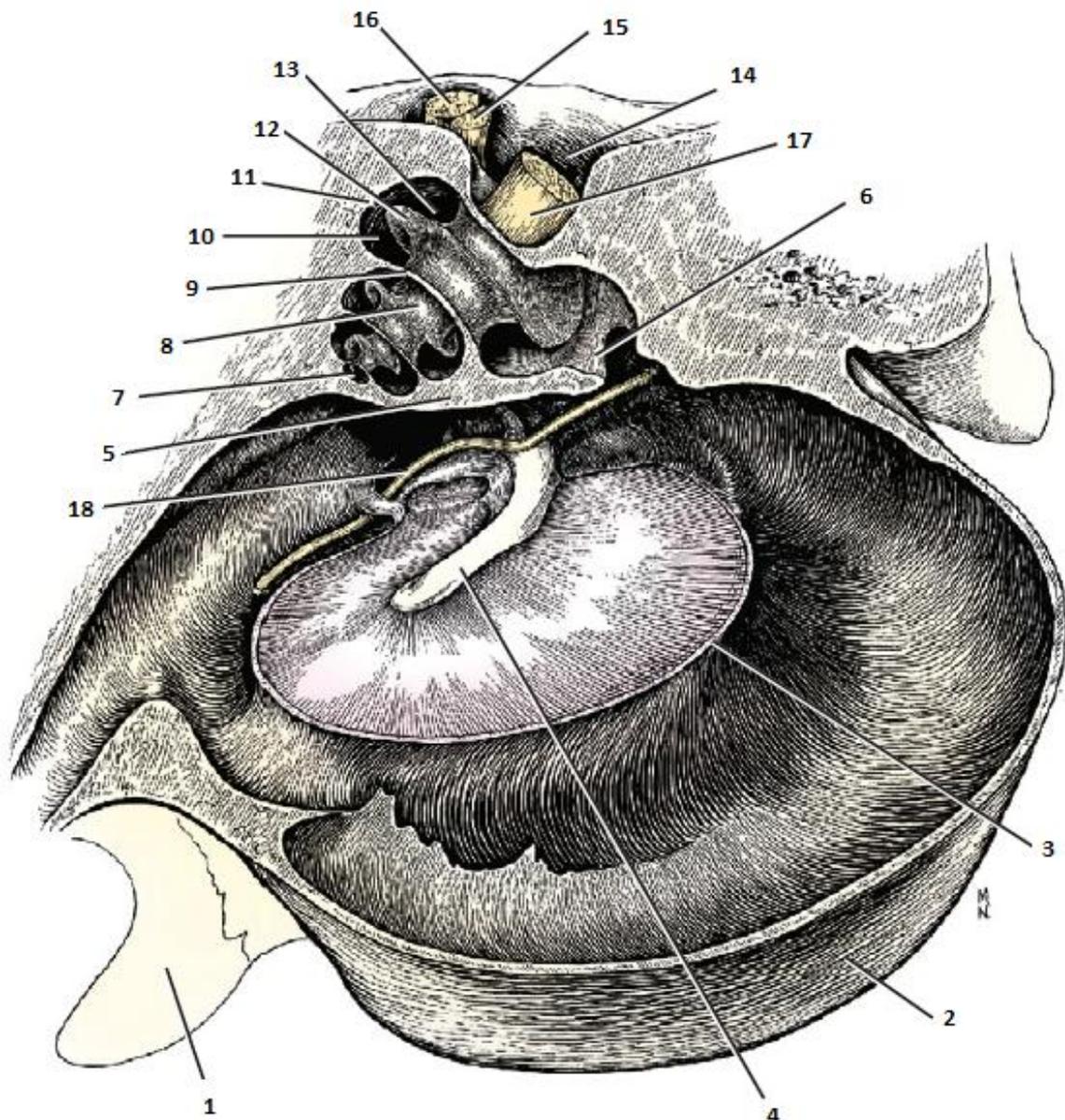


Figure 12 Dessin de la vue médiale de l'oreille moyenne droite associée à la cochlée [11]

1. Processus retroarticulare 2. Bulla tympanica 3. Limbus laminae spiralis osseae 4. Manubrium mallei 5. Promontorium 6. Fenestra cochleae 7. Cupula 8. Modiolus 9. Lamina modioli 10. Scala vestibuli 11. Lamina spiralis secundaria 12. Lamina spiralis ossea 13. Scala tympani 14. Meatus acusticus internus 15. N. vestibularis 16. N. facialis 17. N. cochlearis 18. Chorda tympani

La corde du tympan (*Chorda tympani*) (issue du nerf intermédiaire (*N. intermedius*), sous division du nerf facial (nerf crânien VII)) longe dorsalement la caisse du tympan puis passe derrière le col du marteau (*Collum mallei*) et traverse horizontalement la *Pars flaccida* de la membrane tympanique (figures 12 et 21).

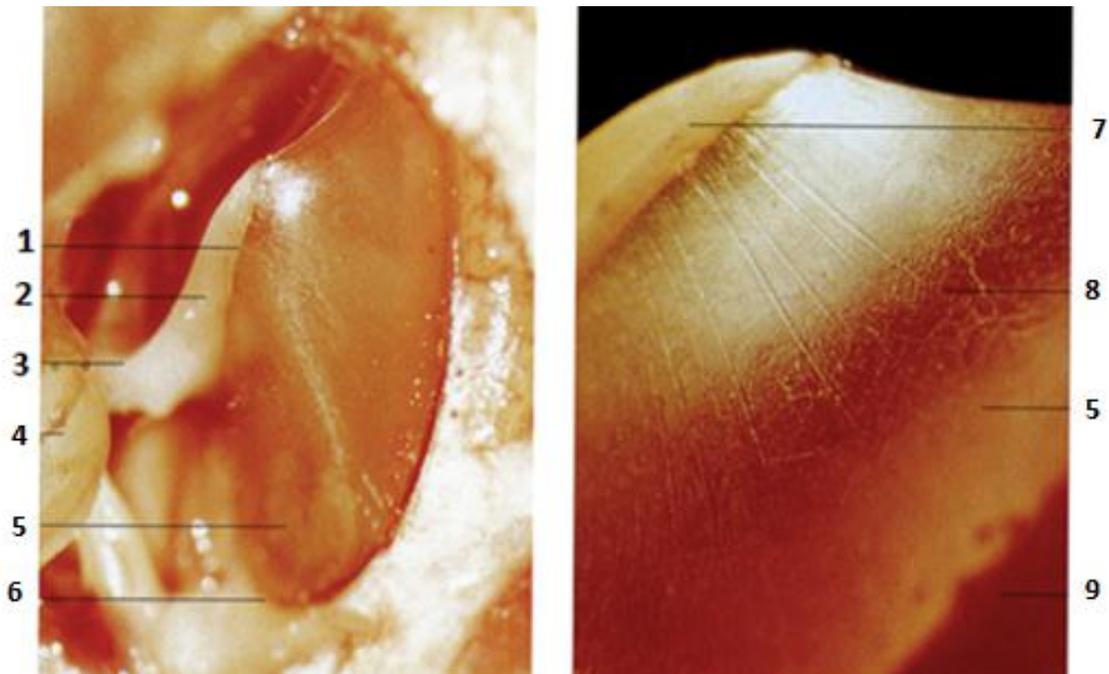


Figure 13 : Photos des structures de l'oreille moyenne [6] (Dr.F.D. Hartmann)

1. Stria mallearis 2. Manubrium mallei 3. Collum mallei 4. Caput mallei 5. Stratum mucosum de membrana tympani 6. Anulus tympanicus 7. Malleus 8. Pars tensa 9. Anulus fibrocartilagineus

### 1.2.2- LA CAISSE DU TYMPAN

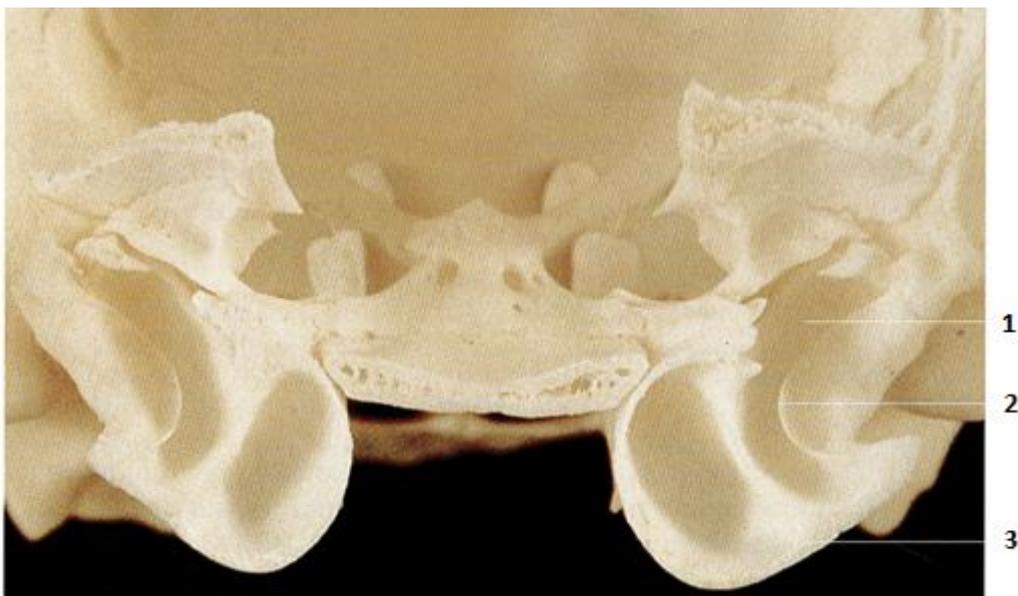


Figure 14 : La caisse du tympan et ses trois parties [6]

1. Recessus epitympanicus 2. Cavum tympani 3. Bulla tympanica

Celle-ci est divisée en trois parties : une ventrale et large située dans la bulle tympanique (*Bulla tympanica*), partie tympanique de l'os temporal ; une dorsale et petite, située au dessus du niveau de la membrane tympanique appelée récessus épitympanique (*Recessus epitympanicus*) ; et une troisième partie, la cavité tympanique, située directement derrière la membrane tympanique et communiquant avec les deux autres parties.

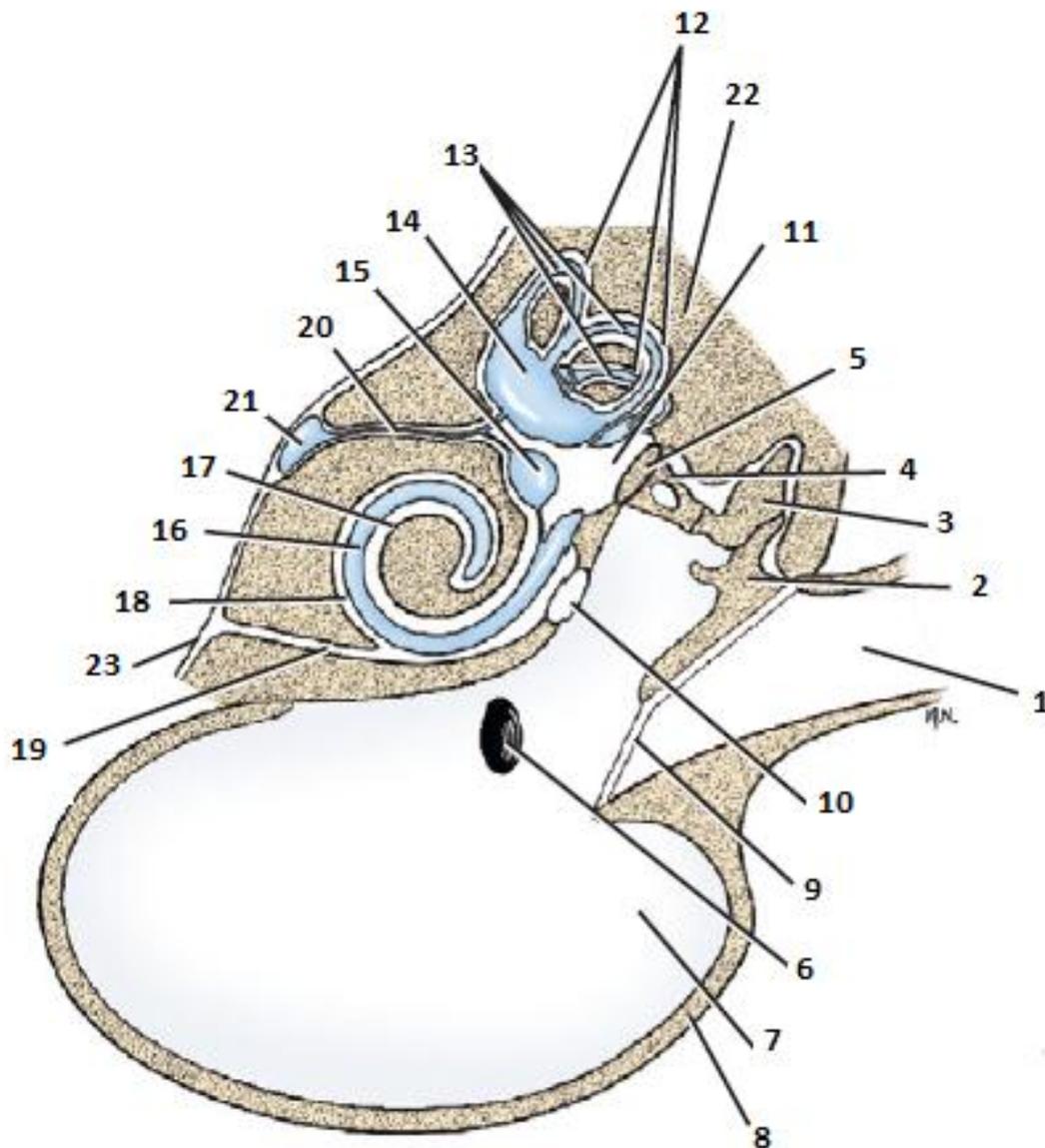


Figure 15 : Coupe schématisque passant par l'oreille interne, l'oreille moyenne et le méat acoustique externe chez le chien [11]

1. Meatus acusticus externus 2. Malleus 3. Incus 4. Stapes 5. Basis stapedis 6. Tuba auditiva 7. Cavum tympani 8. Bulla tympanica 9. Membrana tympani 10. Fenestra cochleae 11. Vestibulum , Perilympa 12. Canales semicirculares 13. Ductus semicircularis 14. Utriculus 15. Sacculus 16. Ductus cochlearis 17. Scala vestibuli 18. Scala tympani 19. Canaliculi cochleae 20. Ductus endolympathicus 21. Saccus endolympathicus 22. Pars petrosa, Os temporale 23. Meninges

Le récessus épitympanique est occupé en quasi totalité par la tête du marteau et par une grande partie de l'enclume.

La cavité tympanique, délimitée latéralement par la membrane du tympan et séparée partiellement de la bulle tympanique par un septum incomplet, contient le reste de l'enclume et l'étrier.

Chez le chat la bulle tympanique est plus proéminente que chez le chien. De plus chez cette espèce la bulle tympanique est divisée en deux par un septum osseux, incomplet dorsalement. Ainsi chez le chat la bulle tympanique est constituée d'une cavité dorso latérale et d'une cavité médio-ventrale (la plus large). **[23]**

La paroi médiale de la cavité tympanique forme la cloison mitoyenne de l'oreille interne : c'est la paroi labyrinthique (*Pariet labyrinthicus*). Elle possède deux fenêtres, mentionnées précédemment, (cochléaire et vestibulaire) logées dans deux dépressions et séparées par un relief qualifié de promontoire (*Promontorium*). C'est une saillie arrondie qui loge la partie latérale du tour basal de la cochlée.

La fossette de la fenêtre du vestibule (*Fossula fenestra vestibuli*) est la plus dorsale et de forme ovale. Au fond de celle-ci se trouve la fenêtre du vestibule qui regarde dorso-médialement et loge la base de l'étrier.

La fossette de la fenêtre de la cochlée (*Fossula fenestra cochleae*) est ventrale, plus étroite et plus profonde et abrite en son fond la fenêtre cochléaire, plus petite et presque circulaire. Elle est située ventro-caudalement au promontoire. Une membrane est présente, séparant l'oreille interne de l'oreille moyenne ; cette dernière est appelée membrane tympanique secondaire.

Le volume moyen de l'oreille moyenne canine est d'environ  $2.5\text{cm}^3$  et est proportionnel au poids de l'animal. En revanche chez le chat le volume moyen se situe autour de  $0.9\text{cm}^3$ . **[24] [25]**



Figure 16 : Image scanner de l'oreille moyenne. Auteur DR.A.Probst, Wien [6]

**1. Meatus acusticus externus cartilagineus 2.Meatus acusticus externus osseus 3. Pars nasalis pharyngis 4. Glossa 5. Apparatus hyoideus 6. Bulla tympanica**

A l'extrémité rosto-médiale de la cavité tympanique, se trouve l'ostium tympanique de la trompe auditive (*Ostium tympanicum tubae auditivae*).

Cette trompe relie la cavité tympanique à la partie nasale du pharynx, dans laquelle elle débouche par son ostium pharyngien (*Ostium pharyngeum tubae auditivae*).

Chez le chien et le chat la longueur moyenne de la trompe auditive est comprise entre 1.5 et 2cm. [18] [26] [27] Elle est constituée d'une partie osseuse (*Pars ossea tubae auditivae*), aussi appelée canal musculo-tubaire (*Canalis musculotubarius*) [6], et d'une partie cartilagineuse (*Pars cartilaginea tubae auditivae*). Elle est revêtue d'un épithélium muco-ciliaire, tout comme celui du pharynx dont elle est issue. [18] [28]

D'ordinaire, la trompe auditive est fermée, mais le fait de déglutir ou de bâiller provoque son ouverture. [12]

### 1.2.3- LES OSSELETS DE L'OUÏE

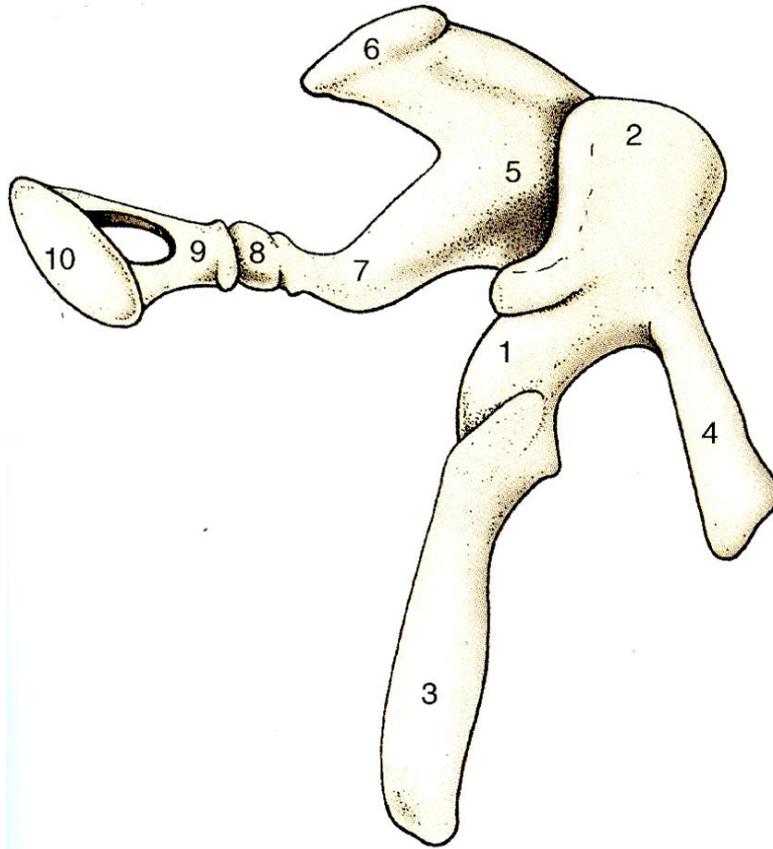


Figure 17 : Les osselets de l'ouïe (oreille gauche)- vue médio-craniale [5]

**1. Malleus 2. Caput mallei 3. Manubrium mallei 4. Processus rostralis 5. Corpus incudis 6. Crus breve 7. Crus longum 8. Processus lenticularis 9. Caput stapedi 10. Basis stapedis**

La transmission des ondes sonores à travers la caisse du tympan se fait par l'intermédiaire des trois osselets de l'ouïe : le marteau (*Malleus*), l'enclume (*Incus*) et l'étrier (*Stapes*). Ils se font suite depuis la membrane tympanique jusqu'à la fenêtre vestibulaire. [11] [29]

#### 1.2.3.a Topographie et conformation des osselets auditifs

##### **(i) Le marteau ou Malleus**

On lui distingue une tête (*Caput mallei*) et un manche (*Manubrium mallei*) unis par un col qui porte trois petits processus : rostral (*Processus rostralis*), musculaire (*Processus muscularis*) et latéral (*Processus lateralis*).

Le manche du marteau est inclus dans l'épaisseur de la membrane du tympan en face interne tandis que la tête est logée dans le récessus épitympanique. Sa longueur varie de 9 à 10 mm.

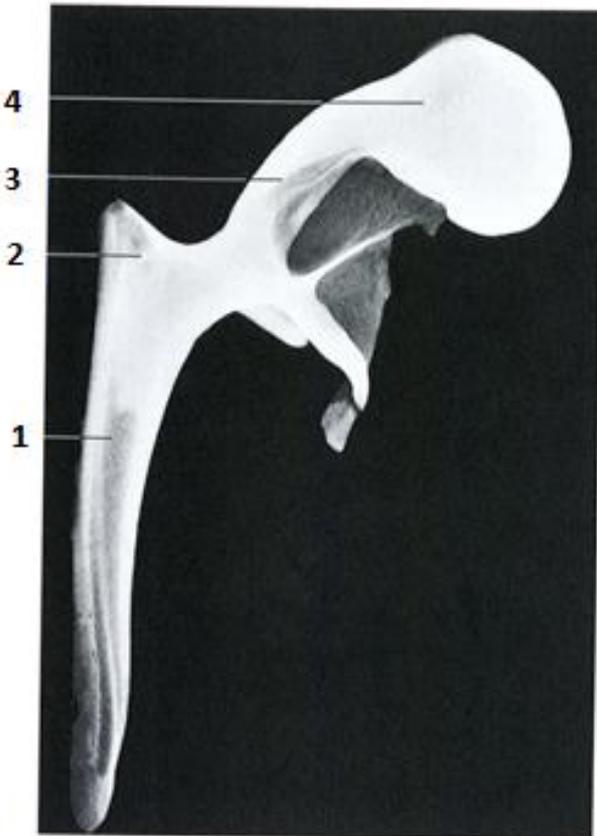


Figure 18 : Image radiographique du marteau (Malleus) [6]

**1. Manubrium mallei 2. Processus muscularis 3. Callum mallei 4. Caput mallei**

## **(ii) L'enclume ou Incus**

Elle est constituée d'un corps (*Corpus incudis*), haut de 3mm environ et long de 4 mm chez le chien, s'articulant à la tête du marteau et se poursuivant par deux branches inégales, une courte (*Crus breve*) et une longue (*Crus longum*), qui se rejoignent sur le corps en formant presque un angle droit. La longue branche se termine par un processus lenticulaire (*Processus lenticularis*) qui s'articule avec l'étrier.

Elle est presque entièrement située dans le récessus épitympanique

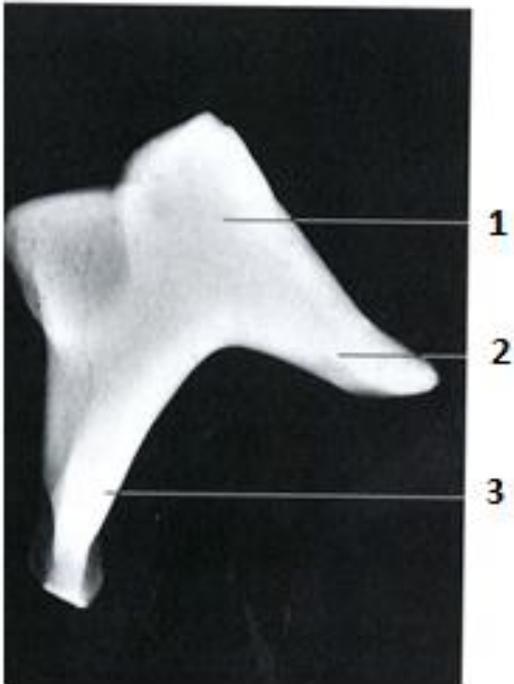


Figure 19 : Image radiographique de l'enclume (*Incus*) [6]

1. Carpus incudis 2. Crus breve 3. Crus longum

### (iii) L'étrier ou Stapes

L'étrier est le plus petit des trois osselets : il mesure 2mm de long environ chez le chien. Un foramen relativement large est encadré par deux bras qui s'unissent latéralement sur une tête (*Caput stapedi*) étroite et sont insérés du côté médial sur la base de l'étrier (*Basis stapedis*).

Cet orifice est obstrué par la mince membrane du stapes (*Membrana stapedis*). La tête s'articule au processus lenticulaire de l'enclume. Les branches sont à peu près égales et relativement épaisses ; l'une est rostrale (*Crus rostrale*) et l'autre est caudale (*Crus caudale*). La base de l'étrier se trouve dans la fenêtré vestibulaire (dans la partie médiale de la cavité tympanique).

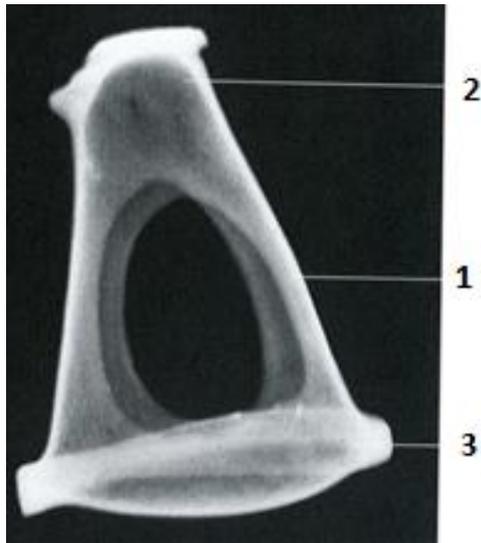


Figure 20 : Image radiographique de l'étrier (Stapes) [6]

### 1. Crus stapedis 2. Caput stapedis 3. Basis stapedis

Les osselets sont maintenus entre eux et à la cavité tympanique par des ligaments ainsi que par deux muscles, que l'on détaillera plus loin.

Les oscillations de la membrane tympanique sont perçues par le manche du Malleus et sont transmises et modulées jusqu'à la fenêtré vestibulaire par la chaîne que forment les osselets. Lorsque la base de l'étrier est mise en mouvement cela conduit à la vibration du liquide périlymphatique de l'oreille interne. Cela aboutit à la stimulation des neurorécepteurs cellulaires de la paroi labyrinthique permettant la perception des sons.

Les mécanismes de transmission des ondes sonores de l'extérieur à l'oreille interne incluent également une transmission via les murs de la cavité tympanique et directement à travers la fenêtré cochléaire. [5]

#### 1.2.3.b Articulation des osselets

Les osselets sont mobiles, articulés entre eux par deux articulations synoviales auxquelles s'ajoute une syndesmose tympano-stapédienne (*Syndesmosis tympanostapedia*).

L'articulation incudo-malléaire (*Articulatio incudomallearis*) et l'articulation incudo-stapédienne (*Articulatio incudostapedia*) sont maintenues par une mince capsule fibreuse.

La syndesmose tympano-stapédienne est assurée par une étroite membrane à fibres radiaires, le ligament annulaire du stapes (*Ligamentum anulare stapedis*), disposé en collerette autour de la base de l'étrier, qu'il unit au pourtour de la fenêtré du vestibule.

Les divers ligaments des osselets (*Ligamenta ossiculorum auditus*) maintiennent l'ensemble.

Outre le ligament annulaire du stapes on compte trois ligaments du malleus : ligament rostral, ligament latéral et ligament caudal ainsi que deux ligaments de l'incus : ligament dorsal et ligament caudal [11].

Les osselets peuvent être mobilisés les uns par rapport aux autres et voir leur chaîne légèrement déformée pour assurer la transmission optimale des vibrations.

### 1.2.3.c Muscles et innervations

Les mouvements des osselets sont provoqués par deux petits muscles (*Musculi ossiculorum auditus*), visibles sur la **figure 21**. Ce sont des muscles striés squelettiques : le muscle tenseur du tympan (*Musculus tensor tympani*) et le muscle stapédien (*Musculus stapedius*). [11] [29]

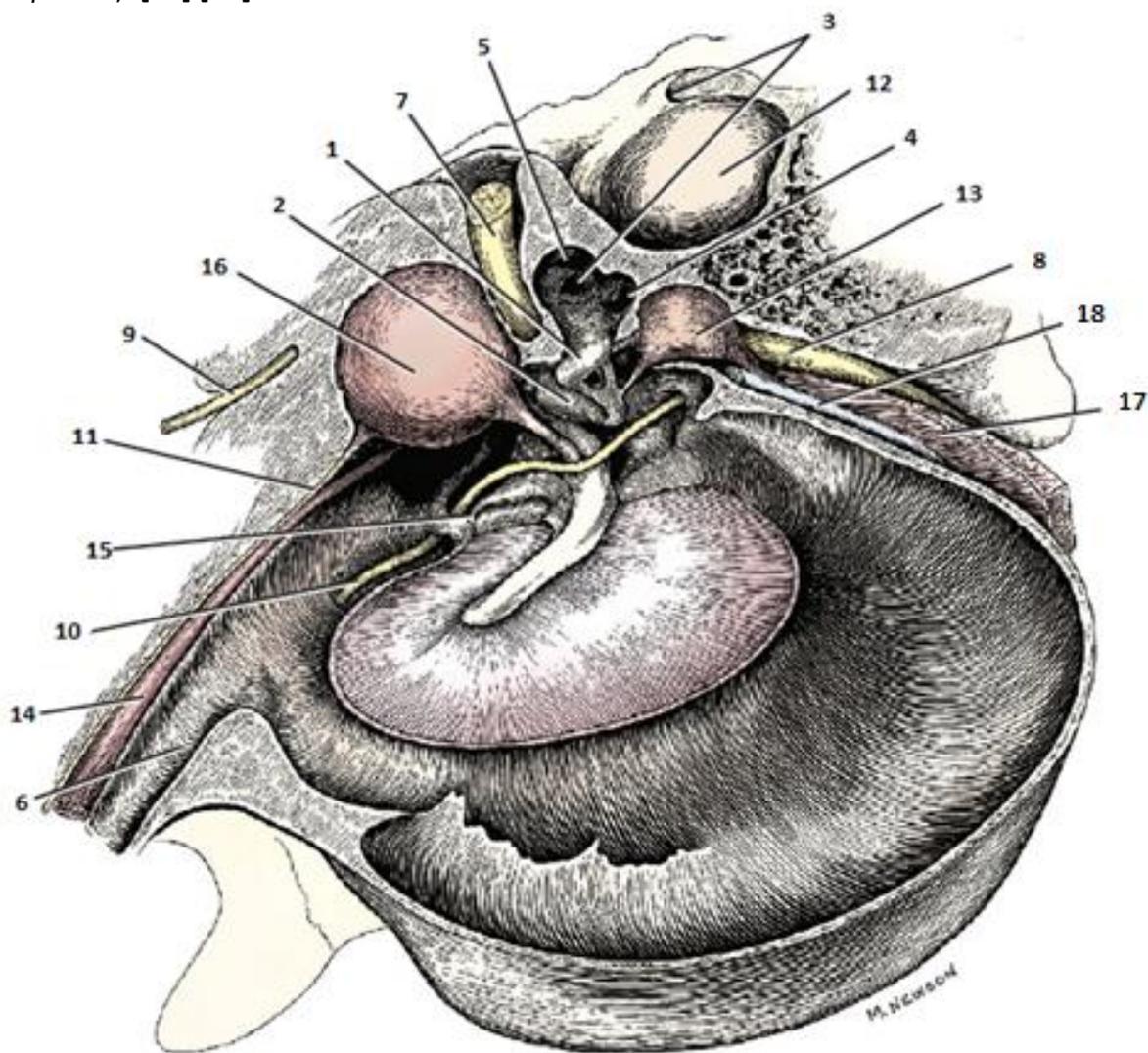


Figure 21 : Dessin d'une vue médiale de l'oreille moyenne droite montrant les osselets auditifs et leurs muscles [11]

1. Basis stapedis 2. Incus, Crus longum 3. Canalis semicircularis anterior 4. Canalis semicircularis lateralis 5. Vestibulum, partie latérale 6. Tuba auditiva 7.,8. Nervus facialis 9. Nervus petrosi majoris 10. Chorda tympani 11. Nervus tensor tympani 12. Fosse floculaire 13. Musculus stapedius 14. Musculus tensor veli palatini 15. Lig. mallei superius 16. Musculus tensor tympani 17. Musculus jugulothyoïdeus 18. Cartilago tympanothyoïdeum

### (i) Le muscle tenseur du tympan

Ce dernier, représenté sur la **figure 21**, est sphérique et sa base se trouve dans la fosse du tenseur du tympan, située dans la partie pétreuse de l'os temporal, à proximité de l'ostium tympanique de la trompe auditive. Sa partie la plus courte s'insère sur le processus musculaire du marteau. Sa contraction conduit à la mise en tension de la membrane du tympan. Ce muscle est innervé par le nerf tenseur du tympan (*N. tensor tympani*), issu du nerf mandibulaire (sous-division du nerf trijumeau).

### (ii) Le muscle stapédien

C'est le plus petit muscle squelettique du corps et son origine se trouve dans la fosse du muscle stapédien dans la paroi osseuse de la cavité tympanique. Ce dernier, visible sur la **figure 21**, s'étend jusqu'au processus musculaire de la tête de l'étrier. Sa contraction est à l'origine du déplacement latéro-caudal de la base de l'étrier ce qui met sous tension les osselets et conduit à une diminution du mouvement. Il est innervé par le nerf stapédien (*N. stapedius*), issu du nerf facial moteur (nerf crânien VII). [11]

Ces deux muscles ont des rôles antagonistes et interviennent autant pour ajuster la tension de la membrane du tympan que pour régler la pression du liquide périlymphatique dans l'oreille interne. Ils protègent de ce fait les structures de l'oreille interne (il s'agit du réflexe ossiculaire). [11] [30] [31]

## 1.2.4-VAISSEaux ET NERFS DE L'OREILLE MOYENNE

Dans la membrane du tympan se trouvent deux réseaux capillaires sanguins accompagnés de quelques conduits lymphatiques.

De nombreuses fibres nerveuses parcourent l'oreille moyenne.

Parmi elles, la corde tympanique, évoquée précédemment, issue du nerf facial et rejoignant le nerf lingual (*Rami linguales*).

Le nerf tympanique (*N. tympanicus*) parcourt la membrane et traverse la cavité tympanique pour aller former le plexus temporal au niveau du promontoire. Ce plexus innerve la muqueuse tympanique et des rameaux y prennent naissance pour former le nerf petit pétreux (*N. petrosus minor*). Ce nerf se synapse avec le ganglion otique (*Ganglion oticum*), dont des fibres se détachent et forment une synapse avec le nerf auriculo-temporal, issu de la branche mandibulaire du nerf trijumeau.

Le nerf auriculo-temporal diverge de la branche mandibulaire au niveau du foramen ovale (*Foramen ovale*), passe médio-dorsalement au processus retro-articulaire de l'os temporal avant d'émerger à la base du cartilage auriculaire où il donne naissance au nerf du méat acoustique externe et à un rameau de la membrane tympanique (*Ramus membranae tympani*).

On y trouve également le rameau auriculaire (*Ramus auricularis*) qui quitte le nerf vague (*N. vagus*) au niveau du foramen jugulaire (*Foramen jugulare*) et parcourt latéralement la partie pétreuse de l'os temporal jusqu'au canal facial (*Canalis facialis*) où il rencontre le nerf facial.

La caisse du tympan reçoit des divisions des artères tympanique et stylo-mastoïdienne. Les veines sont en satellite. [15]

### 1.3- L'OREILLE INTERNE

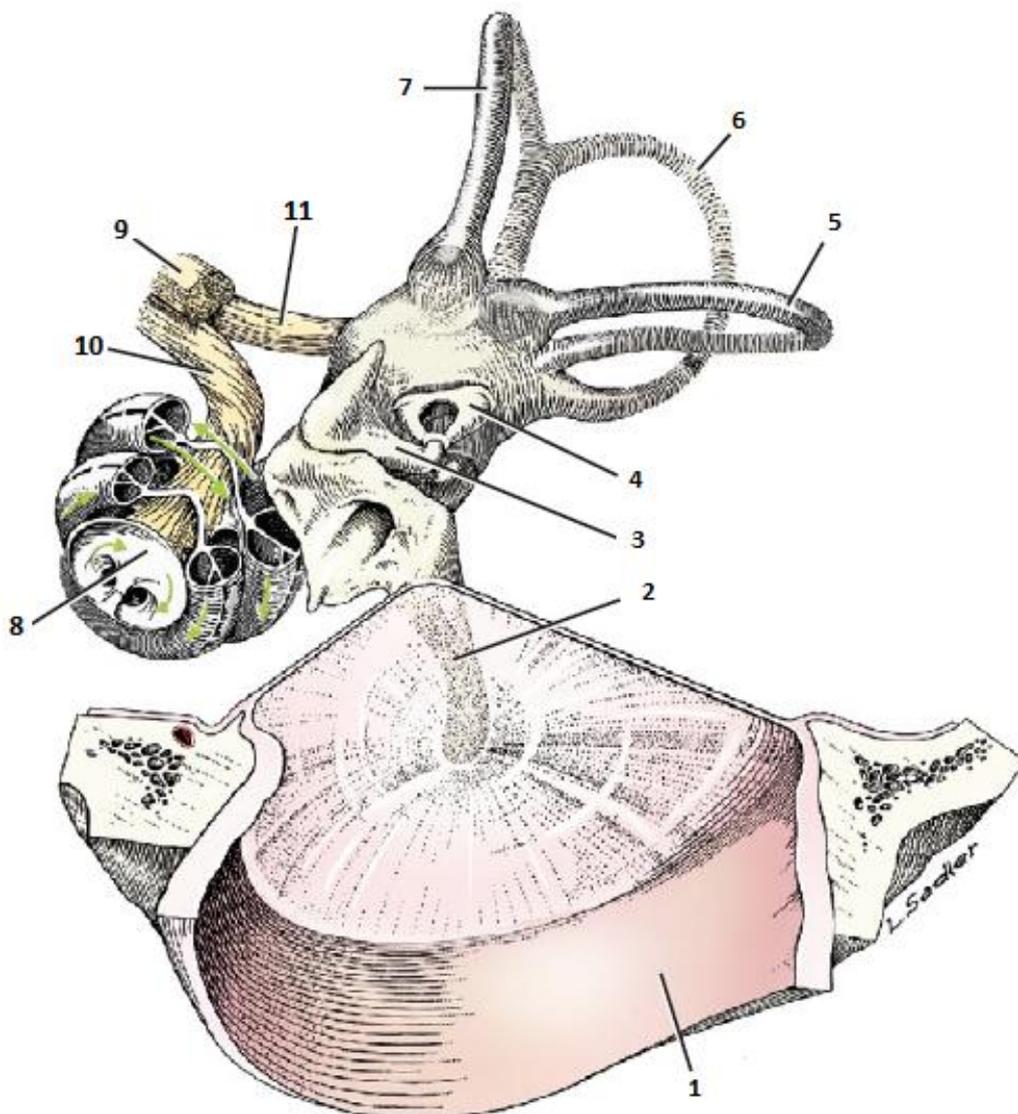


Figure 22 : Vue schématique de la membrane tympanique, des osselets de l'oreille moyenne et l'oreille interne [11]

**La cochlée a été ouverte pour permettre l'exposition de la rampe vestibulaire (Scala vestibuli), de la rampe tympanique (Scala tympani) et du canal cochléaire.**

**1. Meatus acusticus externus 2. Manubrium mallei 3. Incus 4. Stapes 5. Canalis semicircularis lateralis 6. Canalis semicircularis posterior 7. Canalis semicircularis anterior 8. Cupula cochleae 9. N. facialis 10. N. cochlearis 11. N. vestibularis**

Comme précisé en introduction de cette partie, l'oreille interne est à proprement parler l'organe vestibulo-cochléaire.

Elle groupe les formations sensorielles qui reçoivent d'une part les vibrations sonores et d'autre part les changements d'orientation de la tête, assurant respectivement l'écoute et l'équilibre.

Les récepteurs de l'oreille interne élaborent des influx nerveux qui sont transmis à l'encéphale par le nerf vestibulo-cochléaire, nerf crânien VII.

L'ensemble constitue un complexe minuscule (pas plus de 12mm de long chez le chien) et délicat : le labyrinthe membraneux (*Labyrinthus membranaceus*). Ce dernier est moulé dans la partie pétreuse de l'os temporal.

Celle-ci épouse grossièrement la forme du labyrinthe membraneux, formant ainsi le labyrinthe osseux (*Labyrinthus osseus*).

Les deux structures sont séparées par l'étroit espace périlymphatique (*Spatium perilymphaticum*) dans lequel se trouve la périlymphe (*Perilymphe*). Cet espace communique avec l'espace subarachnoïdien par le conduit périlymphatique (*Ductus perilymphaticus*) logé dans le canalicule cochléaire.

Le labyrinthe membraneux renferme un liquide appelé endolymphe (*Endolymphe*) dont les mouvements stimulent les cellules sensorielles du mur membraneux. [5]

### 1.3.1- LE LABYRINTHE OSSEUX

Le labyrinthe osseux, long de 15mm et large de 3 mm chez le chien, comporte une partie centrale, le vestibule (*Vestibulum*) qui communique d'un côté avec les canaux semi-circulaires et de l'autre côté avec la cochlée (*Cochleae*).

Ces trois compartiments osseux contiennent de la périlymphe, fluide similaire au liquide céphalo-rachidien dont il est possible qu'elle dérive. [11]

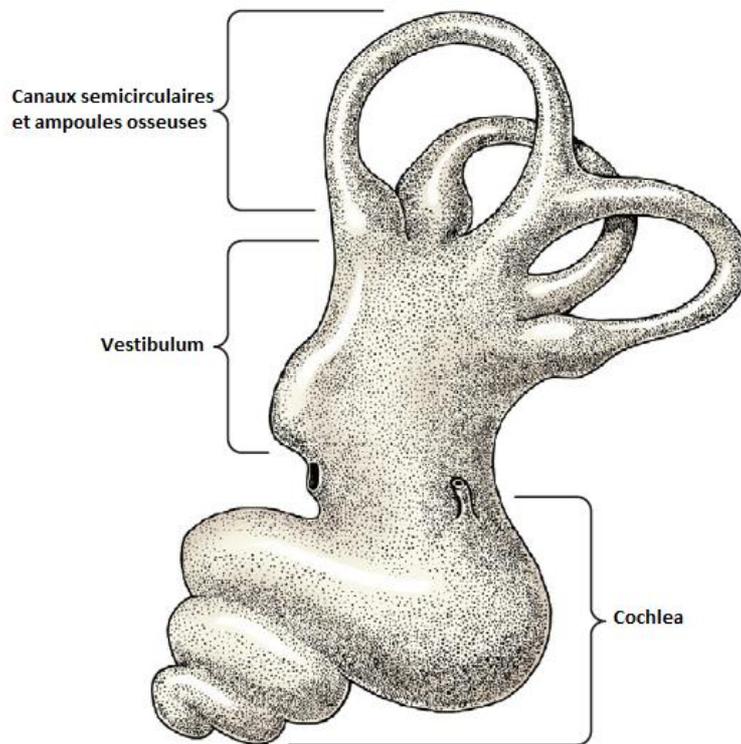


Figure 23 : Le labyrinthe osseux renferme le labyrinthe membraneux [11]

### 1.3.1.a Le vestibule

C'est une cavité située entre la caisse du tympan et le méat acoustique interne (*Meatus acusticus internus*) de forme ovale irrégulière, dont le diamètre est approximativement égal à 3mm [11].

La paroi médiale présente deux dépressions : caudo-dorsalement se trouve le récessus elliptique dans lequel s'imprime l'utricule (*Utriculus*) et rostro-ventralement on trouve le récessus sphérique (*Recessus sphericus*), dans lequel s'imprime le saccule (*Sacculus*). Ces deux dépressions sont séparées par un relief allongé : la crête du vestibule (*Crista vestibuli*). De multiples petits orifices, les tâches criblées (*Maculea cribrosae*) permettent le passage des filets de nerfs issus de l'utricule et du saccule.

Le vestibule communique avec l'oreille moyenne par deux ouvertures mentionnées dans la **partie 1.2.** : la plus dorsale correspond à la fenêtré vestibulaire et celle rostro-ventrale, située à l'extrémité de la cochlée, correspond à la fenêtré cochléaire. [11]

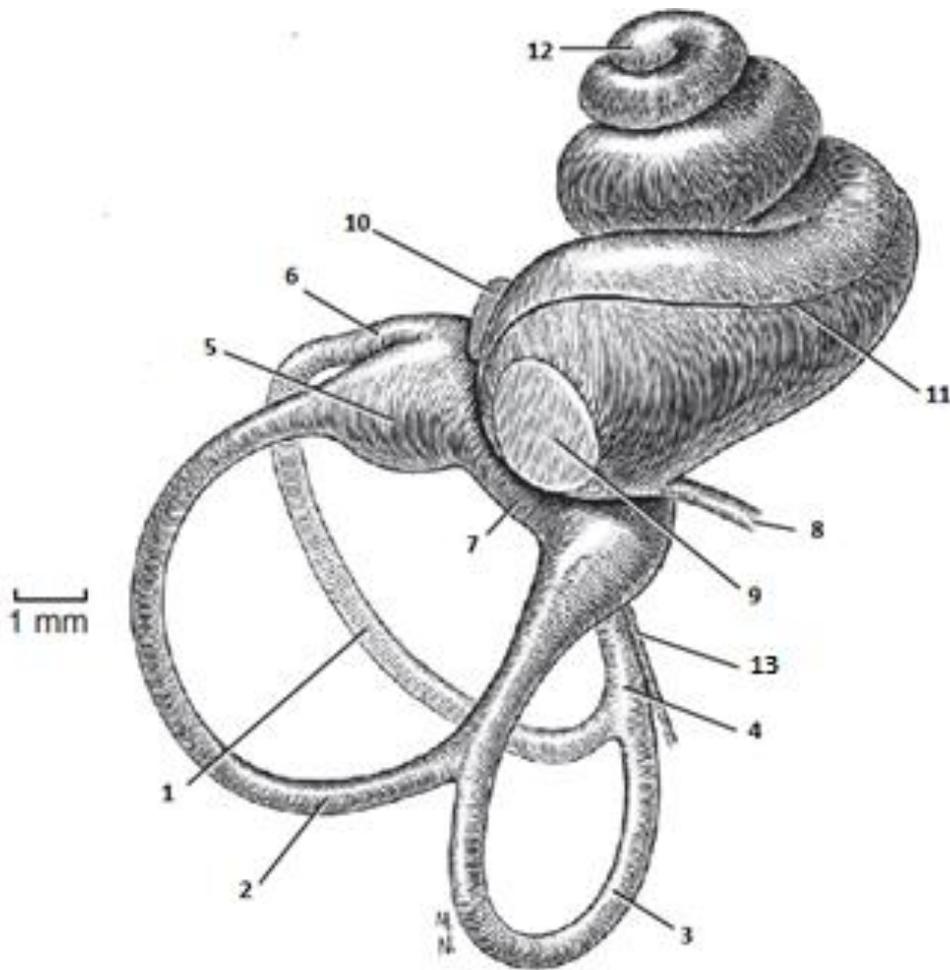


Figure 24 Labyrinthe osseux droit, aspect ventral [11]

**1. Canalis semicircularis anterior 2. Canalis semicircularis lateralis 3. Canalis semicircularis posterior 4. Crus osseum commune 5. Ampulla ossea lateralis 6. Ampulla ossea anterior 7. Vestibulum 8. Canaliculi cochleae 9. Fenestra cochleae 10. Fenestra vestibuli 11. Lamina spiralis secundaria 12. Cupula cochleae 13. Aqueductus vestibuli**

Dans le prolongement dorso-caudal du vestibule se trouvent les canaux semi-circulaires et en situation rostro-ventrale, la cochlée.

### 1.3.1.b Les canaux semi-circulaires

Les canaux semi-circulaires osseux (**figure 23 et 24**) sont au nombre de trois et se distinguent en antérieur, postérieur et latéral, formant deux par deux des angles quasi perpendiculaires.

Chaque canal décrit environ deux tiers de cercle. Les extrémités de chaque canal s'abouchent à proximité de l'utricule. [5] Chacun d'eux présente une extrémité dilatée, près

de la jonction au vestibule: l'ampoule osseuse (*Ampullae osseae*) où de multiples petits orifices permettent le passage des nerfs ampullaires. Chaque ampoule osseuse est prolongée par un bras ampullaire (*Crura ossea ampullaria*) de calibre régulier de section elliptique et dont le diamètre avoisine les 0.5mm.

Le canal antérieur est le plus long, il forme un arc de cercle mesurant approximativement 6 mm dans sa partie la plus large.

Le canal latéral forme un arc de cercle dont la plus grande dimension avoisine 4.5mm tandis que le canal semi-circulaire postérieur est le plus petit, mesurant seulement 3.5mm chez les chiens de taille moyenne [11].

Les extrémités non ampullaires des canaux antérieur et postérieur s'unissent en un bras osseux commun (*Crus osseum commune*) qui s'abouche à la partie dorso-médiale du vestibule. Celle du canal latéral reste distincte : c'est le bras osseux simple (*Crux osseum simplex*), situé entre le précédent et le bras ampullaire du canal postérieur.

Les canaux semi-circulaires osseux n'appartiennent pas au même plan. Le canal latéral est dans un plan quasi horizontal. D'autre part le canal postérieur d'une oreille interne est dans un plan quasi parallèle à celui du canal antérieur de l'oreille opposée.

Ces canaux semi-circulaire osseux, contenant de la périlymphe, renferment les canaux semi-circulaires membraneux (qui contiennent eux de l'endolymphe).

### 1.3.1.c La cochlée

Cette structure osseuse, comparable à une coquille d'escargot, protège le conduit cochléaire (*Ductus cochlearis*) qui fait partie du labyrinthe membraneux. Elle présente un canal spiral, le canal spiral de la cochlée (*Canalis spiralis cochleae*) régulièrement rétréci vers l'apex et enroulé autour d'un axe osseux central ou modiolus (*Modiolus*) lequel contient le nerf cochléaire et les vaisseaux sanguins.

La cochlée présente 3.25 tours de spires chez les chiens et 2.75 chez les chats. Chez les chiens le diamètre à sa base est d'environ 5mm et la hauteur de la spirale osseuse est d'environ 7mm. [7] [16] La base de ce cône est située en regard de la partie ventrale du méat acoustique interne. Le sommet est arrondi en sorte de petit dôme, c'est la coupole de la cochlée (*Cupula cochleae*).

La base du modiolus occupe l'aire cochléaire (*Area cochleae*) du méat acoustique interne ; elle est criblée de petits trous disposés de manière spiroïde : le tractus spiral criblé (*Tractus spiralis foraminosus*). Ces trous donnent accès à autant de canaux longitudinaux du modiolus (*Canules longitudinales modioli*) où passent les fibres du nerf cochléaire.

Près du sommet du modiolus, ces canaux donnent des dilatations logeant des groupes cellulaires du ganglion spiral. Ces dilatations communiquent entre elles, ce qui forme le canal spiral du modiolus (*Canalis spiralis modioli*). De ce dernier partent de fins canalicules qui vont s'ouvrir sur le bord opposé de la lame spirale osseuse, comme le montre la **figure 25**.

Les tours de spires sont chacune séparées par la lame du modiolus (*Lamina modioli*) s'étendant de cet axe osseux à la paroi de la cochlée.

La cavité du canal spiral de la cochlée est en réalité divisée en trois compartiments par une cloison longitudinale, la lame spirale osseuse (*Lamina spiralis ossea*). Celle-ci se scinde en deux : la membrane vestibulaire et la membrane tympanique, qui seront décrites en **partie 1.3.2.** de cette thèse et permettent de délimiter trois compartiments.

Cette lame spirale osseuse commence à l'intérieur du vestibule pour se rétrécir et former au sommet de la cochlée une saillie mince et aigüe : le crochet de la lame spirale (*Hamulus laminae spiralis*).

Parmi les trois compartiments du canal spiral de la cochlée se trouvent la rampe vestibulaire (*Scala vestibuli*) et la rampe tympanique (*Scala tympani*) ; toutes deux encadrent le canal cochléaire.

Les rampes vestibulaires et tympaniques renferment de la périlymphe et ne communiquent entre elles qu'au niveau d'un petit orifice appelé hélicotrema (*Helicotrema*), situé sous la coupole de la cochlée.

Le canal cochléaire quant à lui contient de l'endolymphe et ne communique en aucune manière avec les deux autres compartiments. [5] [16]

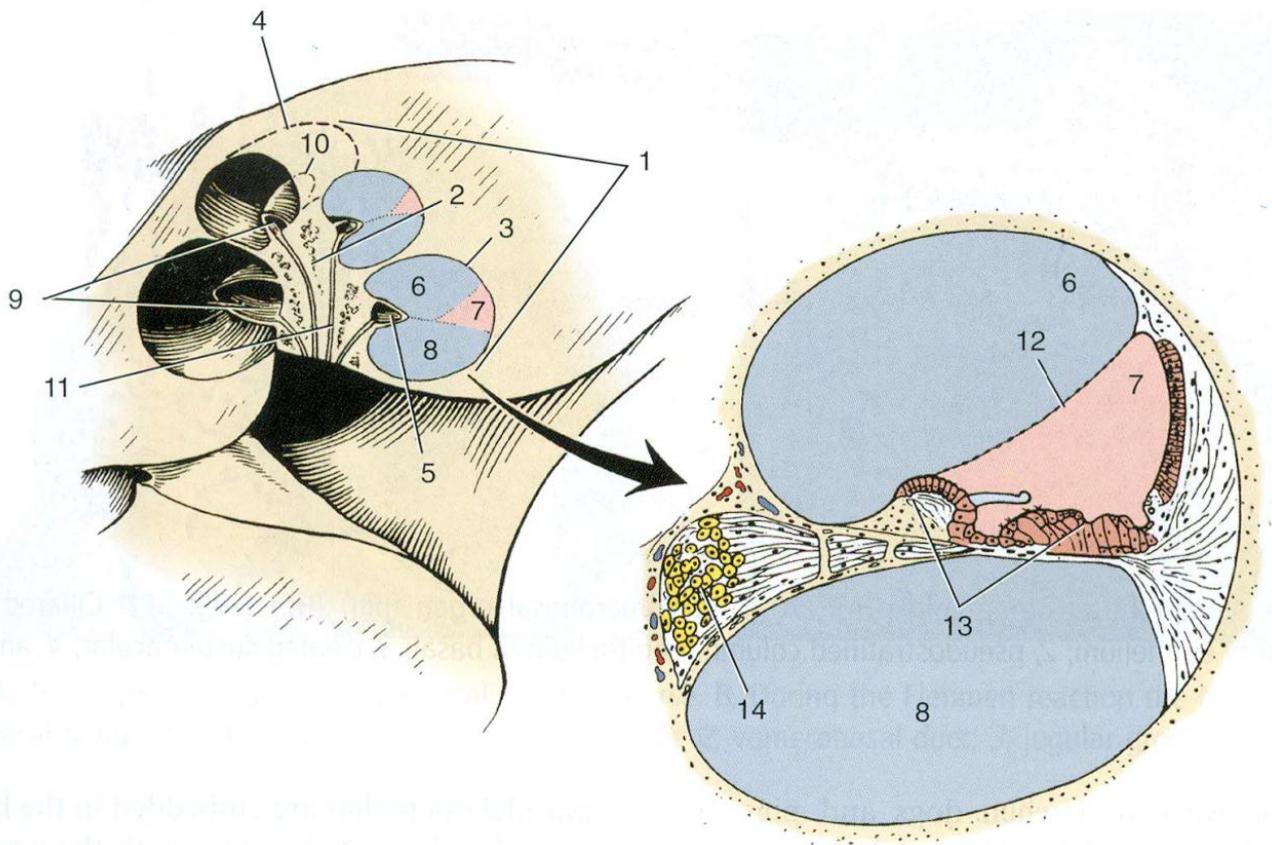


Figure 25 : Cochlée et conduit cochléaire [5]

1. Cochleae 2. Modiolus 3,4. Canalis spiralis cochleae 5. Lamina spiralis ossea 6. Scala vestibuli 7. Ductus cochlearis 8. Scala tympani 9,10. Canalis spiralis modiolus 11. Canules longitudinales modioli 12. Membrana vestibularis 13. Organum spirale 14. Ganglion spirale cochleae

La rampe vestibulaire communique avec le vestibule au niveau de la fenêtre vestibulaire.

La périlymphe contenue dans cette rampe est donc directement soumise aux vibrations de la base de l'étrier encastré dans la fenêtre vestibulaire.

La rampe tympanique quant à elle, forme un peu plus bas un cul-de-sac renflé qui présente deux ouvertures : une latérale qui n'est autre que la fenêtre de la cochlée ; l'autre très petite qui donne accès au canalicule de la cochlée (*Canaliculi cochleae*). [15]

La base de la cochlée possède un diamètre d'environ 4mm tandis que sa hauteur totale se situe autour de 7mm. [11]

### 1.3.2- LE LABYRINTHE MEMBRANEUX

On connaît au labyrinthe membraneux les quatre divisions suivantes :

- L'utricule et le saccule, petites vésicules contenues dans le vestibule osseux et unies par un conduit intermédiaire,
- Les conduits semi-circulaires membraneux portés par l'utricule,
- Le conduit cochléaire, en communication avec le saccule et logé dans le canal spiral de la cochlée et entre les deux rampes de ce dernier.

Nous allons décrire successivement ces différentes parties.

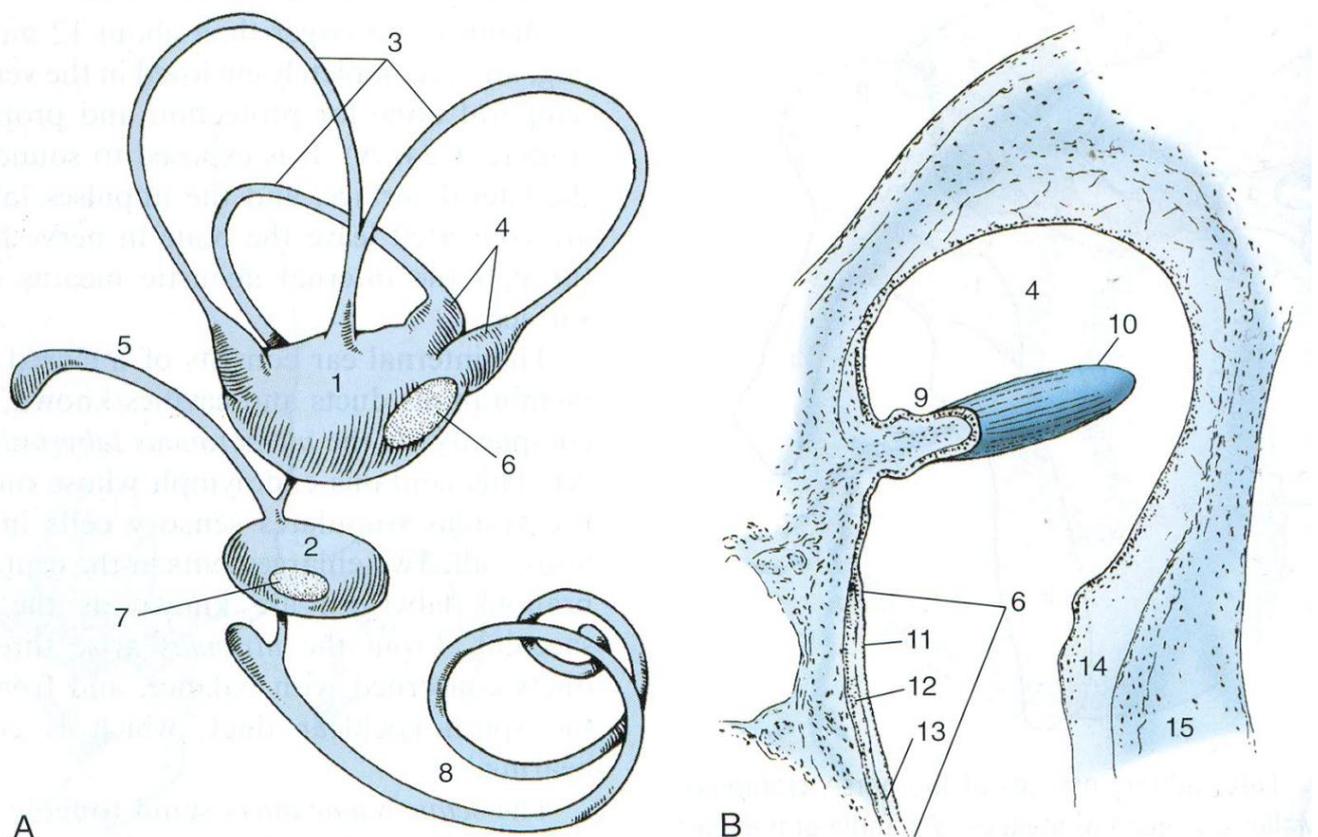


Figure 26 A- Labyrinthe membraneux B- Section de l'ampoule [5]

1. Utriculus 2. Sacculus 3. Ductus semicirculares 4. Crista ampullaris, Ampullae membranaceae 5. Ductus endolymphaticus 6. Macula utriculi 7. Macula sacculi 8. Ductus cochlearis 9. Crista ampullaris 10. Cupula cochleae 11. Stratum neuroepitheliale 12. Statioconia 13. Membrana statoconiorum 14. Spatium perilymphaticum 15. Labyrinthus osseus

### 1.3.2.a Utricule et saccule

L'utricule (*Utriculus*) est oblong et logé en regard du récessus elliptique. Le saccule (*Sacculus*) plus petit et sphéroïde répond au récessus sphérique.

Tous deux adhèrent à la paroi au niveau des tâches criblées correspondantes. Ventralement à son adhérence chacun d'eux présente une macula (*Macula utriculi*, *Macula sacculi*), petite surface elliptique au niveau de laquelle la paroi est épaissie. C'est à ces endroits que prennent naissance les fibres correspondantes au nerf vestibulaire. Les deux maculas permettent de contrôler le positionnement de la tête par rapport à la gravité.

Les deux vésicules sont complètement distinctes. Leurs cavités communiquent toutefois par un étroit conduit utriculo-sacculaire (*Ductus utriculosacculus*) divisé en deux branches et se raccordant en formant un Y.

Leur prolongement forme le conduit endolymphatique (*Ductus endolymphaticus*), grêle et long. Il occupe l'aqueduc du vestibule et se termine par le sac endolymphatique (*Saccus endolymphaticus*), petite dilatation étalée entre l'os et la dure-mère.

L'endolymphe contenue dans le labyrinthe membraneux est supposée produite par les vaisseaux sanguins et l'épithélium de la strie vasculaire (*stria vascularis*) localisée le long du mur du conduit cochléaire. On attribue au sac endolymphatique une fonction de résorption du trop-plein de l'endolymphe.

La structure de l'utricule et de la saccule est identique ; leur très fine paroi comporte une membrane propre conjonctive (*Membrana propria*) tapissée à l'intérieur par un épithélium. Cet épithélium est formé de deux couches :

- l'externe est fibreuse et pourvue en surface d'un revêtement discontinu de cellules périlymphatiques aplaties. Elle supporte un réseau lâche de capillaires et est unie à la paroi osseuse.
- L'interne, plus mince, est conjonctive, plus lâche, plus riche en cellules et parcourue d'un riche réseau capillaire sanguin.

Ces cellules assurent un actif transfert ionique et semblent contrôler la composition de l'endolymphe.

Au niveau des macules cette structure est modifiée: l'épithélium devient sensoriel ; il est qualifié de neuroépithélium. Il présente la particularité d'être beaucoup plus haut que celui des autres parties. Il comporte des cellules de soutien et des cellules sensorielles.

Les cellules sensorielles sont de deux types mais présentent toutes une organisation similaire et portent à leur extrémité apicale de nombreux stéréocils (*Stereocilia*), microvillosités modifiées et très hautes, et un fort kinocil (*Kinocilium*) central et très haut.

Tous les cils sont inclinés en divergeant de part et d'autre d'une ligne de partage sinueuse, la striola. [15]

Comme indiqué précédemment les macules permettent de renseigner sur le positionnement de la tête par rapport à la gravité. Les cils sensitifs du neuroépithélium réagissent à une couche de cristaux calciques, les statoconies (*Statoconia*), qui sont adhérents à une substance amorphe de consistance gélatineuse. Cette substance est nommée membrane des statoconies (*Membrana statoconiorum*).

Lorsque la couche gélatineuse des maculas est en regard du sol les cellules sensorielles sont stimulées au maximum par l'attraction gravitationnelle, via les statoconies. Ainsi la macula enregistre la position de la tête pendant que les cristaux enregistrent les mouvements de la tête. [5]

### 1.3.2.b Conduits semi-circulaires

Au nombre de trois ils sont implantés sur l'utricule. Ils se logent dans les canaux semi-circulaires osseux plus larges. On reconnaît ainsi un conduit semi-circulaire antérieur, un conduit semi-circulaire postérieur et un latéral.

Chacun d'eux possède à l'une de leurs extrémités une ampoule membraneuse (*Ampulla membranacea*) logée dans l'ampoule osseuse correspondante, tandis que l'extrémité opposée forme un bras membraneux, simple (*Crus membranaceum simplex*) pour le conduit latéral, et un bras membraneux commun (*Crus membranaceum commune*) pour les conduits antérieur et postérieur.

La structure membranaire et l'épithélium de chaque conduit semi-circulaire sont identiques à ceux de l'utricule et du saccule.

Chacune des ampoules présente une aire sensorielle comparable aux macules utriculaire et sacculaire. Cette aire est portée par un relief transversal dans la cavité : la crête ampullaire (*Crista ampullaris*). Les cellules ciliées, surtout développées vers le sommet de la crête, plongent leur cils dans une substance gélatineuse analogue à celle de la membrane des statoconies, elle s'appelle ici la coupole (*Cupula*) ; celle-ci s'étend jusqu'au voisinage de la paroi opposée de l'ampoule. [15]

L'endolymphe contenue dans les conduits semi-circulaires membraneux est mise en mouvement par les mouvements de la tête ; elle applique alors une pression sur la coupole et les cils des cellules sensorielles. Cela conduit à stimuler les cellules sensorielles qui envoient des signaux au système nerveux central. [5]

A la face externe de l'ampoule, la crête se traduit par un étroit sillon transversal, le sillon ampullaire (*Sulcus ampullaris*), dont s'échappent les fibres du nerf vestibulaire (*Radix vestibularis*) provenant du neuroépithélium.

### 1.3.2.c Conduit cochléaire

C'est la partie la plus développée et la plus spécialisée du conduit membraneux.

Le conduit cochléaire représente le labyrinthe membraneux cochléaire (*Labyrinthus cochlearis*) ; il est logé dans le canal spiral de la cochlée. Rappelons qu'il suit ce dernier sur toute sa longueur mais n'en occupe qu'une petite partie lorsqu'on l'examine sur les coupes transversales : il est compris entre la rampe tympanique et la rampe vestibulaire.

La face interne est tapissée par un épithélium dont certaines parties sont très différenciées et spécialisées pour la réception des ondes sonores.

Le conduit cochléaire commence à la base de la cochlée par un cul-de-sac légèrement dilaté, le caecum vestibulaire (*Caecum vestibulare*) logé dans le récessus cochléaire. Le caecum est mis en communication avec le saccule par le ductus reuniens. L'autre extrémité du conduit cochléaire forme aussi un cul-de-sac, le caecum cupulaire (*Caecum cupulare*).

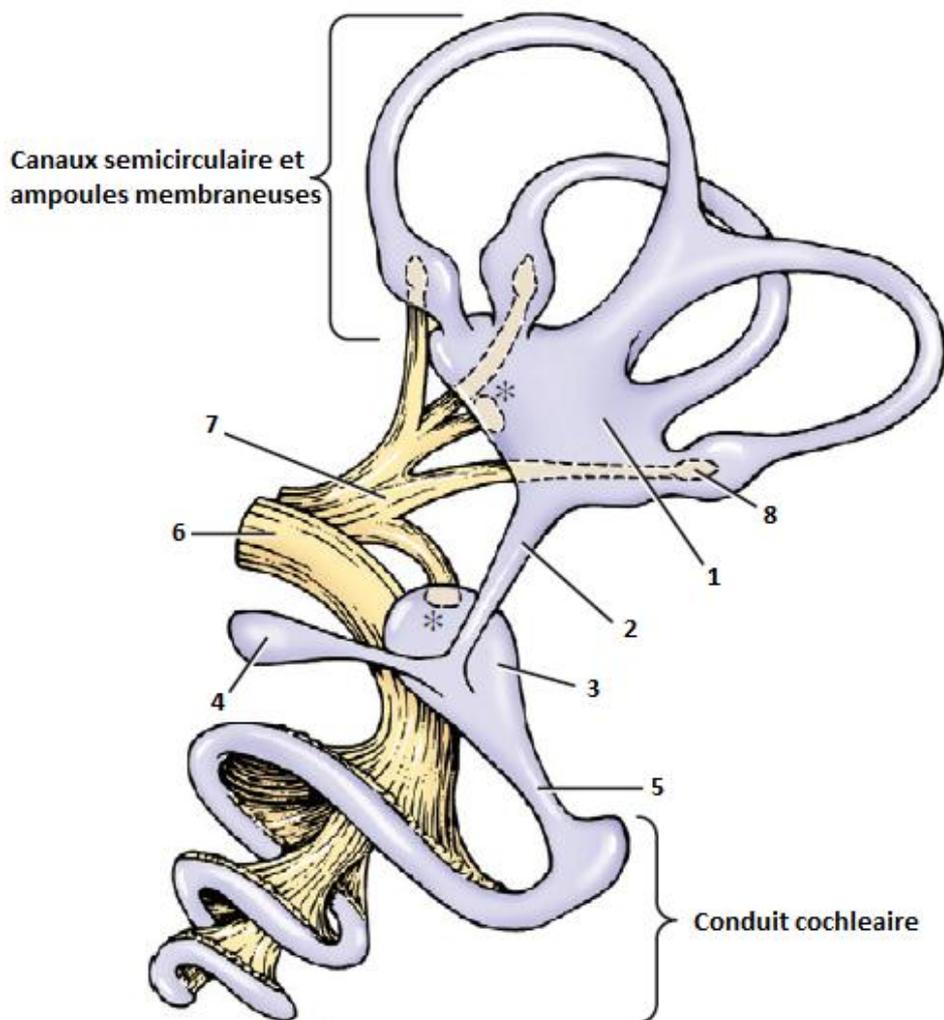


Figure 27 : Le labyrinthe membraneux de l'oreille interne chez un chien [11]

**Ce dernier est contenu dans le labyrinthe osseux (figure 24)**

**1. Utriculus 2. Ductus utriculosacculus 3. Sacculus 4. Ductus endolymphaticus 5. Ductus reuniens 6. Radix cochlearis, N. vestibulochochlearis 7. Radix vestibularis, N. vestibulochochlearis 8. Crista ampullaris**

Une section transverse du canal spiral de la cochlée, représentée en **figure 25**, montre l'organisation des trois parois qui entourent le conduit cochléaire. Ce dernier présente, sur tout son trajet, une coupe triangulaire isocèle à base externe.

La paroi externe (*Paries externa*) est adossée à celle du canal spiral de la cochlée. Celle-ci présente un réseau dense de micro- vaisseaux qui délègue un réseau capillaire intra épithélial remarquable; c'est le strie vasculaire (*Stria vascularis*) dont nous avons parlé précédemment.

La paroi la plus simple sépare le canal cochléaire de la rampe vestibulaire, c'est la membrane vestibulaire (*Membrana vestibularis*) aussi appelée paroi vestibulaire (*Paries vestibularis*).

La paroi séparant le canal cochléaire de la rampe tympanique est beaucoup plus complexe, il s'agit de la membrane basale. Elle commence au niveau du bord libre de la lame spirale osseuse par une bordure fibreuse épaisse, le limbe de la lame spirale osseuse (*Limbus laminae spiralis osseae*).

Une forte lame fibreuse prolonge le limbe de la lame spirale osseuse jusqu' à la paroi externe : la lame basilaire (*Lamina basilaris*). Cette lame est percée de fins petits orifices, les foramina nervosa, qui livrent passage aux fibres du nerf cochléaire.

La lame basilaire porte du côté de la rampe tympanique un vaisseau veineux de gros calibre : le vaisseau spiral (*Vas spirale*). En regard de ce dernier, du côté du canal cochléaire se trouve l'organe spiral (*Organum spirale*), anciennement appelé organe de Corti, qui joue un rôle primordial dans la perception des sons.

Les cellules qui forment l'organe spiral sont appelées cellules pilaires (*Cellulae pilares*); elles délimitent un minuscule conduit à section triangulaire : tunnel interne (*Cuniculus internus*).

De part et d'autre de ce tunnel se trouve des cellules sensorielles ciliées (*Cellulae sensoriae pilosae*). L'extrémité profonde des cellules sensorielles ciliées reste toujours éloignée de la membrane basilaire et s'articule par de nombreuses synapses aux fibres du nerf cochléaire. L'extrémité opposée est formée de stéréocils à l'origine de l'influx nerveux produit suite aux sons perçus par l'oreille externe.

En effet, l'organe spiral est couvert comme par un toit par la membrana tectoria qui naît de la lame basilaire. Cette membrane, formée de fibrilles protéiques noyées dans un gel, s'épaissit fortement au dessus de l'organe spiral. Les stéréocils des cellules sensorielles sont inclus par leur sommet dans la partie adjacente de la membrane. Par son inertie, la membrana tectoria provoque leur tension ou leur déformation.

Ainsi, lorsque les ondes sonores déforment la membrane spirale, les cellules sensorielles sont déplacées et ce changement de position est à l'origine d'un influx nerveux.

La formation de ce message nerveux passe également par la stimulation de l'organe spiral via les fenêtres vestibulaire et cochléaire.

Le message nerveux se propage vers le modiolus jusqu'aux corps cellulaires logés dans le ganglion spiral. De là il repart le long des fibres nerveuses jusqu'à la base du modiolus où ces fibres se rejoignent pour former la partie vestibulaire (*Radix cochlearis*) du nerf vestibulo-cochléaire.

L'organe vestibulaire est donc responsable de l'audition. [5][11][15]

### 1.3.3- VAISSEAUX ET NERFS DE L'OREILLE INTERNE

Le sang est apporté à l'oreille interne par l'artère du labyrinthe (*A. Labyrinthi*) qui provient de l'artère basilaire et pénètre dans le méat acoustique interne avec le nerf vestibulo-cochléaire. Ce vaisseau se divise à ce niveau en un rameau vestibulaire et un rameau cochléaire.

Le premier émet aussitôt des divisions à destination de l'utricule, du saccule et des conduits semi-circulaires.

Le second se divise par la suite en une multitude de grêles artérioles qui pénètrent avec les filets nerveux dans les canaux de modiolus et gagnent la membrane spirale.

Les veines du labyrinthe (*Venae Labyrinthi*) ne sont pas toutes satellites des artères.

Les veines vestibulaires se collectent en suivant les artères vers le méat acoustique interne. Ces veines sont aussi drainées par des petits vaisseaux qui communiquent avec le sinus transverse de la dure-mère.

Les veines cochléaires rejoignent celles provenant du vestibule à la base du modiolus tandis que celles du tour basal s'anastomosent au vaisseau spiral pour alimenter un grêle effluent qui rejoint le système des veines méningées.

On trouve des espaces lymphatiques mais pas de vaisseaux.

Les nerfs sont des divisions du nerf vestibulo-cochléaire.

La partie vestibulaire de ce nerf groupe ses corps neuronaux dans le ganglion vestibulaire (*Ganglion vestibulare*) d'où partent les faisceaux destinés aux macules de l'utricule et du saccule ainsi qu'aux ampoules membraneuses des conduits semi-circulaires.

La partie cochléaire groupe ses corps neuronaux dans le ganglion spiral (*Ganglion Spirale*) localisé dans le canal spiral et étendu sur toute la longueur de la lame spirale osseuse.

Les fibres provenant du nerf cochléaire perdent leur gaine de myéline avant de traverser les foramina nervosa. [15] [5]

## 1.4- SITUATION DE L'OREILLE DANS L'OS TEMPORAL

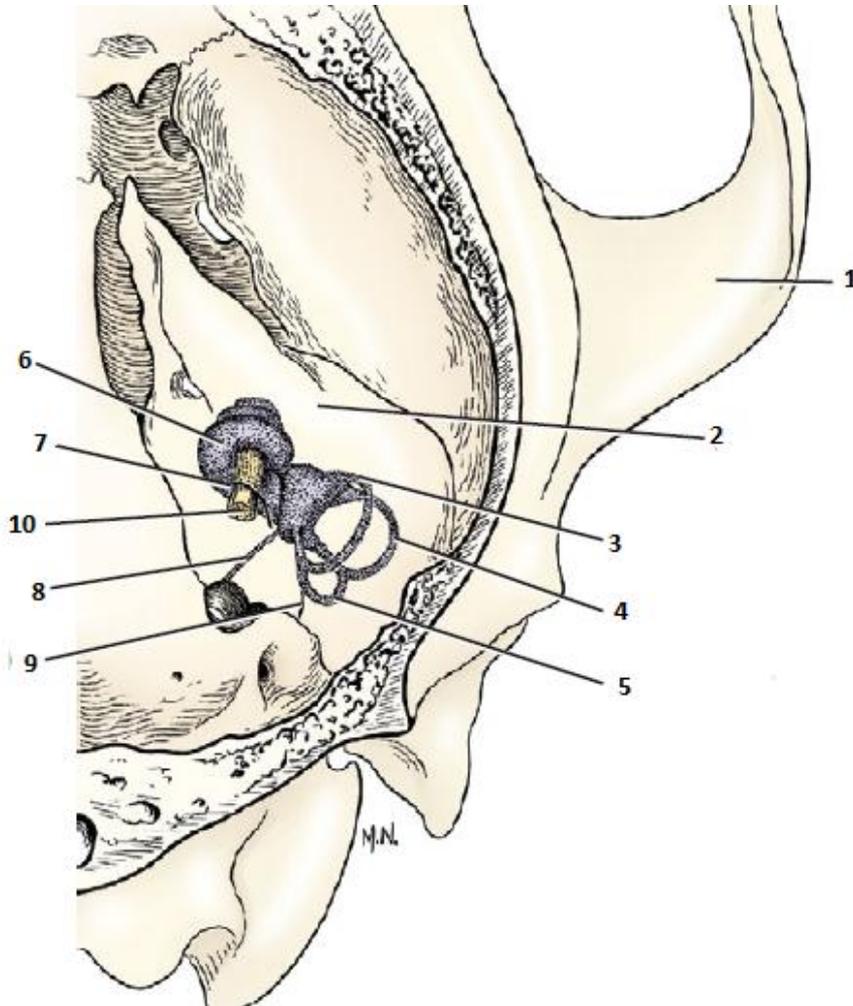


Figure 28 : Oreille interne droite en position in situ dans la partie pétreuse de l'os tympanique, aspect dorsal [11]

**1. Processus zygomaticus 2. Pars petrosa, Os temporale 3. Pars tympanica, Os temporale 4. Canalis semicircularis anterior 5. Canalis semicircularis lateralis 5. Canalis semicircularis posterior 6. Cochlea 7. Meatus acusticus internus 8. . Canaliculi cochleae 9. Aqueductus vestibuli 10. Nervus cochleare**

L'os temporal (*Os temporale*), base de la région de la tempe, renferme les structures osseuses de l'oreille. Il se compose de trois pièces principales : la partie écailleuse (*Pars squamosa*), la partie tympanique et la partie pétreuse. Les parties pétreuse et tympanique, auxquelles s'adjoint chez le Chat une petite partie endotympanique (*Pars endotympanica*), forment un bloc épais, compact et creusé des cavités très complexes logeant l'oreille et ses dépendances. [21] [33]

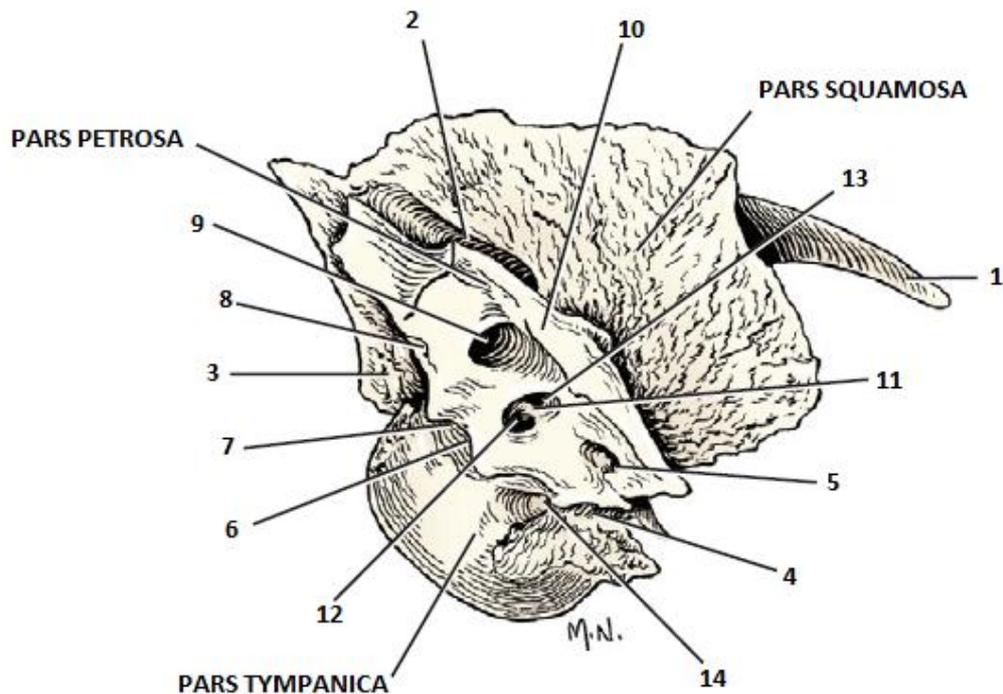


Figure 29: Os temporal gauche, aspect médial [11]

1. Processus zygomaticus 2. Sulcus sinus transversi 3. Processus mastoideus 4. Canalis petro-occipitalis 5. Canalis trigemini 6. Incisura jugularis 7. Apertura externa canaliculi cochleae 8. Apertura externa aqueductus vestibuli 9. Fossa cerebellaris 10. Crista petrosa 11. Crista transversa meatus acusticus internus 12. Canalis n. vestibulocochleare 13. Canalis facialis

#### 1.4.1- LA PARTIE ECAILLEUSE DE L'OS TEMPORAL

Elle est unie à sa périphérie aux os pariétal (*Os parietale*), frontal (*Os frontale*) et sphénoïde (*Os sphenoidale*).

Sa face médiale, aussi appelée face cérébrale (*Facies cerebralis*), est partie intégrante de la paroi de la cavité cérébrale.

La face latérale ou temporale (*Facies temporalis*) est unie à l'os zygomatic (*Os zygomaticus*) par un fort processus (*Processus zygomaticus*), visible sur les **figures 29 et 31** qui suivent. L'ensemble forme l'arcade zygomatic (*Arcus zygomaticus*), à la base duquel s'articule la mandibule (*Mandibula*), notamment au niveau de la fosse mandibulaire (*Fossa mandibularis*).

Caudalement à la base du processus zygomatic se trouve une très profonde échancrure à peu près demi-circulaire, dans laquelle se loge le méat acoustique externe: c'est l'incisure tympanique (*Incisura tympanica*).

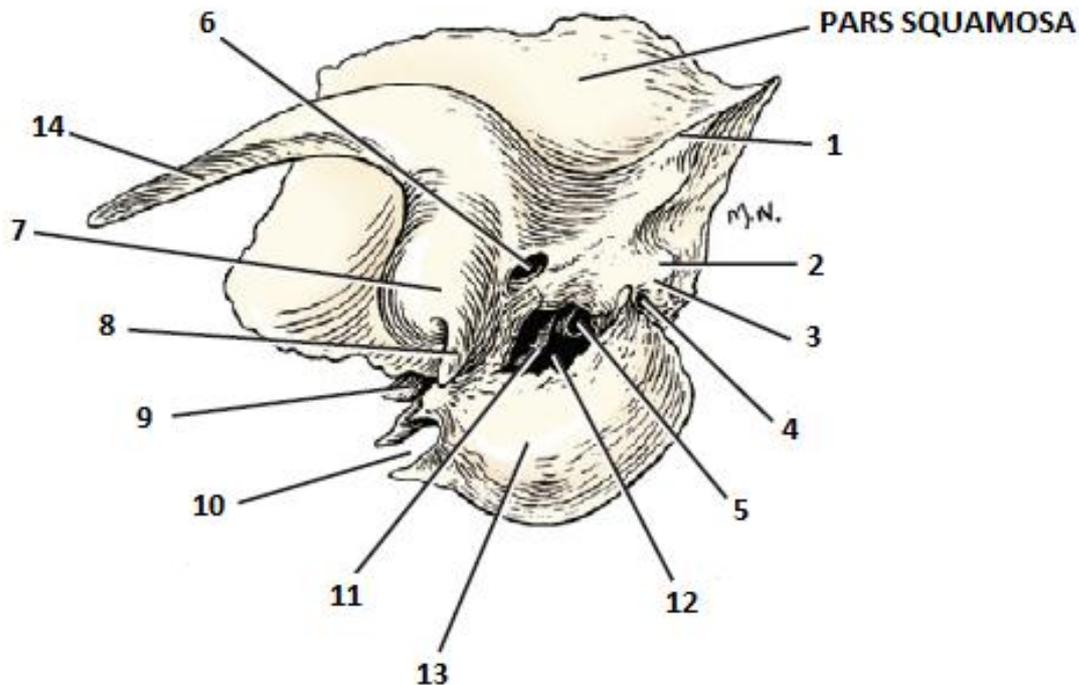


Figure 30 : Os temporal gauche, aspect latéral [11]

1. Crista nuchae, Pars squamosa 2. Processus mastoideus 3. Cartilago tympanohyoideum  
 4. Foramen retroarticulare 5. Fenestra cochleae 6. Foramen retroarticulare 7. Fossa mandibularis  
 8. Processus retroarticulare 9. Apex partis petrosae  
 10. Incisura carotica 11. Manubrium mallei 12. Meatus acusticus externus 13. Bulla tympanica  
 14. Processus zygomaticus

#### 1.4.2-LA PARTIE PETREUSE DE L'OS TEMPORAL

Chez les Carnivores domestiques, la partie auriculaire de l'os temporal (partie pétreuse) est assimilable à une pyramide irrégulière dont la base est ventrale.

Cette partie possède quatre faces :

- caudale ou occipitale (*Facies occipitalis partis petrosae*),
- latérale (*Facies lateralis partis petrosae*),
- médiale ou cérébelleuse (*Facies medialis partis petrosae*),
- rostrale ou cérébrale (*Facies rostralis partis petrosae*),

Le sommet et les quatre faces appartiennent à la partie pétreuse de l'os temporal, alors que la base dépend de la partie tympanique (et de la partie endotympanique chez le Chat).

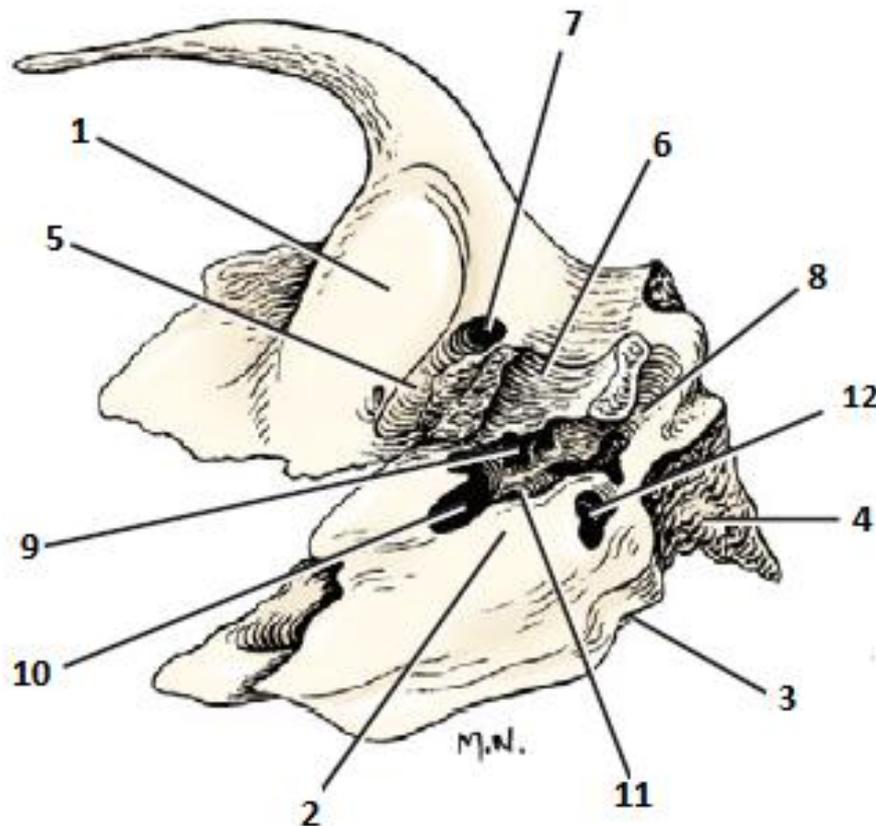


Figure 31 Os temporal gauche, aspect ventral [11]

**1. Fossa mandibularis 2. Promontorium 3. Apertura externa canalis cochleae 4. Processus mastoideus 5. Processus retroarticulare 6. Meatus acusticus externus 7. Foramen retroarticulare 8. Canalis facialis 9. Recessus epitympanicus 10. Fossa m. tensor tympani 11. Fenestra vestibuli 12. Fenestra cochleae**

La partie pétreuse contient les canaux semi-circulaires, le vestibule et la cochlée tandis que la part tympanique se compose essentiellement de la bulle tympanique. Les particularités anatomiques de cette partie de l'os temporal sont visibles sur l'image tomodensitométrique.

Un relief, la crête pétreuse (*Crista partis petrosae*), s'étend caudalement pour rencontrer la tente cérébelleuse. Rostralement elle se termine par l'aigüe apex pétreux (*Apex partis petrosae*).

La face cérébelleuse de la partie auriculaire de l'os temporal présente plusieurs structures remarquables, visible en **figure 31**, dont:

- le méat acoustique interne (*Meatus acusticus internus*), dont l'ouverture s'appelle le pore acoustique interne (*Porus acusticus internus*) ;
- le canal du nerf trijumeau (*Canalis n .trijemini*), localisé ventro-rostralement au méat acoustique interne ;

- le canal facial, au travers duquel passe le nerf facial ;
- l'orifice endocrânien du canalicule cochléaire (*Apertura externa canaliculi cochleae*), canal contenant le conduit périlymphatique ;
- L'orifice endocrânien de l'aqueduc du vestibule (*Apertura externa aquaeductus vestibuli*), localisé légèrement caudo-dorsalement par rapport au canalicule cochléaire.

Le méat acoustique interne est divisé par un relief, la crête transverse (*Crista transversa*). Cette dernière sépare :

- l'ouverture du canal facial et la partie vestibulaire supérieure du méat acoustique interne (*Area vestibularis superior*),
- de la partie vestibulaire inférieure du méat acoustique interne (*Area vestibularis inferior*), et de la partie cochléaire du méat acoustique interne (*Area cochleae*).

Les parties vestibulaires du méat acoustique interne sont le lieu de passage des fibres vestibulaires du nerf vestibulo-cochléaire, tandis que les fibres cochléaire passent au travers de partie cochléaire.

Le canal facial parcourt de manière sigmoïde la partie pétreuse de l'os temporal et débouche à sa surface au niveau du foramen stylomastoidien (*Foramen stylomastoideum*).

Du canal facial part le canalicule de la corde tympanique (*Canaliculus chordae tympani*) qui s'ouvre sur la fissure petrotympanique (*Fissura petrotympanica*), médialement au processus rétroarticulaire (*Processus retroarticulare*).**[11]**

Comme présenté en **partie 1.3.**, la partie pétreuse de l'os temporal est formée en profondeur de canaux, les canaux semi-circulaires osseux et le canal de la cochlée, et d'une cavité, le vestibule ; le tout formant le labyrinthe osseux.

De ce dernier part deux canaux, le canalicule cochléaire et l'aqueduc vestibulaire (*Aqueductus vestibuli*). Le canalicule cochléaire contient le conduit périlymphatique. Il prend son origine au niveau de la fenêtre vestibulaire, dans la paroi de la rampe tympanique de la cochlée, pour se terminer sur le bord du foramen jugulaire, autre structure remarquable de la partie pétreuse. Ce canalicule permet de mettre en relation la rampe tympanique et l'espace sous-arachnoïdien. L'aqueduc vestibulaire contient le conduit endolymphatique, qui s'étend du saccule à la dure-mère.

La base de la partie pétreuse participe à la formation de la cavité tympanique. On y retrouve deux ouvertures : la fenêtre du vestibule et la fenêtre de la cochlée, décrites en **partie 1.3.** Rostralement à la fenetre vestibulaire se trouve une large fosse arrondie, la fosse du muscle tensor tympani (*Fossa m. tensor tympani*). Caudolatéralement à cette fosse se trouve le récessus épitympanique, lui aussi décrit en **partie 1.3.**

La limite de la partie pétreuse et de la partie tympanique de l'os temporal est le lieu de passage du canal du nerf pétreux mineur (*Canalis n. petrosi minoris*), branche nerveuse issue du plexus tympanique de nerf glossopharyngien (nerf crânien XII). Ce canal s'ouvre au niveau de la partie osseuse de la trompe auditive.

### 1.4.3-LA PARTIE TYMPANIQUE DE L'OS TEMPORAL

La cavité tympanique est essentiellement creusée dans les parties tympaniques et endotympaniques (chez le chat).

Elle est caractéristique par son relief osseux de forme ovoïde et lisse, la bulle tympanique, bien décrite en **partie 1.3**.

Parmi les reliefs remarquables de cette partie se trouve un cercle osseux incomplet, l'anneau tympanique entourant le débouché du méat acoustique externe et où s'insère la membrane tympanique.

Rostro-médialement à la bulle tympanique, se trouve le processus musculaire (*Processus muscularis*), épine brève et saillante à laquelle s'attache le muscle tenseur du voile du palais (*Musculus tensor veli palatini*). La base de ce processus se prolonge par un conduit qui donne accès à la cavité tympanique : c'est la partie osseuse de la trompe auditive [29] ou canal musculo-tubaire.

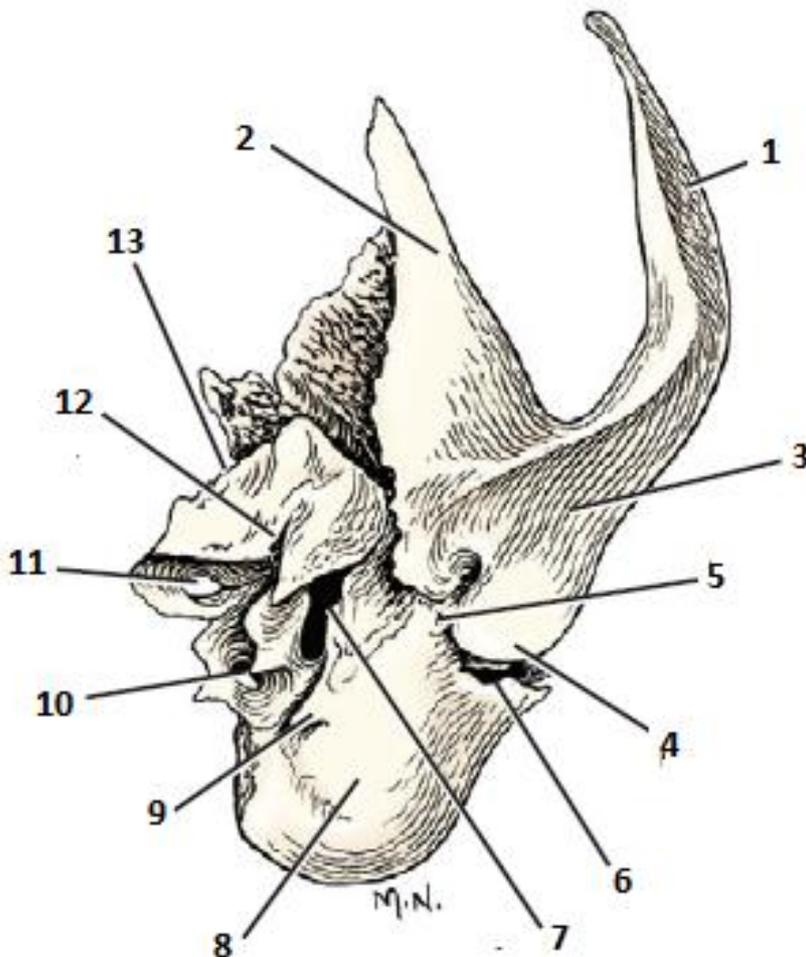


Figure 32 : Os temporal, aspect rostral [11]

**1. Processus zygomaticus 2. Pars squamosa 3. Fossa mandibularis 4. Processus retroarticulare 5. Fissura petrotympanica 6. Meatus acusticus externus 7. Canalis musculotubarius 8. Bulla tympanica 9. Processus musculaire 10. Canalis caroticus 11. Canalis n. trigemini 12. Canalis n. petrosi majoris 13. Crista partis petrosae**

Ainsi l'oreille fait partie intégrante de la structure osseuse de l'encéphale, incluse dans l'os temporal.

Il ressort de cette description anatomique poussée, que l'oreille, aussi appelée organe vestibulo-cochléaire, est une structure extrêmement complexe, formée d'un labyrinthe membraneux abritant des micro-structures hautement spécialisées, le tout inclus et ainsi protégé par la partie pétreuse de l'os temporal.

Nous avons pu mettre en évidence que l'oreille était organisée en compartiments distincts, permettant de séparer d'une part la fonction auditive (conduit cochléaire) et d'autre part la fonction d'équilibre (canaux semi-circulaires, utricule et saccule). Sous l'effet de stimuli extérieurs, les cellules sensorielles présentes dans ces divers compartiments élaborent un influx nerveux, qui est transmis, via le nerf vestibulo-cochléaire, au système nerveux central.

Il faut cependant garder à l'esprit que cette séparation n'est pas parfaite et que les divers composants de cet organe communiquent entre eux ainsi qu'avec l'espace subarachnoïdien, la dure-mère et le milieu extérieur.

Par cet exposé, il est possible de comprendre que tout clinicien peut être en difficulté lorsqu'il s'agit d'explorer une atteinte de cet organe, en cas de pathologie de l'oreille chez les chiens et les chats.

Les examens de premières lignes que sont l'examen otoscopique et la radiologie conventionnelle ne sont pas toujours suffisants pour mettre en évidence une atteinte de l'oreille, car ils ne permettent qu'une visualisation partielle de celle-ci.

Plus particulièrement en cas d'atteinte de l'oreille moyenne ou interne, ces outils seront généralement très insuffisants. Il devient alors nécessaire de faire appel à des outils donnant accès à une exploration en coupe sans superposition.

La tomodensitométrie et l'IRM, de part leur haut pouvoir de résolution en contraste, mais surtout grâce à leur nature tomodensitométrique, permettent une étude détaillée et précise de l'oreille interne et moyenne.

Ainsi nous nous proposons à présent de présenter les principes physiques qui régissent le fonctionnement de ces deux techniques avant d'exposer les images de l'oreille et les informations qu'elles permettent d'obtenir.

Nous présenterons ici des images normales de l'oreille de chats et de chiens, légendées de manière précise, et ce dans le but de souligner les avantages et les inconvénients des deux techniques en fonction des structures que l'on souhaite observer.

Des exemples d'images anormales seront présentés en troisième partie, en même temps que les principales affections de l'oreille des carnivores domestiques.

## II. LA TOMODENSITOMETRIE ET L'IMAGERIE PAR RESONANCE MAGNETIQUE : PRINCIPES PHYSIQUES, FONCTIONNEMENT ET IMAGES NORMALES DE L'OREILLE CHEZ LES CHIENS ET LES CHATS

### 2.1 LES PRINCIPES GENERAUX DE LA TOMODENSITOMETRIE ET DE L'IMAGERIE PAR RESONANCE MAGNETIQUE

L'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) et la tomodensitométrie offrent des possibilités diagnostiques plus vastes que la radiologie conventionnelle (radiographie) car ces méthodes d'imageries possèdent deux avantages majeurs qui sont leur nature tomographique et leur haute résolution en contraste.

En effet contrairement aux méthodes radiologiques conventionnelles qui offrent une image en une ou deux dimensions de structures tridimensionnelles, l'IRM et le scanner permettent une exploration en coupe des tissus, ce qui permet d'éliminer les superpositions. Les organes peuvent donc être isolés plus aisément et leur différenciation est facilitée.

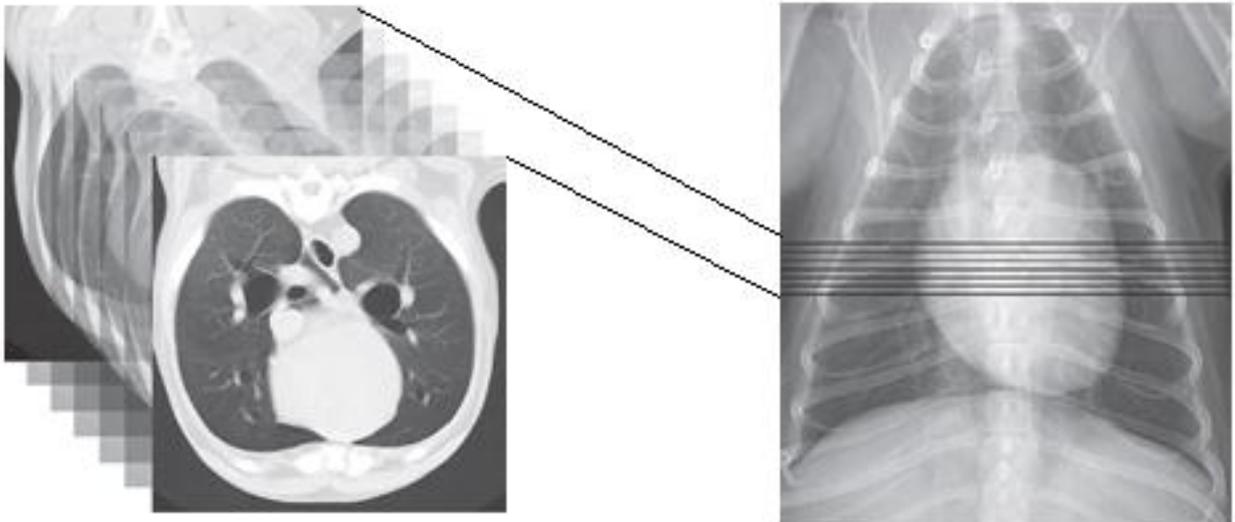


Figure 33 : Tomodensitométrie et abolition de la superposition [34]

**La tomodensitométrie génère des sections ou des images du corps permettant la visualisation des structures sans superposition. Cette caractéristique fondamentale du scanner est évidente sur ces images du thorax de chien de 5 mm d'épaisseur.**

La qualité de l'image radiologique dépend de la résolution en contraste, de la résolution spatiale et, dans le cas du scanner, de la résolution temporelle (temps d'acquisition).

La notion de résolution en contraste (ou en densité) définit la capacité du système à caractériser de manière précise un tissu ou une structure. Ceci est rendu possible grâce aux caractéristiques physiques et/ou biochimiques de chaque tissu qui conduisent à une atténuation particulière des rayons X (cas de la tomodensitométrie) ou à l'émission d'un signal magnétique d'intensité unique (cas de l'IRM).

On comprend donc que plus la résolution en contraste est élevée, plus la probabilité de détecter des variations subtiles de densité tissulaire est grande. Ces variations se traduisent, au niveau de l'image, sous la forme de pixels en tons de gris variés.

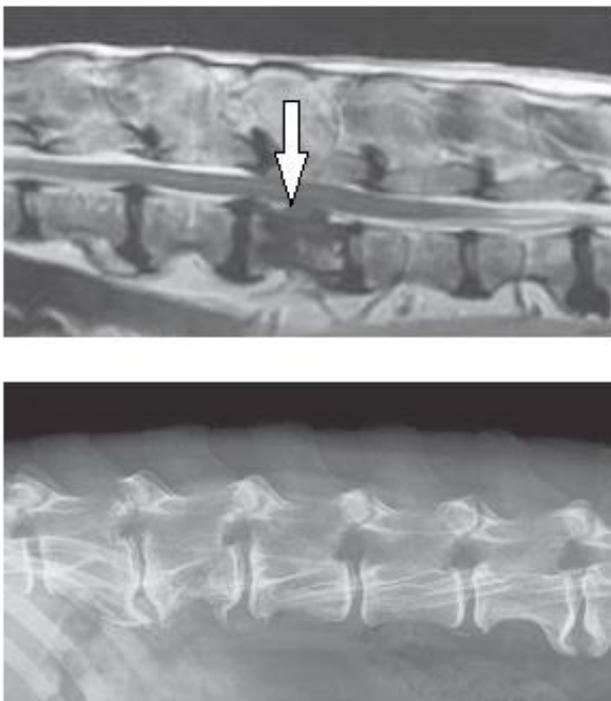


Figure 34 : L'IRM, une meilleure résolution en contraste [34]

**Chez ce chien qui présentait une douleur dorsale, une tumeur maligne de la troisième vertèbre lombaire est mise en évidence (flèche) grâce à l'IRM mais ne se voit pas si l'on regarde l'image radiologique conventionnelle.**

La résolution spatiale quant à elle correspond à la capacité du système à différencier deux structures proches et de contraste élevé. Elle est relativement limitée pour ces deux techniques d'imagerie par rapport à la radiographie.

Typiquement celle-ci tourne autour de  $0.4$  à  $1.0\text{mm}^3$  (tomodensitométrie et IRM respectivement), bien que des avancées technologiques aient permis de minimiser cette valeur pour l'IRM. En comparaison, si on utilise la radiographie sur film ou la radiographie numérique les valeurs de résolution spatiale sont plus proches de  $0.08$  à  $0.17\text{mm}^3$ , permettant de repérer de plus petits détails.

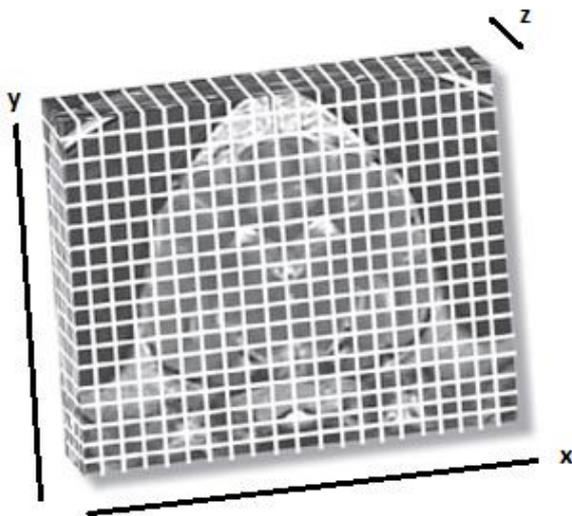
Cependant, comme évoqué précédemment, la capacité du scanner et de l'IRM à éliminer la superposition ainsi que la meilleure résolution en contraste permettent de compenser cette limitation.

Dans un premier temps seront détaillés les principes physiques qui régissent la formation des images IRM et scanner, puis nous commenterons les images normales des oreilles obtenues grâce à ces deux techniques, toujours chez nos carnivores domestiques.

### 2.1.1 CONCEPTS GÉNÉRAUX DE FORMATION D'IMAGES AVEC L'IRM ET LE SCANNER

Bien que l'on ait affaire à des techniques exploitant des propriétés tissulaires différentes, ces deux méthodes d'imagerie partagent des caractéristiques communes en ce qui concerne les principes de formation d'images.

En effet l'image obtenue représente une fine portion ou coupe du corps, composée de volumes élémentaires tissulaires aussi appelés « voxels » qui sont représentés sur l'écran comme une matrice de pixels.



Matrice de « voxels »

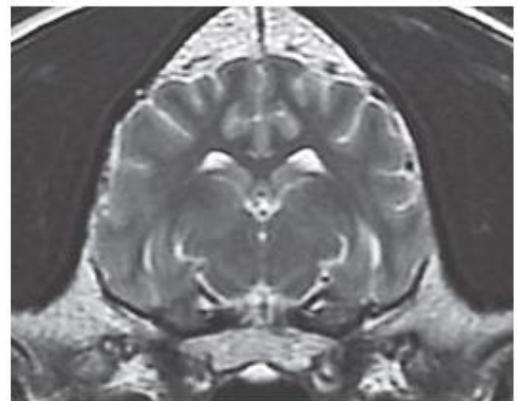


Image transformée en pixels

Figure 35 : De Voxels aux Pixels [34]

**Le concept de la transformation « voxel au pixel » en tomographie. Un objet en trois dimensions est converti en une image à deux dimensions.**

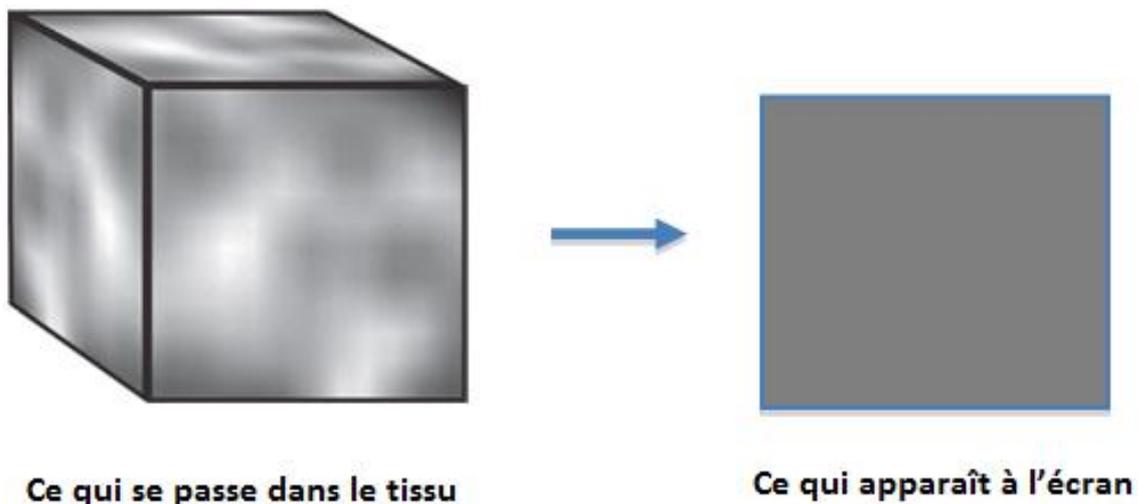
Que ce soit pour la tomographie ou l'IRM, chaque voxel de la matrice est associé à un courant électrique dont la localisation spatiale se situe quelque part dans le corps et qui est analysé par un système informatique spécialisé.

L'intensité électrique qui émane d'un ensemble tissulaire est variable et se traduit, au niveau du système informatique, en une variation de l'intensité lumineuse des pixels de l'image, visible sur l'écran.

En effet, plus l'intensité du signal tissulaire sera importante ou plus l'atténuation des rayons X sera marquée alors plus le pixel correspondant sera lumineux sur l'écran (blanc).

Au contraire une absence de signal tissulaire ou une absence d'atténuation des rayons X se traduit par un pixel noir ou très sombre.

Si le voxel (qui est, on le rappelle, l'unité élémentaire tissulaire) est de grande taille ou si les tissus qui le composent sont hétérogènes, alors le signal lumineux, ou l'atténuation des rayons X seront différents ; c'est alors la moyenne de ces valeurs qui sera représentée à l'écran, et le pixel prendra le ton gris correspondant à cette moyenne.



Voxel avec des signaux d'intensité variable

Pixel avec une moyenne des signaux

Figure 36 : Signal tissulaire et traduction informatique [34]

On comprend que le concept de la conversion voxel-à-pixel est intimement lié aux notions de résolution en contraste et de résolution spatiale, qui ont été évoquées précédemment.

Ainsi un large voxel peut contenir un tissu composé de minuscules éléments de composition et caractéristiques biochimiques différentes. Cela implique qu'il peut contenir à la fois du tissu sain et du tissu anormal, limitant les capacités de détection de ces deux techniques d'imagerie.

En général le facteur limitant est l'épaisseur des coupes réalisées, qui est typiquement la dimension la plus large du pixel ( $y$ ). Les technologies actuelles tentent de palier à ce manquement en créant une résolution isotopique, c'est à dire avec des voxels parfaitement cubiques ( $x=y=z$ ).

Parmi les différences majeures entre l'IRM et la tomodensitométrie, se trouvent les plans d'acquisition des sections d'images : elles peuvent être acquises dans tous les plans avec l'IRM (transverse, sagittal, dorsal ou tout plan oblique), ce qui n'est pas le cas du scanner.

Pour ce dernier seule l'acquisition en plans parallèles à l'arceau (association générateur de rayon X- détecteurs, **partie 2.2.1.b**) est possible et ainsi les images sont généralement transverses au corps du patient, qui est allongé sur la table du scanner.

Cependant cette limitation de l'appareil de tomodensitométrie est compensée par le fait que l'acquisition se fait en continue. Il est ainsi possible de reformater l'image pour obtenir une coupe différente de celle transverse obtenue initialement ; on parle de reformatage multiplanaire.

En utilisant des programmes informatiques spécialisés, il est même possible d'obtenir une image en trois dimensions à partir de ces coupes transverses.

Cependant il faut mentionner que la qualité de l'image obtenue avec ces techniques de reformatage est directement dépendante de la résolution spatiale initialement utilisée et de l'épaisseur des coupes. Selon l'organe cible et l'affection suspectée, il n'est pas toujours nécessaire d'avoir une très forte résolution spatiale. Cependant si l'on s'intéresse à l'oreille une forte résolution spatiale peut s'avérer indispensable pour établir un diagnostic de certitude, car c'est un organe de très petite taille, très fin et complexe.

Nous allons à présent présenter les principes de base de formation des images scanner et IRM, de manière succincte.

## 2.1.2- LA TOMODENSITOMETRIE, GRANDS PRINCIPES ET FONCTIONNEMENT

La tomodensitométrie est une invention de G.N. Hounsfield et A.M. Cornack qui leur valut le prix Nobel de médecine en 1979. [35] Cette invention était considérée comme la plus grande avancée dans le domaine médical depuis l'invention de la radiographie traditionnelle.

Insistons sur le fait que le principe fondamental de la tomodensitométrie repose sur l'atténuation des rayons X par les voxels tissulaires suivie d'une analyse informatique du signal électrique émis qui permet de convertir ces informations en pixels, visibles sur un écran. Les différentes atténuations apparaissent à l'écran en tons de gris variés.

L'appareil de tomodensitométrie permet une rotation de 360°, autour du patient, d'un faisceau de rayons X très finement calibré.

### 2.2.1.a Formation de l'image

L'atténuation des rayons X à l'origine de l'image scanner est quantifiée en mesurant la fraction des radiations qui est enlevée au rayon X (appelé taux d'absorption) lorsque ce dernier traverse une certaine épaisseur d'un matériau spécifique.

Le taux d'absorption est caractérisé par le coefficient d'atténuation linéaire ( $\mu$ ). L'équation suivante permet de rendre compte des interactions tissus-rayons X :

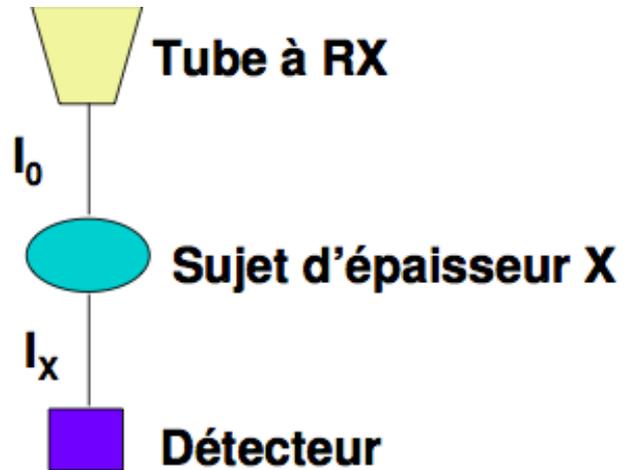
$$I_x = I_0 \cdot e^{-\mu x}$$

Avec  $I_x$  : intensité du faisceau de RX après traversée d'une épaisseur  $x$  de matière

$I_0$  : intensité initiale du RX

$x$  : épaisseur du matériau traversé

$\mu_x$  : coefficient d'atténuation linéaire du matériau traversé (en  $\text{cm}^{-1}$ )



Le coefficient  $\mu$  est fonction de la densité électronique de cet objet. En réarrangeant la formule précédente il peut être exprimé de la manière suivante :

$$\mu_x = \log (I_x/I_0)$$

On peut ainsi calculer  $\mu$  car les valeurs de  $I_x$  et  $I_0$  sont mesurées par le système.

Le faisceau rencontre des structures de densité et d'épaisseur différentes. Ainsi l'atténuation dépend de plusieurs inconnues  $\mu_1x_1, \mu_2x_2, \dots, \mu_nx_n$

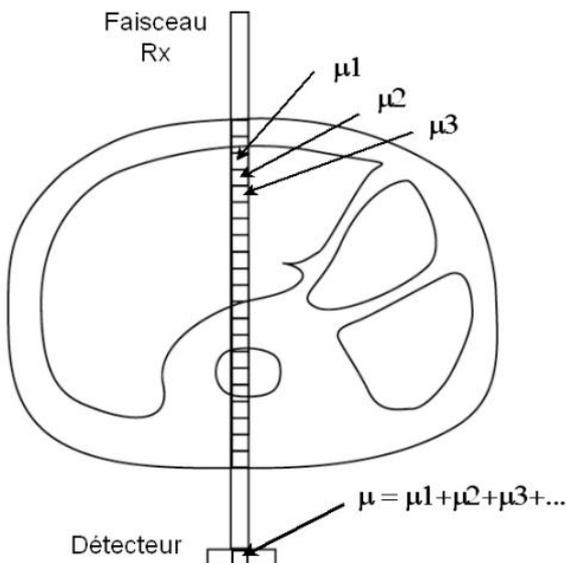


Figure 37 : Le coefficient d'atténuation  $\mu$  [36]

L'atténuation mesurée par un détecteur dépend de toutes les structures traversées et la valeur de  $\mu$  est une valeur moyenne.

La tomodensitométrie permet de détecter une atténuation des rayons X de l'ordre de 0.5% tandis que la radiologie conventionnelle ne détecte pas d'atténuation à moins de 5%. **[37]**

Les appareils de tomodensitométrie sont constitués d'un couple source-détecteur de rayons X, appelé arceau, qui effectue une rotation de 360° autour du corps de l'animal et réalise des mesures selon diverses incidences. Cette multiplication de faisceaux améliore la sensibilité et la résolution des images.

Une gamme de scanner est disponible avec notamment un nombre de détecteurs (ou barrettes) allant de 1 à 256, ce qui impacte directement la vitesse d'acquisition mais surtout la résolution en contraste. **[38]** En médecine vétérinaire on utilise généralement des scanners possédant entre 16 et 64 barrettes.

Le profil d'atténuation ou projection correspond à l'ensemble des signaux électriques fournis par la totalité des détecteurs pour un angle de rotation donné. A une rotation autour du corps du patient correspond une série de profils d'atténuation obtenue, pour une même coupe tissulaire, avec des angles d'incidence différents (environ 1000 mesures de  $\mu$  par rotation). **[36]**

Une fois que tous les profils d'atténuations sont obtenus pour toutes les incidences (soit n incidences), les valeurs de  $\mu$  sont converties par l'ordinateur en unités d'Hounsfield (HU), correspondant aux différentes nuances de gris. Ces valeurs, reflètes des différentes densités tissulaires, sont classées sur l'échelle de 'Hounsfield'. Cette conversion permet de reconstruire une image du plan de coupe étudié grâce aux n projections obtenues suivant n angles de rotation différents.

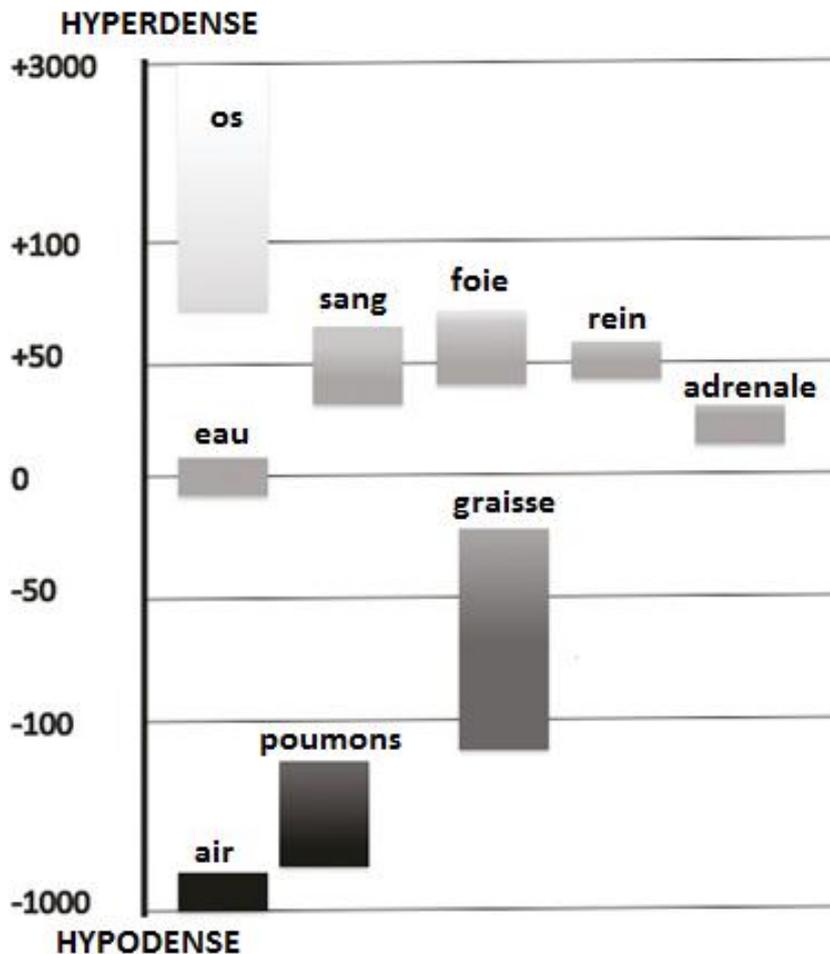


Figure 38 : Echelle de Hounsfield [39]

L'unité de Hounsfield est normalisée par la valeur de  $\mu_{\text{eau}}$ , correspondant à la densité d'un voxel contenant de l'eau pure. Ainsi pour tout tissu la valeur de  $\mu$  peut être calculée grâce à la formule suivante :

$$\text{HU d'un tissu} = [(\mu_{\text{tissu}} - \mu_{\text{eau}}) / \mu_{\text{eau}}] * 1000$$

Le fait que les liquides et les tissus mous puissent être discriminés grâce à leur valeur de  $\mu$  confirme la meilleure résolution en contraste du scanner par rapport à la simple radiographie.

L'échelle de Hounsfield est trop étendue pour l'œil humain qui ne peut distinguer plus de 90 nuances de gris. [37]

Si l'on affecte 90 nuances aux 4000 densités discernables par l'appareil, une seule nuance regroupe de nombreuses densités et l'image perd de sa précision.

Ainsi, il est préférable de n'utiliser qu'une partie de l'échelle appelée « fenêtre », qui

est caractérisée par un niveau (L) et une largeur (w). Ces valeurs doivent être ajustées en fonction de la médiane de la gamme de gris ou HU qui compose l'endroit ciblé.

Plus la fenêtre est étroite, plus la discrimination est importante et plus la différenciation des structures possédant des densités voisines est facilitée.

Le niveau détermine l'exposition de l'image tandis que la largeur de la fenêtre caractérise le contraste.

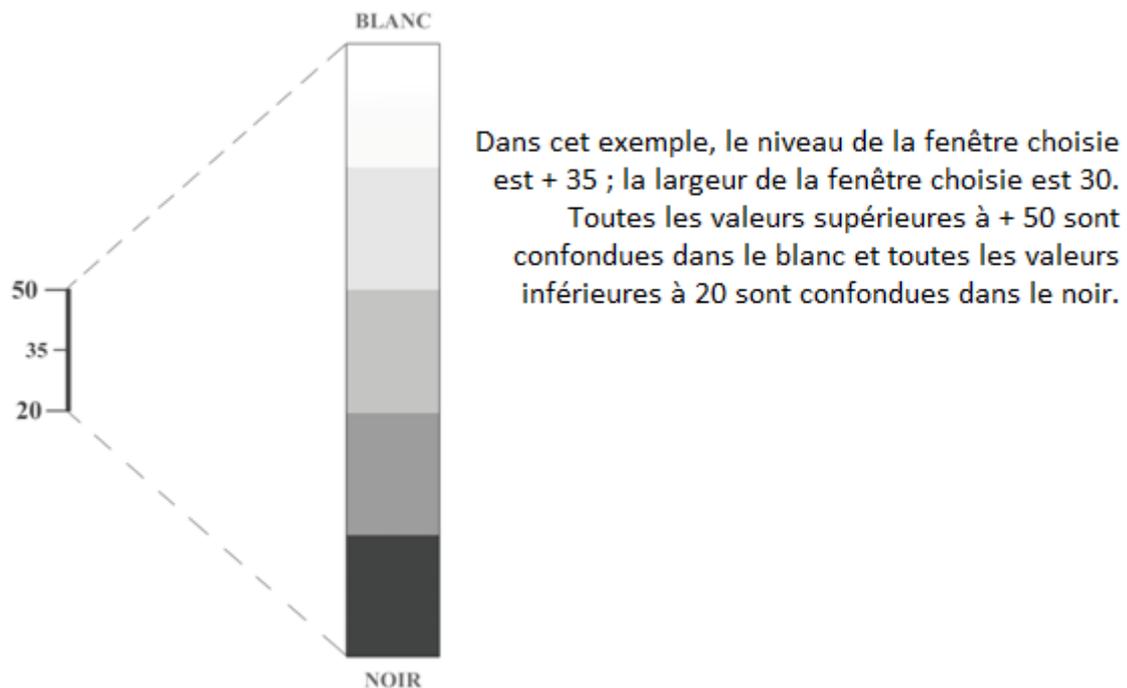
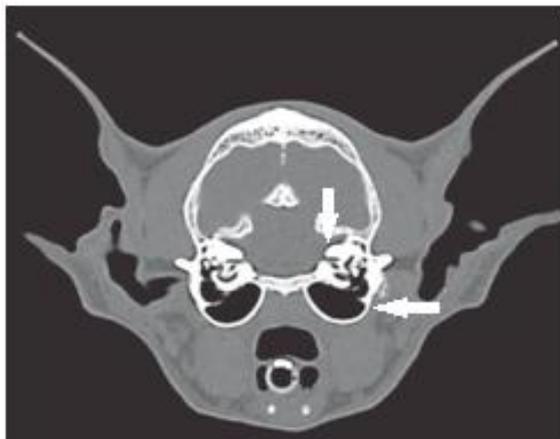


Figure 39 : Visualisation : notion de fenêtre et de niveau, d'après Hounsfield [40]

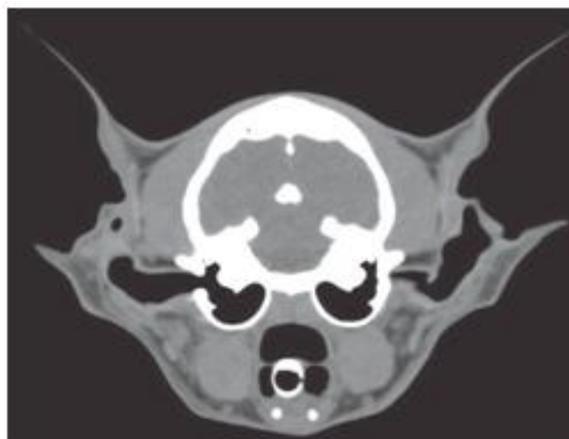
On distingue en général deux types de fenêtre : les fenêtres de type « os » et les fenêtres de type « tissus mous ».

Les fenêtres de type « os » (aussi appelée filtre osseux) permettent de repérer les reliefs et la structure du tissu osseux. Afin de couvrir tous les types d'os elles sont en général choisies très larges : toute la largeur de l'échelle de Hounsfield est choisie. Ce type de fenêtre permet de maximiser la résolution spatiale mais réduit la résolution en contraste. On se sert principalement de ce type de fenêtre lorsque l'on désire imager l'oreille des carnivores domestiques.

Les fenêtres de type « tissus mous » (aussi appelé filtre tissus mous) sont recommandées lors de l'exploration d'organes peu calcifiés. Ce sont généralement des fenêtres assez étroites que l'on centre autour du coefficient d'absorption du tissu choisi. Ce type de fenêtre n'est généralement pas privilégié dans l'exploration des affections de l'oreille mais peut trouver son importance en cas d'atteintes des structures adjacentes à celle-ci (encéphale, muscles, etc.)



Fenêtre de type « os »



Fenêtre type « tissu mou »

Figure 40 : Différences entre fenêtrages type « os » et fenêtrage type « tissu mou » [34]

**La bulle tympanique (flèche) et la cochlée de l'oreille interne sont mieux définies avec la fenêtrage de type « os ».**

### 2.2.1.b Fonctionnement de l'appareil de tomodensitométrie, la géométrie du système

Le système de l'appareil de tomodensitométrie, évoqué précédemment, est une chaîne radiologique qui se compose :

- d'un arceau : unité en forme d'anneau permettant de scanner le patient, composée d'un tube rotatif générateur de rayons X et d'un système de détection
- d'une table permettant d'accueillir le patient et qui se déplace horizontalement au cours de l'acquisition des données.
- d'un système d'ajustement des paramètres d'acquisition et de reconstruction de l'image (ordinateur) qui est relié à
- une console de visualisation de l'image.

L'acquisition des données se fait de manière hélicoïdale (thorax) ou séquentielle (tête).

Les récepteurs permettent de convertir l'énergie des faisceaux incidents en signal électrique. Chaque détecteur est composé d'un cristal scintillateur (en céramique) qui réagit suite à l'interaction avec le rayon incident et, grâce à un processus d'amplification, génère de la lumière qui est convertie en pulses digitaux (ou électriques).

Ces détecteurs sont organisés en simple couronne, appelé scanner mono-coupe (plus présent en médecine vétérinaire), ou en couronnes multiples, appelé scanner multi-coupes. De plus ils peuvent être organisés selon un axe semi-circulaire (généralement 60°) ou annulaire (360°), selon la géométrie du système.



Figure 41 : Arrangement spatial des détecteurs dans l'arceau [34]

**La plupart des scanners ont maintenant des détecteurs disposés de manière semi-circulaire qui effectuent des rotations autour du patient de manière synchrone au tube générateur de rayons X**

Avant toute acquisition d'image il est nécessaire de faire des réglages qui sont les suivants :

- la collimation primaire (largeur de collimation du faisceau de rayons X à la sortie du tube) ;
- la tension (en KV) qui permettra de jouer sur le contraste (règle la force de pénétration des rayons X) ;
- le temps de rotation (en s) qui conditionne le temps d'acquisition d'une séquence (aussi appelée résolution temporelle) : les scanners hélicoïdaux mono-coupe permettent un temps d'acquisition sur 360° de 0.75 à 0.8 secondes. Si l'on augmente ce temps alors on bénéficie de plus de mesures par rotation et la qualité de l'image est améliorée [36] ;
- l'intensité du courant (en mA) qui dictera le degré final de noircissement de l'image (module le nombre d'électrons) ;
- l'épaisseur des coupes, dépend de la collimation primaire en acquisition mono-coupe ;
- le pitch, rapport entre le pas de l'hélice et la collimation du faisceau de RX, définit le nombre de coupes et leur espacement : deux coupes peuvent être séparées par une zone aveugle si le pitch est supérieur à 1, jointives si le pitch est égal à 1, ou chevauchantes (Overlap) si le pitch est inférieur à 1 ;
- la direction ;
- le champ (diamètre de la tranche anatomique observée sur l'image).

Au cours de l'examen de tomodynamométrie il est important que le patient reste immobile et c'est pour cette raison que l'examen se déroule sous anesthésie générale. Pendant que l'acquisition des données a lieu, les variables vitales de l'animal sont surveillées : fréquence cardiaque, fréquence respiratoire, SpO2, ETCO2, tension artérielle

(invasive ou non), etc. Le temps d'acquisition est de plusieurs minutes, en fonction de la zone à examiner et du protocole à suivre.

Il est parfois nécessaire d'utiliser des produits de contraste. L'utilisation de produits iodés en médecine vétérinaire est pratique courante [41]. L'injection se fait sous forme de bolus et la distribution du produit permet de rendre compte de la perfusion tissulaire ainsi que de l'intégrité des barrières (hémato-méningée par exemple).

L'utilisation de ces produits de contraste permettra de différencier des phénomènes néoplasiques ou inflammatoires (prise de contraste) de débris nécrotiques et exsudats (pas de prise de contraste).

Des séquences pré-contraste et post -contraste sont alors réalisées. Lorsque l'on compare les deux types d'images acquises, le degré de contraste peut être mis en évidence de manière qualitative et quantitative.

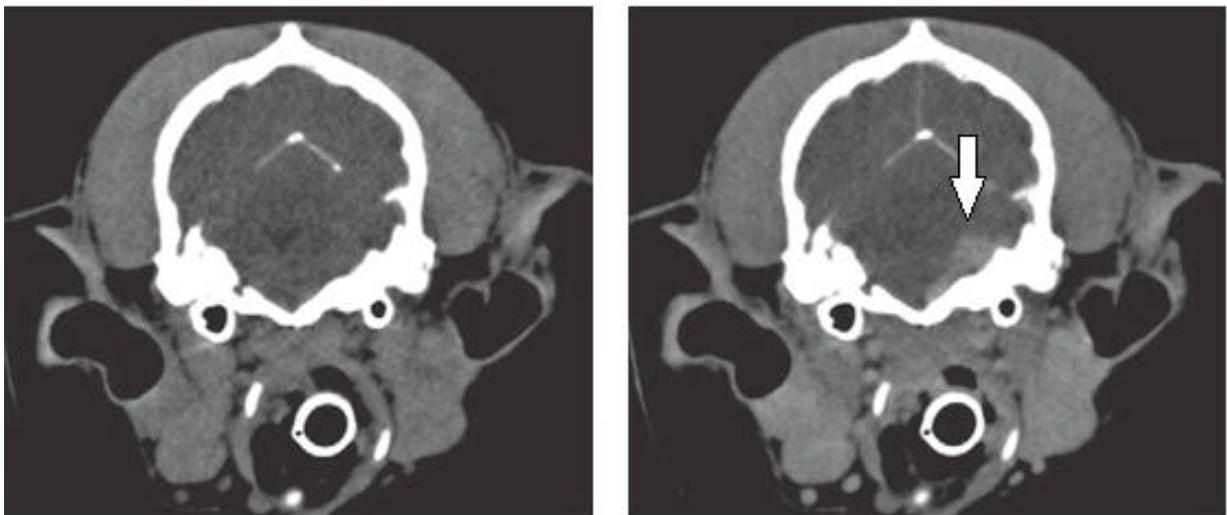


Figure 42 : Apport des produits de contraste en tomодensitométrie [34]

**La résolution en contraste est augmentée lors de l'examen de tomодensitométrie grâce à une injection de produit iodé. Dans cette image un méningiome a pu être détecté de cette manière.**

Lors de l'utilisation des produits de contraste iodés il peut se produire une réaction idiosyncratique qu'il est important de prendre en compte dans l'évaluation du risque lié à cet examen.

### 2.2.1.c Les artéfacts

Nous mentionnerons ici les artéfacts les plus fréquemment rencontrés en image scanner.

Parmi eux, l'artéfact de cône qui est le principal facteur limitant lors de l'acquisition de coupes simultanées avec des scanners multi-coupes. Avec ces derniers le faisceau de rayons X présente un cône dans l'axe des z : les rayons X atteignent les rangées de

détecteurs les plus externes de manière oblique. Cette obliquité dégrade la qualité de l'image en périphérie.

Il existe également des artefacts résultant d'une incongruité entre les valeurs d'atténuations réelles et celles représentées à l'image, ce sont les artefacts de volume partiel, de mouvements, de sous-échantillonnage et d'hélice.

L'artefact de volume partiel se produit quand le diamètre de l'objet observé est inférieur à l'épaisseur de la coupe (hauteur du voxel) et conduit à un flou partiel de l'image. Il peut être limité par le chevauchement des coupes, en réduisant le pitch.

L'artefact de mouvement est limité par l'anesthésie générale et un temps d'acquisition court. Cependant la respiration peut être gênante en cas d'exploration thoracique.

L'artefact de sous-échantillonnage s'observe sous forme de lignes fines au sein de l'image et s'explique par un nombre trop faible de mesures. Il est alors nécessaire d'augmenter le nombre de mesures par rotation ou, dans le cas des scanners multi-coupes, de diminuer le pitch.

L'artefact d'hélice peut être présent si une rotation de type hélicoïdal est utilisée et se traduit au niveau de l'image par des distorsions de celle-ci et par des anomalies de densités linéaires. Plus particulièrement des bandes peuvent apparaître aux interfaces de structures présentant des densités opposées. Pour les limiter il faut commencer par réduire la collimation et, si cela ne suffit pas, le pitch.

### 2.1.3 L'IMAGERIE PAR RESONNANCE MAGNETIQUE, PRINCIPES ET FONCTIONNEMENT

L'IRM est devenue un outil diagnostique très utilisé en médecine vétérinaire car il s'agit d'une méthode d'imagerie en trois dimensions multi-plan et multi-contraste. Cette dernière propriété de l'IRM permet de caractériser et de discriminer les tissus mous avec une excellente sensibilité.

Cette technique d'imagerie se base sur l'utilisation d'ondes radiofréquence dans un champ magnétique intense. **[42]**

Le principe physique de l'IRM repose sur la résonance magnétique nucléaire, c'est à dire sur les propriétés électromagnétiques du noyau d'hydrogène (formé d'un seul proton), autour duquel gravite un seul électron. On s'intéresse à cet élément car il est très présent dans le corps des mammifères, sous forme d'eau et dans la graisse. L'IRM permet d'obtenir, en quelque sorte, une carte de répartition des atomes d'hydrogène au sein du corps du patient. **[39]**

De l'énergie peut être transférée ou restituée par l'atome d'hydrogène et elle peut être localisée dans l'espace, c'est à dire au sein des voxels. C'est cette énergie qui est à l'origine de la formation de l'image. **[34]**

### 2.1.3 a Origine de la résonance magnétique nucléaire

#### **(i) Spin nucléaire et moment magnétique nucléaire**

On peut représenter le moment magnétique du proton de l'atome d'hydrogène sous la forme d'un vecteur en rotation sur lui-même : c'est le spin du proton. [43]

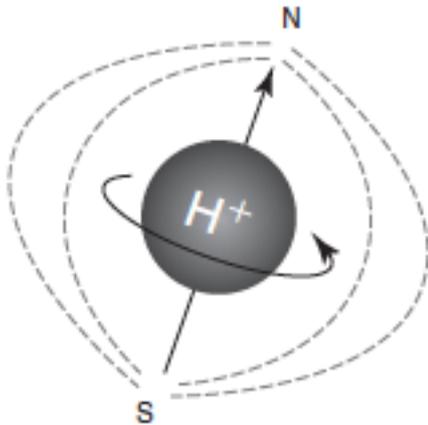


Figure 43 : Spin individuel [34]

Les spins se comportent comme de minuscules aimants dont les vecteurs sont alignés de manière aléatoire dans le corps à l'état de repos, et dont la résultante magnétique est nulle.

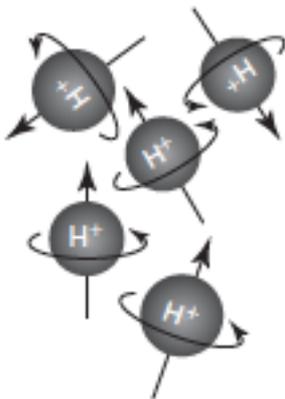


Figure 44 : Spin dans les tissus sans champ  $B_0$  [34]

Lorsque les spins sont soumis à un champ magnétique intense extérieur appelé  $B_0$ , ils sont forcés de s'aligner dans l'axe de ce champ, soit dans le même sens (dit parallèle) soit dans le sens contraire (dit anti parallèle).

Dans un champ magnétique  $B_0$  il y a une proportion plus importante de spins alignés

dans le sens de  $B_0$  (parallèles) que contraire (anti parallèle). Cet écart de population entre spins « parallèles » et spins « antiparallèles » évolue proportionnellement à l'amplitude (force) du champ magnétique principal  $B_0$ .

Pour un groupe de spins déterminé ce phénomène est à l'origine d'une résultante magnétique non nulle, dans la même direction et le même sens que  $B_0$ . [34] [43]

La taille de cette résultante magnétique dépend aussi de la densité en atomes d'hydrogène (proton) des tissus soumis au champ  $B_0$ . [44] [45]

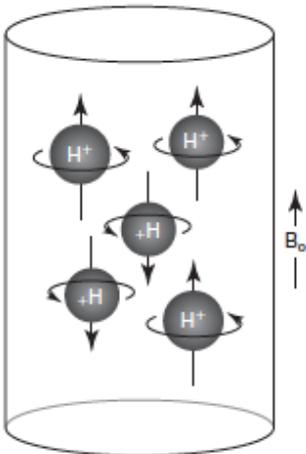


Figure 45 : Spin dans les tissus soumis à un champs  $B_0$  [34]

## (ii) Mouvement de précession et fréquence de Larmor

Lorsque les spins, qui ont naturellement un mouvement de rotation, sont soumis à un champs  $B_0$ , ils se mettent à décrire un cône autour de l'axe de  $B_0$  : c'est le mouvement de précession.[43]

La fréquence de précession, aussi appelée résonance ou fréquence de Larmor ( $\omega_0$ ), est proportionnelle à l'amplitude du champ magnétique principal  $B_0$  :  $\omega_0 = \gamma B_0$  (nombre de rotations par seconde) avec  $\gamma$  une constante inhérente de l'atome étudié, soit pour l'hydrogène  $\gamma_H = 42.6$  MHz/T (mégahertz par tesla). [46]

Ce phénomène de précession implique que le moment magnétique de chaque proton peut être décomposé en deux composantes vectorielles orthogonales : une composante longitudinale ou alignée avec  $B_0$  (z) et une composante transversale (dans le plan xy). [34]

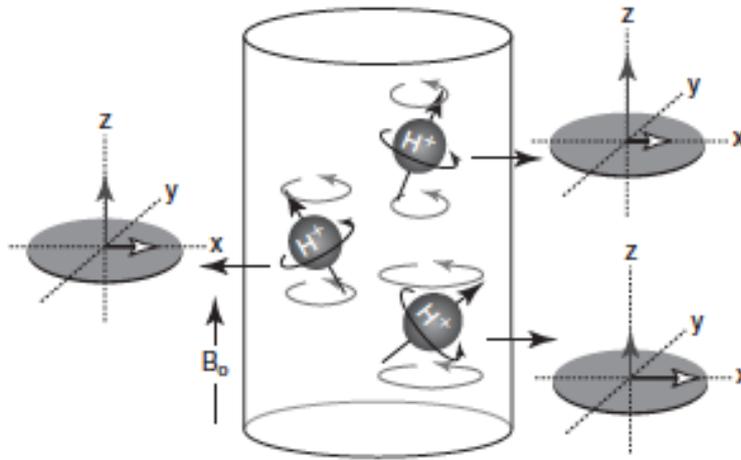


Figure 46 : Mouvement de précession. [34]

**La taille de chacun des vecteurs dépend de l'orientation de ses spins par rapport à  $B_0$  pendant la séquence d'IRM. On peut voir qu'au fur et à mesure que le spin se décale par rapport à  $B_0$ , la taille de la composante vectorielle longitudinale (axe des z) diminue tandis que celle de la composante transversale (plan xy) augmente.**

Comme évoqué précédemment, la résultante magnétique longitudinale d'un groupe de spins est une aimantation tissulaire dans la même direction et le même sens que  $B_0$ .

En revanche les mouvements de précession des spins n'étant pas en phase on a une annulation des composantes transversales microscopiques et il n'y a donc pas de résultante de l'aimantation transversale pour le groupe de spins considérés.

### **(iii) Phénomène de résonance, phase d'excitation et phase de relaxation**

En appliquant une onde radiofréquence (onde RF) de même fréquence que celle de Larmor, il se crée des interactions entre l'onde RF et les spins en précession : c'est le phénomène de résonance ; il correspond à un transfert d'énergie entre les deux systèmes.

L'absorption de cette énergie par les spins est appelée phase d'excitation. Lorsque l'on interrompt l'émission de l'onde RF les spins vont rendre l'énergie absorbée pour retourner à leur état d'équilibre de départ, c'est la phase de relaxation.

La phase d'excitation est caractérisée par un état de déséquilibre des protons. Les protons excités passent à un haut niveau d'énergie pendant cette phase (ils passent du sens parallèle à antiparallèle à  $B_0$ ).

Au niveau vectoriel, il résulte de l'application de l'onde RF une bascule de l'aimantation tissulaire (résultante longitudinale d'un groupe de spins soumis à  $B_0$ ) de l'axe des z vers le plan xy.

On passe donc d'une aimantation longitudinale à une aimantation transversale, suite à la mise en phase des spins. **[46]** Ce changement d'aimantation ne se produit pas en cas de bascule de  $180^\circ$ .

La représentation graphique de cette bascule est une courbe spiralée due au phénomène de précession.

L'angle dont s'écarte l'aimantation tissulaire de l'axe des z est appelé angle de bascule ; il dépend de l'amplitude et de la durée pendant laquelle on applique l'onde RF.

La relaxation correspond au retour à l'équilibre de l'aimantation tissulaire qui s'accompagne de l'émission d'onde RF (énergie), constituant ainsi le signal enregistré en résonance magnétique nucléaire (RMN). **[43]**

Lorsque la relaxation a lieu, il se produit deux phénomènes simultanément : la relaxation longitudinale qui correspond à la repousse de la composante longitudinale, et la relaxation transversale, qui correspond à la chute de l'aimantation transversale. **[34]**

Les spins excités vont libérer leur énergie dans l'environnement tissulaire, ils retournent à un niveau de basse énergie (parallèle à  $B_0$ ) : cela correspond à la repousse longitudinale. La représentation graphique de cette repousse longitudinale est une courbe exponentielle caractérisée par le temps T1.

Le temps T1 du tissu considéré correspond au temps nécessaire pour que l'aimantation longitudinale atteigne 63% de sa valeur d'origine  $M_0$ , aimantation longitudinale à l'état de repos. Il est de l'ordre de 200 à 3000 ms pour un champ de 1.5 Tesla.

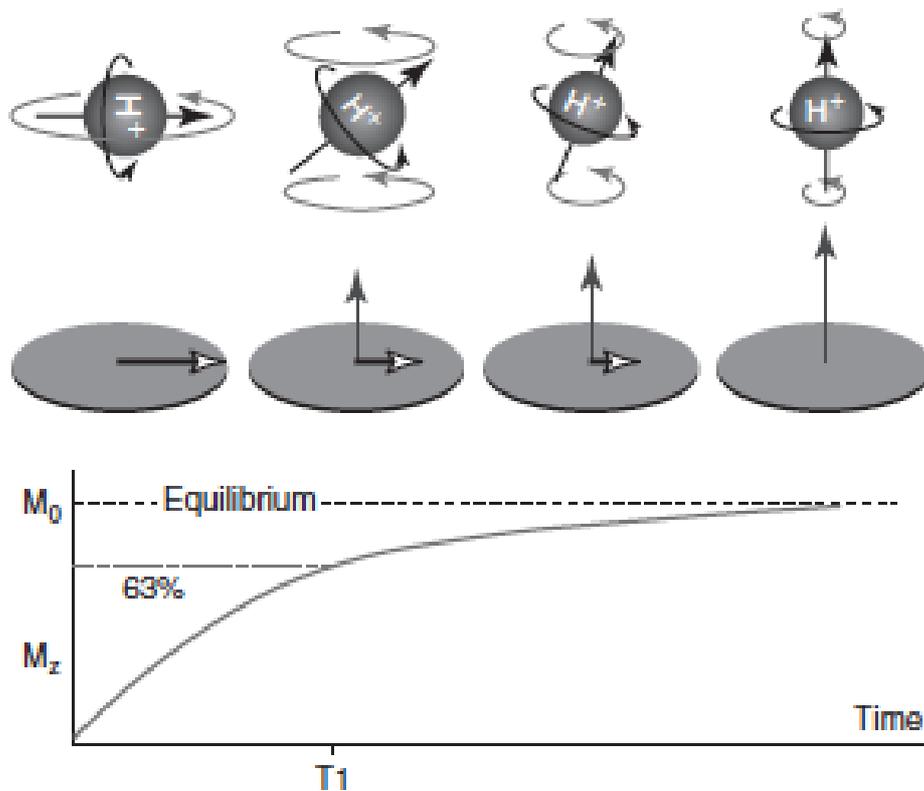


Figure 47 : La relaxation T1 [34]

Une fois que l'on arrête d'appliquer l'onde RF, les spins commencent instantanément à se réaligner dans la direction du champ  $B_0$  (le long de l'axe  $oz$ ), et un transfert d'énergie se fait des protons vers leur environnement moléculaire. C'est la relaxation T1.

Le temps T1 est caractéristique des tissus et dépend de la mobilité des molécules où sont engagés les noyaux d'hydrogène. Le temps T1 est plus court pour les grosses molécules. [43]

En même temps que cette relaxation longitudinale se produit, les spins qui étaient en phase vont interagir entre eux, créant des hétérogénéités de champ et donc de fréquence de précession : il se met rapidement en place un déphasage des spins.

Cela est à l'origine de la relaxation transversale : il y a une chute de l'aimantation transversale. La traduction graphique de cette chute est une courbe exponentielle décroissante qui est caractérisée par le temps T2.

Le temps T2 correspond au temps mis par l'aimantation transversale pour revenir à 37% de sa valeur initiale.

Les vitesses auxquelles les relaxations T1 et T2 se produisent dépendent de la composition et des propriétés biologiques des tissus, elles ne sont donc pas toutes identiques.

Ce sont ces différences que l'on utilise comme source fondamentale de contraste tissulaire, base de l'imagerie IRM.

Cependant la relaxation transversale est toujours plus rapide que la relaxation longitudinale : T2 est toujours plus court ou égale à T1.

### 2.1.3 b Instrumentation IRM

Le système IRM présente l'équipement le plus sophistiqué en ce qui concerne les outils diagnostiques d'imagerie.

Il se compose à la fois d'un aimant principal, de gradients et d'une chaîne radiofréquence, reliés entre eux et interagissant avec un ordinateur. Cette combinaison est nécessaire pour optimiser l'excitation tissulaire, la réception et la localisation précise du signal tissulaire. [34]

L'aimant principal permet de créer le champ magnétique statique dans lequel le patient est placé. Il est à l'origine d'une aimantation macroscopique mesurable et sa performance est influencée par l'intensité, la stabilité et l'homogénéité de son champ (mesurée en Tesla, T).

Il existe deux types d'IRM : les IRM à bas champ, qui utilisent des électro-aimants résistifs ou des aimants permanents (champ magnétique faible : environs 0.25 T) et les IRM à haut champ qui utilisent des aimants supraconducteurs (champs magnétiques intenses et homogènes : environs 1 à 1.5 T et jusqu'à 11T). [39]

Le type et la forme de l'aimant principal vont conditionner la forme de la machine IRM qui peut être fermée, de type tunnel, ou ouverte.



Figure 48: Apparence extérieure des IRM à Bas et Haut champs [39]

**(a) apparence extérieure d'un IRM à haut champ (photographie, Animal Health Trust, UK)**

**(b) apparence extérieure d'un IRM à bas champ (photographie, Université of Cambridge, Department of Veterinary Medicine)**

Les gradients de champ magnétique sont nécessaires au codage spatial du signal.

Une paire de bobines, disposée dans chacune des directions de l'espace, crée une variation linéaire de l'amplitude du champ magnétique total, dans la direction où elles sont appliquées.

Dans la direction perpendiculaire à celle de leur application, il est possible de considérer que leur action est homogène.

Il en résulte une variation de la fréquence de précession des spins proportionnelle à l'intensité du champ magnétique auquel ils sont soumis.

Les performances de ces gradients dépendent à la fois de leur amplitude maximale (variation de champ magnétique en mT/m) qui détermine la résolution spatiale maximale (épaisseur de coupe et champ de vue), de leur pente qui correspond à leur rapidité de bascule et permet de diminuer la durée des séquences, et enfin leur linéarité qui doit être la plus parfaite possible dans un champ d'exploration donné. [43]

Lorsque l'on parle de chaîne radiofréquence on fait référence à l'ensemble des éléments qui participent à l'émission et la réception des ondes sonores et qui participent à l'excitation des noyaux, à la sélection des coupes, à l'application des gradients et enfin à l'acquisition du signal.

Les antennes (bobines) sont des éléments clés dans la performance de la chaîne radiofréquence.

Lors de l'émission des ondes sonores le but est de délivrer une excitation uniforme dans tout le volume auquel on s'intéresse.

En ce qui concerne la réception des ondes radiofréquence, il est important que les antennes aient une bonne sensibilité au signal et qu'elles aient donc le meilleur rapport signal/bruit possible (bruit= signaux parasites). Il existe différents types d'antennes qui conditionnent les performances de la chaîne radiofréquence. Les antennes peuvent être à la fois émettrices et réceptrices.

Pour optimiser la chaîne radiofréquence il est possible de jouer sur plusieurs paramètres en les automatisant:

- la fréquence de Larmor : réglage exact ;
- la puissance en émission : fonction du poids du patient et de l'antenne d'émission. Permet d'obtenir les angles de bascules souhaités ;
- le gain de réception : on désire éviter une saturation du signal ou une mauvaise amplification de celui-ci à l'origine d'une dégradation du rapport signal/bruit.

La fréquence de résonance des protons étant très proche de celle des ondes utilisées pour la radiophonie publique et la bande FM, l'appareil d'IRM est placé dans une cage en cuivre de Faraday pour l'isoler des signaux RF extérieurs qui pourraient altérer le signal.

La chaîne radiofréquence comprend aussi des convertisseurs analogiques digitaux et un spectrophotomètre pour le recueil et l'analyse du signal tissulaire.

Un système informatique interne permet de coordonner les différentes étapes d'acquisition des données, la reconstruction des images et leur post-traitement. Les critères de performance de l'équipement informatique d'un appareillage IRM sont la rapidité de traitement et l'ergonomie.

### 2.1.3c Les séquences d'IRM

Les images d'IRM sont créées après réception du signal tissulaire par les antennes réceptrices, localisation spatiale et traitement de ce dernier.

Puisque les caractéristiques des relaxations tissulaires changent en fonction du tissu considéré, il est possible d'utiliser différentes méthodes d'acquisition de données (séquences) pour exciter les tissus d'un même « voxel » et recueillir le signal.

On joue sur les RF et les gradients, en modulant la durée et les fréquences d'application.

Les séquences sont divisées en deux grands groupes: séquences écho de spin et séquences écho de gradient. [34]

Au cours de toute séquence il est nécessaire de privilégier le signal d'un tissu particulier (contraste), d'optimiser la vitesse d'enregistrement, de limiter les artéfacts et d'optimiser le rapport contraste/bruit. Il existe plus d'une centaine de séquences différentes et nous ne les aborderons bien évidemment pas toutes. [39]

#### **(i) Séquences écho de spin**

Elles sont caractérisées par la présence d'une impulsion RF de 180° de rephasage des spins.

Nous avons parlé de la relaxation de type T2 en **partie 2.1.2 a (iii)** cependant nous n'avons pas précisé qu'en réalité ce procédé est accéléré du fait de l'existence d'une subtile hétérogénéité du champ magnétique dans les tissus.

En effet le champ magnétique peut être légèrement amplifié à certains endroits à cause de la présence d'objets métalliques, d'air, de calcium ou encore suite à des imperfections du système IRM.

De telles hétérogénéités conduisent à des vitesses de rotations différentes des spins lorsque l'onde RF est interrompue, ce qui est à l'origine d'un déphasage très rapide. Ainsi, au lieu de décroître en suivant un temps de relaxation T2 conventionnel, la composante magnétique tissulaire transversale décroît suivant un temps de relaxation T2\* très rapide ( $T2^* < T2$ ). [47]

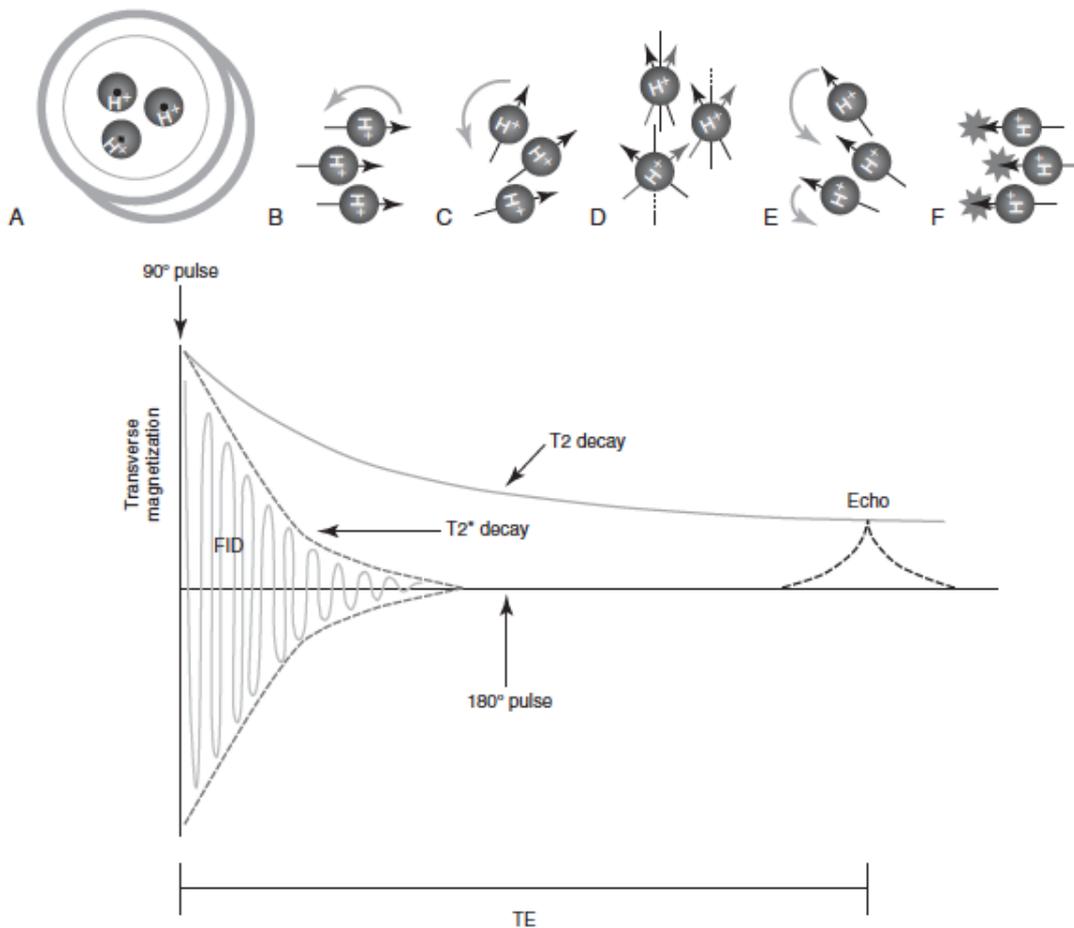


Figure 49 : La relaxation T2 et T2\* [34]

**A.** les protons sont alignés selon le champ  $B_0$ . **B.** Une onde RF de  $90^\circ$  à l'origine d'une aimantation transversale. Les protons sont en phase **C.** dès que l'on arrête d'appliquer l'onde RF il se crée un déphasage des protons. Cela est du à une homogénéité imparfaite du champ magnétique. L'aimantation transversale décroît rapidement : temps de relaxation  $T2^*$ . **D.** Une onde RF de  $180^\circ$  est appliquée pour limiter ce phénomène, cela entraîne une bascule de  $180^\circ$  des spins. **E.** Les spins sont à nouveaux en phase, les plus lents rattrapent les plus rapides. **F.** Il y a un pic au temps appelé temps écho (TE).

Les séquences Echo de Spins ont été développées spécifiquement pour pallier à ce phénomène de relaxation en  $T2^*$ . Dans ces séquences on applique une première onde RF de  $90^\circ$  puis une onde RF de  $180^\circ$  ; cette dernière permet de s'affranchir des hétérogénéités de champ constantes.

En effet, suite à l'application de cette onde RF de  $180^\circ$ , les protons commencent une rotation en sens inverse ce qui permet aux protons les plus lents de passer « devant » les protons les plus rapides.

Peu de temps après tous les protons sont à nouveau en phase (il y a eu rephasage), ce qui est à l'origine d'une augmentation exponentielle de la courbe de l'aimantation transverse, dont le pic est atteint au temps TE, temps écho.

Ce TE est le temps qui s'est écoulé entre le pic écho et l'application de l'onde RF initiale de 90°. Le temps nécessaire pour que cette séquence se déroule (impulsion onde RF 90°- impulsion onde RF 180°- impulsion onde RF 90°) est appelé temps de répétition, temps TR. L'impulsion de 180° est émise à TE/2.

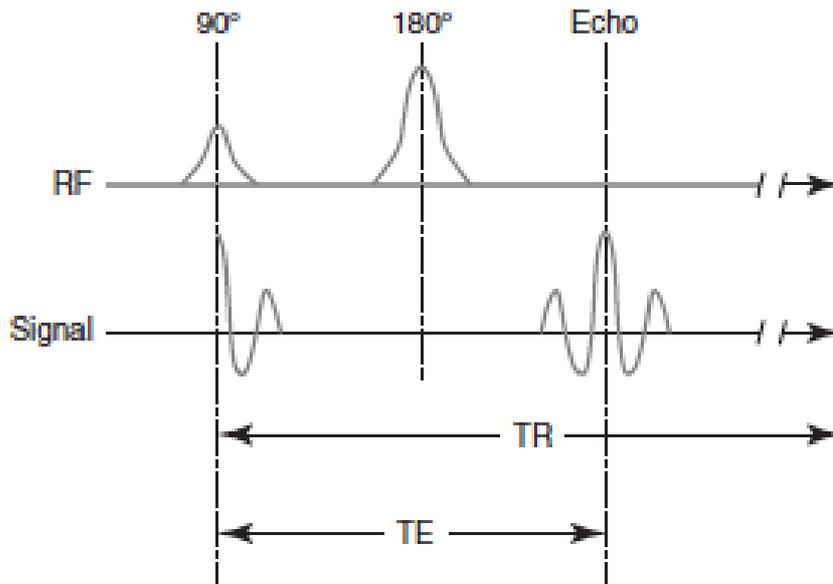


Figure 50 : Configuration standard d'une séquence standard d'écho de spin. [34]

## (ii) Pondération T1, pondération T2 et contraste tissulaire

L'atout principal de l'IRM vient du fait qu'il est possible d'adapter le contraste tissulaire afin de souligner les différences anatomiques ou lésionnelles. En effet en ajustant les TE et TR, les variations de relaxation T1 et T2 des différents tissus peuvent être mises en évidence. [44][45] [47][48] [49]

Comme les relaxations tissulaires T1 et T2 se font simultanément, il est nécessaire d'inhiber l'une pour optimiser l'autre.

Si l'on veut détecter les variations de type T2 (relaxation transversale) entre les tissus, il faut un TR long et un TE long. Cela permet aux tissus ayant un court T2 de voir leur signal RM diminuer suffisamment pour mettre en relief les tissus ayant un long T2 (ils auront un signal RMN fort au moment de l'écho).

Ces réglages donnent alors une image pondérée T2. On a ici inhibé le signal T1 (relaxation longitudinale).

Au contraire pour maximiser les différences de relaxation T1 des tissus il est nécessaire d'avoir un court TR et un court TE, on obtient alors une image pondérée T1.

Si on inhibe à la fois T1 et T2 en utilisant un long TR et un court TE, le signal RMN dépend alors essentiellement de la densité tissulaire en protons, on obtient une image

pondérée en densité de proton (DP ou rho), c'est à dire peu influencée par le T1 comme par le T2.

En jouant sur ces paramètres, on obtient donc, pour un même tissu, diverses intensités du signal : une substance avec un T1 long et un T2 long (l'eau) donnera un hypo signal T1 et un hyper signal T2. Une substance avec un T1 court et un T2 long (la graisse) donnera un hyper signal T1 et T2. **[34] [43]**

Un même tissu va être exploré en comparant les différents signaux tissulaires obtenus avec une séquence pondérée T1, T2 ou rho. Bien que des tissus puissent paraître similaires avec une certaine pondération, il en sera autrement avec une autre. Les protocoles des séquences d'acquisition standard groupent de nombreuses séquences pour souligner ces différences tissulaires, et de nouvelles séquences sont développées chaque jour afin de détecter les différences les plus subtiles. **[34]**

### **(iii) Codage spatial : Localisation du signal de résonance magnétique**

Après avoir étudié les modalités d'aimantation tissulaire ainsi que la détection du pic écho il est possible de s'intéresser à un autre aspect majeur de l'imagerie par résonance magnétique à savoir sa capacité à attribuer une position anatomique aux différents signaux, d'où la nécessité d'ajouter une information spatiale au signal.

Ce processus est possible en arrangeant les gradients linéaires de telle sorte qu'ils soient orthogonaux entre eux, ce qui génère une variation à court terme du champ magnétique traversant le patient (et ainsi la fréquence Larmor des protons). **[49]**

Dans un premier temps la sélection du volume corporel à explorer va avoir lieu. Elle passe par l'ajustement du gradient de sélection de coupe (GSC). La section d'intérêt du corps va être excitée (bascule de l'aimantation transverse).

L'étape suivante du codage spatial consiste à localiser le voxel à l'origine de chaque signal. Cette localisation est rendue possible grâce à l'application d'un gradient de codage par phase (GCP) et d'un gradient de codage par fréquence (GCF).

Ces trois gradients sont appliqués séparément au cours de la séquence d'IRM, et leur orientation orthogonale permet de réaliser des coupes dans toutes les directions de l'espace.

Suite à l'application de ces gradients on obtient, pour chaque proton au sein d'un voxel d'intérêt, une fréquence et une phase qui lui sont propres. En théorie le proton considéré peut donc être localisé spatialement au sein du voxel mais en pratique la résolution spatiale de l'IRM utilisée en médecine vétérinaire n'est pas suffisante.

Cette capacité à acquérir des données dans les trois dimensions de l'espace conduit à un temps d'acquisition long, à une meilleure qualité du signal associé à un meilleur rapport

signal/bruit par rapport à une acquisition en 2D pour une même coupe, et enfin une excellente résolution spatiale puisque tout le volume d'intérêt est exploré, sans espacement ni intervalle entre les coupes. **[43]**

#### **(iv) Sélection des séquences d'écho de spin**

L'imagerie de l'oreille des carnivores domestiques fait appel à différentes séquences en écho de spin.

Au cours de ces séquences les images pondérées T1 et T2 sont acquises.

Il est possible, au cours de ces séquences d'appliquer une ou plusieurs autres ondes RF de 180°. Ces dernières permettent d'augmenter le nombre de signaux enregistrés et donc la vitesse d'acquisition des données. **[47]** Ces séquences sont alors appelées séquences d'écho de spin rapide (Fast spin écho ou Turbo spin écho) et ultra rapide (Single shot FSE et Haste).

Les images que nous présenterons dans cette partie sont des images obtenues avec des séquences d'écho de spin.

#### **(v) Sélection des séquences d'inversion-récupération : STIR et FLAIR**

Ces séquences peuvent être également utilisées lors de l'exploration de l'oreille, elles permettent de rendre nul le signal transmis par certains tissus ou certaines substances, de manière sélective.

Cela peut permettre de confirmer la présence de tissus/ composants ou de mettre en évidence un tissu parmi d'autres présentant des caractéristiques communes.

Il est possible de supprimer le signal de la graisse présente dans le corps en utilisant une séquence STIR (Short TI Inversion Recovery, relaxation en T1 courte).

Les séquences STIR sont des séquences pondérées T2 et permettent de mettre en évidence des lésions au niveau des tissus mous. **[44][45]**

Les signaux des fluides peuvent également être supprimés, comme par exemple le signal du liquide céphalorachidien grâce à une séquence FLAIR (Fluid Attenuated Inversion Recovery). Ce type de séquence permet de différencier des lésions du parenchyme cérébral du liquide céphalorachidien. **[50]**

L'avantage de cette séquence STIR est qu'elle peut permettre de confirmer la nature kystique d'un fluide. Elle est généralement utilisée pour imager le cerveau et peut être pondérée T1 ou T2. **[51]**

Nous avons mentionné ces séquences par souci de complétude de notre présentation, mais nous ne présenterons pas d'images résultant de ces séquences par défaut de donnée.

### 2.1.3 d Produits de contraste en IRM

Comme pour le scanner il est possible d'injecter des produits de contraste pour visualiser le système cardiovasculaire et la perfusion tissulaire. Cela permet de mieux détecter et caractériser les pathologies tissulaires.

Les produits de contrastes utilisés en IRM ont un effet paramagnétique. Cet effet est fort et diminue la durée de relaxation T1 et T2 des protons qui sont présents dans le même volume que le produit de contraste. A faible concentration, comme c'est le cas en pratique, l'effet prédominant est une atténuation du temps de relaxation en T1 [44]

On utilise généralement des agents à base de gadolinum chélaté à des ligands protecteurs. Des séquences en pondération T1 sont réalisées en pré et post contraste afin de détecter une perméabilité de la barrière hémato-méningée ou hémopérylymphatique, ou encore des lésions hypervascularisées telles que des otites internes.

### 2.1.3 e Qualité de l'image, temps d'acquisition et artéfacts

Il est nécessaire de trouver un équilibre entre le temps d'acquisition des données, long en IRM par rapport au scanner, et la qualité de l'image puisque l'examen se réalise avec le patient sous anesthésie générale. Différents paramètres interagissent entre eux ce qui rend cet équilibre très complexe [52]

La qualité de l'image IRM dépend à la fois de la résolution spatiale, de la résolution en contraste, du bruit et des artéfacts. [43]

Ainsi la résolution spatiale influence les capacités du système à clairement distinguer les structures anatomiques et pathologiques.

La résolution spatiale est déterminée par l'épaisseur de coupe (hauteur du voxel), le nombre de voxels (taille de la matrice) et le champ de vue (FOV= 10cm, 20cm, etc.). En fonction de la région anatomique étudiée, de la pathologie recherchée et des préférences du clinicien, l'un ou l'autre de ces paramètres sera privilégié. La résolution spatiale est d'autant meilleure que la taille du voxel est petite.

Le rapport signal/bruit (SNR) détermine également la qualité de l'image. Cela peut être problématique car une image ayant une haute résolution spatiale aura souvent un mauvais rapport signal/bruit. On peut contrer cet effet en diminuant l'épaisseur de coupe ou en augmentant le nombre de voxels utilisés, mais cela rallonge le temps d'acquisition des données.

Les artéfacts peuvent dégrader la qualité de l'image ou orienter vers un diagnostic incorrect. Il est nécessaire de connaître et de comprendre ces artéfacts pour pouvoir

effectuer une bonne interprétation de l'image obtenue. [34] Nous évoquerons ici les plus fréquents.

Parmi eux, on retrouve les artéfacts de mouvements. On y distingue les artéfacts de flou de l'image dont l'origine est un mouvement aléatoire, des artéfacts d'images fantômes dus à des mouvements périodiques (battements cardiaques, mouvements respiratoires,...). On peut les maîtriser jusqu'à un certain point grâce à l'anesthésie générale.

L'artéfact de repliement ou l'aliasing correspond à la superposition d'un objet hors du champ du côté contralatéral de l'image. Cela implique que les structures à droite du champ de coupe vont se superposer sur la gauche de l'image et vice versa. On mentionnera qu'il est possible de contrer ce problème en jouant sur le codage de phase et le codage de fréquence.

En plus de ces artéfacts pouvant être évités dans une certaine mesure, d'autres sont liés à la susceptibilité magnétique des tissus (aimantation interne induite par un champ extérieur  $B_0$ ) et sont plus difficiles à contrer.

Il peut y avoir distorsion du champ magnétique extérieur à l'interface de deux tissus ayant une aimantation interne très différente, comme par exemple à l'interface air/ tissu os/ tissu. [53]

Certains matériaux métalliques peuvent marquer de manière très intense l'homogénéité du champ  $B_0$ , qu'ils soient ferromagnésiens ou non, et conduisent à une distorsion du champ. [54]

Ces artéfacts se présentent sous forme de distorsions géométriques de l'image, avec une disparition progressive ou rapide du signal et des limites hyper intenses très nettement définies.

Des transpondeurs électroniques, les matériaux orthopédiques, des balles, ou des corps étrangers intestinaux sont autant d'objets pouvant conduire à ce genre d'artéfacts.

Chez des patients présentant ces corps étrangers l'utilisation de l'IRM comme outil diagnostique est sérieusement limité, surtout s'ils sont de nature ferromagnétique (possibilité de migration au cours de l'attraction magnétique).

Il est donc nécessaire de s'assurer que le patient ne présente pas de tels corps étrangers avant toute séance d'imagerie par résonance magnétique. En médecine humaine il existe un formulaire que l'on fait remplir par les patients.

## 2.2 LES IMAGES NORMALES SCANNER ET IRM DE L'OREILLE DES CARNIVORES DOMESTIQUES

### 2.2.1. ASPECT TECHNIQUE DE L'ACQUISITION DES IMAGES TOMODENSITOMETRIQUES ET IRM DE L'OREILLE DES CARNIVORES DOMESTIQUES

Nous avons précisé qu'il était nécessaire de réaliser ces examens sous anesthésie générale. L'acquisition des images tomodensitométriques de l'oreille dure quelques minutes tandis que l'acquisition des images IRM de l'oreille prend plusieurs dizaines de minutes. L'animal est placé en décubitus sternal. Généralement c'est l'ensemble de l'encéphale qui est exploré au cours de ces examens.

Comme mentionné précédemment des produits de contrastes peuvent être injectés selon les affections recherchées, mais nous ne détaillerons pas davantage ces techniques.

L'épaisseur des coupes doit être la plus fine possible (de 0.5 mm à 1mm) pour permettre une analyse détaillée de l'oreille et réduire les artéfacts de volume partiels. [55]

#### 2.2.1.a Tomodensitométrie

L'acquisition des images se fait généralement en trois temps :

1. acquisition des images natives en projection transversale en pré contraste
2. injection intraveineuse du produit de contraste (télébrix, produit iodé ionique)
3. acquisition des images en post contraste en projection transversale après un délai de 2-4 minutes (perfusion tissulaire du produit de contraste).

Un tel protocole permet d'augmenter le contraste d'une lésion potentielle, d'évaluer sa vascularisation et sa nature inflammatoire ou tumorale (prise de contraste en post-contraste). Une reconstruction en trois dimensions par un programme informatique permet d'obtenir les projections axiales et sagittales.

#### 2.2.1.b IRM

L'ordre des séquences est généralement la suivante :

1. Projection axiale en pondération T2 suivie de la projection transversale toujours en pondération T2.
2. Projection transversale en pondération T1 en pré et post contraste
3. Projection transversale en séquence FLAIR (Fluite-Attenuated Inversion Recovery) si l'on suspecte une affection centrale, une projection en séquence STIR (Short TI Inversion Recovery) si on suspecte plutôt une maladie invasive ou une séquence pondérée T2\* GRE TS (Gradient Echo) en cas d'atteinte des structures osseuses.

Dans le cas où une affection des nerfs crâniens ou de la cochlée est envisagée, une séquence 3D est utilisée. [56] Les séquences FLAIR, STIR et T2\* GRE TS dépassent l'intérêt de cette thèse, et nous ne présenterons donc pas les images de l'oreille qu'elles permettent d'obtenir.

Les projections axiales et transversales sont principalement exploitées, la projection sagittale n'étant que peu utilisée.

### 2.2.1.c Reconstruction des images

Les images peuvent être reconstruites grâce à un logiciel spécialisé (Osirix par exemple). Il est possible de faire diverses reconstructions 3D (MPR et volumique) avec les images scanner, d'appliquer divers filtres, de modifier le contraste, d'effectuer des mesures et bien d'autres manipulations.

C'est ce logiciel qui a été utilisé pour traiter les images à suivre.

## 2.2.2 LES IMAGES DE TOMODENSITOMETRIE NORMALES DE CHIENS ET DE CHATS

L'image tomodensitométrique de l'oreille normale des carnivores domestiques a été récemment décrite dans une étude montrant des coupes transversales et dorsales. Les structures majeures de l'oreille moyenne et interne ont été décrites à savoir la membrane tympanique, la chaîne des osselets, l'articulation incudomallearis, la bulle tympanique, la fenêtre vestibulaire, le modiulus, la crête transverse, la cochlée, le méat acoustique interne et les canaux semi-circulaires. [57]

Les images normales des carnivores domestiques présentées ici exposent ces structures mais vont également plus loin dans le détail anatomique ; les coupes transversales ont été privilégiées. Ce choix a été fait par souci de qualité et parce que les coupes transversales sont les plus utilisées lors de l'analyse imagée.

Le filtre osseux est ici majoritairement présenté puisque c'est lui qui permet la meilleure observation des structures de l'oreille interne et moyenne.

Seules les images acquises en pré-contraste sont exposées ; celles obtenues en post-contraste ne présentent d'intérêt qu'en cas de pathologie (voir **troisième partie**).

Elles ont été obtenues au centre Azurvet de Cagnes-sur-Mer, imagerie et neurologie en référé. Le scanner utilisé était un scanner de 16 barrettes ; une épaisseur de coupe de 0.5 mm a été choisie) et une acquisition hélicoïdale utilisée. Cette dernière permet une meilleure reconstruction 3D, utile en cas de bilan d'extension ou de thérapie radio-ionisante ou chirurgicale, mais crée de légers artefacts et donne un peu moins de détails. [58]

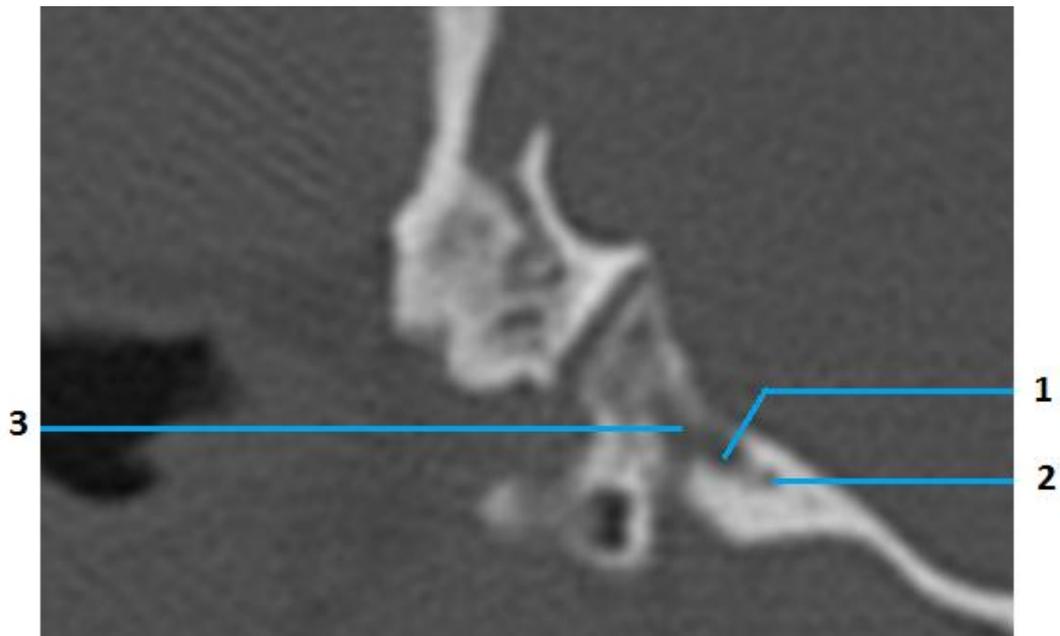


Figure 51: Image tomodensitométrie de l'oreille droite de chien, au niveau de la jonction os temporal et os occipital Azurvet©

1. Apertura externa canaliculi cochleae 2. Apertura externa aqueductus vestibuli 3. Sutura petro-occipitalis

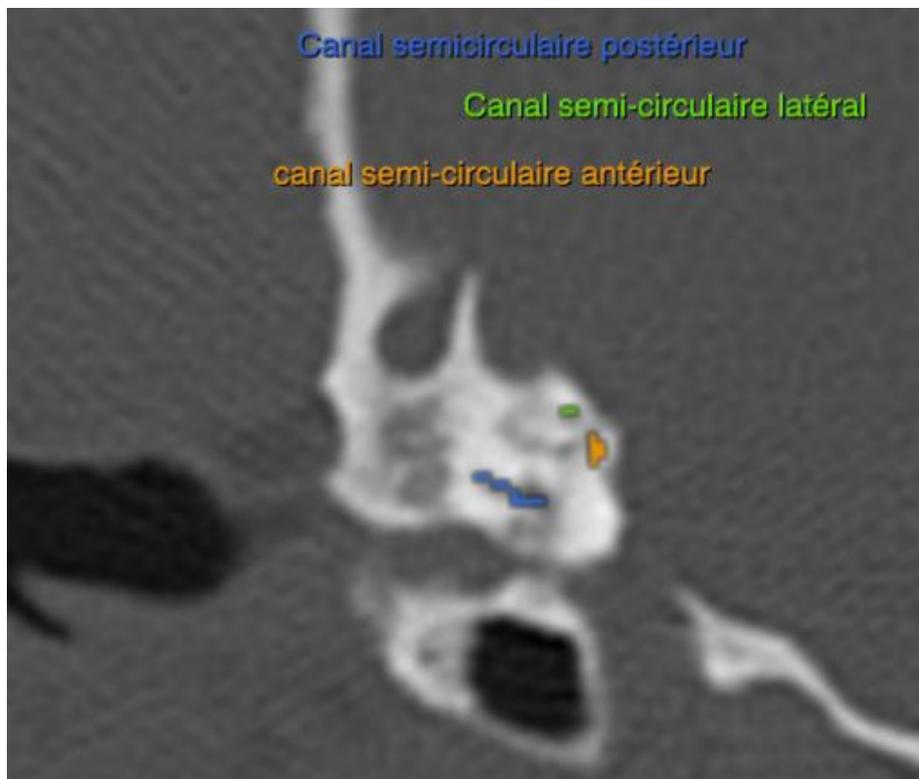


Figure 52: Image tomodensitométrie de l'oreille droite de chien montrant les canaux semi-circulaires osseux Azurvet©

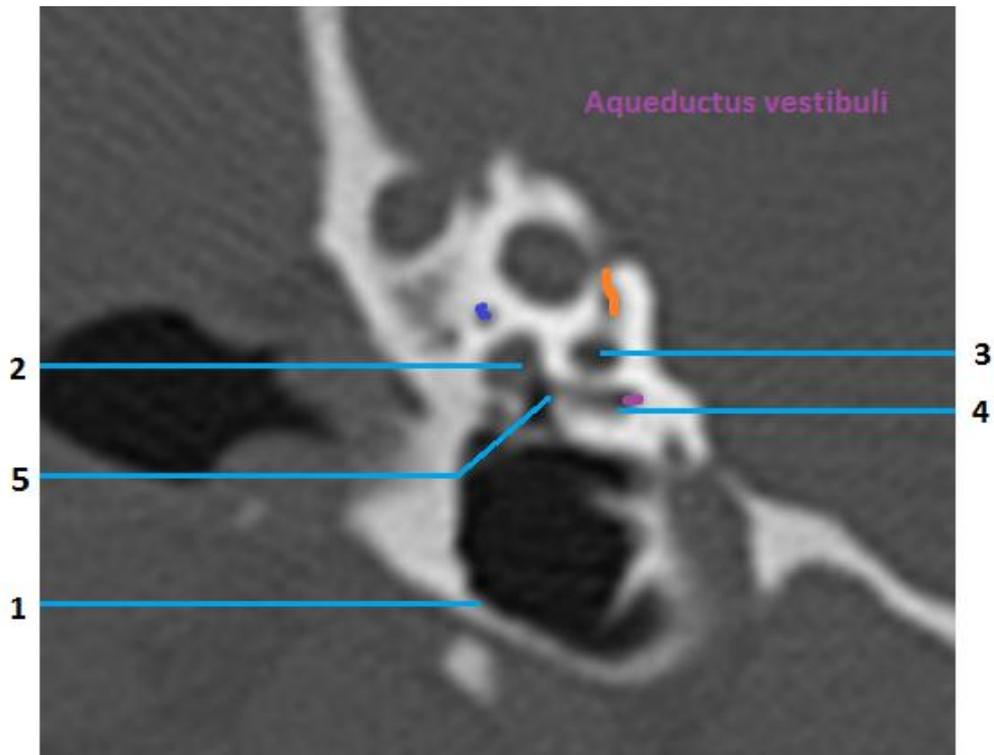


Figure 53: Image tomodensitométrique de l'oreille droite de chien montrant la bulle tympanique, les canaux semi-circulaires et le vestibule Azurvet©

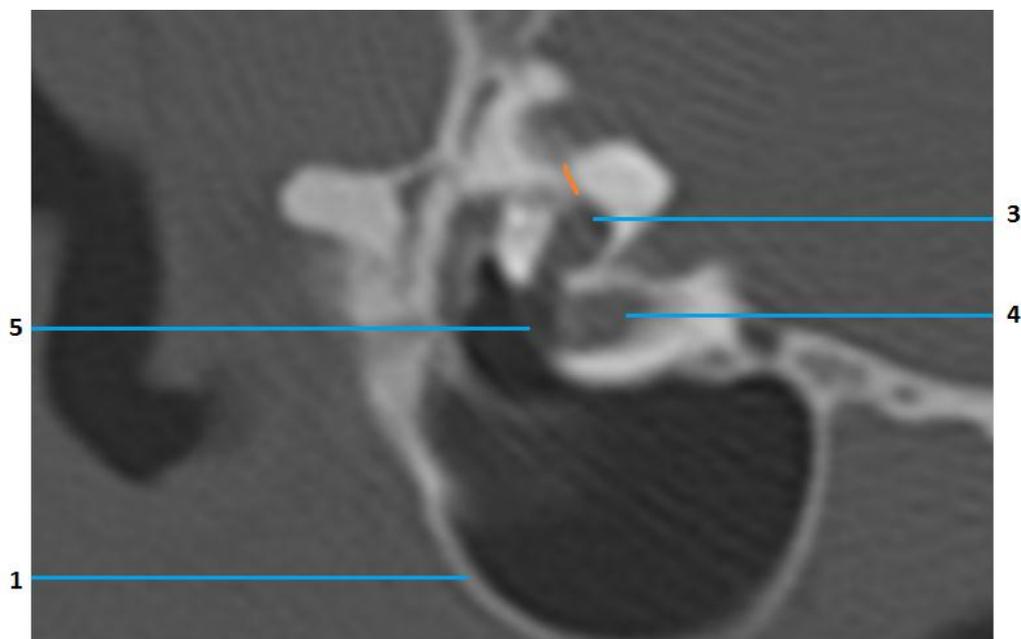


Figure 54: Image tomodensitométrique de l'oreille droite de chat montrant la bulle tympanique, les canaux semi-circulaires et le vestibule Azurvet©

Figure 43 et 54 : 1. Bulla tympanica 2. M. Stapedius 3. Utriculus 4. Sacculus 5. Fenestra cochleae

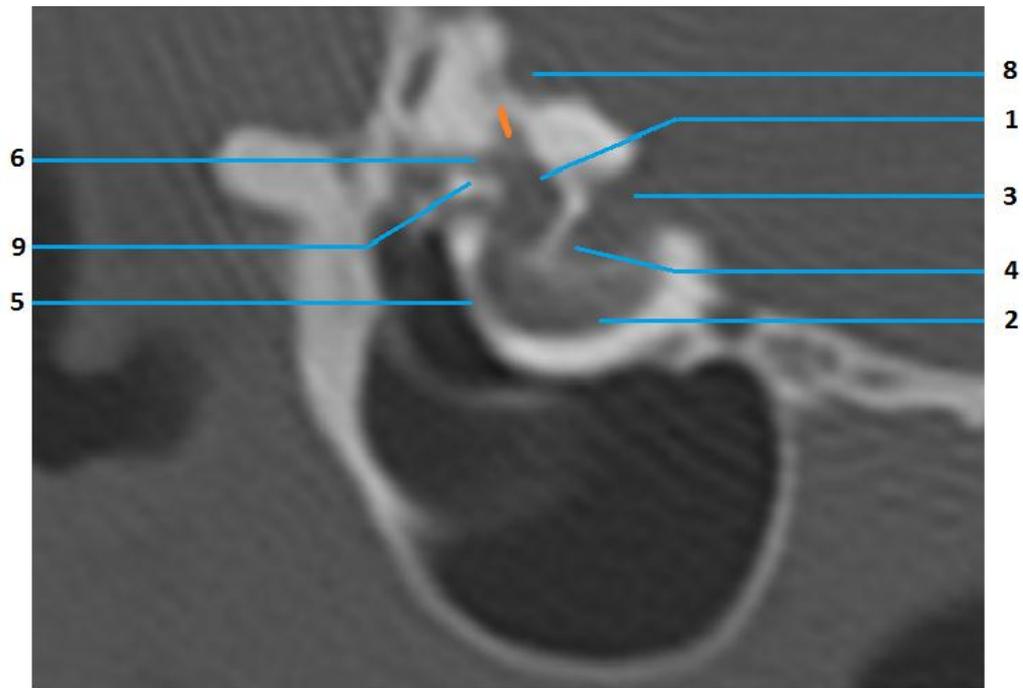


Figure 55: Image tomodensitométrique de l'oreille droite de chien montrant le vestibule et les nerf crâniens Azurvet©

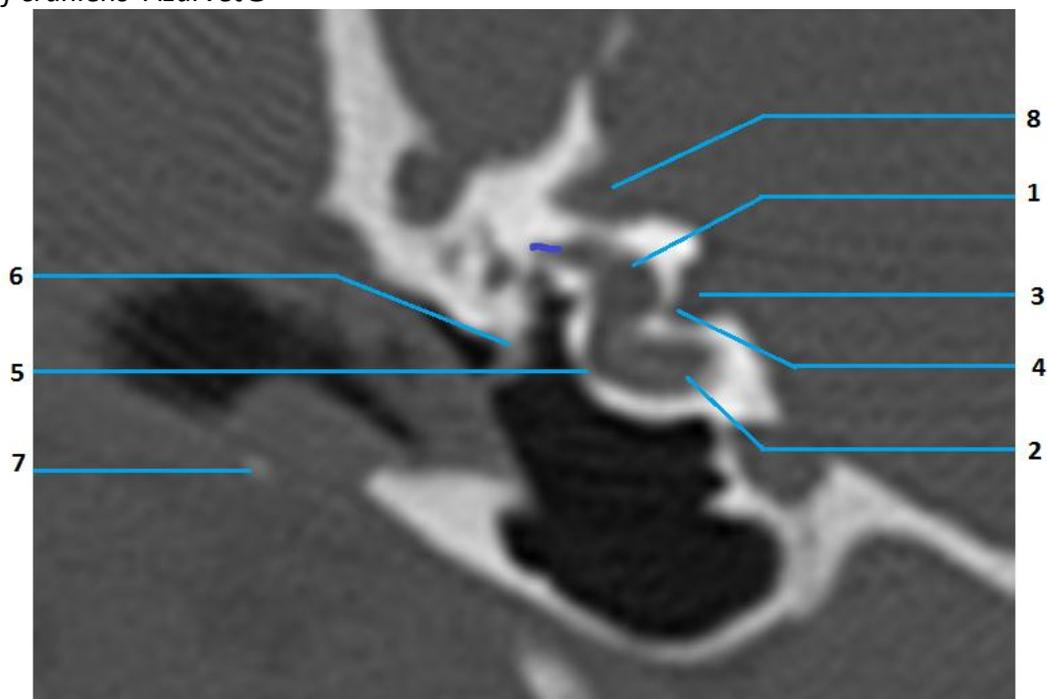


Figure 56 : Image tomodensitométrique de l'oreille droite de chat montrant le vestibule et les nerfs crâniens Azurvet©

Figure 55 et 56 : 1. Utriculus 2. Sacculus 3. Meatus acusticus internus 4. Porus acusticus internus 5. Fenestra cochleae, membrane tympanique secondaire 6. Malleus 7. Cartilago anularis 8. Paraflocculus 9. Stapes

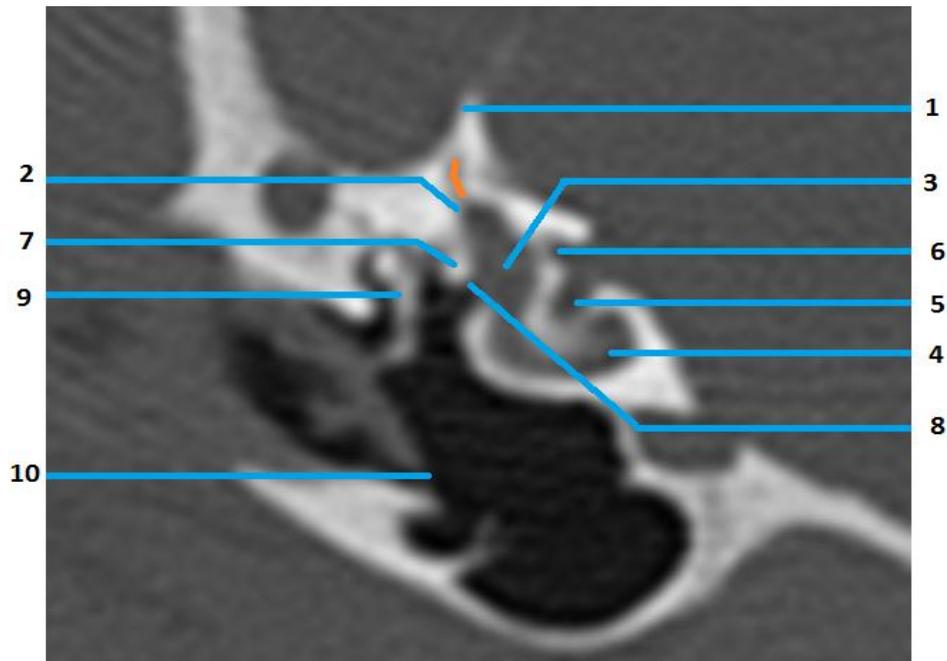


Figure 57: Image tomodensitométrique de l'oreille droite de chien montrant la chaîne des osselets, les nerfs crâniens, le vestibule, la cochlée Azurvet©

1. Crista petrosa 2. Ampulla membranacea, Canalis semicircularis anterior 3. Vestibulum, Perilympha 4. Ductus cochlearis 5. Area vestibularis utriculo-ampullaris, N. vestibulocochlearis (N. vestibularis), N. facialis 6. Area vestibularis saccularis, N. vestibulocochlearis (N. cochlearis) 7. Stapes 8. Fenestra vestibuli 9. Malleus 10. Membrana tympanica

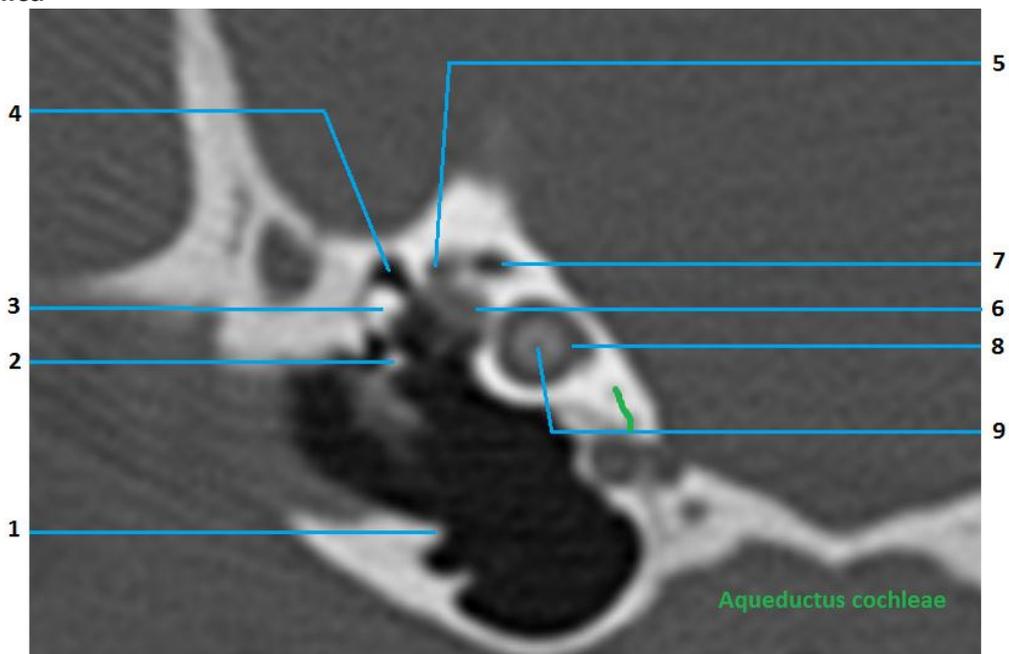


Figure 58: Image tomodensitométrique de l'oreille droite de chien montrant les nerfs crâniens, la bulle tympanique, la chaîne des osselets et la cochlée Azurvet©

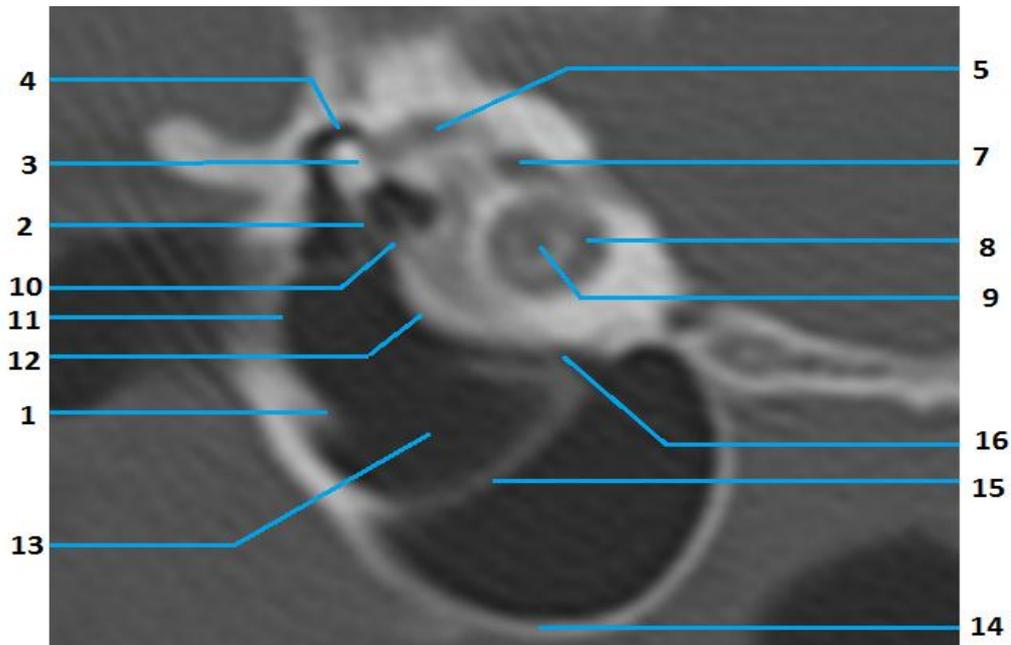


Figure 59: Image tomodensitométrique de l'oreille droite de chat montrant les nerfs crâniens, la bulle tympanique, la chaîne des osselets et la cochlée Azurvet©

Figure 58 et 59: 1. Anulus tympanicus 2. Manubrium mallei 3. Caput mallei 4. Recessus epitympanicus 5. Apertura canalis facialis 6. Fossa m.tensor tympani 7. Canalis facialis 8. Canalis spiralis cochleae 9. Cupula, Cochlea 10. Lig. rostralis malleus 11. Membrana tympanica 12. Promontorium 13. Cavum tympani, Auris media 14. Bulla tympanica 15. Septum osseux 16. Ouverture dorsale, Septum osseux

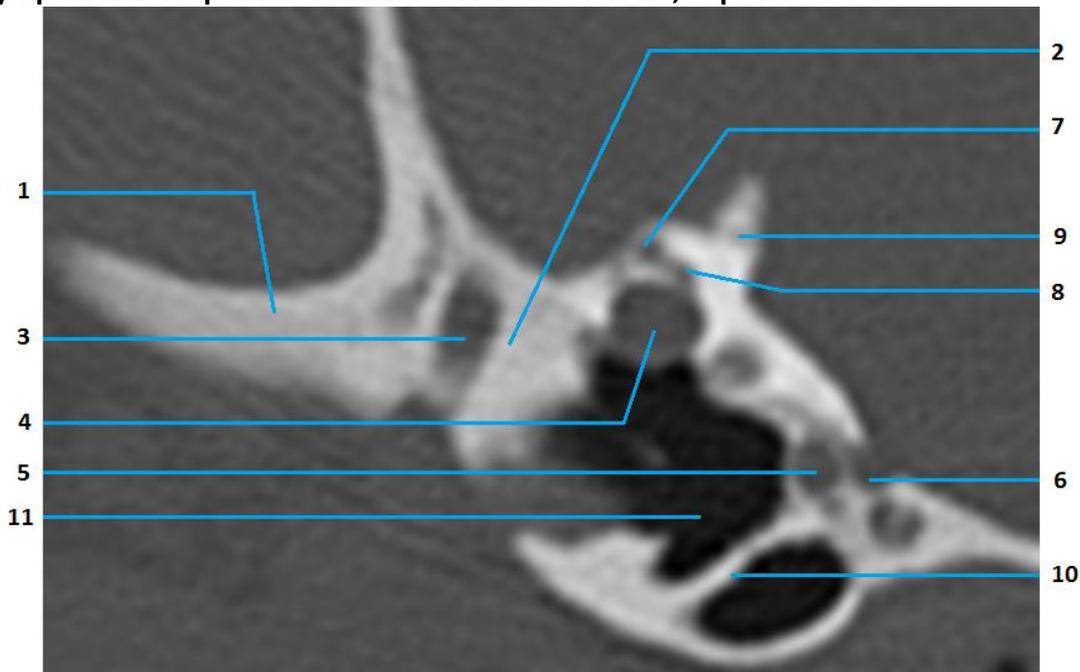


Figure 60: Image tomodensitométrique de l'oreille droite de chien montrant les nerf crâniens Azurvet©

1. Pars squamosa, Os temporale 2. Pars petrosa, Os temporale 3. Canalis temporale  
 4.M.tensor tympani 5. Canalis caroticus 6. Canalis petro-occipitalis (Sinus petrosus  
 dorsalis) 7. Canalis petrosus 8. Canaliculi chordae tympani 9. Canalis trigemini 10. Bulla  
 tympanica 11. Cavum tympani, Auris media

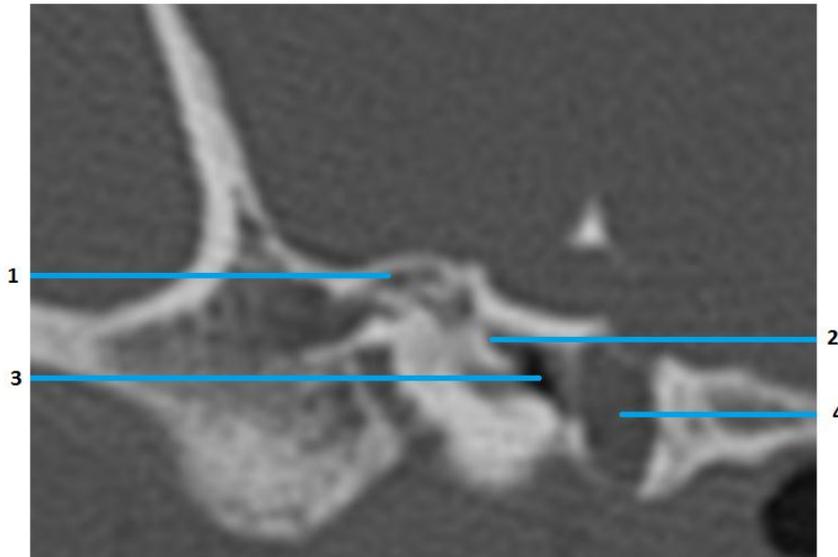


Figure 61: Image tomodensitométrique de l'oreille droite de chien au niveau de l'os temporal et de l'os basisphenoïde Azurvet©

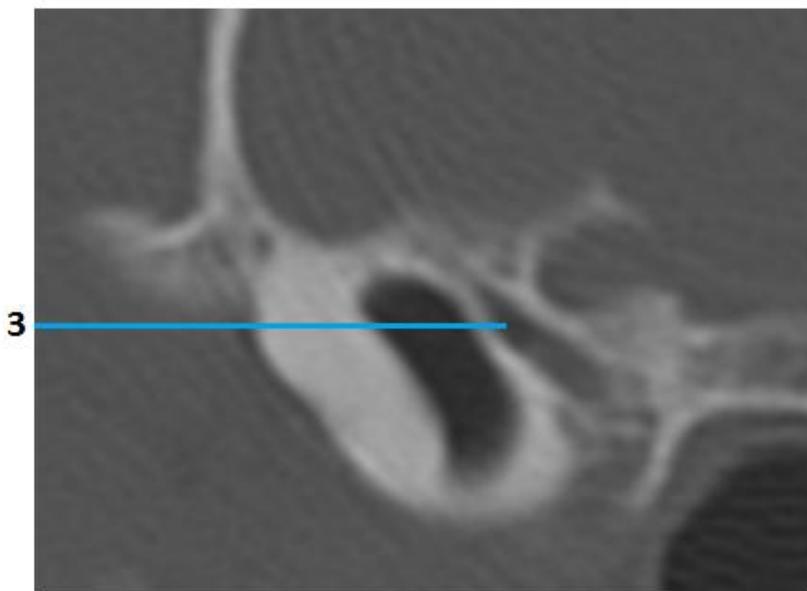


Figure 62 : Image tomodensitométrique de l'oreille droite de chat au niveau de l'os temporal et de l'os basisphenoïde Azurvet©

Figure 61 et 62 : 1. Chorda tympani 2. N. petrosi minoris 3.Canalis musculotubarius, Tuba auditiva 4. Foramen laceum

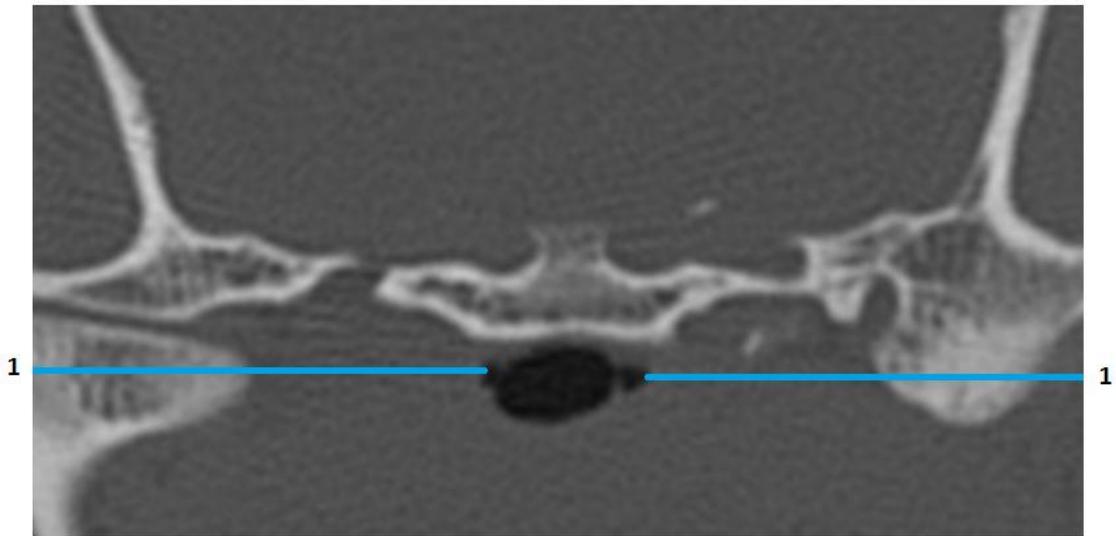


Figure 63: Image tomodensitométrique des oreilles de chien Azurvet©

### 1. Tuba auditiva

L'examen tomodensitométrique permet de visualiser avec beaucoup de détails les structures osseuses de l'oreille moyenne et de l'oreille interne. Sur ces images le labyrinthe osseux permet de visualiser indirectement le labyrinthe membraneux. En effet les structures osseuses délimitent les compartiments membraneux de l'oreille interne, véritable organe vestibulo-cochléaire. L'utilisation de produits de contraste permet de préciser une atteinte de ces structures en cas de pathologie suspectée.

Les images IRM permettent une meilleure caractérisation des structures de l'organe vestibulo-cochléaire.

### 2.2.3 LES IMAGES D'IRM NORMALES DE CHIENS ET DE CHATS

Les images normales des carnivores domestiques qui suivent sont des images natives en coupe transversale, des séquences écho de spin en pondération T1 et T2 ont été utilisées.

Les images pondérées en T2 sont particulièrement utiles dans la mise en évidence de fluides qui ressortent en hyper signal. Ainsi les canaux semi-circulaires membraneux et le canal cochléaire sont particulièrement visibles sur les images en pondération T2, l'hyper signal de ces derniers contrastant avec l'absence de signal du labyrinthe osseux qui les entoure.[59] [60]

Les images IRM suivantes sont des coupes transversales, auxquelles s'ajoutent une image en coupe frontale pour le chat et une pour le chien.

Ici aussi, seules les images obtenues en pré contraste sont présentées.

### 2.2.3.a Séquence Echo Spin en pondération T1

#### (i) Coupes transversales

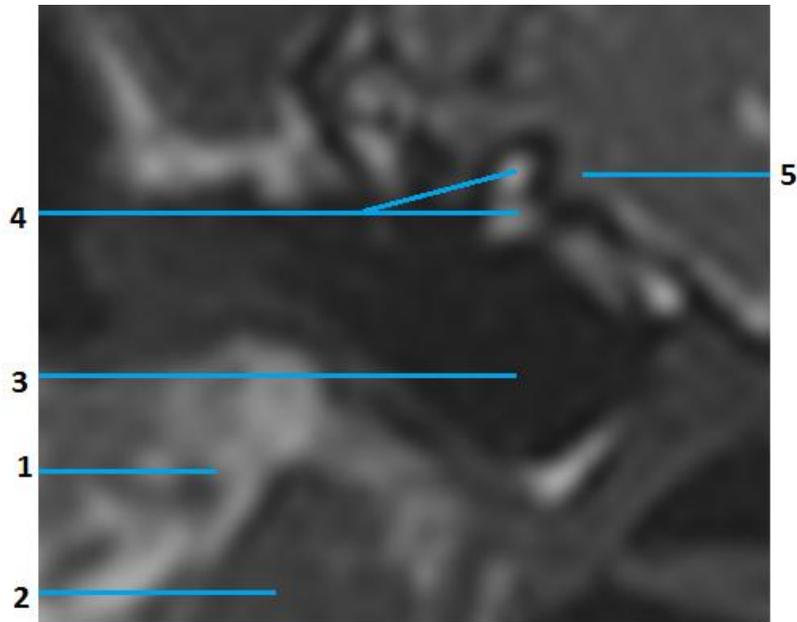


Figure 64: Image IRM de l'oreille droite de chien montrant les canaux semi-circulaires membraneux

1. Glandula parotis 2. Glandula mandibularis 3. Cavum tympani, Auris media 4. Canales semicirculares 5. Meatus acusticus internus ( N. facialis, N. vestibulocochlearis)

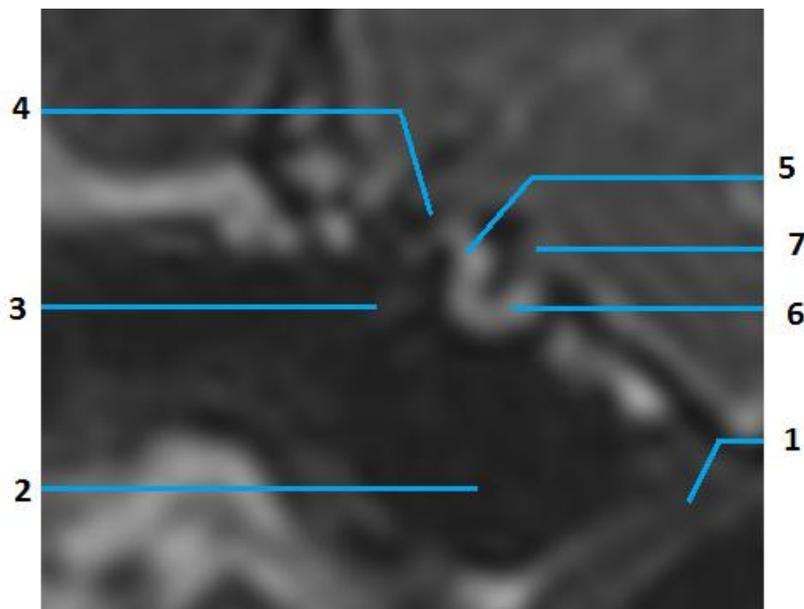


Figure 65: Image IRM de l'oreille droite de chien montrant le vestibule et ses structures membraneuses

1. M. longus capitis 2. Cavum tympani, Auris media 3. Malleus 4. Recessus epitympanicus 5. Utriculus 6. Sacculus 7. Meatus acusticus internus

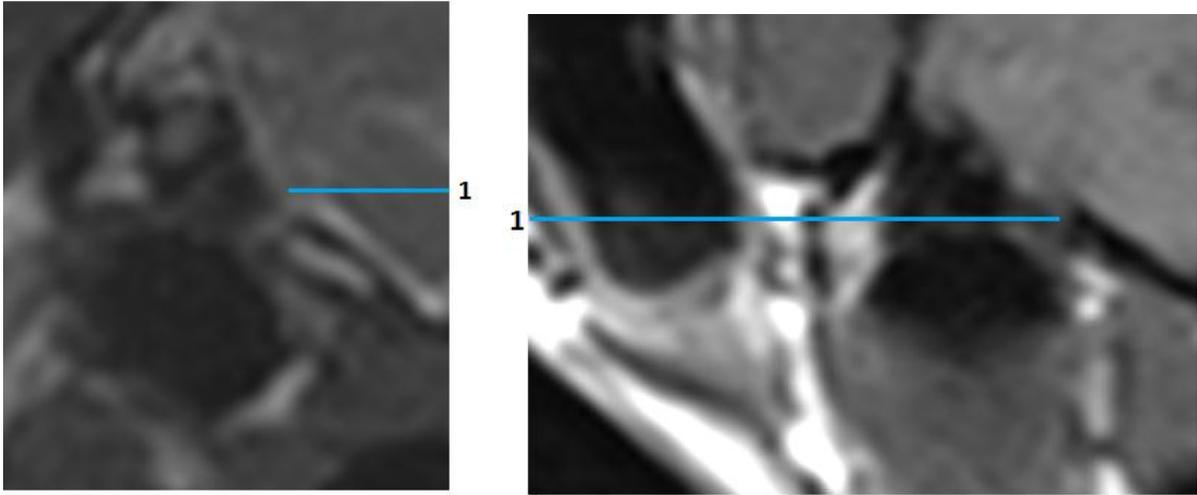


Figure 66: Image IRM de l'oreille droite de chien montrant les nerf crâniens IX, X, XI  
 Figure 67: Image IRM de l'oreille droite de chat montrant les nerf crâniens IX, X, XI

**1. N. glossopharyngeus, N.vagus, N. accessorius**

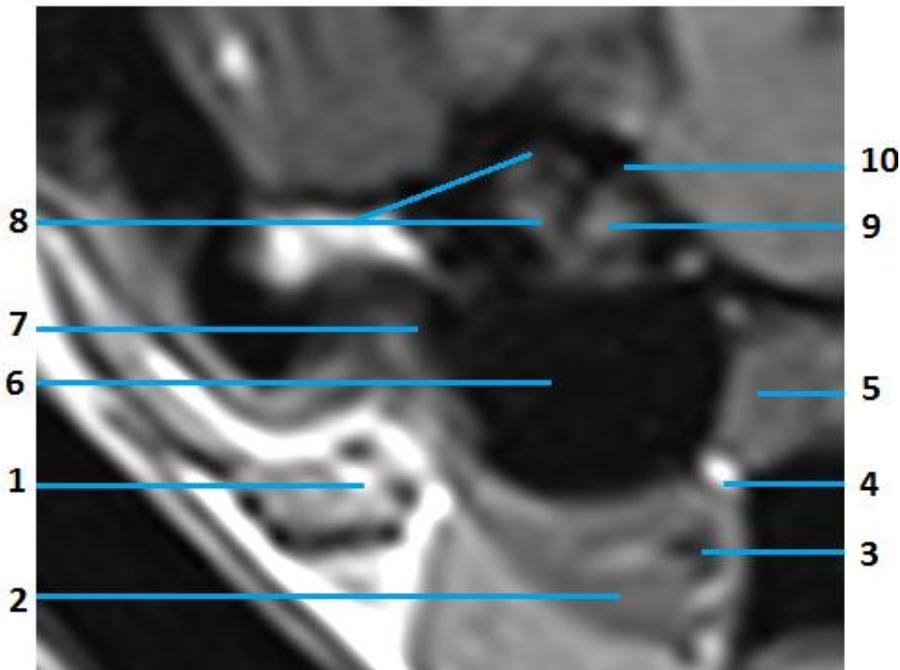


Figure 68: Image IRM de l'oreille droite de chat montrant les canaux semi-circulaires et la cochlée

1. Glandula parotis 2. M. digastricus 3. Apparatus hyoideus 4. graisse 5. M. longus capitis 6. Cavum tympani, Auris media 7. Membrana tympanica 8. Canales semicirculares 9. Spatium perilymphaticum, Vestibulum 10. N. facialis ( VII)

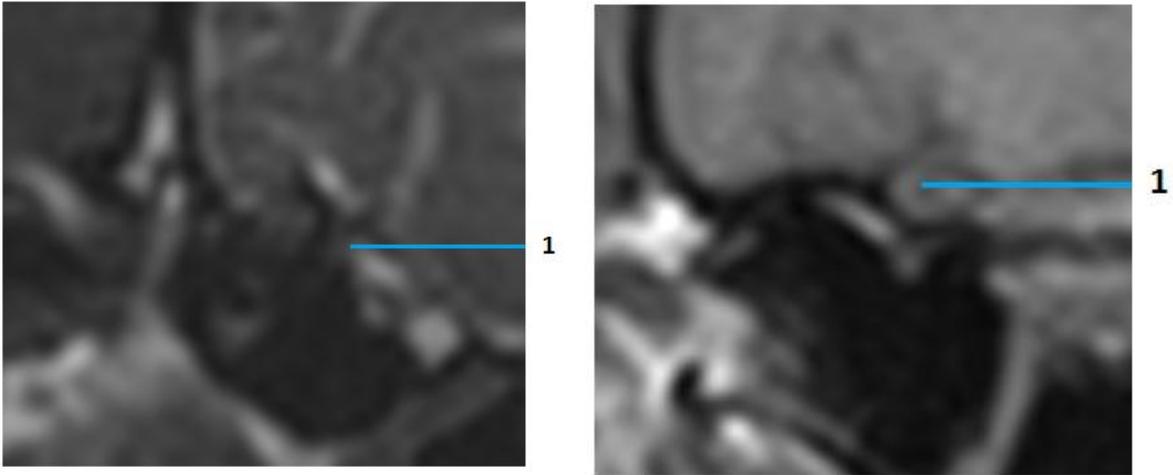


Figure 69: Image IRM de l'oreille droite de chien montrant le nerf crânien V  
Figure 70: Image IRM de l'oreille droite de chat montrant le nerf crânien V

### 1. N. trigeminus

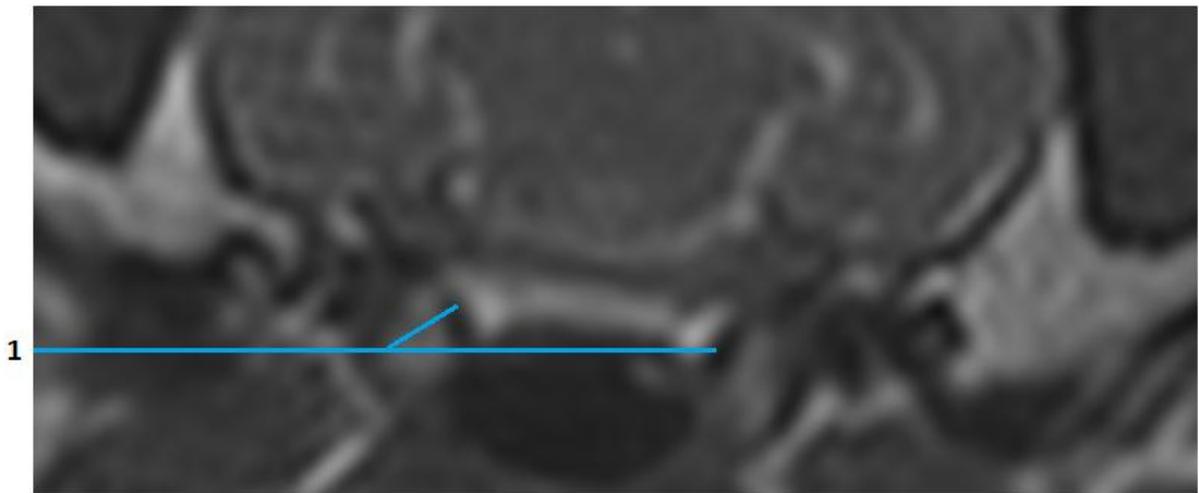


Figure 71: Image IRM des oreilles de chien montrant la trompe auditive

### 1. Tuba auditiva

(ii) Coupes frontales

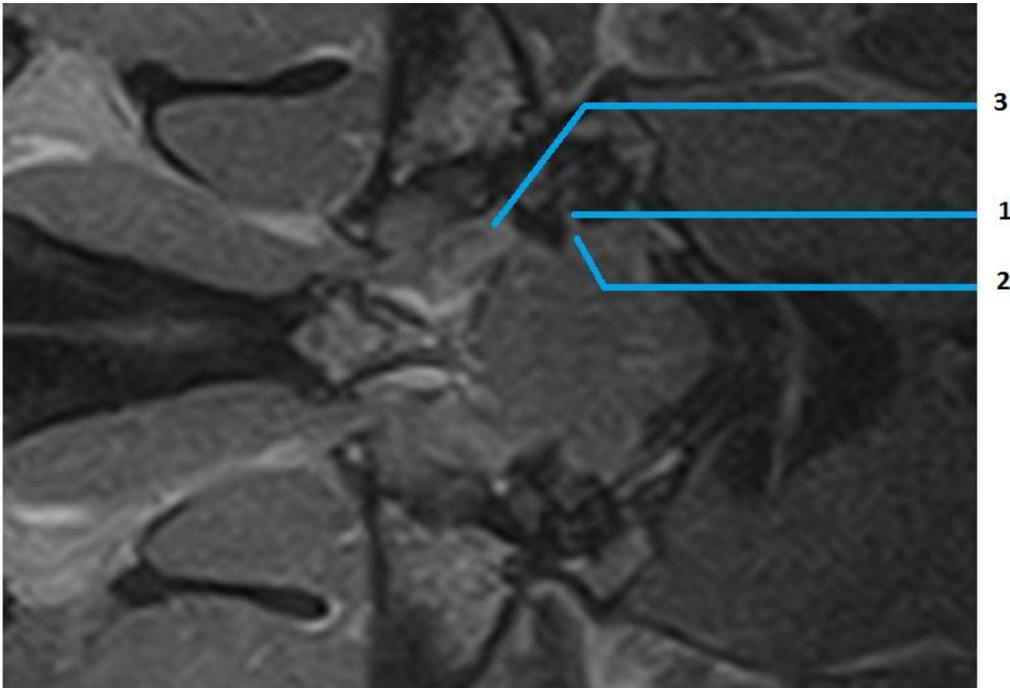


Figure 72: Image IRM des oreilles de chien montrant les nerfs crâniens V, VII, VIII

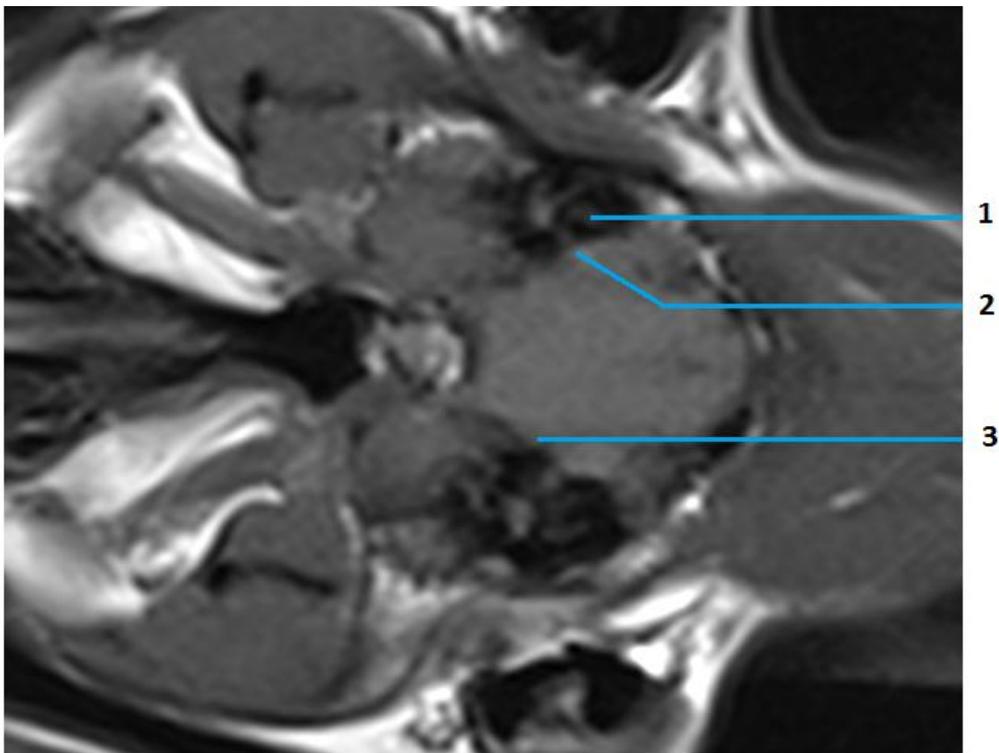


Figure 73: Image IRM des oreilles de chat montrant nerfs crâniens V, VII, VIII

Figure 72 et 73 : 1. N. facialis 2. Meatus acusticus internus (N. facialis, N. vestibulocochlearis) 3. N. Trigemini

### 2.2.3.b Séquence Turbo Echo Spin en pondération T2

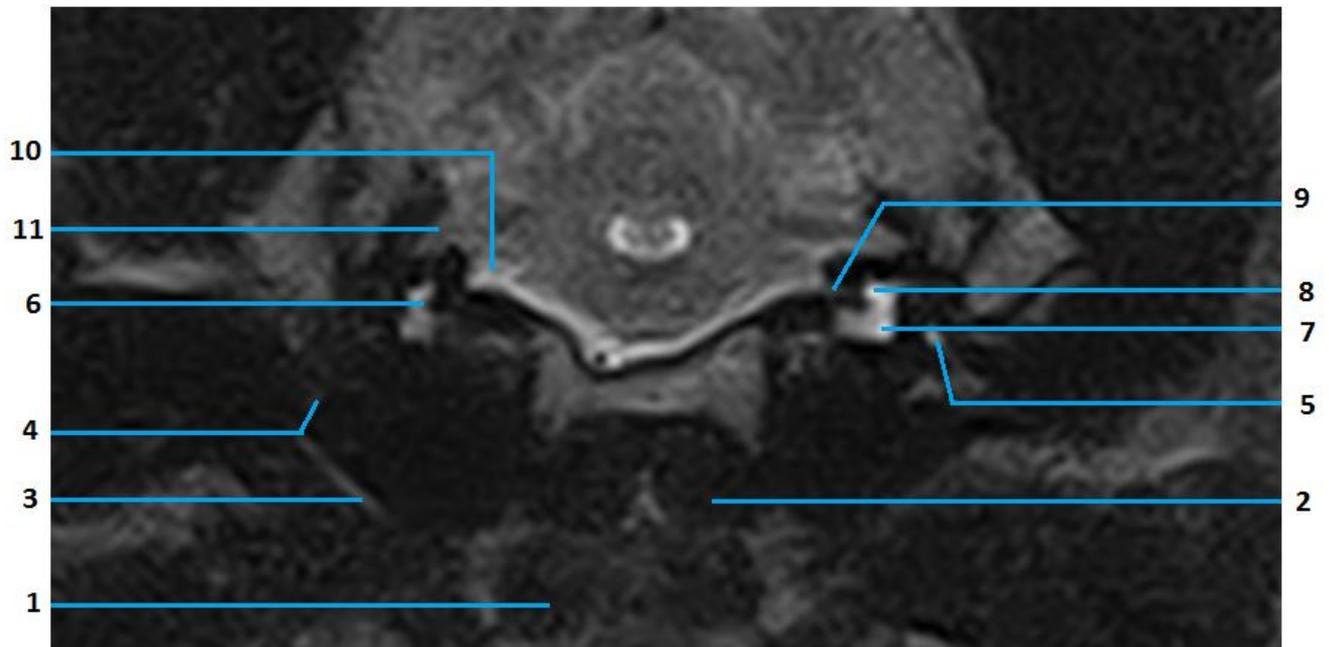


Figure 74: Image IRM des oreilles de chien montrant le vestibule et les nerf crâniens

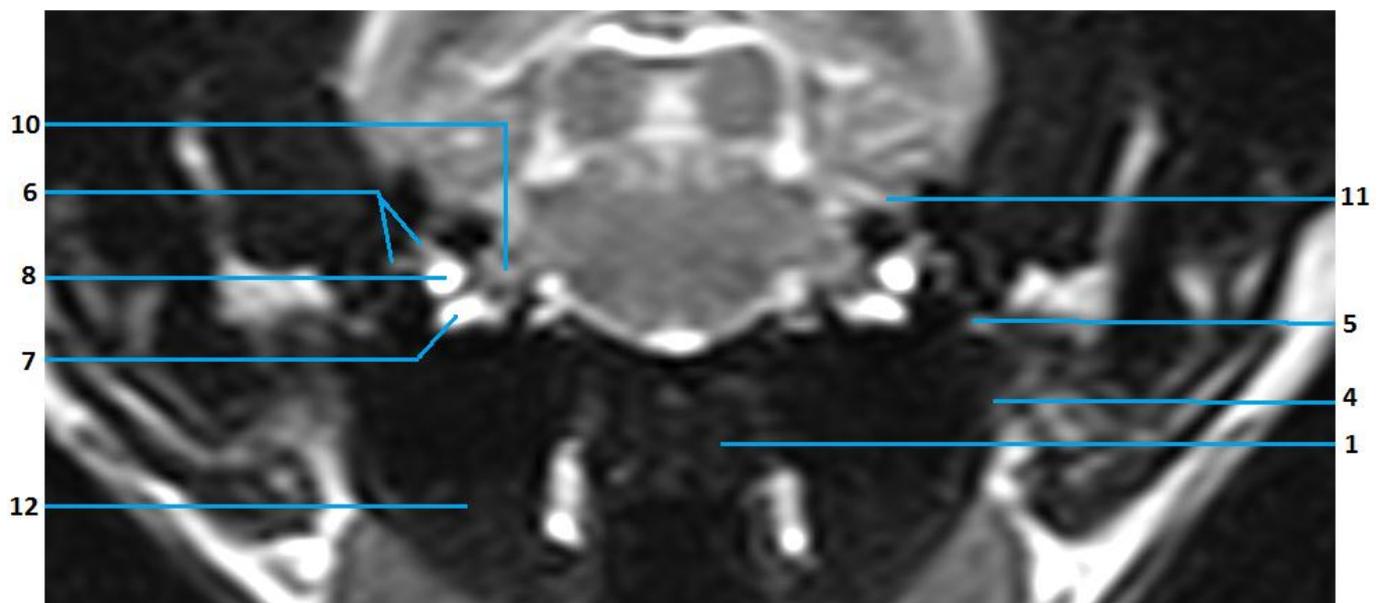


Figure 75: Image IRM de l'oreille droite de chat montrant le vestibule et les nerf crâniens

Figure 74 et 75 : 1. Palais mou 2. M. longus capitis 3. A. carotide externa 4. Membrana tympanica 5. Ossicula auditus 6. Canales semicirculaires 7. Utricule 8. Saccule 9. N. Facialis 10. Meatus acusticus internus 11. Paraflocculus, Cerebellum 12. M. digastricus

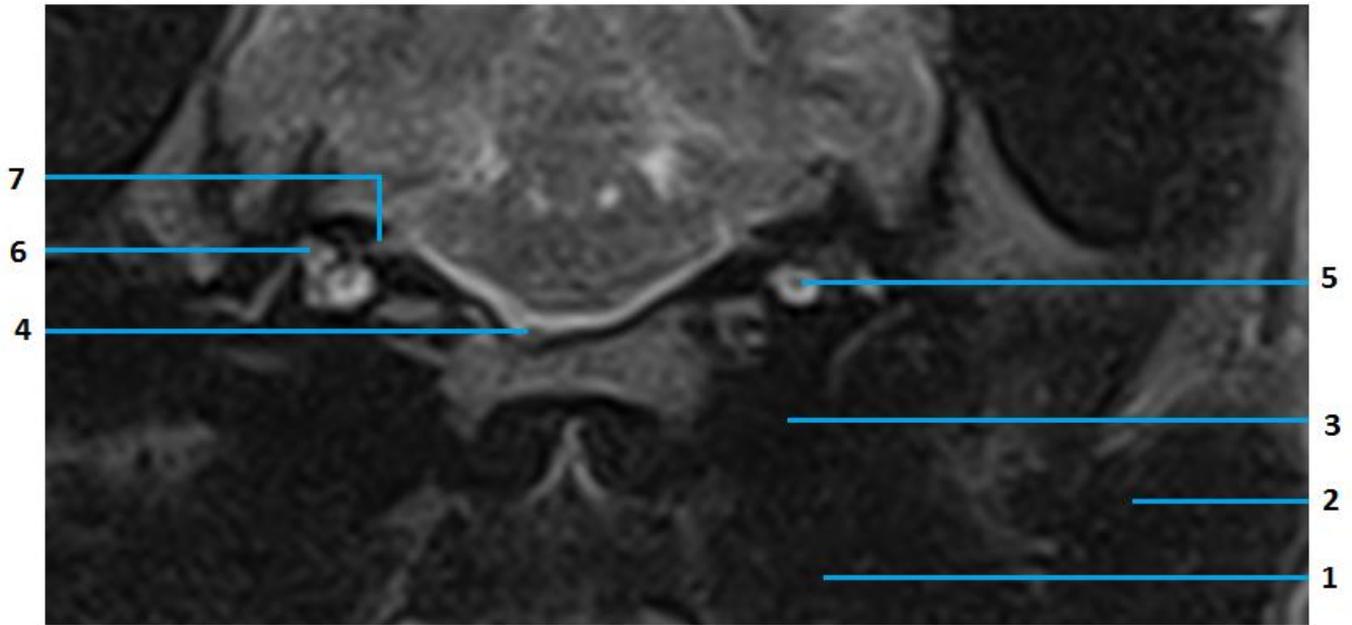


Figure 76: Image IRM des oreilles de chien montrant la cochlée et les nerfs crâniens

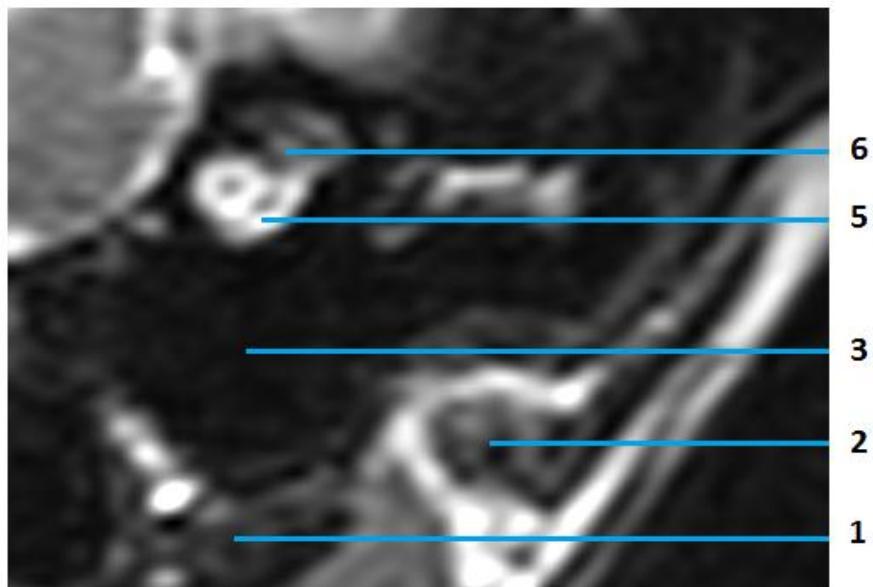


Figure 77: Image IRM de l'oreille gauche de chat montrant la cochlée et les nerfs crâniens

Figure 76 et 77 : 1. *M. digastricus* 2. *Glandula parotis* 3. *Cavum tympani, Auris media* 4. *A. basilaire* 5. *Cochlea, Perilympa* 6. *Canales semicirculares* 7. *N. Facialis*

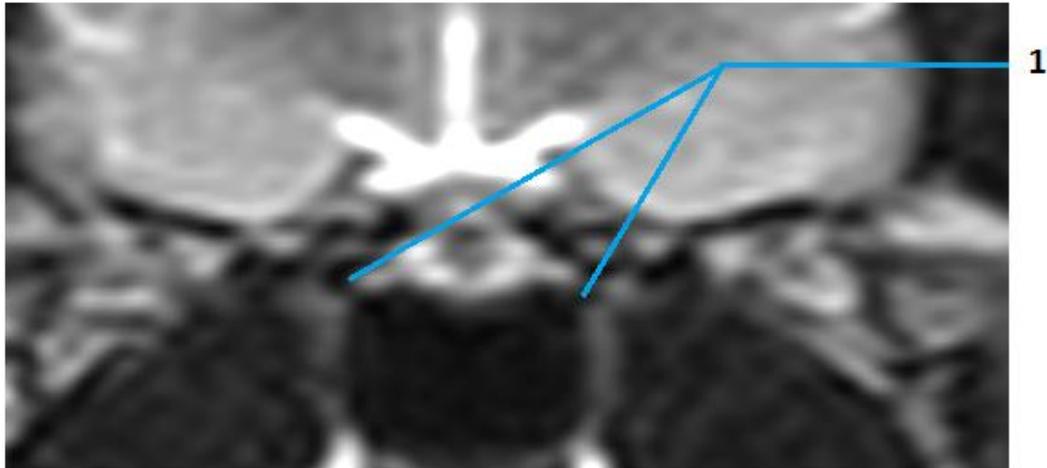


Figure 78: Image IRM des oreilles de chat montrant la trompe auditive

### 1. Tuba auditiva

Les images IRM présentées ont été obtenues avec un IRM de bas champ et l'épaisseur des coupes allait de 1mm à 3mm; la qualité des images est donc moyenne. Cependant il est tout de même possible de caractériser les structures remarquables de l'oreille interne, la périlymphe et l'endolymphe. En médecine vétérinaire, à l'heure actuelle, c'est ce genre d'images qui sont obtenues lors d'examen IRM. Les images présentées permettent donc d'apporter une aide au clinicien pour l'analyse d'images.

Il ressort de cette présentation que l'examen tomodensitométrique offre une image extrêmement détaillée de l'oreille moyenne et du labyrinthe osseux de l'oreille interne. Des coupes fines (0.5mm) permettent de souligner les détails anatomiques, souvent microscopiques.

L'IRM quant à lui permet une étude détaillée du labyrinthe membraneux, de l'endolymphe et de la périlymphe, du liquide céphalo-rachidien (LCR), des nerfs crâniens et des méninges. Les différentes séquences permettent de caractériser le signal de ces structures, les séquences en pondération en T2 étant les plus utiles. La pondération en T1 trouve toute son importance en post contraste, facilitant la discrimination entre inflammation, processus néoplasiques et infiltrations.

Dans la littérature il est rapporté que la tomodensitométrie est l'outil de choix pour étudier les lésions présentes chez des patients ayant subi des traumatismes, suspects de malformations congénitales ou d'ostéodystrophie de l'oreille interne. [61]

A ce jour, peu d'études mentionnent l'utilisation de l'IRM dans le diagnostic étiologique de la pathologie de l'oreille des carnivores domestiques. [59] [60] [62] [63] [64] [65]

Cependant les rapports les plus récents ont démontré l'importance de l'IRM en cas de suspicion d'otite interne ou en présence d'un syndrome vestibulaire. En effet cet examen permet de détecter des microlésions affectant les tissus mous ou les structures nerveuses de cette région. **[60] [65]**

Il est communément accepté que l'évolution de l'utilisation de ces deux techniques d'imagerie en médecine vétérinaire suivra leur évolution en médecine humaine.

Le scanner est déjà bien développé en médecine vétérinaire, tandis que l'IRM reste en retrait. Cependant, à l'heure actuelle en médecine humaine, l'IRM est le gold standard dans l'exploration des atteintes de l'oreille interne. Il est fort probable que cela soit le cas d'ici quelques années en médecine vétérinaire. **[57] [58]**

Enfin il faut garder à l'esprit que ces deux techniques sont complémentaires lors de l'exploration de l'oreille dans son ensemble. Si l'on doit privilégier l'une ou l'autre technique il sera important de prendre en compte la clinique, les moyens financiers, les orientations thérapeutiques et la préférence des cliniciens (chirurgien, imageur, généraliste etc.).

La partie qui suit, dernière de cette thèse, reprend les affections majeures de l'oreille des carnivores domestiques et montre l'intérêt de ces deux outils diagnostiques dans le diagnostic étiologique et les possibilités thérapeutiques. Les images scanner seront privilégiées pour les raisons évoquées précédemment.

### III. PATHOLOGIES DE L'OREILLE DES CARNIVORES DOMESTIQUES DONT LE DIAGNOSTIC EST FACILITE PAR UN EXAMEN DE TOMODENSITOMETRIE ET/OU D'IRM

#### 3.1 LES AFFECTIONS DE L'OREILLE EXTERNE CHEZ LES CARNIVORES DOMESTIQUES

Les lésions primaires de nombreuses affections de l'oreille apparaissent initialement au niveau du pavillon auriculaire. On les classe selon le type de lésion primaire. Il s'agit généralement d'affections atteignant la peau recouvrant le cartilage auriculaire.

Les lésions primaires sont rangées en sept catégories : les lésions érythémateuses, les lésions crouteuses et squameuses, les papules, les pustules, les lésions nodulaires, les lésions ulcératives et enfin l'alopecie. Ces affections relèvent majoritairement du domaine de la dermatologie et leur diagnostic passe généralement par des raclages cutanés, des cytoponctions, des calques, des prises de sang (en cas d'affections endocriniennes), un examen otoscopique, etc., donc des examens ne relevant pas de la tomodensitométrie ni du scanner.

A l'examen de tomodensitométrie et IRM, on objective fréquemment des otites externes. Celles-ci résultent en une augmentation de la production de cérumen et en une hyperplasie de la muqueuse du méat acoustique externe, visible sur les images obtenues en post contraste. En effet, due à l'inflammation, cette muqueuse est très vascularisée d'où une prise marquée du produit de contraste à son niveau. [66]

Dans le cas où les otites externes récidivent et deviennent chroniques elle peuvent donner lieu à de la cellulite, des abcès ou des fistules. L'image typique des abcès est une cavité dont le centre est liquide (densité liquidienne visible au scanner, signal hyper intense en T2 et d'intensité variable en T1, selon la composition du liquide). Les parois et les tissus adjacents à la lésion sont à l'origine d'une prise de contraste très marquée, cela s'expliquant par une vascularisation importante et une perméabilité vasculaire accrue, conséquences de l'inflammation. [66]

La mise en évidence des otites externes se fait généralement par un examen otoscopique, le scanner et l'IRM n'intervenant qu'en cas de récives multiples ou d'otite complexe.

#### 3.2 LES AFFECTIONS DE L'OREILLE MOYENNE

Au contraire, comme nous l'avons démontré en **partie 2.2**, l'exploration de l'oreille moyenne est grandement facilitée par les examens de tomodensitométrie et d'IRM. En cas d'atteinte de celle-ci il sera intéressant d'avoir recours à l'une ou l'autre de ces techniques, parfois même aux deux.

Parmi les affections de l'oreille moyenne, les otites sont les plus communes mais malheureusement elles sont peu reconnues par les vétérinaires. Pour ce genre d'affection des signes neurologiques peuvent être observés, bien qu'ils soient peu fréquents. [67]

On distingue les otites moyennes aiguës des otites moyennes chroniques tant au niveau des signes cliniques et de leur intensité, qu'au niveau de leurs conséquences.

Une autre anomalie de l'oreille moyenne communément rencontrée chez les chiens est la présence d'otolites. Leur origine exacte est inconnue mais on pense qu'il peut s'agir de minéralisation de débris nécrotiques issus d'une ancienne otite externe ou d'une maladie primaire de l'oreille moyenne.

L'image scanner des otolites est celle d'opacités minérales, de forme et de taille variables, localisées dans l'oreille moyenne.

Il s'agit généralement d'une découverte fortuite, sans signe clinique annonciateur.

### 3.2.1 LES OTITES MOYENNES AIGUES

Leur origine peut-être:

- descendante, résultat de l'extension d'une maladie du conduit auditif externe ;
- ascendante, résultat de l'extension d'une maladie du naso-pharynx via la trompe auditive d'origine hématogène ;
- primaire, prenant naissance dans la bulle tympanique.

Chez les chiens il s'agit généralement d'une otite externe qui a progressé et traversé la membrane tympanique, elle-même perforée ou rendue poreuse par un processus inflammatoire ou un corps étranger.

Chez le chat il semble que les otites moyennes soient essentiellement d'origine ascendante, possiblement suite à une infection pulmonaire.

Les otites moyennes sont sous diagnostiquées en raison d'une cicatrisation parfois précoce de la membrane tympanique. Celle-ci peut alors apparaître intacte à l'examen otoscopique tandis que l'otite moyenne se développe derrière elle, l'infection et les sécrétions anormales se trouvant emprisonnées dans la bulle tympanique.

Il arrive que la membrane tympanique se rompe, s'invagine et se retrouve piégée dans le récessus épitympanique. Dans le cas où elle devient adhérente au promontoire de la cochlée, il peut se former un choléstéatome. **[23]**

Les choléstéatomes sont des kystes à croissance lente, d'origine congénitale ou acquise. Nous y reviendrons plus en détail à la page suivante.

Chez les chiens les otites moyennes peuvent prendre naissance au sein de la bulle tympanique, il n'y a donc pas forcément de lésion des autres structures. Cela peut provenir de sécrétions primaires anormales ou de la croissance de micro-organismes dans la bulle tympanique. L'otite moyenne primaire sécrétoire se retrouve chez le Cavalier King-Charles et peut apparaître sans signe d'otite externe. Chez les chats on n'a pas identifié ce type d'otite à l'heure actuelle.

Dans ce genre d'affection il arrive fréquemment que la seule anomalie visible sur les images scanner et IRM soit un comblement de la bulle tympanique. Il faudra faire la différence entre une prolifération tissulaire ou un comblement liquidien.

En IRM on se sert des différentes séquences d'écho de spin (pondérées en T1, T2 ou rho) pour faire cette discrimination. Les exsudats présents dans la bulle tympanique sont généralement à l'origine d'un signal hyper intense en pondération T2. En pondération T1 l'intensité du signal dépend de la composition cellulaire et macromoléculaire du fluide ; il peut être en hyper ou en hypo -signal. **[66]**

En image scanner, le clinicien pourra s'appuyer sur le signe du ménisque (à l'interface air/opacité tissulaire) ; s'il est objectivé alors on est en présence d'un liquide.

Les polypes naso-pharyngés sont fréquents chez les chats mais rares chez les chiens. Chez ces derniers toute excroissance au sein de l'oreille moyenne appartient généralement à un processus néoplasique plus agressif.

Si un polype se développe au sein de l'oreille moyenne celui-ci peut alors croître en direction de la membrane tympanique, la traverser et boucher le conduit auditif externe horizontal, donnant lieu à une otite externe suite à des surinfections bactériennes.

La croissance du polype peut cependant se limiter à l'oreille moyenne, à l'origine d'une atteinte du nerf sympathique qui traverse le septum de la bulle tympanique ; cela conduit au syndrome Horner.

Les polypes sont typiquement richement vascularisés, ce qui est à l'origine d'un hyper- signal en IRM et d'une hyper atténuation des rayons X au scanner ; cela est accentué en post contraste. Il est parfois difficile de discriminer les polypes d'un liquide ou d'une masse. **[66]**

Tout changement au sein de la bulle tympanique (masse, liquide) peut engendrer un changement de pression, conduisant à une augmentation de sa taille. Il arrive également très fréquemment qu'on observe une paroi épaissie, il faut alors se méfier car cela peut être un artéfact causé par la disparition de l'air dans la bulla. **[55] [66]**

En cas d'augmentation de la pression intra bulla, il est possible que cela se répercute sur l'oreille interne, modifiant l'équilibre du système et pouvant engendrer des troubles vestibulaires (par exemple). Les variations des pressions au sein de l'oreille interne peuvent être détectées sur les images IRM par des modifications de son signal.

De la même manière, toute inflammation de l'oreille moyenne peut s'étendre à l'oreille interne et ainsi conduire à une modification de la composition de l'endolymphe. Ces modifications seront également à l'origine d'un changement du signal IRM propre aux différentes structures de l'oreille interne.

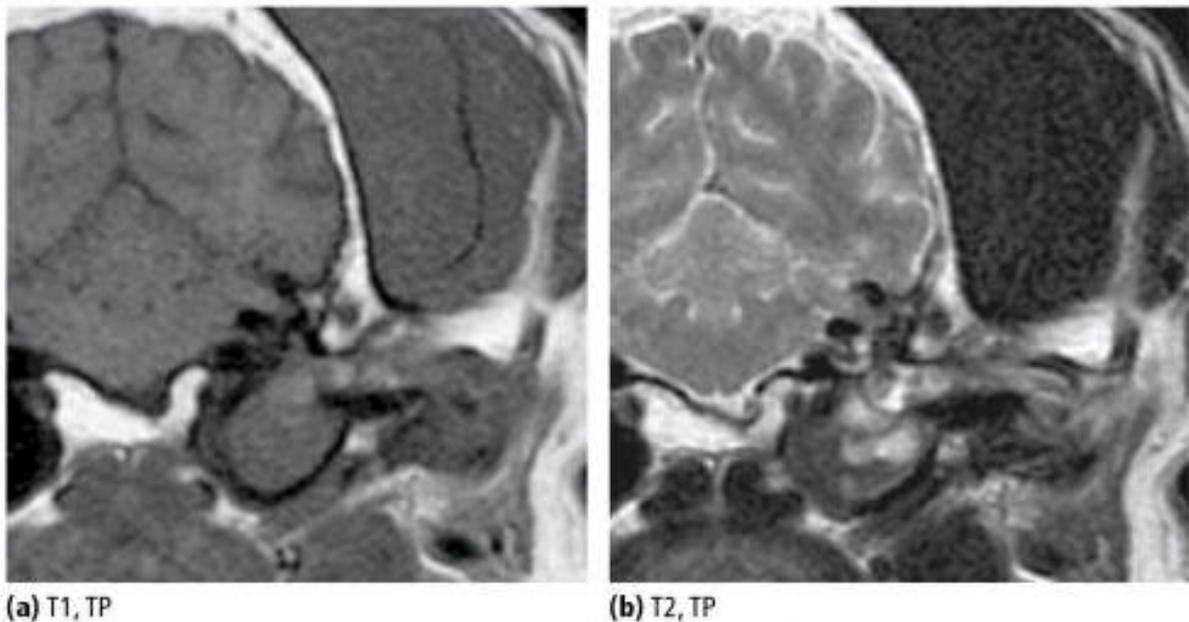
Une fois installée, l'otite moyenne s'auto- entretient à cause de l'inflammation de la muqueuse de la bulle tympanique qui est à l'origine d'une production anormale de mucus. A force d'œdème et d'inflammation il se met en place un tissu de granulation. Alors que la maladie progresse, il y a fibrose et calcification des tissus mous et les changements de la bulle tympanique deviennent alors irréversibles. **[23]**

Au fur et à mesure que la chronicité se met en place la modification du signal IRM devient de plus en plus évidente, tandis qu'il apparaît sur les images scanner des atteintes des structures osseuses et des tissus mous de l'oreille. Les modifications de l'image scanner sont généralement plus tardives ; cependant elles permettront une meilleure évaluation de l'atteinte des structures osseuses.

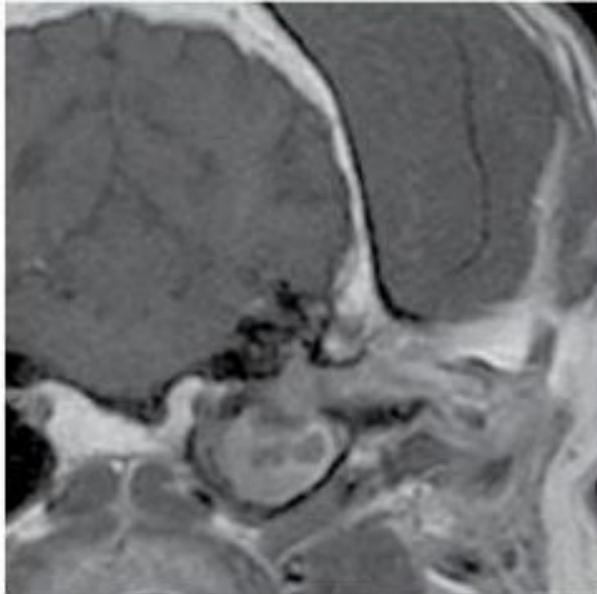
Un autre intérêt de l'IRM et de l'image scanner post contraste est la mise en évidence d'une éventuelle atteinte des méninges.

Ci dessous est présentée une image IRM révélant la présence d'otite moyenne chez un Golden retriever mâle de 10 ans. [66]

*Figure 79: Otite moyenne associé à une otite externe chez un chien. Séquences en écho de spin pondération T1 et T2, pré et post contraste, coupe transversale [66]*



**(a, b)** La bulle tympanique contient un matériau dont le signal est d'intensité variable sur les images pondérées T1 et T2 obtenues en pré contraste. On observe également une sténose et une hyperplasie de la muqueuse du méat acoustique externe, signe d'une otite externe concourante.



(c) T1+C, TP

(c) En post contraste l'hyper-signal provient de la périphérie du contenu de la bulla, ce qui est évocateur d'un épaissement de sa paroi. De plus on observe des irrégularités de la paroi de la bulla, conséquence d'une ostéite réactive.

Les régions en hypo-signal signent la présence de fluide emprisonné au sein de la bulla.

### 3.2.1.a Mise en évidence d'un choléstéatome : changements structuraux associés

#### **(i) Apport de la littérature**

Nous avons évoqué précédemment les choléstéatomes dont l'origine peut être congénitale ou acquise.

Les choléstéatomes acquis sont généralement les conséquences d'une otite moyenne non soignée et très souvent se développent à partir de la membrane tympanique qui se rétracte.

Les choléstéatomes d'origine congénitale sont décelés chez les jeunes animaux et leur apparition est attribuée à une anomalie de développement de la membrane tympanique.

L'évolution de cette affection est lente mais très délabrante. Elle entraîne des changements osseux importants : ostéolyse, ostéo-prolifération et sclérose de l'os de la bulle tympanique.

Il peut également y avoir une augmentation de la taille de la cavité tympanique ainsi qu'une sclérose ou une ostéo-prolifération de l'articulation mandibulaire ipsilatérale et du processus paracondyalaire de l'os occipital.

Enfin il est possible que le choléstéatome cause la lyse partielle de l'os temporal, ce qui peut amener à des complications intracrâniennes. [23]

Le scanner est l'outil de choix pour observer les structures osseuses de l'oreille, les changements décrits ci-dessus sont donc facilement visualisables sur les images scanner.

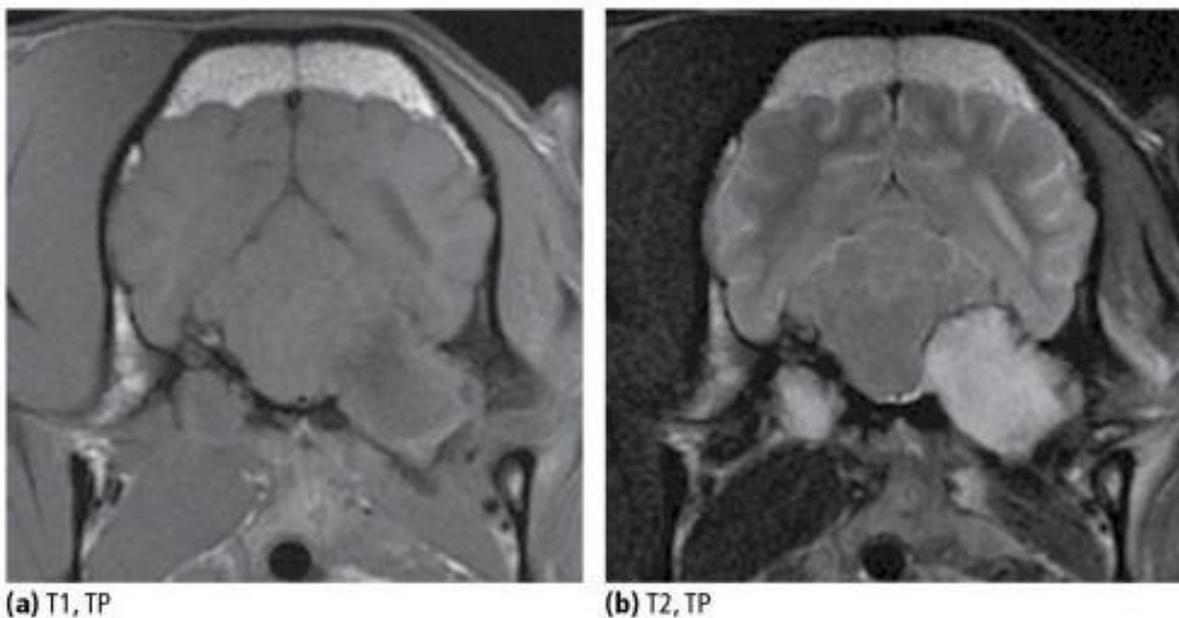
En plus des changements osseux de la bulle tympanique, le cholestéatome est généralement associé à une calcification et à une sténose du conduit auditif externe qui est visualisable sur l'image scanner [16] [67]

Le cholestéatome lui-même est observé : il s'agit d'une vaste masse logée dans une cavité tympanique élargie.

L'IRM permet de voir des modifications plus subtiles et cet examen peut être intéressant si l'on suspecte une extension intracrânienne de l'affection. Les images post-contraste permettent de souligner une atteinte du nerf facial ou de tout autre nerf crânien présent dans cette région (nerf trijumeau, nerf vestibulo-cochléaire, nerf vague, nerf glossopharyngien). Il peut également y avoir une prise de contraste révélant une atteinte méningée. [68]

Voici des images IRM d'un cholestéatome en pondération T1 et T2, pré et post-contraste chez une femelle Bouledogue Français stérilisée de 7 ans :

*Figure 80 : Cholestéatome chez un chien. Séquences en écho de spin pondération T1 et T2, pré et post-contraste, coupe transversale, frontale et sagittale [66]*



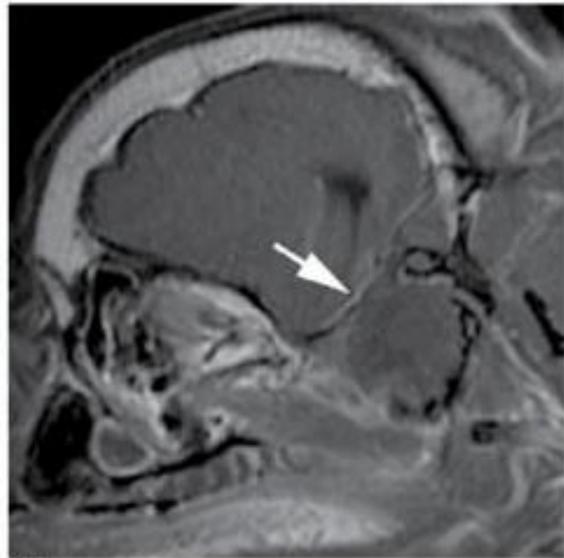
**(a,b)** La présence d'une masse bien délimitée provenant de la bulle tympanique gauche est objectivée. A cette dernière est associée une érosion de la partie pétreuse de l'os temporal et de l'os occipital. La masse apparaît partiellement intracrânienne et provoque une déformation du tronc cérébral. Cette masse est d'apparence hétérogène mais globalement hypo-intense en pondération T1 et légèrement hyper-intense en pondération T2.



(c) T1+C, TP



(d) T1+C, DP



(e) T1+C, SP

(c, d, e) En poste contraste la masse présente une prise de contraste irrégulière en périphérie (flèche) et une prise de contraste méningée en regard.

Sur toutes ces images on note que la bulle tympanique droite présente des changements de signal similaires mais qui ne s'étendent pas aux structures adjacentes.

D'autre part une atrophie du muscle temporal, masséter et ptérygoïdien est visible à gauche.

Une biopsie a été réalisée et le diagnostic est revenu compatible avec un cholestéatome.

## (ii) Cas clinique et illustration de l'apport du scanner dans le diagnostic du choléstéatome canin

Les images scanner qui suivent ont été obtenues à la clinique Azurvet le 07-10-2012. Les commentaires qui sont adjoints à ces images sont largement inspirés des observations du **Docteur Laurent COUTURIER**, *DipECVDI* et du **Docteur Guillaume GORY**, *DipECVDI*

### Signalement :

Bouledogue français mâle castré de 7 ans.  
Syndrome vestibulaire.

### Technique :

Acquisition hélicoïdale en pré et post contraste des bulles tympaniques.  
Coupes natives de 0,5 mm, reconstructions MPR et 3D, avec le logiciel Osirix.  
Filtres os et mou.

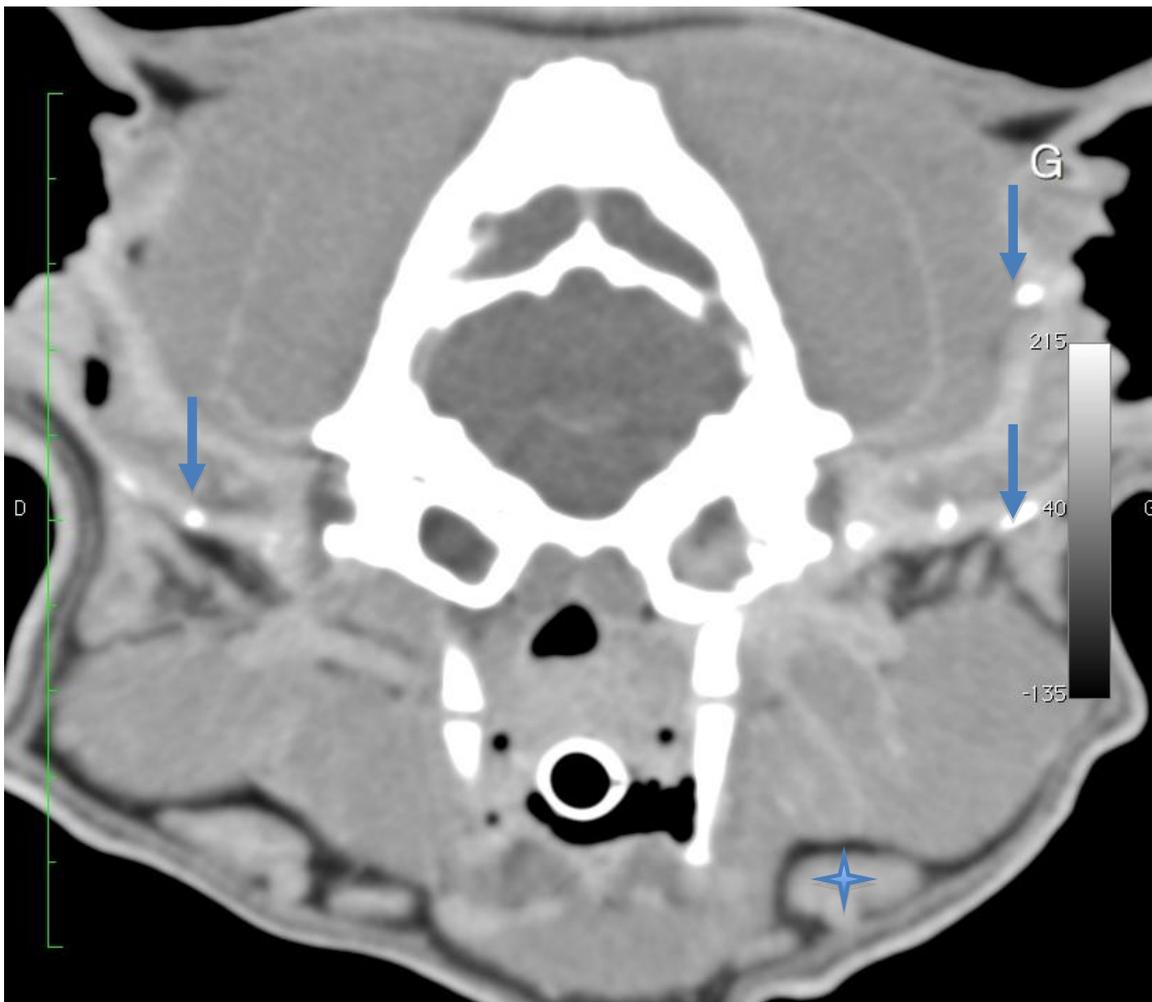


Figure 81: Coupe transversale, filtre tissus mous Azurvet©

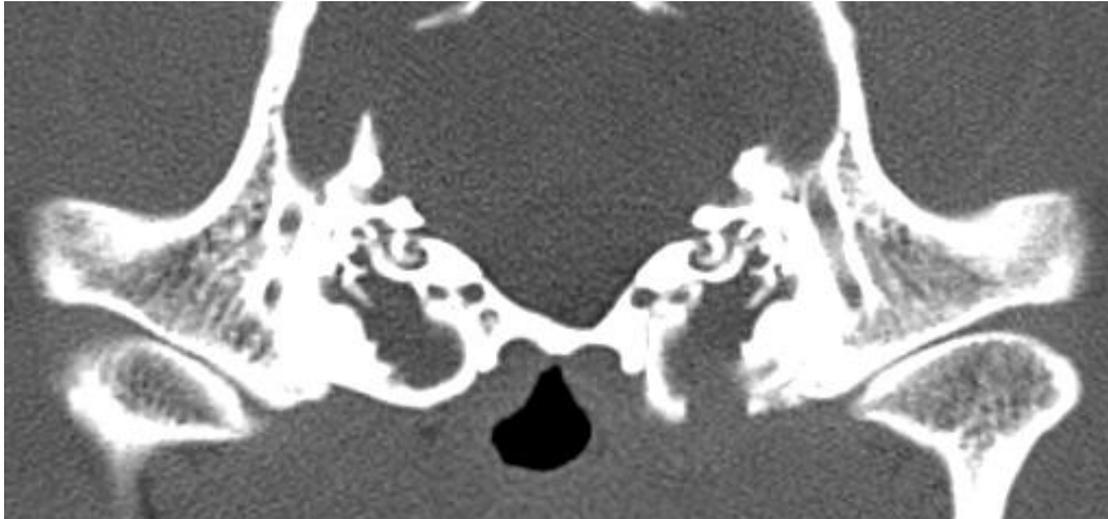


Figure 82 : Coupe transversale, filtre osseux Azurvet©

Description :

Sur la **figure 81** on observe une paroi épaissie des conduits auditifs externes, qui présentent de nombreuses minéralisations (**flèches**).

D'autre part l'obstruction totale des méats acoustiques externes par une structure de densité mixte (densité liquidienne) est objectivable. Cette obstruction s'étend jusqu'à la membrane tympanique qu'elle traverse pour se retrouver dans les bulles tympaniques. Les nœuds lymphatiques mandibulaires sont asymétriques et mesurent 6,5 mm à gauche (**étoile**).

Sur la **figure 82** la bulle tympanique gauche apparaît lysée en partie ventrale et on note une extension de la lésion sur 7 mm ventralement à cette paroi (**figure 81**).

En revanche à droite les contours de la bulle tympanique sont lisses et réguliers.

Les structures des oreilles internes ne présentent pas d'anomalie.

Conclusion :

Présence d'une otite externe et moyenne bilatérale chronique sévère associée très probablement à des cholestéatomes bilatéraux, plus marqués à gauche où l'on note une lyse secondaire de la bulle tympanique.

[3.2.1.b Mise en évidence d'otites moyenne primaires : changements structuraux associés](#)

**(i) Apport de la littérature**

Les otites moyennes primaires sécrétoires existent chez le chien et font suite à une surproduction ou à un défaut d'élimination du mucus au sein de l'oreille moyenne. Un défaut d'élimination est la conséquence d'une atteinte de l'appareil muco-ciliaire ou à un dysfonctionnement de la trompe auditive.

La particularité de ces otites réside dans la nature des signes cliniques qu'elle engendre : certains sont neurologiques. Ils incluent l'ataxie, la paralysie faciale, le nystagmus, l'inclinaison de la tête ainsi que la perte de l'audition dont l'apparition est généralement aiguë.

Ces troubles neurologiques sont dus à l'augmentation de la pression au sein de la bulle tympanique suite à l'accumulation de mucus. Comme dans le cas du choléstéatome cela peut avoir des répercussions sur les nerfs crâniens ou encore sur l'équilibre du système vestibulo-cochléaire de l'oreille interne.

Les changements inflammatoires qui se font au niveau de l'oreille moyenne peuvent conduire à l'altération de l'audition. Cette altération est d'origine conductrice : seule la transmission des ondes sonores à travers la bulle tympanique est atteinte. Les cellules spécialisées de la cochlée sont intactes. Celles-ci peuvent cependant être affectées dans le cas où l'otite moyenne sévère persiste, conduisant à une modification de la pression, de la composition de la lymphe et de l'endolymphe ou encore à une fibrose des structures de l'oreille interne.

En cas d'absence de lésions osseuses, c'est l'IRM qui permettra un meilleur bilan lésionnel. [67]

Une autre origine des otites primaire est la présence de masse au sein de l'oreille moyenne, fréquente chez les chats et plus rare chez les chiens.

Ce sont généralement des tumeurs bénignes : les adénomes et les fibrosarcomes. En effet les tumeurs malignes de l'oreille moyenne sont rares. Celles-ci incluent chez les deux espèces les adénocarcinomes et les carcinomes de l'épithélium pavimenteux, auxquels s'ajoutent les lymphomes chez le chat.

Chez les chats les lésions bénignes qui se développent le plus communément sont les polypes naso-pharyngés.

Les signes cliniques associés à la présence d'une masse sont d'intensité et de nature variables. Par exemple si la pression sur la fenêtre du vestibule et la fenêtre cochléaire augmentent il peut y avoir apparition du syndrome vestibulaire.

Généralement lorsque l'on détecte les tumeurs bénignes sur les images scanner et IRM, elles sont déjà à un stade avancé.

Elles sont hautement destructrices et résultent en une ostéolyse de la bulle tympanique pouvant s'étendre à l'os temporal. En images post contraste ces tumeurs apparaissent hyper intenses (IRM) ou hyperdenses (scanner). Selon la taille de ces masses il est possible que les structures adjacentes soient atteintes. Enfin il y a une extension intracrânienne dans les stades les plus avancés, avec pour conséquence un effet de masse (prise de contraste homogène) et une prise de contraste méningée.

La région d'intérêt devrait toujours inclure la mandibule et les nœuds lymphatiques rétro-pharyngiens, car les adénopathies et les métastases de cette région sont communes. [66]

En ce qui concerne les tumeurs malignes, celles-ci présentent des caractéristiques similaires : elles sont hautement invasives et destructrices, une atteinte de l'oreille interne

est fréquente ainsi qu'une pénétration intracrânienne (ostéite de la bulle tympanique et de l'os temporal).

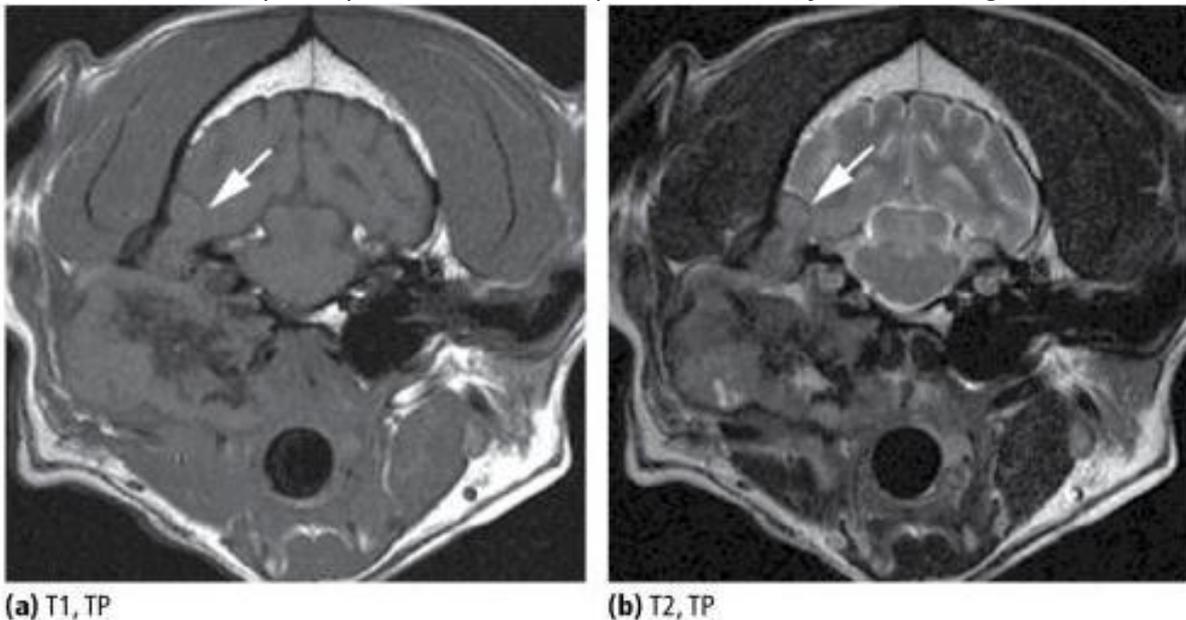
La particularité de ces tumeurs réside dans la prise de contraste hétérogène en image scanner et IRM post contraste. D'autre part on observe généralement une atteinte pharyngienne, laryngée associé à une lymphadénopathie régionale.

**[66]**

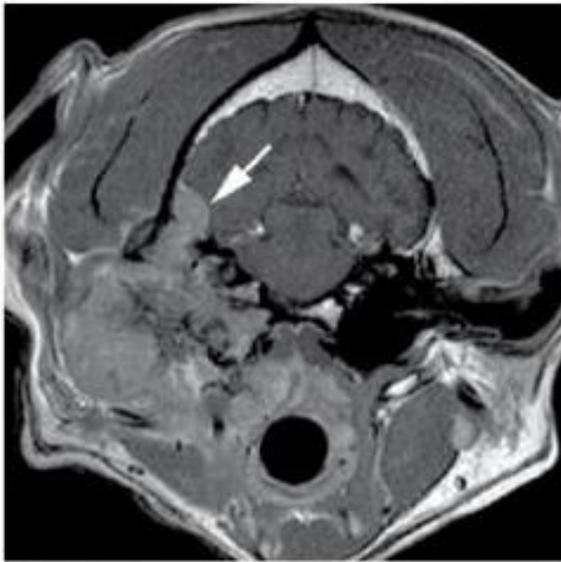
On note enfin un gonflement des tissus mous autour de l'oreille moyenne et une augmentation de contraste au sein de celle-ci.

Les images qui suivent présentent des changements visibles en IRM chez un Labrador mâle castré de 7ans présentant un carcinome de l'épithélium pavimenteux :

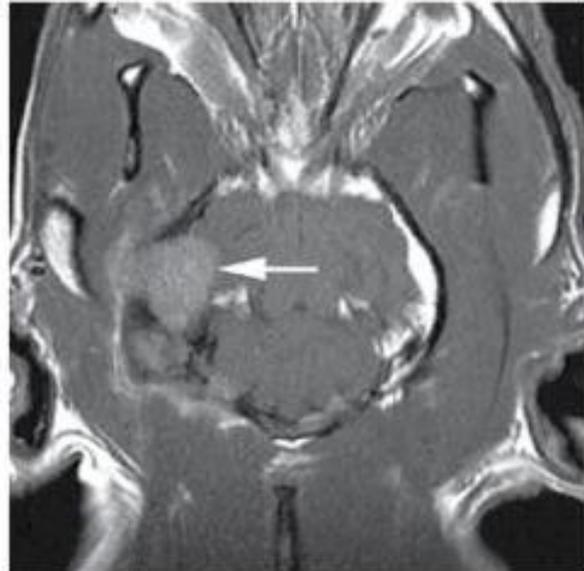
*Figure 83 : Carcinome de l'épithélium pavimenteux chez un chien. Séquences en écho de spin pondération T1 et T2, pré et post contraste, coupe transversale, frontale et sagittale [66]*



**(a, b)** L'oreille moyenne droite présente une masse large, irrégulière et hautement invasive. Son signal est hétérogène et elle est visible en situation intracrânienne

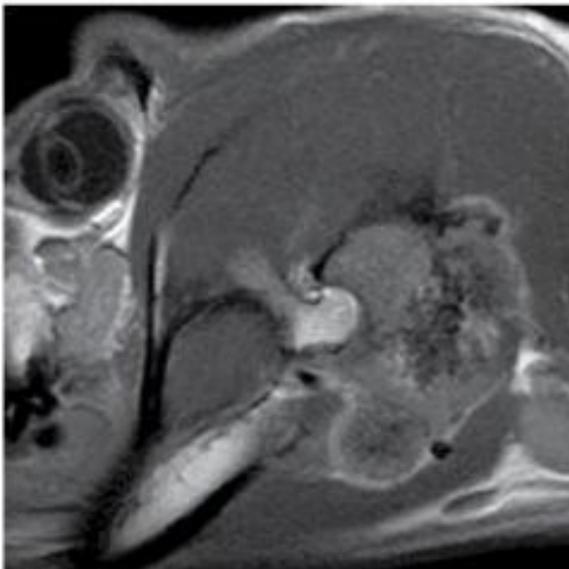


(c) T1+C, TP

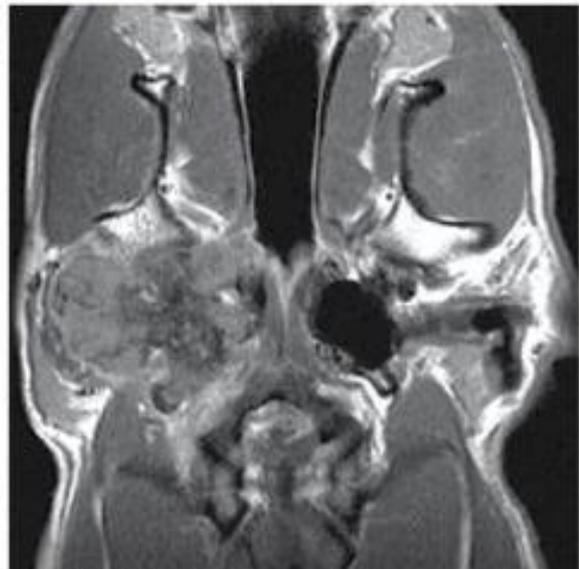


(f) T1+C, DP

**(c,d,e,f)** La bulle tympanique droite n'est plus visible et une destruction partielle des parties pétreuse et squameuse de l'os temporal est visible.



(d) T1+C, SP



(e) T1+C, DP

L'articulation temporo-mandibulaire est également atteinte **(d,e)**.

Le diagnostic étiologique a été obtenu suite à une biopsie et une analyse histopathologique.

Dans le cas où se développe un polype naso-pharyngé, l'imagerie n'est évidemment nécessaire que si la masse n'est pas visible dans le conduit auditif externe ou si l'on souhaite établir un bilan lésionnel plus précis

## (ii) Cas clinique et illustration de l'apport du scanner dans le bilan d'extension d'une masse caudale à l'oreille chez un chat

Les images scanner qui suivent ont été obtenues à la clinique Azurvet le 18-03-2015. Les commentaires qui sont joints à ces images sont largement inspirés des observations du **Docteur Laurent COUTURIER, DipECVD**.

### Signalement :

Chat européen femelle stérilisée de 10 ans,  
Masse caudale à l'oreille gauche.  
Bilan d'extension désiré.

### Technique :

Acquisition hélicoïdale en pré et post contraste des bulles tympaniques.  
Coupes natives de 0,5 mm et 1mm, reconstructions MPR et 3D, avec le logiciel Osirix.  
Filtres os et mou.



Figure 84 : Coupe transversale, filtre osseux Azurvet©

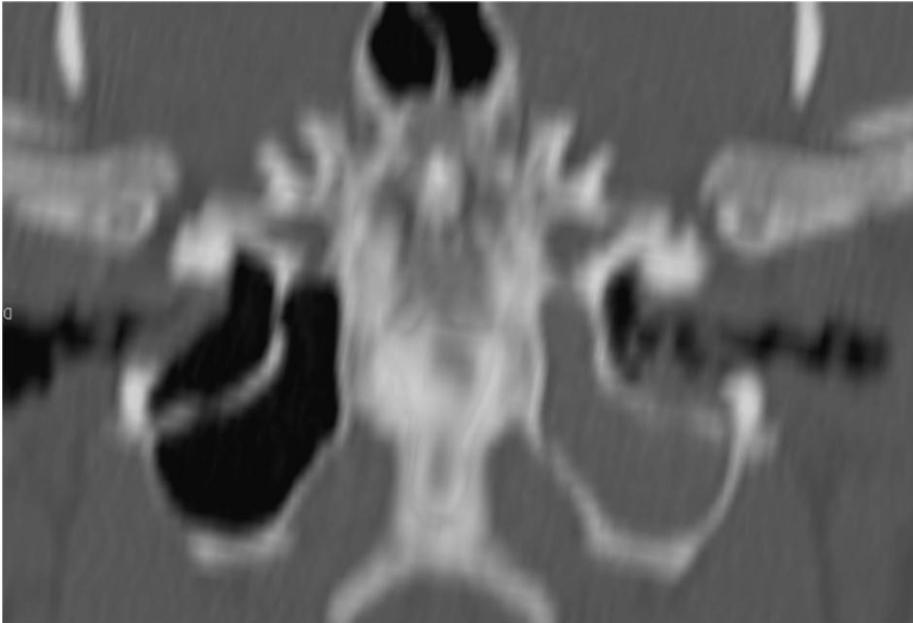


Figure 85 : coupe frontale, filtre osseux, reconstruction 3D MPR Azurvet©

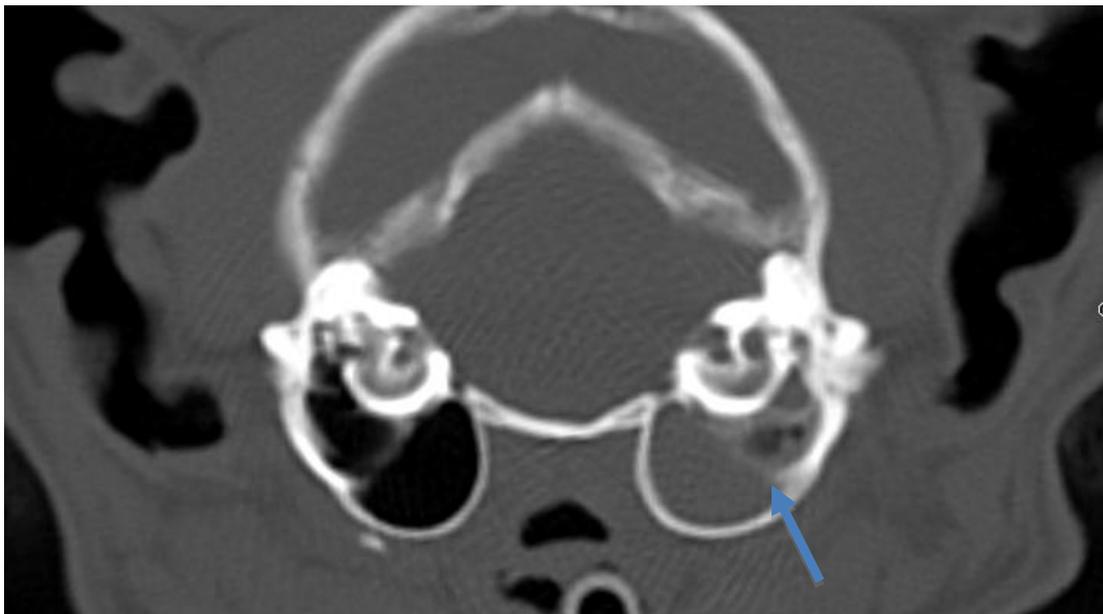


Figure 86 : Coupe transversale, filtre osseux Azurvet©

Description :

Sur les **figure 84** et **figure 85** apparaît un comblement complet de la bulle tympanique gauche par un matériel tissulaire ou liquidien. La bulle tympanique gauche présente également un discret épaissement de sa corticale ventrale, qui est lisse et régulière par ailleurs.

On observe aussi un épaissement discret de la paroi des méats acoustiques externes.

La **figure 86** révèle la présence d'un mélange liquidien avec un matériel épais. La présence du liquide est objectivée par le signe du ménisque (**flèche**).

### Conclusion :

Le scanner met en évidence une otite moyenne gauche, associée à une ostéite très discrète, et une otite externe bilatérale.

Il a été déterminé qu'un traitement local sous guidage endoscopique était, à priori, envisageable dans ce cas.

## 3.2.2 LES OTITES MOYENNES CHRONIQUES

A ce stade les changements sont généralement marqués.

### 3.2.2.a Apports de la littérature

Le scanner révèle un tissu de granulation dans la bulle tympanique et parfois un reste de fluide. Ce tissu de granulation est la conséquence d'une inflammation chronique associée à un œdème récurrent.

Les changements peuvent continuer et aboutir à la mise en place d'un tissu conjonctif dense avec des spicules osseux en son sein associés ou non à des changements osseux lytiques ou prolifératifs.

Une ostéolyse est généralement signe d'un processus néoplasique malin ou d'une ostéomyélite. En cas d'opacité tissulaire, cela évoque la présence de liquide ou d'une masse, ce qui est anormal.

L'IRM permet d'affiner le bilan lésionnel, de repérer des changements tissulaires et liquidiens débutants. Comme démontrée en **partie 2.2** cette technique d'imagerie trouve toute son importance dans l'examen de oreille interne. [23]

### 3.2.2.b Cas clinique et illustration de l'apport du scanner dans le diagnostic étiologique d'une otite moyenne chez un chat (polype)

Les images scanner qui suivent ont été obtenues à la clinique Azurvet le 26-09-2013. Les commentaires qui sont adjoints à ces images sont largement inspirés des observations du **Docteur Delphine RAULT, DipECVDI** et du **Docteur Guillaume GORY, DipECVDI**

### Signalement :

Chat femelle Main Coon stérilisée de 1 ans.

Masse caudale à l'oreille gauche, bilan d'extension désiré.

### Technique :

Acquisition hélicoïdale en pré et post contraste des bulles tympaniques.

Coupes natives de 0,5 mm, reconstructions MPR et 3D, avec le logiciel Osirix.

Filtres os et mou.

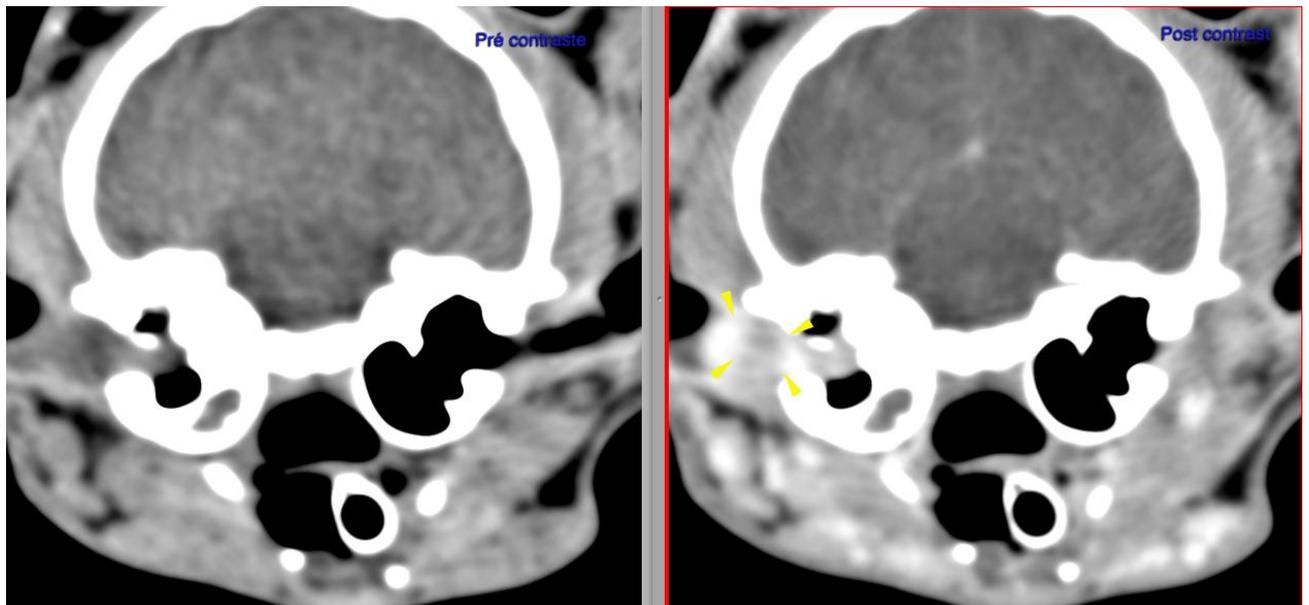


Figure 87 : Coupe transversale, filtre tissus mous, pré et post contraste Azurvet©



Figure 88 : Coupe transversale, filtre osseux Azurvet©

Description :

Sur la **figure 87** on met en évidence la présence d'une masse à droite prenant le contraste de façon homogène, bien délimitée avec une extrémité latérale convexe, située au sein du conduit auditif externe droit.

Cette masse mesure environ 13 mm de long et occupe tout le diamètre du conduit auditif externe. Elle est associée à la présence de liquide en faible quantité.

Sur la **figure 88** la membrane tympanique droite n'est pas identifiable en tant que telle, et la masse s'étend dans le compartiment latéral de la bulle tympanique.

Celle-ci est également comblée par du matériel liquidien, principalement dans son compartiment médial. La paroi osseuse de cette bulle tympanique est épaissie latéralement. D'autre part, le septum séparant les compartiments de cette bulle est aussi épaissi.

On n'objective pas d'atteinte des structures des oreilles internes et les canaux faciaux sont fins et réguliers. On ne met pas non plus en évidence de masse naso-pharyngée ni d'adénopathie rétro-pharyngienne ou mandibulaire.

#### Conclusion :

Nous avons affaire à une otite externe unilatérale droite secondaire à la présence d'un polype dans le conduit auditif externe et qui envahit le compartiment latéral de la bulle tympanique sans évidence d'atteinte des tissus péri-auriculaires (trompe d'Eustache en particulier, le nasopharynx).

Associée à celle-ci, une otite moyenne unilatérale droite avec ostéite de la bulle tympanique est présente.

Il a été déterminé, avec cet examen, qu'une intervention chirurgicale était envisageable pour retirer la masse.

### 3.3 LES AFFECTIONS DE L'OREILLE INTERNE

L'intérêt de l'IRM dans l'exploration de l'oreille interne réside, comme souligné en **partite 1.2.2**, dans le fait que cette technique permet de visualiser la cochlée, le vestibule et les canaux semi-circulaires, et plus spécifiquement de caractériser individuellement les structures membraneuses qu'ils renferment (canaux semi-circulaires membraneux, utricule, saccule, canalicule cochléaire membraneux).

Ce sont les séquences en pondération T2 qui sont les plus utiles pour discriminer les divers compartiments de l'oreille interne. [69] En cas de neuropathie, l'IRM permet également d'établir un bilan lésionnel et d'obtenir un diagnostic.

L'examen tomodensitométrique peut lui aussi mettre en évidence une atteinte de l'oreille interne, mais pour des stades généralement plus avancés.

Parmi les affections de l'oreille interne on retrouve les otites internes mais aussi des atteintes vestibulaires et cochléaires plus spécifiques.

#### 3.3.1 LES OTITES INTERNES

Leur véritable incidence reste à ce jour inconnue mais l'on pense que l'on surestime l'importance du rôle de l'otite interne par rapport à celui de l'otite moyenne.

Cette surestimation serait imputable à la sévérité des troubles neurologiques engendrés par l'otite interne qui conduit à une recherche plus complète de leur origine. En revanche dans le cas de l'otite moyenne l'évolution est souvent chronique et entraîne des signes cliniques moins sévères (paralysie faciale). [67]

Il est communément supposé que la première cause d'otite interne est une otite moyenne non traitée car il a été montré qu'une forte association entre otite externe, otite moyenne et otite interne existait. [70]

Ainsi, suite à une otite moyenne chronique, on observe généralement une ostéite de l'os temporal pouvant conduire à une otite interne

Si une infection est présente elle se propage à travers le canal facial ou par extension directe à travers l'os temporal devenu poreux. [66]

Il est possible de voir des sites d'ostéolyse et d'ostéosclérose au niveau des parties pétreuse et tympanique de l'os temporal ainsi qu'une prise de contraste des méninges et des nerfs crâniens VII (nerf facial) et VIII (nerf vestibulo-cochléaire). [71]

Les signes cliniques de l'otite interne sont très difficiles à différencier de ceux causés par d'autres atteintes de l'appareil vestibulaire périphérique comme les phénomènes néoplasiques ou l'atteinte idiopathique de l'appareil vestibulaire. [67]

L'utilisation du scanner et de l'IRM peut dans ce cas être utile pour obtenir un diagnostic de certitude ou du moins l'orienter. La discrimination entre un phénomène inflammatoire et néoplasique n'est cependant pas aisée. [69]

### 3.3.2 ATTEINTE DE L'APPAREIL VESTIBULAIRE

#### 3.3.2.a L'appareil vestibulaire, organe de l'équilibre

On se permet ici un bref rappel du fonctionnement de l'appareil vestibulaire, afin de mieux comprendre les affections qui peuvent l'atteindre.

L'appareil vestibulaire a un rôle essentiel dans l'élaboration des réponses inconscientes suite aux mouvements effectués par l'animal et à la gravité. Des données sur la position de la tête et sur les accélérations linéaires, rotationnelles et angulaires sont collectées au niveau de l'utricule, du saccule et des canaux semi-circulaires, en vue de maintenir l'équilibre.

Les informations reçues sont transmises par la portion vestibulaire du nerf vestibulo-cochléaire (CN VIII) jusqu'au cervelet, à la corde spinale ainsi qu'au tronc cérébral.

Les axones du tractus vestibulo-cochléaire s'étendent jusqu'au centre émétique, aux centres contrôlant les mouvements oculaires réflexes ainsi qu'aux muscles du cou, du tronc et des membres. Cela permet de coordonner les mouvements des yeux, du cou, du tronc et des membres avec la position de la tête à tout instant.

Enfin les axones du tractus vestibulo-cochléaire présentent des projections allant jusqu'au cortex cérébral, permettant un échange d'informations relatif à la perception consciente du mouvement et de la gravité.

### 3.3.2.b Syndromes vestibulaires : les apports du scanner et de l'IRM dans le diagnostic étiologique

#### **(i) Apports de la littérature**

Il existe deux types de désordres vestibulaires : centraux et périphériques.

Le syndrome vestibulaire périphérique est causé par une anomalie de l'oreille interne, surtout lorsque le labyrinthe membraneux est touché. Au contraire le syndrome vestibulaire central est dû à des anomalies primaires du cervelet ou du tronc cérébral.

Les signes cliniques du syndrome vestibulaire sont nombreux : troubles de l'équilibre et locomoteurs, nystagmus, strabisme, inclinaison de la tête, ainsi que de nombreux autres signes d'anomalie de nerfs crâniens (syndrome d'Horner). **[23]**

Différentes affections peuvent causer le syndrome vestibulaire périphérique telles qu'une otite moyenne septique ou aseptique, des polypes inflammatoires, des phénomènes néoplasiques, des traumatismes, une oto-toxicité, des poly-neuropathies, un hypothyroïdisme et un dysfonctionnement congénital.

Parfois aucune de ces causes ne peut être objectivée, on parle alors de syndrome vestibulaire périphérique idiopathique. Ce dernier, ainsi qu'une inflammation du labyrinthe membraneux, sont les causes les plus communes du syndrome vestibulaire périphérique.

Chez le chien, les otites moyenne et interne bactérienne sont principalement responsables des inflammations de l'oreille interne.

Chez le chat ce peut être suite à un polype buccal ou naso-pharyngé

Chez les deux espèces, des phénomènes néoplasiques peuvent être à l'origine du syndrome vestibulaire périphérique en envahissant la cavité cérébrale, l'oreille moyenne ou interne.

L'oto-toxicité de certains produits est une autre cause commune du syndrome vestibulaire périphérique. **[23]**

Enfin une fracture ou une anomalie osseuse de la partie pétreuse de l'os temporal ou de la bulle tympanique peut conduire à un syndrome vestibulaire périphérique et peut être accompagnée par une atteinte des nerfs faciaux.

Chez certaines espèces de chiens (Beagle, Doberman, Pinscher, Akita, Fox terrier, Berger allemand, cocker anglais) et de chats (siamois, Burmese, Tonkinois) une origine congénitale de ces malformations a été rapportée. **[23]**

En ce qui concerne l'utilisation de l'imagerie dans l'exploration des atteintes de l'oreille interne, on utilise principalement le scanner lorsque l'on suspecte une lésion traumatique ou destructrice des structures osseuses de la bulle tympanique, du labyrinthe osseux ou de l'os temporal.

L'IRM est l'outil de choix si l'on suspecte une inflammation, un processus néoplasique au niveau du labyrinthe membraneux de l'oreille interne ou encore une atteinte du cerveau.

L'IRM permet également de discriminer syndrome vestibulaire périphérique et syndrome vestibulaire central. En effet avec l'IRM les lésions à l'origine d'un syndrome vestibulaire central sont détectables dans 85% des cas chez les chats et 100% des cas chez les chiens tandis que celles responsables d'un syndrome vestibulaire périphérique sont détectables dans 57% des cas chez les chats et 74% des cas chez les chiens. [23]

Les images qui suivent illustrent des images IRM de chien et de chat présentant des signes vestibulaires [23]

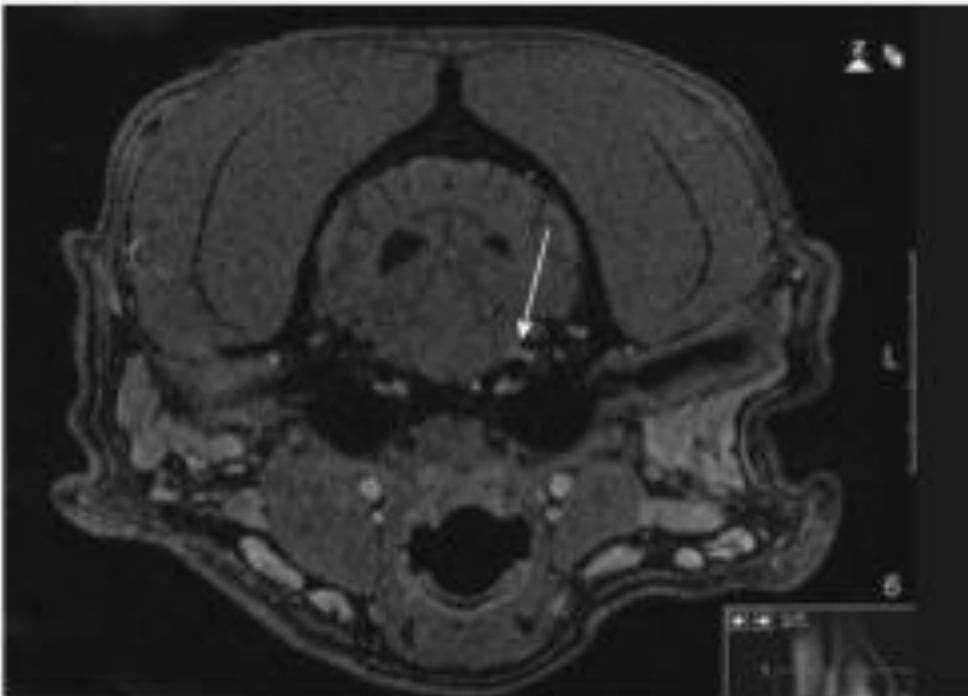


Figure 89 : Atteinte du nerf faciale et du nerf vestibulo-cochléaire chez un berger blanc suisse de 7 ans. Séquences en écho de spin pondération T1, post contraste, coupe transversale ©2012 The University of Tennessee [23]

L'animal présentait une inclinaison à gauche de la tête depuis un an et une paralysie faciale plus récente.

On observe à l'image IRM une prise de contraste des nerfs facial et vestibulo-cochléaire gauche (flèche).

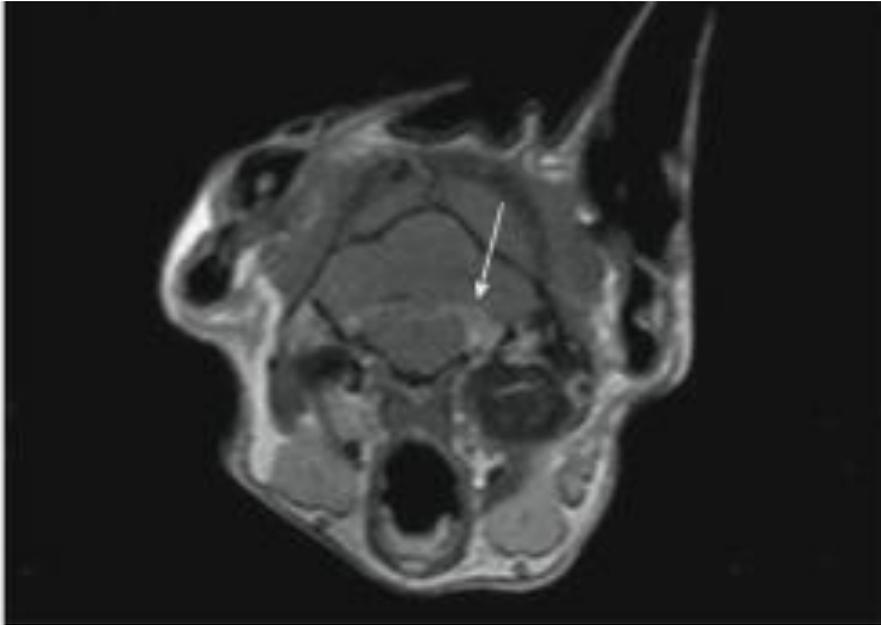


Figure 90: Otite moyenne septique avec extension intracrânienne chez un chat Siamois femelle stérilisée d'un an. Séquences en écho de spin pondération T1, post contraste, coupe transversale ©2012 The University of Tennessee [23]

L'animal présentait un syndrome vestibulaire gauche.

L'image IRM révèle un épaississement de la bulle tympanique gauche avec une destruction de la partie pétreuse de l'os temporal s'étendant à la cochlée.

Il y a une prise de contraste au niveau de la bulle tympanique, des méninges, du tronc cérébral et du cerebellum.

## (ii) Cas clinique et illustration de l'apport du scanner dans l'exploration d'un syndrome vestibulaire chez un chien

Les images scanner qui suivent ont été obtenues à la clinique Azurvet le 10-12-2014. Les commentaires qui sont adjoints à ces images sont largement inspirés des observations du **Docteur Laurent COUTURIER**, *DipECVDI* et du **Docteur Dr Audrey BELMUDES**, *Résidente ECVDI*.

### Signalement :

Femelle bouledogue français de 1 ans.

Décubitus sternal/latéral depuis deux jours avec perte de conscience, roulades côté droit - signes de syndrome vestibulaire droit.

### Technique :

Acquisition hélicoïdale en pré et post contraste sur l'encéphale.

Coupes natives de 0,5mm 1 mm, reconstructions MPR et 3D, avec le logiciel Osirix.

Filtres os et mou.

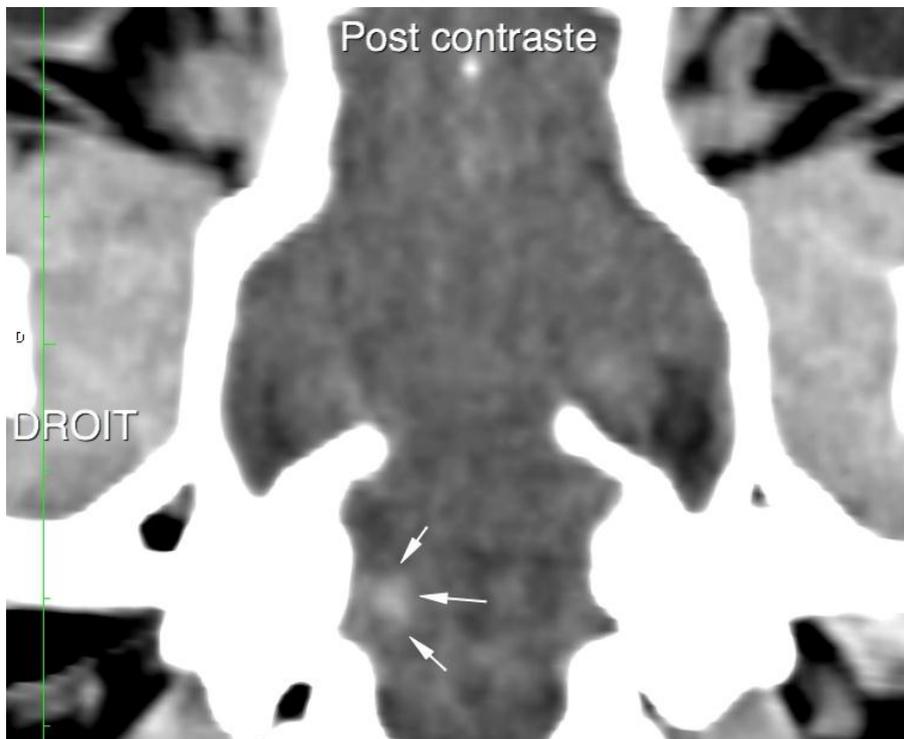


Figure 91 : Reconstruction 3D MPR, coupe frontale, filtre tissus mous Azurvet©

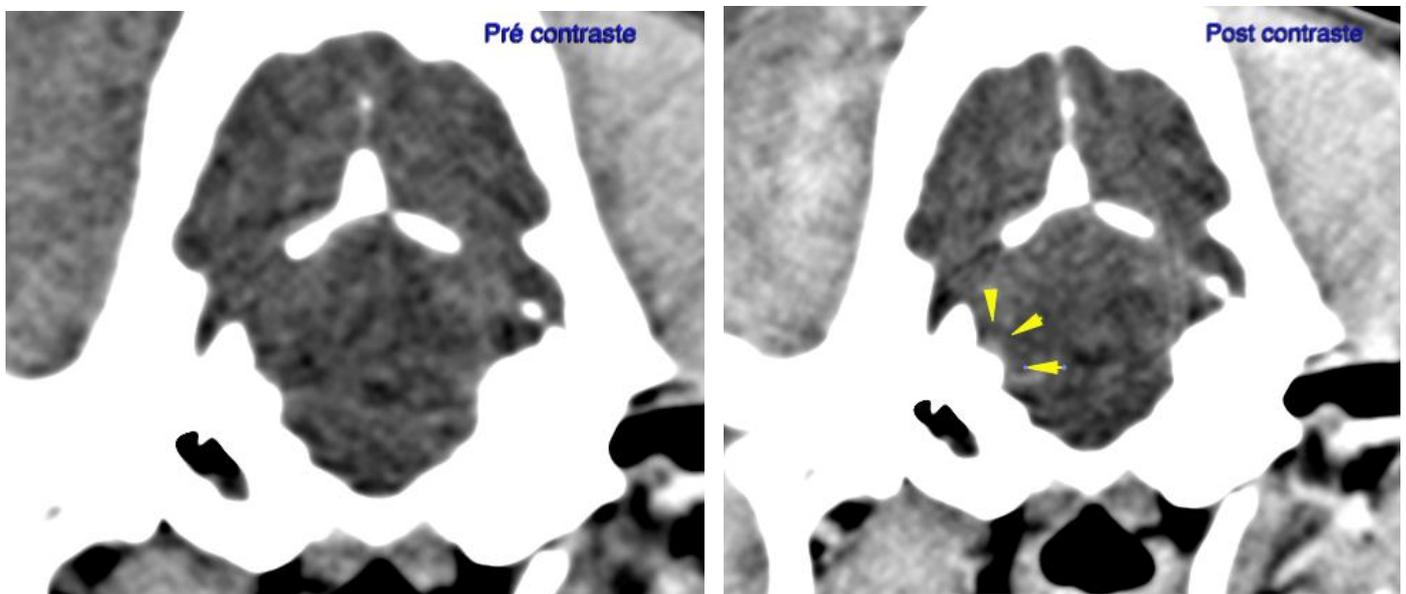


Figure 92 : Coupes transversales, pré et post contraste, filtre tissus mous Azurvet©



Figure 93 : Coupe transversale, filtre osseux Azurvet©

Description :

Sur les **figures 91 et 92** il apparaît une prise de contraste dans le tronc cérébral médialement et légèrement caudalement à la bulle tympanique droite. Cependant aucune lyse des structures de l'oreille interne n'est notée en regard.

Les autres structures crâniennes, notamment os du calvarium, partie pétreuse des temporaux, articulations temporo-mandibulaires et foramens crâniens sont lisses et régulières, sans anomalie notable.

La présence de liquide en quantité modérée est objectivée par le signe du ménisque dans la bulle tympanique droite, sur la **figure 93**.

Bien que dépassant l'objet de cette thèse le commentaire suivant a été retranscrit tel qu'il a été rédigé par le Docteur COUTURIER, puisqu'il trouve son importance dans l'établissement du diagnostic différentiel de la lésion.

« Le parenchyme encéphalique est relativement homogène, le système ventriculaire est fin, régulier mais modérément asymétrique (non spécifique). On ne note pas d'effet de masse sur la faux (falx cerebri), tente cérébelleuse ou les structures crâniennes. L'hypophyse est de taille normale, les plexus veineux sont réguliers et d'apparence habituelle. Les masses musculaires sont asymétriques avec un gonflement et une hétérogénéité du muscle temporal D et du muscle masséter G (en regard du processus angulaire de l'hémi-mandibule G). Absence d'adénopathie mandibulaire ou rétro-pharyngienne. »

Conclusion :

Il s'agit ici d'une otite moyenne modérée à droite sans lyse des structures osseuses de l'oreille interne mais avec prise de contraste dans le tronc cérébral. Cela évoque une otite interne avec méningite focale ou une hypothèse granulomateuse (MEG (méningo-encéphalite granulomateuse) etc).

### (iii) Cas clinique et illustration de l'apport du scanner dans l'exploration d'un syndrome vestibulaire chez un chat

Les images scanner qui suivent ont été obtenues à la clinique Azurvet le 01-04-2010. Les commentaires qui sont adjoints à ces images sont largement inspirés des observations du **Docteur Eddy CAUVIN**, *CertVetRadiol amECVDI DipECVS PhD HDR* et du **Docteur Guillaume GORY**, *DipECVDI*.

#### Signalement :

Chat mâle européen castré de 4 ans.

Masse pharyngée, syndrome vestibulaire avec tête penchée à droite depuis dix jours, syndrome coryza depuis 5 mois.

#### Technique :

Acquisition hélicoïdale en pré et post contraste sur l'encéphale.

Coupes natives de 0,5 mm, reconstructions MPR et 3D, avec le logiciel Osirix.

Filtres os et mou.



Figure 94 : Coupes transversales, filtre osseux Azurvet©

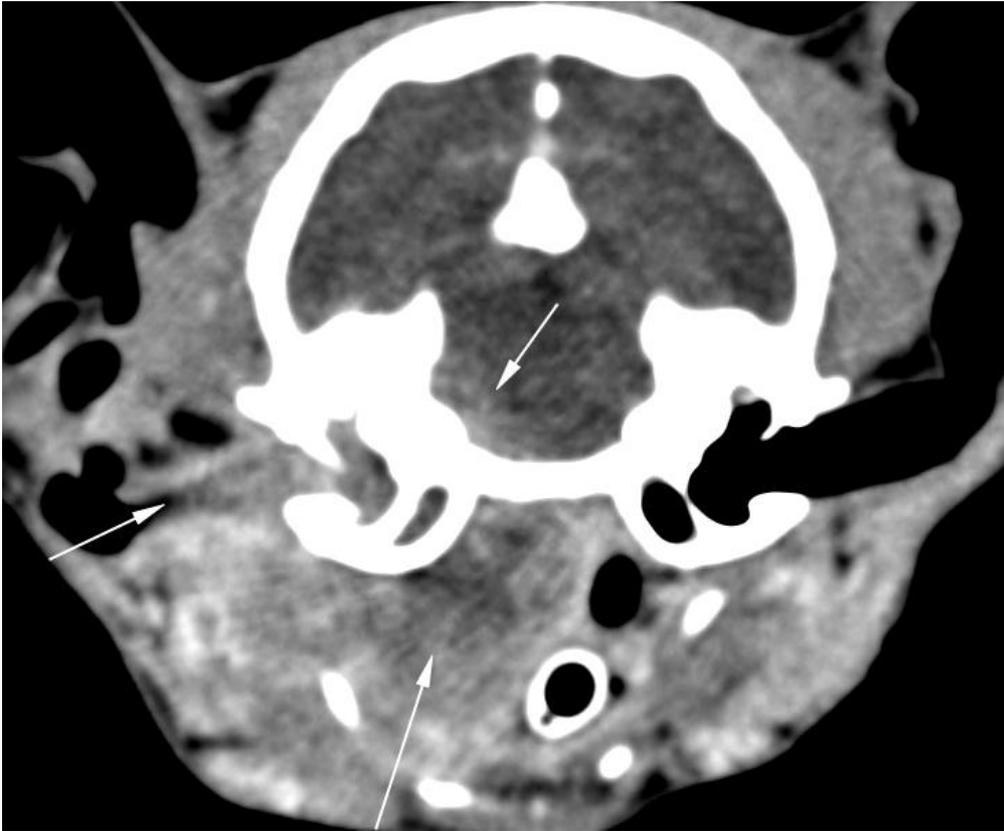


Figure 95 : Coupes transversales, post contraste, filtre tissu mous Azurvet©

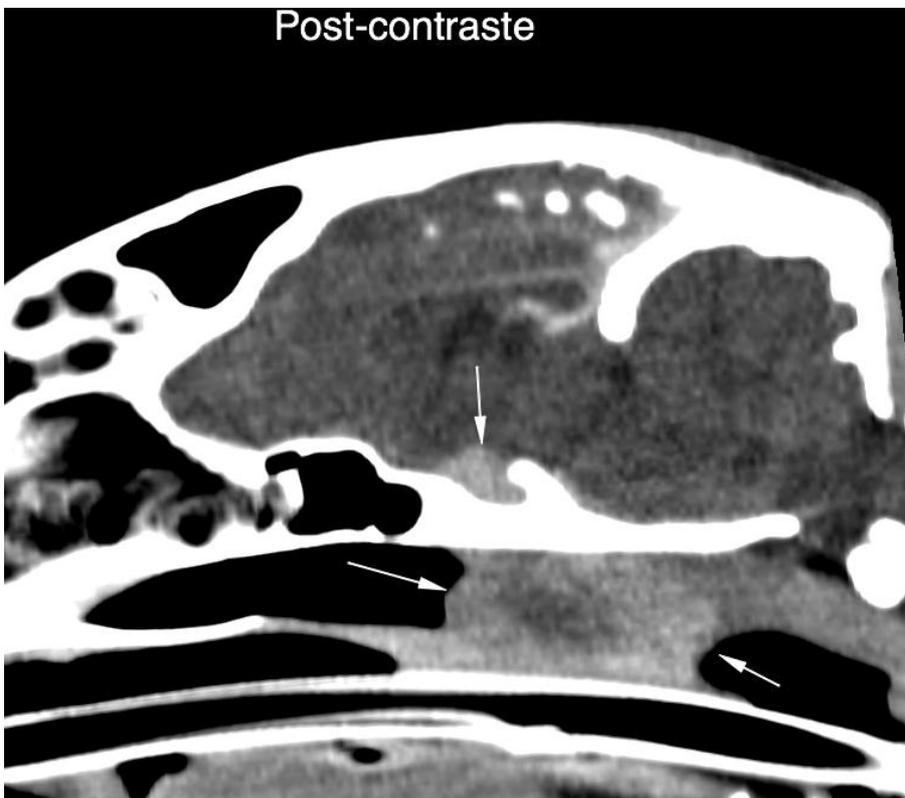


Figure 96 : Reconstruction 3D MPR, coupe frontale, filtre tissu mous Azurvet©

### Description :

La bulle tympanique droite apparaît entièrement comblée par du matériel de densité mixte sur la **figure 94**. Sa paroi osseuse est épaissie, irrégulière avec de petites productions osseuses spiculées.

A gauche, la bulle tympanique contient une faible quantité de matériel liquidien, principalement dans son compartiment médial. Les structures des oreilles internes sont d'aspect habituel.

La **figure 95** met en relief une prise de contraste marquée au niveau d'une large masse hétérogène, plutôt hypo-dense et bordée par un halo hyperdense en précontraste. Cette masse s'étend ventralement, rostralement et médialement à la bulle tympanique droite.

Elle envahit également la branche horizontale du conduit auditif externe.

D'autre part il s'exerce un effet de masse marqué sur le naso-pharynx qui voit sa lumière presque entièrement collabée, sur la base de la langue qui est déviée vers la gauche, et sur les os de l'appareil hyoïde (épihyoïde et stylohyoïde droits) qui sont repoussés latéralement vers la droite.

Enfin le nœud lymphatique rétro-pharyngien médial droit est très épaissi (10 mm).

On note, en **figure 96**, une prise de contraste en nappe qui suit le contour axial de la boîte crânienne en regard du foramen ovale et caudalement en suivant le trajet du nerf trijumeau le long de l'os pétreux. A cela s'ajoute une prise de contraste rostro-médialement au foramen ovale, en direction de l'hypophyse.

### Conclusion :

Il y a présence d'otite moyenne et externe droites associées à une large masse ventrale, médiale et rostrale à la bulle tympanique.

Les hypothèses diagnostiques sont les suivantes : lésion polypoïde ou éventuellement tumorale plus agressive (carcinome), associée à du matériel inflammatoire/infectieux (phlegmon, œdème, nécrose) qui s'insinue notamment dans la boîte crânienne.

Il est probable qu'un empyème et une méningite secondaire (probablement infectieuse) soient présents associés à une névrite du nerf trijumeau droit.

L'adénopathie retro-pharyngienne médiale droite peut être d'origine réactionnelle ou métastatique.

Une otite moyenne gauche est également présente.

Une cytoponction a été effectuée au cours de l'examen du nœud lymphatique rétropharyngien médial droit, le diagnostic cytologique a permis de trancher. Il s'agit d'un processus néoplasique malin : Lymphome.

### 3.3.3 ATTEINTE DE LA COCHLEE

On rappelle que le conduit cochléaire est une chambre remplie de fluide qui abrite un épithélium sensoriel spécialisé. C'est à ce niveau que les ondes sonores propagées à travers le liquide sont converties en influx nerveux. Cet influx est transmis, via la portion cochléaire du nerf vestibulo-cochléaire, au tronc cérébral puis cortex cérébral.

#### 3.3.3.a L'audition

On rappelle qu'elle repose sur une série d'évènements physiques conduisant l'énergie des ondes sonores à l'organe spiral. Ce dernier convertit l'énergie mécanique des ondes sonores en énergie électrique, l'influx nerveux.

Une chaîne physiquement continue, formée du conduit auditif externe, de la membrane du tympan, des osselets auditifs et de la mince membrane de l'étrier (qui obstrue la fenêtre du vestibule), permet un transfert ininterrompu des vibrations extérieures à l'oreille interne.

Ces vibrations conduisent à un déplacement de la périlymphe contenue dans la rampe vestibulaire du canal spiral de la cochlée. Ce mouvement liquidien est ensuite transmis dans toute la rampe vestibulaire jusqu'à la rampe tympanique.

Il se produit en parallèle un mouvement de vibration de la membrane basale de la rampe tympanique à l'origine de la mise en mouvement de l'endolymphe présente dans conduit cochléaire.

Ces ondes liquidiennes induisent la mise en mouvement de la membrana tectoria.

Cette dernière entre en contact avec les stéréocils qui se dépolarisent : il y a formation de l'influx nerveux.

Les ondes sonores peuvent également être transmises via une conduction osseuse directe, c'est la conduction ostéo-tympanique. Chez les animaux présentant une structure anormale de l'oreille interne ou moyenne mais dont le système nerveux est fonctionnel, cette conduction permet de conserver partiellement l'audition.

Nous préciserons que le méat acoustique externe s'ouvre chez les chiots et les chatons entre six et quatorze jours, avec un élargissement progressif des conduits auditifs dans les cinq semaines qui suivent la naissance.

La perception des sons est cependant évidente chez les chatons dès cinq jours et chez les chiots dès dix jours, même en l'absence d'une ouverture complète du méat acoustique externe ; probablement grâce à la conduction ostéo-tympanique. **[23]**

### 3.3.3.b Surdité : les apports du scanner et de l'IRM dans le bilan lésionnel

Elle peut être neurosensorielle ou obstructive, héréditaire ou acquise, congénitale ou d'apparition tardive.

La surdité obstructive est due à une obstruction de la transmission des ondes sonores de l'extérieur vers le conduit cochléaire. La surdité neurosensorielle est en général le résultat d'une anomalie de l'organe spiral ou du nerf cochléaire.

#### **(i) Surdité obstructive, apport de la littérature**

A tout âge elle peut se produire s'il y a obstruction du conduit auditif externe ou de l'oreille moyenne avec des débris ou du tissu anormal, visible sur l'image scanner ou IRM. Une rupture de la membrane tympanique, une immobilité de cette même membrane ou des osselets, une accumulation de fluides dans la bulle tympanique et une modification de la composition de la périlymphe peuvent également expliquer cette surdité. Les changements sur les images scanner et IRM de ces anomalies seront plus subtils, l'IRM offrant cependant de meilleures possibilités de détection de ces lésions.

Chez les jeunes il est rare, mais pas impossible, d'observer une surdité obstructive congénitale avec une absence du méat acoustique externe.

Plus communément on rencontre chez l'adulte une sténose ou une atrésie du conduit auditif externe suite à un traumatisme à un très jeune âge. [23]

#### **(ii) Cas clinique et illustration de l'apport du scanner dans le diagnostic étiologique d'une surdité obstructive**

Les images scanner qui suivent ont été obtenues à la clinique Azurvet le 05-01-2015. Les commentaires qui sont adjoints à ces images sont largement inspirés des observations du **Docteur Delphine RAULT**, *DipECVD* et du **Docteur Audrey BELMUDES**, *Résident ECVDI*.

##### Signalement :

Bouledogue français m le entier de 9 ans.

Surdité partielle évoluant depuis quelques mois

##### Technique :

Acquisition hélicoïdale en pré et post contraste du crâne.

Coupes natives de 1mm mm, reconstructions MPR et 3D, avec le logiciel Osirix.

Filtres os et mou.

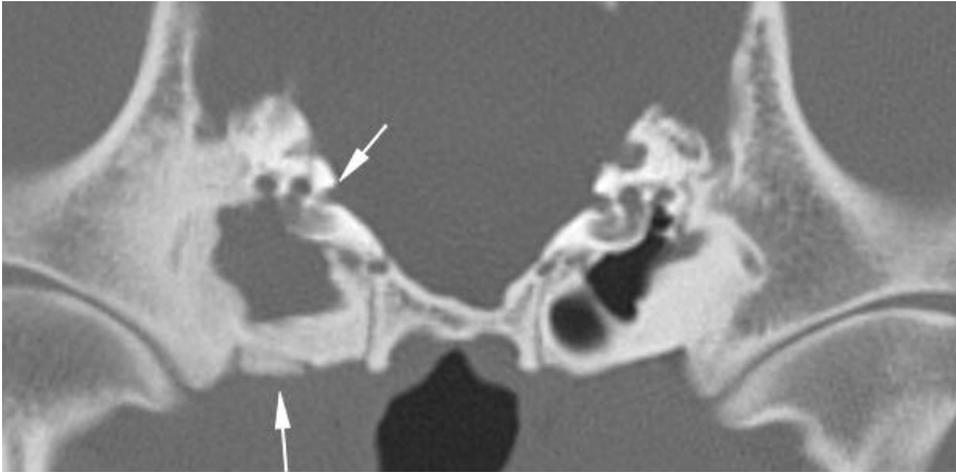


Figure 97 : coupe transversale, filtre osseux Azurvet©

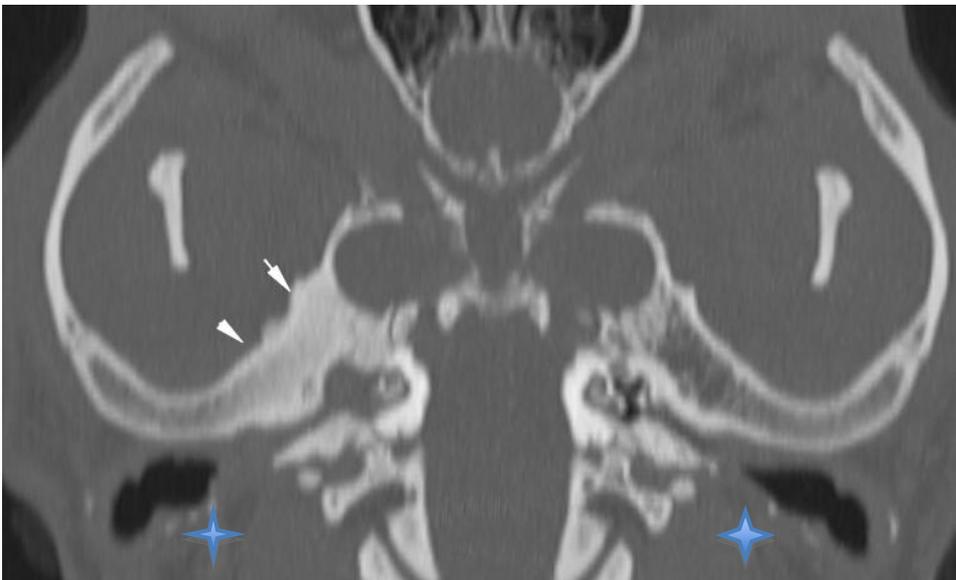


Figure 98 : Reconstruction 3D MPR, coupe frontale, filtre osseux Azurvet©

Description :

Sur la **figure 97**, on note un comblement total de la cavité tympanique droite par un matériel de densité tissulaire ou liquidienne. La paroi de la bulle tympanique est bilatéralement très épaissie et irrégulière.

Des productions osseuses irrégulières sont également visibles ventralement à la bulle tympanique droite (**flèches**).

Les structures de l'oreille interne droite sont lysées, en particulier le promontoire.

Une reconstruction 3D MPR, **figure 98**, permet de mettre en évidence une sclérose de la partie squameuse de l'os temporal, juste latéralement à la bulle tympanique droite et en regard de l'articulation temporo-mandibulaire.

On y voit également une minéralisation partielle des parois des conduits auditifs externes. (**étoiles**)

D'autre part la lumière des conduits est sténosée sur la partie horizontale, de manière totale à droite.

### Conclusion :

Une otite moyenne et interne droite sévères sont présentes, associées à une lyse partielle des structures de l'oreille interne, à une ostéite de la bulle tympanique et à une sclérose de l'os temporal en regard

Enfin une otite externe chronique bilatérale sténosante est mise en évidence.

### **(iii) Surdité neurosensorielle**

Elle est caus e principalement par un dommage de la membrana tectoria, des stéréocils ou du nerf cochléaire. La surdité neurosensorielle peut être d'origine héréditaire, due à une oto-toxicité, une dégénération du nerf cochléaire, ou à des changements liés à l'âge. [23]

Dans le cas où l'on suspecte une surdité neurosensorielle chez un patient l'imagerie intervient si l'on cherche à objectiver la présence d'une otite moyenne ou interne, d'une masse, d'un processus inflammatoire, ou de modifications osseuses. [23]

Les examens tomodensitométriques et IRM permettent d'établir un diagnostic, d'effectuer un bilan lésionnel et de donner des repères anatomiques en vue de chirurgies.

Bien que l'IRM soit l'examen de choix dans le diagnostic des affections des tissus mous, et donc de l'oreille interne et des nerfs, l'utilisation du scanner et des produits de contraste peuvent aussi aider à détecter ce type d'affection.

Le scanner et l'IRM sont des examens généralement complémentaires et il est intéressant, dans certains cas, de les associer. Cependant cela représente un coût souvent trop élevé pour les propriétaires.

Ainsi le clinicien sera amené à faire un choix. Cela sera généralement basé sur les signes cliniques, le type de traitement escompté et les préférences du clinicien.

Par exemple en cas de troubles neurologiques, on privilégiera l'IRM afin d'explorer l'oreille interne ainsi que l'encéphale.

Cependant si l'orientation thérapeutique est la chirurgie alors il pourra être judicieux de privilégier l'examen tomodensitométrique car il permet de visualiser clairement et précisément les structures osseuses de l'oreille et de donner de meilleurs repères anatomiques au chirurgien.

Actuellement en médecine vétérinaire c'est l'examen scanner qui est plus communément prescrit car il est moins couteux que l'IRM, l'anesthésie générale est de plus courte durée et l'interprétation des images obtenues ne nécessite pas une formation aussi spécifique que l'IRM.

Il est communément accepté que l'IRM est un examen qui tend à se banaliser, et il y a fort à parier que d'ici quelques années ce sera le gold standard de l'exploration de toute affection de l'oreille chez les carnivores domestiques.

## CONCLUSION

L'oreille est l'organe vestibulo-cochléaire, responsable à la fois de l'ouïe et de l'équilibre. Divisée en trois parties, l'oreille externe, l'oreille moyenne, l'oreille interne, sa structure permet de recevoir, transmettre et convertir les sons de l'extérieur en influx nerveux, qui est ensuite intégré au niveau du cerveau.

Ces parties de l'oreille participent donc toutes à la fonction de l'audition.

En ce qui concerne l'équilibre des carnivores domestiques c'est l'oreille interne qui permet à l'animal de connaître à tout moment la position de sa tête par rapport au reste de son corps ainsi que sa place dans l'espace, grâce à des cellules et microstructures spécialisées.

L'exploration des affections de l'oreille se fait communément avec la radiologie conventionnelle et l'examen otoscopique. Cependant ces techniques sont souvent très insuffisantes en cas d'atteinte de l'oreille moyenne et interne, qui sont incluses dans la partie pétreuse de l'os temporal.

L'examen tomodensitométrique et l'IRM permettent tout deux une exploration en coupe de cet organe et la suppression des super impositions. L'acquisition des images et leur traitement informatique offrent une observation détaillée de l'oreille rendant possible une détection précoce et précise d'une éventuelle pathologie de l'oreille du chien et du chat.

Ces deux techniques ne sont pas équivalentes mais complémentaires : le scanner fournit une visualisation précise des structures osseuses tandis que l'IRM donne une très bonne caractérisation des structures membraneuses de l'oreille interne, organe vestibulo-cochléaire à proprement parlé.

A l'heure actuelle en médecine vétérinaire ces deux techniques sont encore sous-exploitées, cependant des études récentes et les progrès médicaux sont à l'origine de leur développement.

Le scanner est plus souvent utilisé en France, essentiellement pour des raisons économiques et techniques. En effet cet examen est moins couteux et son interprétation exige des compétences moins pointues.

En plus de ces deux critères il faut prendre en compte la clinique de l'animal, la préférence du clinicien ainsi que les solutions thérapeutiques envisagées lors du choix de l'examen. C'est l'ensemble de ces données qui détermineront le type d'examen à privilégier.

	Tomodensitométrie		IRM	
	Fenêtre osseuse	Fenêtre tissus mous	Séquence en pondération T1	Séquence en pondération T2
<b>Intérêt pour l'étude des atteintes de l'oreille</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Etude détaillée des structures osseuses de l'oreille moyenne et interne</li> <li>2. Visualisation des forams des nerfs crâniens</li> </ol>	En post contraste: caractérisation de lésions inflammatoires et néoplasiques	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Visualisation des nerfs crâniens</li> <li>2. En post contraste: caractérisation de lésions inflammatoires et néoplasiques</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hyper signal de l'endolymphe, LCR et méninges</li> <li>2. Bonne caractérisation du labyrinthe membraneux de l'oreille interne</li> </ol>
<b>Indications générales actuelles</b>	Examen de seconde intention pour toute pathologie non expliquée, trauma		Études des tissus mous, plus particulièrement le système nerveux central	
<b>Indications en cas de pathologie de l'oreille</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Malformations congénitales</li> <li>2. Traumatismes ou ostéopathies</li> <li>3. Intervention chirurgicale</li> </ol>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Syndrome vestibulaire</li> <li>2. Atteinte neurologique</li> <li>3. Troubles de l'équilibre et de l'ouïe</li> </ol>	
<b>Avantages</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prix par rapport à l'examen IRM</li> <li>2. Accessibilité en France</li> <li>3. Rapidité de l'examen</li> </ol>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Technique multi contraste (multi séquence): excellente caractérisation des tissus mous</li> <li>2. Infinité des plans de coupes (pas de reconstruction nécessaire)</li> </ol>	
<b>Limites</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Radiation ionisante</li> <li>2. Peu de détails sur les structures tissulaires</li> <li>3. Prix</li> </ol>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Accessibilité en France</li> <li>2. Qualification imageur</li> <li>3. Prix</li> <li>4. Complexité de l'examen et longueur de l'examen</li> </ol>	

Figure 99 : Tableau de conclusion



**AGREMENT SCIENTIFIQUE**

**En vue de l'obtention du permis d'imprimer de la thèse de doctorat vétérinaire**

Je soussigné, **MOGICATO Giovanni**, Enseignant-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse, certifie avoir examiné la thèse de **COLAMONICO Christine** intitulée « **Apport de l'IRM et de la tomодensitométrie dans le diagnostic des affections de l'oreille chez les carnivores domestiques.** » et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

Fait à Toulouse, le 24 février 2015  
Docteur **MOGICATO Giovanni**  
Enseignant chercheur  
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Vu :  
Le Directeur de l'Ecole Nationale  
Vétérinaire de Toulouse  
Professeur **Alain**

Vu :  
Le Président du jury :  
Professeur **Isabelle BERRY**

Vu et autorisation de l'impression :  
Le Président de l'Université  
**Paul Sabatier**  
Professeur **Bertrand MONTHUBERT**  
Par délégation, la Vice-Présidente du CEVU  
**Madame Béatrice ANDRÉ OBRECHT**

Conformément à l'Arrêté du 20 avril 2007, article 6, la soutenance de la thèse ne peut être autorisée qu'après validation de l'année d'approfondissement.



## ANNEXE

### I. LES AFFECTIONS DU CONDUIT AUDITIF EXTERNE

#### 1.1 LES OTITES EXTERNES

Elles résultent en une augmentation de la production de cérumen avec une concentration lipidique inférieure à la normale associée à une augmentation de l'activité des glandes cérumineuses.

Les changements pathologiques se font de manière progressive et les changements structuraux sont à l'origine de changements au niveau du micro environnement local. **[67]**

#### 1.2 LES ALLERGIES

On retrouve la dermatite atopique, l'allergie alimentaire, l'hypersensibilité de contact et la dermatite de contact.

#### 1.3. LES MALADIES ENDOCRINIENNES

On retrouve l'hypothyroïdisme, l'hyperadrénocorticisme.

#### 1.4 LES ECTOPARASITES

Chez les chiens et chat on peut trouver Otodectes Cynotis, agent de gale qui se loge dans le conduit auditif de ces animaux. Ce parasite vit en surface et se nourrit de débris cutanés et de sécrétions.

Il semble que les jeunes chiens soient les plus affectés. Otodesctes cynotis est à l'origine d'un sérum brun-chocolat. On pratique un examen microscopique de la cire, permettant une mise en évidence du parasite. **[23]**

On retrouve également les démodex, agents de la démodécie. Demodex canis est rarement à l'origine d'une otite externe, contrairement à Demodex cati.

Aux Etats-Unis on peut également trouver une tique, Otobius megnini, dont la larve et l'adulte infestent le conduit auditif externe du chien et du chat. Il peut en résulter une otite externe aigue.

Dans de très rares cas Dermacentor reticulatus peut être présent, mais celui-ci se localise plus fréquemment au niveau de l'auricule ou ailleurs sur la tête des carnivores domestiques. **[67]**

## 1.5 LES DESORDRES KERATO-SEBORRHEIQUES

Au niveau du conduit auditif on retrouve l'adénite sébacée granulomateuse ainsi que la séborrhée primaire idiopathique.

## 1.6. LES MALADIES AUTO-IMMUNES

Le pemphigus foliacé est associé à la présence d'auto-anticorps dont les cibles sont les desmosomes donnant lieu à une atteinte des jonctions des cellules de l'épiderme.

Il peut être à l'origine d'otite externe chez de nombreuses espèces mais l'Akita est prédisposé et a tendance à développer une otite externe sévère. Le conduit auditif est généralement douloureux.

## 1.7 IDIOPATHIQUE

On retrouve, au niveau du canal auriculaire, la cellulite juvénile canine.

On rapporte également chez un petit nombre de chats une otite proliférative nécrosante dont on ignore l'étiologie. On la trouve chez les jeunes chats et cette affection répond aux médicaments immuno-modulateurs. Le diagnostic passe par une biopsie. **[23]**

## 1.8 LES CORPS ETRANGERS

On peut retrouver des corps étrangers type terre, herbe, sable, cheveux, ce que l'on peut qualifier de « naturel ». Ils sont généralement responsable d'otites externes aiguës, douloureuses et uni latérales.

On peut généralement localiser le corps étranger à l'aide d'un examen otoscopique. Cependant ces corps étrangers peuvent migrer et percer la membrane du tympan, conduisant à une otite moyenne. Dans ce cas les outils d'imagerie peuvent servir à le localiser.

En plus de ces « corps étrangers naturels » on peut aussi trouver des corps étrangers iatrogènes, médicaments liquides ou sous forme de poudre à l'origine là encore, d'une otite externe aiguë associée généralement à une visite chez le vétérinaire ou chez le toiletteur. **[23]**

Enfin il peut se former des bouchons de cérumen et des kératinocytes lorsque ceux de la surface de la membrane du tympan subissent un traumatisme.

La cicatrisation de la membrane peut être accompagnée de fibrose et cela empêche la migration centrifuge de ces cellules. Cette accumulation de sérum et de cellules peut former un ensemble plus ou moins dur et s'attacher aux poils de l'anneau tympanique.

Les conséquences de cette accumulation sont variables ; elles vont de l'impaction du conduit auditif dans la portion verticale ou horizontale à la rupture du tympan et donc une otite moyenne.

Si la pression exercée par ces dépôts devient trop importante, elle conduit à une augmentation de la pression dans l'oreille moyenne et parfois le syndrome vestibulaire périphérique se manifeste.

## 1.9 LES PROCESSUS NEOPLASIQUES ET HYPERPLASIE DU CONDUIT AUDITIF EXTERNE

Les tumeurs du conduit auditif chez les chiens sont peu communes, mais lorsqu'elles sont présentes, on est sûr qu'il s'agit d'une tumeur maligne.

Chez les chiens, les tumeurs les plus communes sont celles des glandes cérumineuses.

Chez les chats la plupart des tumeurs du conduit auditif sont malignes et ce sont souvent des carcinomes. Les tumeurs des glandes cérumineuses sont ici aussi les plus communes.

L'adénome des glandes cérumineuses est, comme dit plus haut, la tumeur bénigne la plus commune du conduit auditif externe.

On la trouve surtout chez les adultes et les vieux animaux.

Cette tumeur peut conduire à une obstruction du canal et on a souvent des infections secondaires à bactéries GRAM-négatives, à l'origine d'une mauvaise odeur. **[23]**

Le diagnostic passe par une biopsie excisionnelle et une analyse histopathologique.

L'adénocarcinome des glandes cérumineuses est une tumeur maligne à tendance invasive et ulcérate. Elle se retrouve principalement chez les animaux âgés, avec une moyenne d'âge de neuf ans chez le chien et de douze ans chez le chat. L'atteinte est généralement unilatérale et on observe des infections récurrentes avec décharge purulente et parfois hémorragique.

Il est commun d'observer en plus une lymphadénopathie mandibulaire ipsilatérale. Dans 50% des cas on a une atteinte de la bulle tympanique. Le diagnostic passe par une excision totale et une analyse histopathologique.

Le carcinome à cellules squameuses est une autre tumeur maligne plus commune chez le chat que chez le chien.

La moyenne d'âge pour l'apparition de cette tumeur est de onze ans chez les chats et de dix ans chez les chiens. L'atteinte est généralement unilatérale avec présence d'une otite externe douloureuse. Ces tumeurs sont à tendance proliférative et ulcérate, avec infiltration locale. **[23]**

Biopsie complète excisionnelle et analyse histopathologique complète sont recommandées.

## II. AUTRES TYPES DE SEQUENCES IRM

Le fait que les tissu adipeux aient un signal très intense sur une grande majorité des séquences peut conduire à limiter la visibilité des tissus ou substances adjacents ayant un temps de relaxation T2 prolongé (pour les séquences pondérées T2) ou un temps de relaxation T1 diminué (pour les séquences pondérées T1).

Comme nous l'avons dit dans le **paragraphe 2 de la partie 2.1**, les séquences d'inversion-récupération avec temps d'inversion court (STIR) peuvent être utilisées pour atténuer le signal des tissus gras.

On peut également atténuer de manière sélective la graisse en exploitant les différences de fréquence de résonance de l'hydrogène des molécules de graisse par rapport à la fréquence de résonance de l'hydrogène de l'eau et des autres tissus mous. Cela permet la saturation de graisse et l'excitation sélective de l'eau.

Les images pondérées en diffusion ont une bonne sensibilité en ce qui concerne les œdèmes cytotoxiques dans les stades précoces de l'ischémie. Les contrastes tissulaires en image pondérée en diffusion reflètent les mouvements microscopiques de l'eau, qui sont diminués en cas d'ischémie. **[72]**

Ce type de séquence permet de discriminer les états stages précoces d'infarctus des lésions structurelles, telle que la néoplasie, ce qui peut être difficile à faire en utilisant simplement les séquences conventionnelles.

Les images pondérées en diffusion-perfusion sont également des techniques permettant d'établir une conclusion en faveur d'un diagnostic d'infarctus crânien. **[73]**

Cette technique utilise une pondération en T2\* particulière consécutivement à une injection bolus de produit de contraste tel que le gadolinium.

Les images sont obtenues pendant le premier passage du produit de contraste dans le lit capillaire, ce qui conduit à la perte du signal qui revient à la normale après un certain temps. Il est possible de qualifier semi-quantitativement la quantité de sang qui traverse un tissu.

Les réseaux capillaires peuvent être mis en évidence avec l'IRM grâce à différentes techniques utilisant ou non des produits de contraste.

L'angiographie par résonance magnétique est de plus en plus utilisée pour détecter les shunts et les autres anomalies portales vasculaires. **[74] [75]**

## **BIBLIOGRAPHIE**

- 1- BAXTER M., LAWLER DC.** (1972). The incidence and microbiology of otitis externa of dogs and cats in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal* **20**, p.29-32
- 2- FRASER G.** (1965). *Aetiology of otitis externa in the dog*. Journal of Small animal practice **6**, p. 445-452.
- 3- BABA E., FUKATA T., STAITO M.** (1981). Incidence of otitis externa in dogs and cats in Japan. *Veterinary Record* **108**, p. 393-395
- 4- MCKEEVER P.-J., GLOBUS H.** (1995). Canine otitis externa. In *Kirk's current Veterinary Therapy XII*. 1<sup>st</sup> edition. Philadelphia (Pennsylvania) : WB Saunders, p. 647-655.
- 5- DYCE K.M., SACK W.O., WENSING C.J.G.** (2010). The ear. In *Textbook of Veterinary anatomy*. 4<sup>th</sup> edition. St.Louis (Missouri) : Saunders Elsevier, p. 346-351, p. 399-402
- 6- KÖNIG H.E, LIEBICH H.-G .** (2002). *Anatomie der Haussäugetiere : Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis. Band II Organe, Kreislauf-und Nervensystem*. Stuttgart, Allemagne : Schattauer GmbH. ISBN 3-7945-2154-4
- 7- HUANG HP.** (1993) *Studies of the Microenvironment and Microflora of the Canine External Ear Canal*. Thèse de doctorat vétérinaire, Glasgow university.
- 8- GETTY R., FOUST HL., PRESLEY ET., MILER MF.,** (1956). Macroscopic anatomy of the ear of the dog. In *American Journal of Veterinary Research* **17**, p.364-375.
- 9- STOUT-GRAHAM M., KAINER RA. WHALEN LR., MACY DW** (1990). Morphologic measurements of the external ear canal of dogs. In *American Journal of Veterinary Research* **51**, p. 990-994
- 10- FERNANCO SDA** (1966). A histochemical study of the glands of the external auditory canal of the dog. In *Research in Veterinary Science* **7**, p.116-119.
- 11- EVANS HE., DE LAHUNTA A.**(2013). *Miller's Anatomy of the Dog*. 4<sup>th</sup> edition. St.Louis (Missouri, USA) : Elsevier Saunders, 850 pages. ISBN : 978-143770812-7
- 12- SIMEON L.** (2003). *Contribution à l'étude de l'anatomie fonctionnelle de l'oreille et de la surdité chez les carnivores domestiques*. Thèse de doctorat vétérinaire, ENVT, 263 pages.
- 13- DE LAHUNTA E.** (2009). *Guide to the Dissection of the Dog*. 7<sup>th</sup> édition. China : SW Saunders Elsevier. P. 246-247

- 14- SCOTT DW.** (1980) Feline dermatology : a monograph. In *Journal of the American Animal Hospital Association* **16**, p. 426-433.
- 15- BARONE R., SIMOENS P.** (2010). *Anatomie comparée des Mammifères domestiques. Tome 7: Neurologie II Système nerveux périphérique Glandes endocrines Esthésiologie.* 1<sup>ère</sup> édition. Paris : Vigot. 838 pages. ISBN 978-2-7114-0409-4
- 16- FRASER G.** (1961) The histopathology of the external auditory meatus of the dog. In *Journal of Comparative Pathology* **71**, p. 253-258
- 17- NEER TM.** (1982). *Otitis media.* Compendium on Continuing Education **4**, p. 410-417.
- 18- HUDSON LC. , HAMILTON WP.** (1993) *Atlas of Feline Anatomy for Veterinarians.* Philadelphia (Pennsylvania, USA) : SW Saunders, pp. 102-109.
- 19- CHLOE RA., KODAMA K.** (1989). Comparative histology of the tympanic membrane and it's Relationship to cholesteatoma. In *Annals of Rhinology and laryngology* **98**, p761-766.
- 20- NUMMELA S.** (1995) Scaling of the mammalian middle ear. In *Hearing research* **85**, p.18-30
- 21- BARONE, R.** (1986) Anatomie comparée des Mammifères domestiques. *Tome premier : Ostéologie*, 3<sup>ème</sup> édition. Paris : Editions Vigot, 761 pages. ISBN 2-7114-9160-9
- 22- PAVAUX, C.** (1987) *Ostéologie comparative des animaux domestiques.* Thèse de doctorat vétérinaire, ENVT, 284 pages.
- 23- PATERSON S., TOBIAS K.** (2013), *Atlas of Ear Diseases of the Dog and Cat.* 1<sup>st</sup> edition. Oxford, UK : Wiley-Blackwell, 184 page. ISBN : 978-1-4051-9326-9
- 24- FORSYTHE WB.** (1985). Tympanographic volume measurements of the canine ear. In *American Journal of Veterinary Research* **46**, p.1351-1353
- 25- HUANG GT., ROSOWSKI JJ., FLANDERMEYER DT., LYNCH TJ., PEAK WT.** (1997). The middle ear of a lion : comparison of structure and function to domestic cat. In *Journal of the Acoustic Society* **101**, p.1532-1549
- 26- EVANS HE.**(1993). *Miller's Anatomy of the Dog.* 3<sup>rd</sup> edition. Philadelphia (Pennsylvania, USA) : WB Saunders, pp.988-1008
- 27- ROSE WR.,** (1978) The eustachian tube : General considerations. In *Veterinary Medicine/Small animal Clinician* **73**, p.882-887

- 28- SUCHESTON ME, CANNON MS.** (1971). Eustachian tube of several mammalian species. In *Archives of Otolaryngology* **93**, p. 58-65
- 29- SCHALLER, O.**(1992) Organa sensum. In *Illustrated Veterinary Anatomical Nomenclature*. Stuttgart : Enke, p. 526-543
- 30- BANKS W.J.** (1993) Ear. In *Applied Veterinary Histology*. 3<sup>rd</sup> edition. Saint Louis : Mosby Year Book, p. 488-495
- 31- FOSS, I., FLOTTORP, G.** (1998) Ear. In *Textbook of Veterinary Histology*. 5<sup>th</sup> Edition. Baltimore : Dellmann HD, Eurell J, p.345-358.
- 32- RUEDI L.** (1959). Cholesteatoma formation in the middle ear in animal experiments. In *Acta Otolaryngologica* **50**, p.233-242
- 33- PAVAUX, C.** (1987) *Ostéologie comparative des animaux domestiques*. Thèse de doctorat vétérinaire, ENVT, 284 pages.
- 34- THRALL D.E.,**(2013). Principles of Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging. In *Textbook of veterinary diagnostic radiology*. 6<sup>th</sup> Edition. J. St Louis, Missouri, USA: Elsevier Saunders, p. 50-73.
- 35- DENNIS R.** (1995) Advanced Imaging techniques. In *Manual of Small animal diagnostic Imaging*. 2<sup>d</sup> edition. Ed. LEE R. London: BSAVA (British Small Animal Veterinary Association). 200 pages. ISBN : 0-9052-1426-9
- 36- SOLACROUP, BOYER, LE MAREC, SCHOUMAN CLAEYS** (2001). Les interactions médicamenteuses. Dans *Bases physiques des rayons X- CERF*, p. 18.
- 37- BUSHBERG J., SEIBERT J., LEIDHOLDT E.Jr., et al** (2002). Computed tomography. In Bushberg J, Seibert J, Leidholdt E Jr, Boone J, editors: *The essential physics of medical imaging*. 2<sup>cd</sup>dedition. Philadelphia, Pennsylvania, USA : Lippincott Williams & Wilkins, p. 327-372
- 38- KERAVEL O., CANIVET S.** (2011). *Guide pratique du scanner en médecine et chirurgie vétérinaire canine et féline*. Paris, France : Med'com éditions. 160 pages. ISBN 9-7823-5403-0872.
- 39- LABRUYERE J., SCHWARZ T.** (2013). CT and MRI in veterinary patients : an update on recent advances. In *Practice Novembre/Decembre 2013*, 16 Novembre 2013, **35**, p. 546-536.
- 40- FAGES C.** (2007) *Examen tomodensitométrie du coude chez le chien: étude de 164 cas*. Thèse de doctorat vétérinaire, ENVT, 186 pages.
- 41- POLLARD R., PUCHALSKI S.** (2011). CT contrast media and applications.

In Schwarz T, Saunders J, editors: *Veterinary computed Tomography*. 1<sup>st</sup> edition. Oxford, UK: Wiley-Blackwell. Chapitre 5.

**42- AUDIGIE F., DIDIERLAURENT D., COUDRY V., JACQUET S., DENOIX J.-M.** (2009). IRM de l'appareil locomoteur du cheval : Etat des lieux et perspectives. In : *35ème journée de la recherche équine*, 26 Février 2009, Paris. Paris : Haras Nationaux, p. 195-205.

**43- IMAIOS.** Formation médicale en ligne pour les professionnels de santé. *L'IRM pas à pas : Cours interactif sur l'imagerie par résonance magnétique*. Disponible sur : <http://www.imaios.com/fr/e-Cours/e-MRI> (consulté le 3 Mai 2014).

**44- MCROBBIE D.W., MOORE E.A., GRAVES M.J., et al.** (2003). *MRI from pictures to protons*. 1<sup>st</sup> edition. Cambridge: Cambridge University Press, 393 pages ISBN 978-0-521-86527-2

**45- MITCHELL D.G., COHEN M.S.** (2004). *MRI Principles*. 2<sup>cd</sup> edition. Philadelphia: Saunders. 416 pages. ISBN 978-0-721-60024-6

**46- POOLEY R.A.**(2006). AAPM/RSNA physics tutorial for residents: fundamental physics of MR imaging. *Radiographics* [en ligne] **25**, p. 1087–1099. <http://pubs.rsna.org/doi/full/10.1148/rg.254055027> (consulté le 09 Novembre 2014)

**47- BITAR R., LEUNG G., et al :** (2006) MR pulse sequences: what every radiologist wants to know but is afraid to ask, *Radiographics* [en ligne] **26**, p. 513–537. <http://pubs.rsna.org/doi/pdf/10.1148/rg.262055063> (consulté le 15 Novembre 2014)

**48- PLEWES DB.** (1994). The AAPM/RSNA physics tutorial for residents. Contrast mechanisms in spin-echo MR imaging, *Radiographics* [en ligne] **14**, p.389–1404. [http://mri-q.com/uploads/3/2/7/4/3274160/radiographics2e142e62e7855348\\_-\\_se\\_contrast.pdf](http://mri-q.com/uploads/3/2/7/4/3274160/radiographics2e142e62e7855348_-_se_contrast.pdf) (consulté le 17 Novembre 2014)

**49- BALTER S.** (1987). An introduction to the physics of magnetic resonance imaging, *Radiographics* [en ligne] **7**, p. 371–383. <http://pubs.rsna.org/doi/pdf/10.1148/radiographics.7.2.3448640> (consulté le 17 Novembre 2014)

**50- BENIGNI L., LAMB, CR.** (2005). Comparison of fluid-attenuated inversion recovery and T2-weighted magnetic resonance images in dogs and cats with suspected brain disease, *Vet Radiol Ultrasound* **46**, p. 287–292.

**51- ROBERSTON ID.** Optimal magnetic resonance imaging of the brain, *Vet Radiol Ultrasound* **52**, p. 15–22.

- 52- GAVIN P. R., BAGLEY R.S.** (2009) *Practical Small Animal MRI*, 1<sup>st</sup> edition. Singapore : Wiley-Blackwell , A John Wiley & Sons, Ltd., Publication, 362 pages. ISBN: 978-0-813-80607-5
- 53- COOPER JJ., YOUNG JJ., HOFFMAN A., et al** (2010). Intracranial magnetic resonance imaging artifacts and pseudo lesions in dogs and cats, *Vet Radiol Ultrasound* **51**, p. 587–595.
- 54- HECHT S., ADAMS WH., NARAK JN, et al** (2011). Magnetic resonance imaging susceptibility artifacts due to metallic foreign bodies, *Vet Radiol Ultrasound* **52(4)**, p. 409–414.
- 55- BARTHEZ PY., KOBLIC PD., HORNOF WJ., et al.** (1996) Apparent wall thickening in fluid filled versus air filled tympanic bulla in computed tomography. *Vet Radiol Ultrasound* **37**, p.95-98.
- 56- MCCONNELL F.** (2011). MR in Ear and TMJ diseases. In : International courses. Advanced veterinary diagnostic Imaging-practical and interactive MRI workshop, April 14-16 2011. Italy, p.210-2013
- 57- RUSSO M., COVELLI EM., MEOMARTINO L., LAMB RC., BRUNETTI A.** (2002) Computed Tomographic anatomy of the canine inner and middle ear, *Veterinary Radiology & Ultrasound* **43**, p. 22-26.
- 58- GAROSI L., RUTH D., SCHWARZ T.** (2003) Review of diagnostic imaging of ear diseases in the dog and cat in *Veterinary Radiology & Ultrasound* **44**, p. 137-146.
- 59- LAMB CR., GAROSI L.** (2000) Images in medicine two little ducks went swimming one day in *Veterinary Radiology & Ultrasound*, **41**, p292.
- 60- GAROSI L, LAMB CR., TARGETT MP.** (2000) MRI findings in a dog with otitis media and suspected otitis internal in *Vet Record* **146**, p501-502.
- 61-CASSELMAN JW., BENSIMON JL.** (1997) Imaging of the inner ear in *Veterinary Radiology & Ultrasound* **37**, p954-963.
- 62- DAYRELL-HART BL.** (1997) MR imaging of the vestibular apparatus of the dog. Proceeding of the 15<sup>th</sup> ACVIM Forum, Lake Buena Vista, FL, p.606-607.
- 63- GAROSI LS., DENNIS R., PENDERIS J., et al** (2001) Results of magnetic resonance imaging in dogs with vestibular disorders: 85 cases (1996-1999) in *J Am Vet Assoc* **218**,p.385-391.
- 64- ALLOEWER I., LUCAS S., SCHMITZ SA.** (2000) Magnetic resonance imaging of the normal and diseased feline middle ear. *Vet Radiol Ultrasound* **41**, p413-418.

- 65- DVIR E., KIRBERGER RM., TERBLANCHE AG.** (2000) 54. Dvir E, Kirberger RM, Terblanche AG. Magnetic resonance imaging of otitis media in a dog in *Vet Radiol Ultrasound* **41**, p.46-49.
- 66- WISNER W., ZWINGENBERGE** (2015). Ear in *Atlas of Small Animal CT and MRI*.1<sup>st</sup> Edition. Pondicherry, India:WILEY Blackwell, p27-40
- 67-HARVEY R.G., HARARI J., DELAUCHE A. J.** (2001) *Ear diseases of the dog and cat*. 1<sup>st</sup> edition. Ed. Wiley-Blackwell. London UK: Manson Publishing Ltd, p. 81-102. ISBN: 1-84076-003-6
- 68- TRAVETTI O, GIUDICE C., GRECI V., LOMBARDO R., MORTELLARO CM. DI GIANCAMILLO M.** (2010) Computed tomography features of middle ear cholesteatoma in dogs in *Vet Radiol Ultrasound*. **51** : p 374-379
- 69- DREES R.** (2011), External, Middle and Inner Ear In Schwarz T, Saunders J, editors: *Veterinary computed Tomography*. 1<sup>st</sup> edition. Oxford, UK : Wiley-Blackwell,
- 70- SCHUNK K.L., AVERILL D.R.** (1983). Peripheral vestibular syndrome in the dog : a review of 83 cases in *Journal of the American, Veterinary Medical association*. **182**, p. 1354-1357.
- 71- SURGES BK., DICKNSON PJ. KORTZ GD., BERRY WL., VERNAU KM., WINSER ER., et al** (2006). Clinical signs, magnetic resonanace Imaging features, and outcome after surgical and médical treatment of otogenic intracranial infection in 11 cats and 4 dogs. *J Vet Intern Med* **20**, p648-656
- 72-TIDWELL AS., ROBERSTON ID.**(2011). Magnetic resonance imaging of normal and abnormal brain perfusion, *Vet Radiol Ultrasound* **52**, p. 62–71.
- 73- KONAR M., LANG J.** (2011). Pros and cons of low-field magnetic resonance imaging in veterinary medicine, *Vet Radiol Ultrasound* **52**, p. 5-14.
- 74- BRUEHSCHWEIN A., FOLTIN I., FLATZ K., et al.** (2010). Contrast-enhanced magnetic resonance angiography for diagnosis of portosystemic shunts in 10 dogs, *Vet Radiol Ultrasound* **51**, p. 116–121.
- 75- MAI W., WEISSE C.** (2010). Contrast-enhanced portal magnetic resonance angiography in dogs with suspected congenital portal vascular anomalies, *Vet Radiol Ultrasound* **52(3)**, p. 284–288.

Toulouse, 29 Mai 2015,

NOM : Colamonico

PRENOM : Christine

TITRE :

Apport de l'IRM et de la tomodensitométrie dans le diagnostic des affections de l'oreille chez les carnivores domestiques.

RESUME :

Les données actuelles rapportent que les affections de l'oreille chez les carnivores domestiques sont communes et représentent 2% à 16.5% des pathologies rencontrées. Cependant on pense que ces affections sont sous-évaluées par manque d'outils diagnostics appropriés.

L'oreille est l'organe vestibulo-cochléaire responsable à la fois de l'ouïe et de l'équilibre. Elle possède une structure extrêmement complexe, contenue en quasi totalité au sein de l'os temporal. Un examen complet et précis de cet organe nécessite l'utilisation d'outils d'imagerie de dernière génération que sont l'IRM et la tomodensitométrie.

L'étude détaillée de l'anatomie de l'oreille est nécessaire à la compréhension et à l'interprétation des images obtenues avec les appareils d'IRM et de tomodensitométrie. C'est donc l'objet de la première partie de cette thèse.

Les principes physiques ainsi que le fonctionnement de l'IRM et de la tomodensitométrie sont décrits en deuxième partie. Une étude détaillée de l'image normale de l'oreille des carnivores domestique y est incluse.

Enfin les pathologies de l'oreille des carnivores domestiques, les plus communes et nécessitant l'utilisation de l'IRM et de la tomodensitométrie pour l'établissement de leur diagnostic, sont rapportées en troisième partie de cette thèse.

MOTS-CLES :

Oreille – Carnivores domestiques – Tomodensitométrie – IRM – Imagerie – Anatomie – Pathologie de l'oreille

TITLE:

Contribution of Magnetic Resonance Imaging (MRI) and Computed Tomography scan (CT-scan) in the diagnosis of ear diseases of the cat and dog

ABSTRACT:

Recent studies show that ear diseases are common in dogs and cats and their frequency range from 2% to 16.5%. However we believe that we are under-estimating the frequency of those affections due to lack of appropriate diagnostic tools.

The ear is known to be the vestibulo-cochlear organ, responsible for balance and hearing. Its structure is extremely complex and is hidden, for most part, in the temporal bone.

To fully explore and examine this organ, it is necessary to use advanced imaging techniques that are MRI and computed tomography scanning (CT-scan).

A detailed anatomical description of the ear is given in first part of this thesis; as it is necessary to fully comprehend and correctly analyze the radiologic images obtain using MRI and CT-scan.

The physical and technical basics of MRI and Ct-scan techniques are described in a second part. A complete study of the images of the normal ear of dogs and cats is included here.

Finally the ear diseases of the dog and cat that are most common and require the use of MRI and CT-scan are discussed in the third and final part of this thesis.

**KEY WORDS:**

Ear – Cats – Dogs – Computed tomography scan – MRI – Imaging – Anatomy – Ear diseases