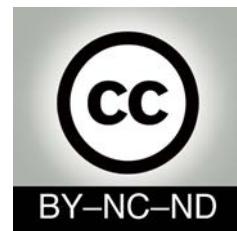




<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -  
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>

Institut des Sciences et Techniques de Réadaptation  
Département Masso-Kinésithérapie

**Mémoire N° 1546**

Mémoire d'initiation à la recherche en Masso-Kinésithérapie

Présenté pour l'obtention du

**Diplôme d'Etat en Masso-Kinésithérapie**

par

**Jacquet Noémie**

Analyse des saccades de rattrapage observées au VHIT après  
une atteinte vestibulaire unilatérale lors des mouvements  
rapides de la tête

Revue systématique de la littérature et proposition de protocole

*Analysis of catch-up saccade observed at VHIT after unilateral vestibulopathy during rapid head movements*

*Systematic literature review and protocol proposal*

Directeur de mémoire

**QUIJOUX Flavien**

**ANNEE 2019**

**Session 1**

Membres du jury

**QUIJOUX Flavien**

**CHEZE Laurence**

**FAUDON Marie - Christine**

## **CHARTE ANTI-PLAGIAT DE LA DRDJSCS AUVERGNE-RHONE-ALPES**

La Direction Régionale et Départementale de la Jeunesse, des Sports et de la Cohésion Sociale délivre sous l'autorité du préfet de région les diplômes paramédicaux et du travail social.

C'est dans le but de garantir la valeur des diplômes qu'elle délivre et la qualité des dispositifs de formation qu'elle évalue, que les directives suivantes sont formulées.

Elles concernent l'ensemble des candidats devant fournir un travail écrit dans le cadre de l'obtention d'un diplôme d'État, qu'il s'agisse de formation initiale ou de parcours VAE.

La présente charte définit les règles à respecter par tout candidat, dans l'ensemble des écrits servant de support aux épreuves de certification du diplôme préparé (mémoire, travail de fin d'études, livret2).

Il est rappelé que « le plagiat consiste à reproduire un texte, une partie d'un texte, toute production littéraire ou graphique, ou des idées originales d'un auteur, sans lui en reconnaître la paternité, par des guillemets appropriés et par une indication bibliographique convenable »<sup>1</sup>.

**La contrefaçon** (le plagiat est, en droit, une contrefaçon) **est un délit** au sens des articles L. 335-2 et L. 335-3 du code de la propriété intellectuelle.

### **Article 1 :**

Le candidat au diplôme s'engage à encadrer par des guillemets tout texte ou partie de texte emprunté ; et à faire figurer explicitement dans l'ensemble de ses travaux les références des sources de cet emprunt. Ce référencement doit permettre au lecteur et correcteur de vérifier l'exactitude des informations rapportées par consultation des sources utilisées.

### **Article 2 :**

Le plagitaire s'expose à des procédures disciplinaires. De plus, en application du Code de l'éducation<sup>2</sup> et du Code de la propriété intellectuelle<sup>3</sup>, il s'expose également à des poursuites et peines pénales.

### **Article 3 :**

Tout candidat s'engage à faire figurer et à signer sur chacun de ses travaux, deuxième de couverture, cette charte dûment signée qui vaut engagement :

**Je soussigné(e) .....**

**atteste avoir pris connaissance de la charte anti-plagiat élaborée par la DRDJSCS Auvergne-Rhone-Alpes et de m'y être conformé(e)**

**Je certifie avoir rédigé personnellement le contenu du livret/mémoire fourni en vue de l'obtention du diplôme suivant :**

**Fait à ..... Le..... Signature**



<sup>1</sup> Site Université de Nantes : <http://www.univ-nantes.fr/statuts-et-chartes-usagers/dossier-plagiat-784821.kjsp>

<sup>2</sup> Article L331-3 : « les fraudes commises dans les examens et les concours publics qui ont pour objet l'acquisition d'un diplôme délivré par l'Etat sont réprimées dans les conditions fixées par la loi du 23 décembre 1901 réprimant les fraudes dans les examens et concours publics »

<sup>3</sup> Article L122-4 du Code de la propriété intellectuelle





Institut des Sciences et Techniques de Réadaptation

Département Masso-Kinésithérapie

**Mémoire N° 1546**

Mémoire d'initiation à la recherche en Masso-Kinésithérapie

Présenté pour l'obtention du

**Diplôme d'Etat en Masso-Kinésithérapie**

par

**Jacquet Noémie**

Analyse des saccades de rattrapage observées au VHIT après  
une atteinte vestibulaire unilatérale lors des mouvements  
rapides de la tête

Revue systématique de la littérature et proposition de protocole

*Analysis of catch-up saccade observed at VHIT after unilateral vestibulopathy during rapid head movements*

*Systematic literature review and protocol proposal*

Directeur de mémoire

**QUIJOUX Flavien**

**ANNEE 2019**

**Session 1**

Membres du jury

**QUIJOUX Flavien**

**CHEZE Laurence**

**FAUDON Marie - Christine**



Université Claude Bernard



Lyon 1

Président

**Frédéric FLEURY**

Vice-président CA

**REVEL Didier**

## **Secteur Santé**

U.F.R. de Médecine Lyon Est

Directeur

**Pr. RODE Gilles**

U.F.R d'Odontologie

Directeur

**Pr. BOURGEOIS Denis**

U.F.R de Médecine Lyon-Sud Charles Mérieux

Directrice

**Pr BURILLON Carole**

Institut des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques

Directrice

**Pr VINCIGUERRA Christine**

Département de Formation et Centre de Recherche en Biologie Humaine

Directeur

**Pr SCHOTT Anne-Marie**

Institut des Sciences et Techniques de Réadaptation

Directeur

**Dr Xavier PERROT**

Comité de Coordination des

Etudes Médicales (CCEM)

**Pr COCHAT Pierre**



## Institut Sciences et Techniques de Réadaptation

### Département MASSO-KINESITHERAPIE

Directeur ISTR

**Xavier PERROT**

#### Equipe de direction du département de masso-kinésithérapie :

Directeur de la formation

**Franck GREGOIRE**

Responsables des travaux de recherche

**Samir BOUDRAHEM**

Référents d'années

**Geneviève SANSONI**

**Ilona BESANCON**

**Dominique DALLEVET**

**Samir BOUDRAHEM**

Référents stages cycle 1

**Annie KERN-PAQUIER**

Référents stages cycle 2

**Franck GREGOIRE**

Secrétariat de direction et de scolarité

**Pascale SACCUCI**

## Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont apporté de l'aide et du soutien pour ce travail.

J'aimerais tout d'abord remercier mon directeur de mémoire, Mr Flavien QUIJOUX, pour ses précieux conseils, son investissement et sa patience.

J'aimerais également remercier Mr Ortega pour les ressources qu'il m'a apporté tout au long de ce travail.

Un grand merci à Mr Olivier DUMAS et Mr Jacques DERRIER pour m'avoir fait découvrir la rééducation vestibulaire.

Un immense merci à mes amies Lucile, Faustine, Elisabeth et Odile pour leur soutien au cours de ces années d'études, leur bonne humeur et leur générosité.

J'aimerais remercier Yves et Claire pour l'impression de ce travail.

Je tiens à remercier mes parents et mes frères pour le soutien quotidien qu'ils m'apportent. Papa, Maman, je ne pourrais jamais assez vous remercier de tout ce que vous avez fait pour moi.

Mes derniers remerciements iront à Bastien, merci d'être là et de croire en moi quoi qu'il arrive.

## Table des matières

1.	Introduction .....	1
1.1	Rééducation vestibulaire .....	1
1.1.1	Situation d'appel .....	1
1.1.2	Recommandations de bonnes pratiques .....	2
1.2	Rappels anatomiques .....	2
1.2.1	Système vestibulaire périphérique .....	3
1.2.2	Organe de l'équilibre .....	3
1.2.3	Canaux semi circulaires et leur fonctionnement .....	5
1.2.4	Vascularisation .....	7
1.2.5	Innervation .....	8
1.2.6	Noyaux vestibulaires .....	9
1.2.7	Compensation vestibulaire .....	10
1.2.8	Mécanisme de l'atteinte vestibulaire unilatérale périphérique .....	12
1.2.9	Pathologies .....	13
1.2.10	Moyens d'exploration .....	14
1.3	Problématique .....	16
2.	Méthode de revue de la littérature .....	17
2.1	Protocole de revue de la littérature .....	17
2.1.1	Mots clefs .....	17
2.1.2	Critères d'inclusion et de non-inclusion .....	19
2.2	Méthode de sélection des articles .....	20
2.2.1	Pubmed .....	20
2.2.2	PEDro .....	21
2.2.3	Cochrane Library .....	21
2.2.4	Résumé .....	21
2.3	Analyse des données .....	23
2.4	Méthode d'évaluation des articles .....	23
3.	Résultats .....	24
3.1	Identification des études éligibles .....	24
3.2	Caractéristiques des études sélectionnées .....	24
3.2.1	Type d'études .....	24
3.2.2	Evaluation des articles .....	25
3.2.3	Pathologies retrouvées .....	26
3.2.4	Nombre total de patients .....	27
3.2.5	Age des patients .....	28
3.2.6	Méthode de recrutement .....	28
3.2.7	Dates des mesures .....	30
3.3	Méthode d'évaluation des saccades .....	32
3.3.1	Le VHIT .....	32
3.3.2	Paramètres .....	34
3.4	Présentation des effets au cours du temps .....	35
3.4.1	Proportion .....	35
3.4.2	Latence .....	37
3.4.3	Amplitude .....	40
3.4.4	Score PR .....	41
3.5	Etudes non incluses dans les groupes .....	44
3.5.1	Proportion .....	44
3.5.2	Latence .....	44
3.5.3	Conclusion .....	44
4.	Discussion .....	44
4.1	Résumé des résultats .....	44
4.2	Variabilité des articles .....	45
4.2.1	VHIT .....	45
4.2.2	Calcul de la proportion des saccades .....	46
4.2.3	Méthode de recrutement .....	47
4.2.4	Variabilité entre les pathologies .....	47
4.2.5	Variabilité au sein des pathologies .....	48

4.3	Limites de cette revue de la littérature .....	49
4.3.1	Limites de la méthode de recherche .....	49
4.3.2	Limites des résultats de la revue de la littérature .....	50
4.4	Proposition de protocole.....	50
4.4.1	Cadre juridique .....	50
4.4.2	But de la recherche – Hypothèse de travail .....	50
4.4.3	Objectifs et critères d'évaluation .....	51
4.4.4	Conception de la recherche .....	52
4.4.5	Sélection des personnes .....	54
4.4.6	Réalisation pratique du protocole.....	55
4.4.7	Matériel et mesures.....	56
4.4.8	Recueil et traitement des données.....	57
4.4.9	Analyse statistique des données.....	57
5.	Conclusion .....	58

## Sommaire des figures

Figure 1: figure représentant l'organe membraneux de l'équilibre et de l'audition (Bear, Connors, Paradiso, & Nieoullon, 2016) .....	4
Figure 2: figure représentant une crête ampullaire (Bear et al., 2016) .....	5
Figure 3: schéma expliquant le fonctionnement des canaux semi circulaires .....	7
Figure 4: figure représentant la vascularisation de l'oreille interne (Société Internationale de Réhabilitation Vestibulaire, 2013a).....	8
Figure 5: figure représentant des saccades regroupées (à gauche) et des saccades dispersées (à droite) (Batuecas-Caletro et al., 2017) .....	11
Figure 6: figure représentant une impulsion de tête (A), une covert saccade (B) et une overt saccade (C)(Sjögren et al., 2018) .....	12
Figure 7: schéma d'inclusion des articles.....	22
Figure 8: figure représentant le nombre d'études par pathologie .....	26
Figure 9: graphique représentant le nombre de patients par pathologie .....	28
Figure 10: graphique représentant le nombre d'étude par paramètre .....	35
Figure 11: graphique représentant l'évolution de la latence (en ms) des covert saccades et des overt saccades au cours du temps.....	39
Figure 12: graphique représentant l'évolution de l'amplitude (en degrés) des covert saccades et des overt saccades au cours du temps.....	41
Figure 13: graphique représentant l'évolution du score PR des covert saccades et des overt saccades au cours du temps.....	43
Figure 14: graphique représentant l'évolution du score PR toutes saccades confondues au cours du temps.....	43

## Sommaire des tableaux

Tableau I: tableau présentant les pathologies vestibulaires unilatérales.....	13
Tableau II: tableau regroupant les mots clefs .....	18
Tableau III: tableau représentant le design des études.....	24
Tableau IV: tableau regroupant les méthodes de recrutement.....	29
Tableau V: tableau regroupant les dates des mesures .....	30
Tableau VI: tableau regroupant les mesures au VHIT .....	32

## Glossaire

RVO : reflexe vestibulo – oculaire

AVD : acuité visuelle dynamique

LARP : left anterior right posterior : antérieur gauche et postérieur droit

RALP : right anterior left posterior : antérieur droit et postérieur gauche

APTA : american physical therapy association : association américaine de physiothérapie

ms : milliseconde

DHI : Dizziness Handicap Inventory : pas de traduction française correspondante

CPP : comité de protection des personnes

CNIL : commission nationale de l'informatique et des libertés

CH : centre hospitalier

CHU : centre hospitalier universitaire

CHR : centre hospitalier régional

## Résumé

Introduction : Une atteinte vestibulaire unilatérale provoque, entre autre, une déficience du réflexe vestibulo oculaire (RVO). Ce déficit est en partie responsable des symptômes tels que les vertiges ou les instabilités. Les saccades de rattrapage sont un moyen de compensation du RVO. Il en existe 2 types : les covert saccades et les overt saccades. Nous avons choisi de travailler sur l'évolution des saccades de rattrapage chez des patients avec une atteinte vestibulaire unilatérale.

Objectif : Nous souhaitons valider ou non l'hypothèse suivante : Chez les patients porteurs d'une atteinte vestibulaire unilatérale les covert saccades et les overt saccades diminuent en termes de latence, de proportion, d'amplitude et se regroupent au cours du temps.

Méthode : Afin de répondre à nos objectifs nous avons décidé de faire une revue systématique de la littérature et d'extraire toutes les données relatives aux saccades de rattrapage.

Résultats : Pour la revue de la littérature sur 809 articles trouvés 15 ont été inclus. Afin d'observer l'évolution des saccades de rattrapage nous avons créé 3 groupes : J0 – J7, J30 – J90 et au-delà de J90. Les overt saccades semblent décroître au profit des covert saccades de J0 à J90. La latence des covert saccades et des overt saccades diminue également sur cette période.

Conclusion : Nous observons une évolution des saccades de rattrapage au cours du temps. Cette revue de la littérature permet de valider que partiellement notre hypothèse c'est pourquoi nous avons proposé un protocole de recherche.

Mots clefs : Atteinte vestibulaire unilatérale, Dizziness Handicap Inventory, covert saccade, kinésithérapie, overt saccade, saccade de compensation, saccade de rattrapage, Video Head Impulse Test.

## Summary

Introduction: Unilateral vestibulopathy causes, among other things, a deficiency of the vestibulo ocular reflex (VOR). This deficit is partly responsible for symptoms such as dizziness or instability. Catch-up saccades are a mean of compensating for the VOR. There are 2 types: covert saccades and overt saccades. We have chosen to work on the evolution of catch-up saccades on patients with unilateral vestibulopathy.

Objective: To validate or not the following hypothesis: For patients with unilateral vestibulopathy, covert saccades and overt saccades decrease in terms of latency, proportion, amplitude and cluster over time.

Method: In order to meet our objectives, we decided to conduct a systematic literature review and extract all data related to catch-up saccades.

Results: For the literature review of 809 articles found, 15 were included. In order to observe the evolution of the catch-up saccades we created 3 groups: D0 - D7, D30 - D90 and beyond D90. The overt saccades seem to decrease in favour of the covert saccades from D0 to D90. The latency of covert and overt saccades also decreases over this period.

Conclusion: We observed an evolution of the catch-up saccades over time. This literature review only partially validates our hypothesis, which is why we proposed a research protocol.

Keywords: Unilateral vestibulopathy, Dizziness Handicap Inventory, covert saccade, physiotherapy, overt saccade, compensatory saccade, catch-up saccade, Video Head Impulse Test.

## 1. Introduction

### 1.1 Rééducation vestibulaire

#### 1.1.1 Situation d'appel

J'ai découvert la rééducation vestibulaire ainsi que les pathologies de l'oreille interne à travers deux stages. J'ai été attirée par cette pratique car elle est assez singulière. Peu de kinésithérapeutes l'exercent et les résultats de la rééducation sont assez rapides et visibles. La prise en charge apporte un vrai confort de vie au patient. En effet, la plupart des patients se plaignent de vertiges, de nausées, de sensation d'instabilité voire d'ébriété conduisant parfois à la chute. N'ayant jamais été confrontée à ce genre de symptômes j'étais loin d'imaginer le handicap quotidien qu'ils représentent. Par incapacité, ou par peur, certaines personnes ne sortent plus en public à cause de la foule, d'autres ne peuvent plus conduire, certaines se voient dans l'obligation d'arrêter leurs loisirs ou même leur activité professionnelle. Mon premier stage, assez court, m'a surtout permis de découvrir la pratique de la rééducation vestibulaire, d'appréhender et de comprendre les symptômes des pathologies vestibulaires ainsi que leurs répercussions sur la vie quotidienne. Mon second stage, plus long et arrivé plus tard dans mon cursus m'a permis de connaître et comprendre les moyens de rééducation et les pathologies. J'ai eu l'occasion de découvrir une multitude de moyens de rééducation : manœuvres manuelles, réalité virtuelle, stimulations optokinétiques, exercice d'acuité visuelle dynamique (AVD), exercice d'équilibre, fauteuil rotatoire...

J'ai également découvert les moyens d'exploration de la fonction vestibulaire utilisés par le kinésithérapeute pour faire son bilan diagnostic kiné et suivre l'évolution de la rééducation : AVD (acuité visuelle dynamique), VHIT (video head impulse test), vidéonystagmographie, posturographie... Le VHIT a tout particulièrement retenu mon attention. En effet cet instrument permet de tester, individuellement, la fonction de chacun des six canaux semi circulaires. Il permet également de visualiser certains mécanismes de compensation comme les saccades oculaires. Au cours de mon stage j'ai constaté que le schéma de ces saccades, leurs caractéristiques, les canaux qui

présentent ces saccades sont différents entre les patients et entre les pathologies. Je me suis donc interrogée sur la signification de ces saccades, sur leur évolution au cours d'une pathologie et au cours de la rééducation. Je me suis également demandé si une évolution de ces saccades ou si un schéma type était le signe d'une bonne compensation. Ou bien est-ce gage d'une meilleure qualité de vie du patient ?

Je me suis d'abord posée ces questions pour les patients présentant une névrite vestibulaire. Tout d'abord parce que c'est une pathologie que j'ai rencontré fréquemment au cours de mes stages. Ensuite c'est par le biais de cette pathologie que j'ai pris conscience de l'intérêt du VHIT dans le bilan initial et le suivi du patient. En effet l'appareil nous permet de voir quels canaux sont atteints et donc si l'atteinte nerveuse est totale ou partielle, si le patient compense ou récupère de sa névrite. Mon premier souhait était de me concentrer sur cette pathologie uniquement.

### 1.1.2 Recommandations de bonnes pratiques

L'APTA, association américaine de physiothérapie, recommande de la rééducation vestibulaire pour les patients qui présentent une atteinte vestibulaire unilatérale aiguë et chronique, à l'exception de ceux qui ont mis en place de bonnes stratégies de compensation. C'est-à-dire, à l'exception des patients qui n'ont plus de symptômes et qui ne sont pas impactés dans leur vie quotidienne (Hall et al., 2016). La rééducation vestibulaire permet, pour les patients avec une atteinte vestibulaire unilatérale aiguë ou chronique, de réduire le risque de chute, d'améliorer la qualité de vie et d'optimiser la récupération des fonctions de l'équilibre (Hall et al., 2016).

## 1.2 Rappels anatomiques

L'équilibre de l'être humain est permis par l'intégration des informations provenant de différents systèmes sensoriels. Les principaux systèmes sont la vision, le système proprioceptif, le système vestibulaire et le système haptique (Héroux, Law, Fitzpatrick, & Blouin, 2015). Nous allons nous intéresser au système vestibulaire.

### 1.2.1 Système vestibulaire périphérique

On distingue le système vestibulaire périphérique du système vestibulaire central. Le système vestibulaire périphérique se trouve au niveau de l'oreille interne. L'oreille interne se situe dans la partie pétreuse de l'os temporal. L'Homme en possède donc deux : une à droite et une à gauche. L'oreille interne désigne un ensemble formé par la cochlée en avant et l'organe de l'équilibre en arrière (Figure 1). Nous allons nous intéresser plus particulièrement à la partie postérieure de l'oreille interne puisqu'elle renferme les canaux semi circulaires.

On distingue un labyrinthe osseux et un labyrinthe membraneux. Le labyrinthe osseux est la cavité dessinée à l'intérieur de l'os temporal, elle renferme le labyrinthe membraneux. Entre la partie osseuse et la partie membraneuse il y a le liquide périlymphatique. Le liquide endolymphatique se trouve à l'intérieur du labyrinthe membraneux.

### 1.2.2 Organe de l'équilibre

L'organe de l'équilibre se compose du vestibule et des canaux semi circulaires. Le vestibule est la partie intermédiaire qui se situe entre la cochlée et les canaux. Par abus de langage, le terme vestibule peut aussi être employé pour désigner tout l'organe de l'équilibre.

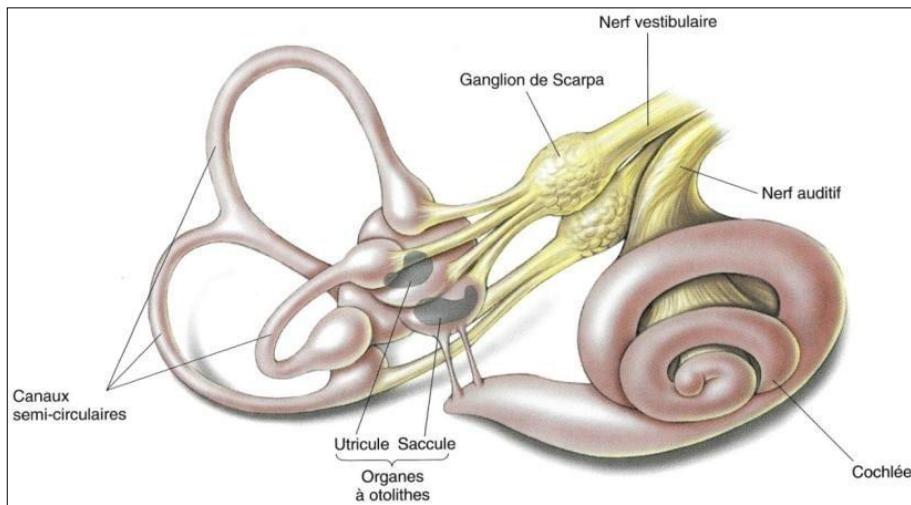


Figure 1: figure représentant l'organe membraneux de l'équilibre et de l'audition (Bear, Connors, Paradiso, & Nieoullon, 2016)

Le vestibule comprend deux cavités membraneuses appelées utricule et saccule dans une cavité osseuse (Figure 1).

Les canaux semi circulaires sont au nombre de trois. Il y a donc trois structures semi circulaires membraneuses dans trois structures osseuses de même forme. On distingue un canal antérieur aussi appelé canal supérieur, un canal latéral aussi appelé canal horizontal et enfin un canal postérieur.

A l'extrémité des canaux se trouve une partie renflée : l'ampoule. Celle-ci forme la crête ampullaire (Figure 2) qui est la partie du canal où se trouvent le départ des fibres du nerf vestibulaire et les cellules sensorielles des canaux semi circulaires : les cellules ciliées. Au sein des cellules ciliées nous distinguons deux types de cils : le kinocil, qui est le cil le plus grand et les autres cils, plus petits, nommés stéréocils. Les stéréocils sont situés d'un seul côté du kinocil. Le mouvement des stéréocils par rapport au kinocil va conditionner le caractère excitateur ou inhibiteur du stimulus. Lorsque les stéréocils font une flexion vers le kinocil le stimulus est excitateur et lorsque la flexion des stéréocils se fait à partir du kinocil le stimulus est inhibiteur.

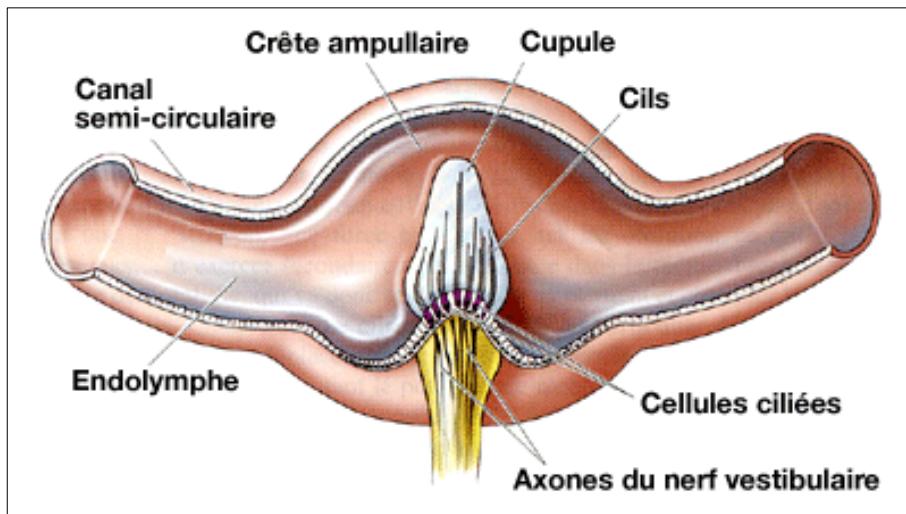


Figure 2: figure représentant une crête ampullaire (Bear et al., 2016)

### 1.2.3 Canaux semi circulaires et leur fonctionnement

Les cils des cellules ciliées sont englués dans la cupule (Figure 2). C'est une masse gélatineuse qui va se déformer et transmettre l'onde de déformation aux cellules ciliées.

Lors d'un mouvement de tête, il y a un mouvement de l'endolymph dans les canaux qui se trouvent dans le plan du mouvement. Cette action va provoquer une déformation de la cupule, entraînant elle-même un mouvement des cils des cellules ciliées. Les cellules ciliées transmettent, à leur tour, la déformation au nerf vestibulaire qui achemine l'information jusqu'aux noyaux vestibulaires. La densité de la cupule est égale à celle de l'endolymph, ainsi il ne peut pas se produire un mouvement de cupule et donc une stimulation des cellules ciliées sans mouvement de l'endolymph. Ce n'est donc pas la position de la tête mais bien le mouvement qui stimule les cellules ciliées.

Les canaux semi circulaires fonctionnent en couple. Les deux canaux horizontaux, le droit et le gauche, fonctionnent ensemble. L'antérieur droit fonctionne avec le postérieur gauche et forment le couple RALP (right anterior left posterior). L'antérieur gauche fonctionne avec le postérieur droit et forment le couple LARP (left anterior right

posterior). Lorsque que l'un des canaux du tandem est excité l'autre est inhibé, c'est le fonctionnement en « *push – pull* » (Fetter, 2007).

Nous distinguons deux types de cellules ciliées : les cellules de type 1 et les cellules de type 2. Les cellules ciliées de type 2, aussi appelées cellules toniques sont des capteurs de mouvements lents. Nous retrouvons le fonctionnement *push – pull* pour ces cellules. Elles ont une activité au repos. C'est-à-dire qu'elles envoient un message au cerveau même en l'absence de mouvement de la tête. Les cellules ciliées de type 1, aussi appelées cellules phasiques sont des capteurs de mouvements rapides de la tête, elles sont sensibles uniquement aux mouvements excitateurs de l'endolymph, il n'y a donc pas de fonctionnement en « *push – pull* » pour ces cellules. Ainsi lors d'un mouvement rapide de la tête, seules les cellules phasiques sont activées.

Voici un exemple pour illustrer le fonctionnement du système vestibulaire (Figure 3). Nous étudions un mouvement de tête, vers la droite, effectué par une personne saine, afin de regarder un objet se trouvant sur sa droite. Lorsque l'on tourne la tête à droite le mouvement de la tête se fait dans le plan horizontal donc les canaux mis en jeu sont les canaux latéraux droit et gauche. Dans le canal droit le mouvement de l'endolymph est excitateur et dans celui de gauche le mouvement de l'endolymph est inhibiteur. Ces signaux sont transmis au système central via le nerf vestibulaire. En réponse il se produit un ensemble de réactions (posturales, musculaires, oculaires, neuro végétatives...) afin d'assurer la stabilité de l'individu. La réponse oculaire engendrée par un mouvement de la tête vers la droite est un mouvement des yeux dans la direction opposée, à gauche, et un nystagmus horizontal droit. En effet la première loi de Flourens énonce : « *le nystagmus se produit dans le plan du canal excité* » (Sauvage & Fumat, 2014) . Un nystagmus est « *un mouvement involontaire, rythmique et conjugué des yeux, fait de deux secousses inégales, l'une lente et l'autre rapide, cette dernière définissant arbitrairement le sens du nystagmus* » (Collège des enseignants en neurologie, 2016).

Les grandes lignes de cet exemple sont reprises dans la (Figure 3).

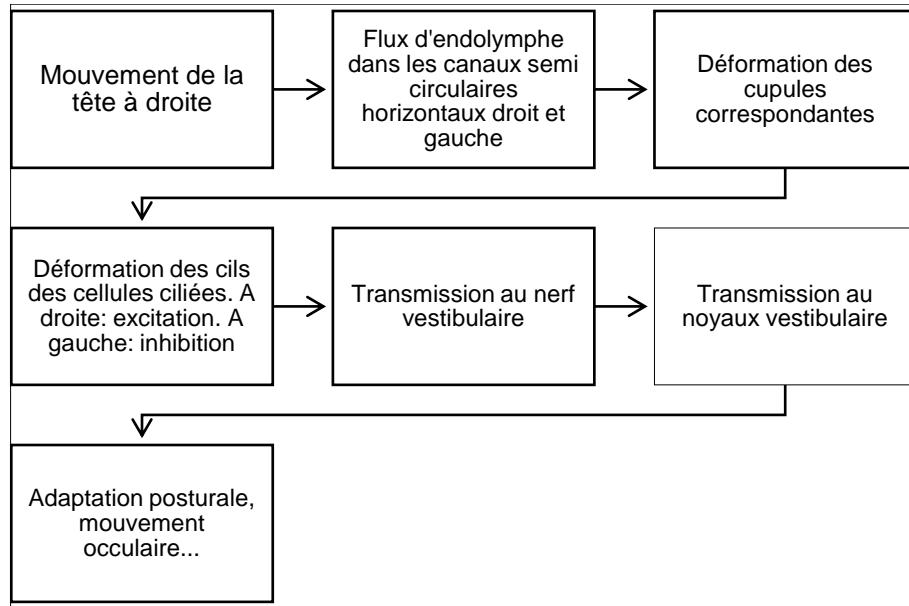


Figure 3: schéma expliquant le fonctionnement des canaux semi circulaires

#### 1.2.4 Vascularisation

La vascularisation du labyrinthe se fait par l'artère cérébelleuse antéro inférieure (AICA). L'AICA donne l'artère auditive interne qui se sépare en artère cochléaire et en artère vestibulaire antérieure. L'artère vestibulaire antérieure est responsable de la vascularisation de l'utricule et des canaux semi circulaires latéraux et antérieurs. L'artère cochléaire se divise pour donner naissance à l'artère vestibulaire qui vascularise le saccule et le canal postérieur. La vascularisation de l'oreille interne est schématisée sur la (Figure 4).

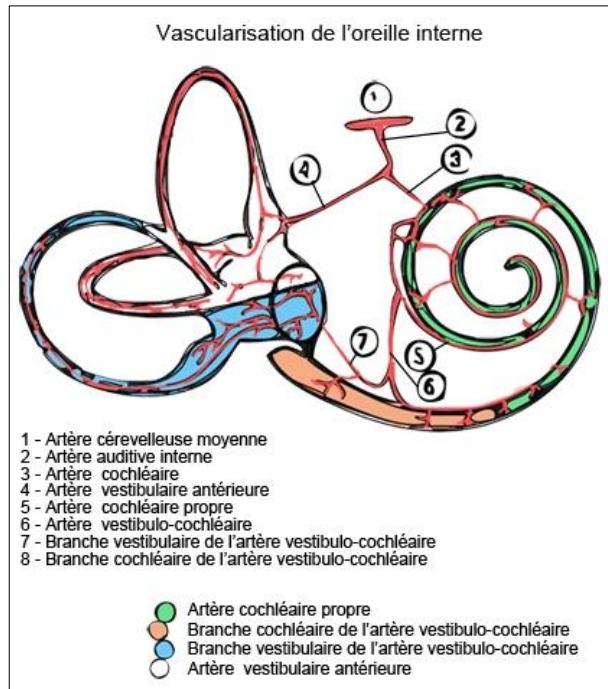


Figure 4: figure représentant la vascularisation de l'oreille interne (Société Internationale de Réhabilitation Vestibulaire, 2013a)

### 1.2.5 Innervation

L'innervation se fait par la huitième paire de nerfs crâniens, le nerf cochléo vestibulaire. On distingue un nerf vestibulaire supérieur et un nerf vestibulaire inférieur. La composante supérieure de ce nerf regroupe les nerfs ampullaires supérieur et latéral ainsi que le nerf utriculaire. Elle permet l'innervation des canaux semi circulaires latéraux et supérieurs ainsi que l'utricule. La composante inférieure de ce nerf regroupe le nerf ampullaire postérieur ainsi que le nerf sacculaire et permet l'innervation du canal semi circulaire postérieur ainsi que du saccule (Figure 1).

### 1.2.6 Noyaux vestibulaires

Les nerfs vestibulaires se projettent sur les noyaux vestibulaires. Ils sont au nombre de quatre et sont situés sur le plancher du quatrième ventricule (Kahle, Frotscher, Bourjat, & Spitzer, 2015). Ils communiquent entre eux par les fibres commissurales.

- Le noyau vestibulaire supérieur, aussi appelé noyau de Bechterew
- Le noyau vestibulaire inférieur ou bien noyau de Roller
- Le noyau vestibulaire latéral ou de Deiters
- Le noyau vestibulaire médial encore appelé noyau Schwalbe

Les noyaux vestibulaires ont de multiples efférences : pour le système oculomoteur, les muscles posturaux, le système végétatif, le cortex vestibulaire, le cervelet, le thalamus...

Après l'intégration et le traitement des informations provenant du système vestibulaire périphérique les noyaux vestibulaires vont, via les neurones vestibulaires secondaires, envoyer des informations aux motoneurones des noyaux oculomoteurs, à ceux des muscles de la posture, à ceux du cortex vestibulaire et à ceux du système végétatif. Nous distinguons cinq grandes voies effectrices (Hautefort & Toupet, 2016) qui génèrent trois principaux réflexes :

- La voie vestibulo – oculomotrice avec le réflexe vestibulo – oculaire (RVO). Le RVO permet la stabilisation du regard. Il est nécessaire pour fixer l'image sur la rétine lors des mouvements rapides de la tête (Fetter, 2007).
- La voie vestibulo – spinale avec le réflexe vestibulo – spinal. Elle transmet les ordres moteurs des noyaux vestibulaires afin d'assurer l'équilibre du corps et de la tête.
- La voie vestibulo – thalamique et cérébelleuse. Cette voie permet « *l'intégration des informations sensorielles périphériques au sein des aires associatives et corticales* » (Hautefort & Toupet, 2016).

- La voie vestibulo – végétative avec le réflexe vestibulo – végétatif. Cette voie « active des fonctions neuro-végétatives lors des changements de position ou des mouvements du corps » (Hautefort & Toupet, 2016).
- La voie vestibulo – limbique permet l'association des émotions aux informations vestibulaires.

Lors d'une atteinte vestibulaire unilatérale on retrouve des symptômes provoqués par l'ensemble de ces voies. Une perte vestibulaire unilatérale engendre des symptômes oculomoteurs, posturaux et sensoriels (Curthoys, 2000). En effet, les patients décrivent une instabilité posturale, une oscillopsie, des nausées voire des vomissements, des sueurs et ils présentent un nystagmus.

Nous allons nous intéresser principalement à la voie vestibulo – oculomotrice avec le RVO. C'est un réflexe à trois neurones. Pour l'évaluer on calcul son gain, c'est le rapport entre la vitesse oculaire et la vitesse de rotation de la tête. Il peut prendre des valeurs allant de 0 à 1 (Alhabib & Saliba, 2017).

#### 1.2.7 Compensation vestibulaire

Guyot défini la compensation vestibulaire de cette façon : « *Le terme de compensation vestibulaire désigne les phénomènes liés à la disparition des symptômes consécutifs à une perte de la fonction vestibulaire. [...] , la disparition des symptômes résulte de changements au niveau du système nerveux central* » (Guyot, s. d.). La compensation du RVO est la production de saccades oculaires de rattrapage (Sjögren, Fransson, Karlberg, Magnusson, & Tjernström, 2018).

« *Les saccades oculaires sont des mouvements rapides, précis et conjugués des deux yeux nous autorisant à réorienter notre regard vers de nouveaux objets d'intérêt* » (Panouillères, 2011). Elles sont caractérisées par une accélération, pour atteindre un pic de vitesse suivie d'une décélération (Richter & Terneaux, 2005), une latence et une amplitude. La latence d'une saccade « *correspond au temps entre la consigne de faire une saccade [...] et le début effectif du mouvement* » (Panouillères, 2011). L'amplitude

est « calculée comme la différence entre la position finale et la position initiale des yeux, respectivement avant et après la saccade. » (Panouillères, 2011). Le pic de vitesse est « la vitesse maximale des yeux au cours du mouvement » (Panouillères, 2011). Pour caractériser les saccades nous pouvons donc utiliser leur vitesse, leur latence et leur amplitude. Nous pouvons également nous intéresser au regroupement de ces saccades. Ce regroupement est évalué par un score appelé score PR. Il donne un aperçu du schéma de dispersion des saccades au cours de l'impulsion et après celle-ci. Il est calculé par un logiciel et prend des valeurs de 0 à 100 (Batuecas-Caletrio et al., 2017). Un score proche de 0 suggère des saccades groupées tandis qu'un score proche de 100 reflète des saccades très dispersées (Navari, Cerchiai, & Casani, 2018).

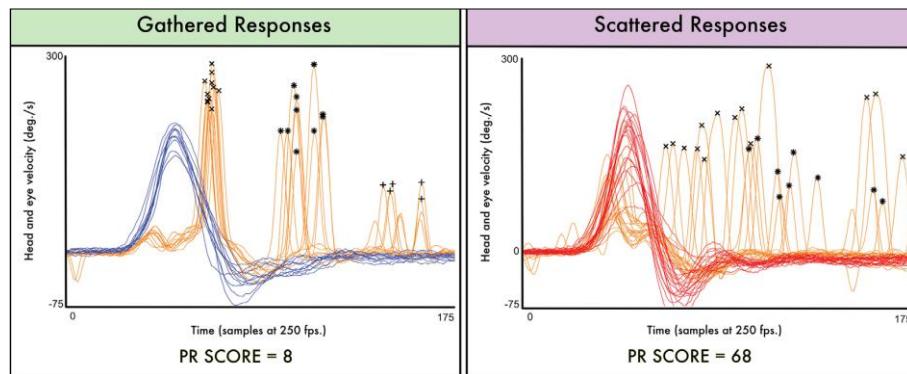


Figure 5: figure représentant des saccades regroupées (à gauche) et des saccades dispersées (à droite) (Batuecas-Caletrio et al., 2017)

Les saccades de compensation du RVO ont été décrites pour la première fois par Halmagyi et Curthoys en 1988. Elles ont été mises en évidence chez des patients avec une atteinte vestibulaire unilatérale. Elles apparaissent lorsqu'il se produit un mouvement rapide de la tête du côté homolatéral à la lésion vestibulaire afin de recentrer le regard du patient. C'est-à-dire que la saccade se produit dans la même direction que celle de la tête mais en sens inverse (Halmagyi & Curthoys, 1988). Elles ont été enregistrées par des bobines magnétiques.

Nous distinguons deux types de saccades compensatrices, aussi appelées saccades de rattrapage : les saccades précoces, qui apparaissent avant la fin du mouvement de la tête, appelées *covert saccades* et les saccades qui apparaissent après le mouvement

de la tête. Ce sont les *overt saccades*. Ce sont les termes anglo – saxons qui sont utilisés pour évoquer les saccades. La différence entre ces deux types de saccades se fait sur la latence.

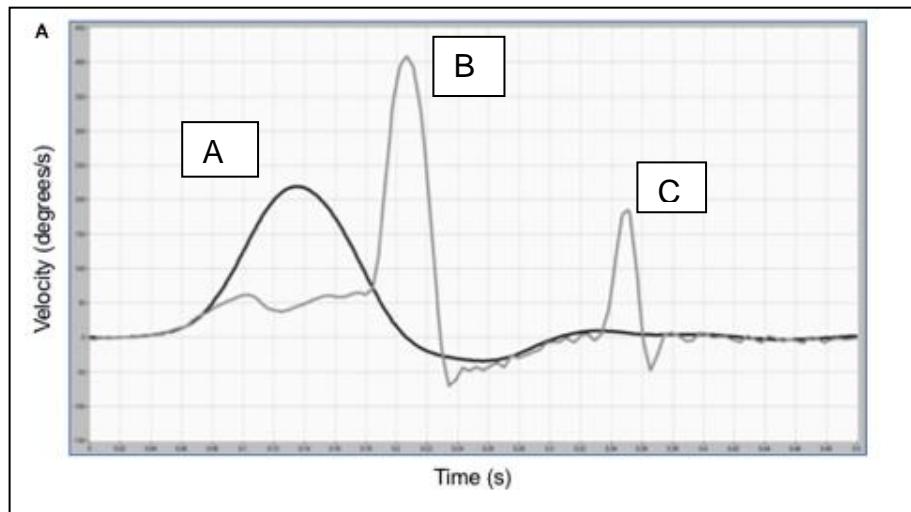


Figure 6: figure représentant une impulsion de tête (A), une covert saccade (B) et une overt saccade (C)(Sjögren et al., 2018)

### 1.2.8 Mécanisme de l'atteinte vestibulaire unilatérale périphérique

Chaque élément anatomique peut être le siège d'une pathologie : les canaux semi-circulaires, le nerf, les artères et l'endolymphhe, toutefois on retrouve un schéma global pour toutes ces pathologies.

Une atteinte unilatérale va provoquer une asymétrie entre le vestibule droit et le vestibule gauche (annexe 1). Il faut imaginer le système vestibulaire sain comme une balance. Au repos, c'est à dire en l'absence de tout mouvement angulaire de la tête, la balance est équilibrée grâce à l'activité des cellules de type 2. Lorsque nous tournons la tête la balance se déséquilibre, le système vestibulaire central interprète cela comme un mouvement de tête et, par ses efférences, déclenche les réactions posturales, musculaires, oculaires... nécessaires au maintien de l'équilibre. En cas d'atteinte unilatérale la balance est déséquilibrée en permanence, même au repos. Les

compensations vestibulaires visent à rééquilibrer cette balance avec les structures saines qu'il reste (annexe 1).

Prenons l'exemple d'une atteinte à gauche. Aucun mouvement de tête n'est effectué. Les informations du système vestibulaire périphérique gauche ne parviennent plus ou pas en totalité aux noyaux vestibulaires. Pour le système central la balance est déséquilibrée en faveur du côté droit. Il interprète donc cette asymétrie comme un mouvement de tête du côté droit et déclenche les réactions nécessaires au maintien de l'équilibre de l'individu. Pour le sujet, qui n'a entrepris aucun mouvement, ces réactions sont déroutantes et génèrent une instabilité, un nystagmus, des nausées...

### 1.2.9 Pathologies

Plusieurs pathologies peuvent être responsables d'une atteinte vestibulaire unilatérale (Tableau I).

Tableau I: tableau présentant les pathologies vestibulaires unilatérales

Pathologie	Définition	Structure atteinte	Symptômes et signes cliniques
Névrite vestibulaire	« déficit vestibulaire périphérique brusque » « semble correspondre à une atteinte inflammatoire du nerf vestibulaire » (Société Internationale de Réhabilitation Vestibulaire, 2013c)	Nerf vestibulaire ou Nerf vestibulaire supérieur ou inférieur	Grand vertige rotatoire Nausées ou vomissements Instabilité à la marche Nystagmus spontané Ataxie (Société Internationale de Réhabilitation Vestibulaire, 2013c)
Neurinome de l'acoustique	Aussi appelé schwannome « Se développe	Nerf vestibulaire	Déséquilibre majoré dans l'obscurité

	aux dépens de la gaine de Schwann du nerf vestibulaire dans le CAI (Conduit Auditif Interne) à partir du ganglion de Scarpa. » (Société Internationale de Réhabilitation Vestibulaire, 2013b)		Surdité unilatérale Parfois nystagmus Hypoacusie Hyporéflexie (Société Internationale de Réhabilitation Vestibulaire, 2013b)
Syndrome de Lindsay – Hemenway	Ischémie de l'artère vestibulaire antérieure	Système artériel	Vertige paroxystique positionnel bénin  Symptomatologie semblable à la névrite (vertige rotatoire, signes neuro – végétatifs)
Labyrinthite	Infection labyrinthique	Labyrinthe	Vertige rotatoire, surdité, nausées/vomissements  Aréflexie vestibulaire
Maladie de Ménière – Hydrops	Distension du sac endolymphatique par excès de pression	Endolymphe	Evolution par crise : vertige, acouphène, hypoacusie  Symptômes neuro – végétatifs : sueurs, nausées/vomissements, diabète...
Labyrinthectomie	Destruction labyrinthique injection gentamicine	Labyrinthe	Surdité, aréflexie vestibulaire

### 1.2.10 Moyens d'exploration

Il existe plusieurs moyens d'exploration de la fonction vestibulaire qui permettent de visualiser les saccades de rattrapage. Le premier est une manœuvre appelée « Head impulse test » (HIT). Cette méthode est à l'origine d'une seconde : le vidéo head impulse test (VHIT). Enfin il existe également une technique utilisant des bobines

magnétiques. Parmi ces techniques, seules les deux dernières, à savoir les bobines magnétiques et le VHIT permettent de visualiser les saccades qui apparaissent pendant le mouvement de la tête : les covert saccades. Nous nous concentrerons sur le VHIT et non sur les bobines magnétiques pour plusieurs raisons. Une étude visant à comparer les résultats obtenus par ces deux méthodes a conclu qu'elles étaient aussi efficaces l'une que l'autre pour évaluer le gain du RVO de chaque canal et pour détecter les covert et overt saccades (MacDougall, Weber, McGarvie, Halmagyi, & Curthoys, 2009). En revanche le VHIT est un moyen d'exploration plus facile à utiliser au quotidien que les bobines magnétiques (MacDougall et al., 2009). En effet c'est un examen relativement court, il faut compter une dizaine de minutes pour un examen au VHIT, et non invasif contrairement aux mesures faites via les bobines magnétiques. Elles nécessitent, entre autre, une anesthésie locale de l'œil afin d'y déposer une lentille (MacDougall et al., 2009). Un examen au VHIT semble également moins coûteux qu'un examen aux bobines magnétiques (MacDougall et al., 2009).

Le VHIT est un moyen d'exploration du réflexe vestibulo oculaire. Il n'existe pas de terme français pour désigner cet examen, ainsi on utilise le terme anglo saxon et son abréviation. Afin de comprend son fonctionnement il est nécessaire de décrire et d'expliquer en quoi consiste un HIT.

Halmagyi et Curthoys ont décrit le HIT en 1988. La traduction mot à mot de cet examen serait test des impulsions de la tête. De même que pour le VHIT c'est le nom anglo – saxon ainsi que son abréviation qui sont utilisés. Ce test consiste en des mouvements rapides, environ 300 °/s, imprévisibles et de faible amplitude, entre 10 et 20 ° (Alhabib & Saliba, 2017) de la tête du patient par l'examineur à droite et à gauche. Pendant ces mouvements on demande au patient, assis sur une chaise de fixer un point et de ne pas le quitter des yeux. Un sujet sain peut sans soucis garder cette fixation grâce au RVO alors que, chez un sujet présentant une atteinte vestibulaire unilatérale, on observe des saccade de rattrapage lorsque l'on applique un mouvement rapide de la tête du côté lésé (Halmagyi & Curthoys, 1988) puisque le RVO est déficient. Le VHIT reprend le principe du HIT pour ce qui est de la fixation d'un objet par le sujet et des mouvements rapides de la tête appliqués au patient mais la différence réside dans le fait que le

mouvement des yeux est enregistré par un système vidéo. En effet, le VHIT se compose d'une caméra et d'un logiciel et permet d'évaluer et d'enregistrer la fonction de chacun des six canaux semi circulaires en calculant le gain du RVO. Chez une personnes saine le gain se situe entre 0,68 et 1 (Navari et al., 2018). En deçà on considère que le RVO est déficient. Le VHIT permet également de visualiser les saccades de rattrapage que sont les overt et covert saccades (Blödow, Pannasch, & Walther, 2013) contrairement au HIT qui permet de visualiser uniquement les overt saccades, celles qui apparaissent après le mouvement de la tête.

Une mesure au VHIT se réalise de la manière suivante. Le patient est assis face à un mur sur lequel se trouvent un ou plusieurs points. La caméra servant à filmer les yeux du patient est soit en face de lui sur un pied soit portée par des lunettes. L'examineur se place derrière le patient et réalise des impulsions passives, rapides et de faibles amplitudes, comme pour un HIT. Les trusts de la tête ne doivent pas pouvoir être anticipés par le patient, c'est pour cela qu'ils sont réalisés aléatoirement dans les différents plans des canaux semi circulaires. Une fois l'examen terminé le logiciel présente les résultats. Il évalue, entre autres, le gain du RVO pour les canaux testés, la présence de covert ou d'overt saccades ainsi que leur latence, leur amplitude... La présentation des résultats et certaines modalités de l'examen, comme la distance cible – patient ou la position de la caméra dépendent du système vidéo utilisé. Une revue de la littérature consacrée au VHIT (Alhabib & Saliba, 2017) a recensé cinq systèmes vidéo différents: Vestlab 7.1 ; GN-Otometrics ; EyeSeeCam ; Synapsis vHIT ; Firefly MV, Point Grey Research Inc. et Vorteque, Micromedical.

En conclusion, le VHIT est un moyen simple et rapide pour explorer le RVO et visualiser la présence des saccades de rattrapage, c'est pourquoi il peut être utilisé à chaque séance pour le suivi de patient.

### 1.3 Problématique

Les pathologies vestibulaires unilatérales sont multiples (Tableau I). D'après la littérature environ 50% des personnes présentant une pathologie vestibulaire unilatérale

développent une pathologie chronique (Navari et al., 2018). Les symptômes résiduels, comme les vertiges, les nausées ou les vomissements sont handicapants au quotidien pour le patient. L'APTA recommande des séances de rééducation vestibulaire pour cette population afin de faciliter la mise en place des compensations vestibulaires et de limiter la chronicisation de la pathologie. Les saccades oculaires font parties des mécanismes de compensations qui se mettent en place immédiatement après l'atteinte vestibulaire (Blödow et al., 2013). Nous savons qu'il en existe deux types : ouvert et covert saccades. Grâce au VHIT nous pouvons les mettre en évidence à chaque séance de rééducation. Néanmoins leurs caractéristiques et leur évolution restent peu décrites dans la littérature. Compte tenu de l'intérêt de la rééducation vestibulaire dans les atteintes unilatérales il semble pertinent d'étudier l'évolution des saccades de rattrapage. De plus amples connaissances sur l'évolution des saccades de rattrapage pourraient être un atout pour la rééducation. Nous menons cette revue dans l'optique de déterminer les caractéristiques et évolutions des saccades pour guider les professionnels dans la rééducation de leur patient. En se basant sur les données acquises par le VHIT, nous nous demandons comment évoluent les saccades de rattrapages à la suite d'une atteinte unilatérale. De plus nous souhaiterions valider ou invalider l'hypothèse suivante : chez les patients porteurs d'une atteinte vestibulaire unilatérale les covert saccades et les overt saccades diminuent en termes de latence, de proportion, d'amplitude et se regroupent au cours du temps.

Est-ce que les covert et les overt saccades diminuent en termes de latence, de fréquence, d'amplitude et se regroupent au cours du temps ?

## 2. Méthode de revue de la littérature

### 2.1 Protocole de revue de la littérature

#### 2.1.1 Mots clefs

Les bases de données utilisées sont Pubmed, PEDro et Cochrane Library.

Les équations de recherche ont été construites à partir des mots clefs définis ci-dessous (Tableau II). La sélection des articles obtenus grâce aux équations de recherche s'est faite en trois étapes. Il y a eu une première sélection par la lecture du titre puis une seconde par la lecture du résumé des articles. Enfin la dernière sélection a été faite par la lecture complète des articles qui avaient été retenus après la lecture de leur résumé.

Les articles en double ont été éliminés au moment de la sélection par le titre.

Les mots avec plusieurs terminaisons possibles ont été tronqués et cherchés avec une étoile. Voici un exemple : le mot « saccade » peut être retrouvé au singulier ou au pluriel. Afin de ne pas limiter les recherches à une des deux écritures, et de limiter le nombre de mots clefs dans les équations de recherche, le mot saccade a été renseigné sous la forme « saccad\* ».

Tableau II: tableau regroupant les mots clefs

Classification PICO	Mots clefs en français	Mots clefs en anglais
Population	Atteinte vestibulaire unilatérale	Unilateral vestibulopathy
	Désafférentation vestibulaire	Vestibular deafferentation
	Perte vestibulaire unilatérale	Unilateral vestibular loss
	Névrite vestibulaire	Vestibular neuronitis

	Neurinome de l'accoustique	Neuroma, acoustic Vestibular schwanoma
	Labyrinthectomie	Labyrinthectomy
	Labyrinthite	Labyrinthitis
Intervention		Video Head impulses test
Comparaison	Saccades de rattrapage Saccades compensatrices Saccades tardives Saccades précoces	Catch up saccade Compensatory saccade Overt saccade Covert saccade
Paramètre d'intérêt	Latence Amplitude Proportion Score PR	Latency Amplitude Proportion PR score

### 2.1.2 Critères d'inclusion et de non-inclusion

Les critères d'inclusion sont :

- Les études intégrant des patients souffrant d'une pathologie vestibulaire unilatérale périphérique
- Les études portant sur les saccades de rattrapage
- Les études portant sur les compensations vestibulaires et leurs mécanismes.
- Les études portant sur les êtres humains
- Les études rédigées en anglais ou en français

- Les essais contrôlés randomisés ou non, les études de cohortes, les études cas – témoin et les études de cas rétrospectives ou prospectives
- Les articles issus des bibliographies des articles inclus

Les critères de non-inclusion sont :

- Les études rédigées en langues autres que français ou anglais
- Les études portant sur des pathologies ou des atteintes vestibulaires bilatérales
- Les études dont les populations étudiées présentent des pathologies centrales
- Les études portant sur un traitement médicamenteux
- Les études où le moyen d'exploration n'est pas le VHIT
- Les autres designs d'étude que ceux énoncés dans les critères d'inclusion
- Les études portant sur les animaux
- Les études portant sur les enfants
- Les études portant sur la maladie de Ménière ou sur les Hydrops
- Les articles en double retrouvés d'une équation de recherche à l'autre ou d'une base de données à l'autre

## 2.2 Méthode de sélection des articles

### 2.2.1 Pubmed

Pour la recherche bibliographique effectuée sur la base de données Pubmed les mots clefs ont été traduits en anglais grâce à l'outil HeTop (Health Terminology/Ontology Portal). Cet outil permet de savoir si notre mot correspond à un Mesh term sur pubmed. Le Mesh terms correspond au libellé préféré donné par HeTOP. Lorsque l'un de nos mots clefs correspond à un mesh terms HeTop propose également des synonymes afin de pouvoir élargir notre recherche. Ainsi les mots correspondant à des Mesh terms ont été cherchés dans cette catégorie et plusieurs synonymes parmi ceux proposés ont été intégrés dans les équations de recherche. Les mots ne correspondant à aucun Mesh term ont été recherchés parmi le titre et le résumé.

Les différentes équations de recherche sont présentées en annexe (annexe 2). Les mots clefs de la deuxième et de la quatrième colonne ont été séparés par un « ou » (OR). Les Mesh terms sont soulignés dans le tableau lorsqu'ils sont mentionnés pour la première fois. L'équation 1 est présentée ci – dessous, sous sa forme booléenne, à titre d'exemple : Equation 1: (((catch up saccad\*[title/abstract])OR(compensatory saccad\*[title/abstract])) AND (((reflex,vestibulo-ocular[MeSH Terms]) OR reflex\*, vestibulo ocular [title/Abstract]) OR vestibulo ocular reflex\*[title/abstract])). Les résultats obtenus sur cette base de données et pour chaque équation sont présentés en annexe (annexe 3).

## 2.2.2 PEDro

La méthode de recherche sur cette base de données est différente de celle employée pour Pubmed. La recherche s'est effectuée par mots clefs. Les mots clefs suivants n'ont pas donnés de résultats sur cette base de données : Catch up saccade, Compensatory saccade, Overt saccade, Covert saccade, Vestibular deafferentation, Vestibular schwanoma, Labyrinthectomy, Lindsay Hemenway – syndrome, Labyrinthitis. Les mots clefs ayant fournis des résultats se trouvent en annexe (annexe 4).

## 2.2.3 Cochrane Library

Les équations utilisées pour les recherches sur la base de données Pubmed ont été réutilisées pour celle - ci. Les mots clefs ont été recherchés parmi les titres et les résumés. Les mots clefs correspondant à un Mesh terms ont été cherchés sous le libellé proposé, les autres ont simplement été traduits de l'anglais, comme précédemment. La seule modification concerne le réflexe vestibulo – oculaire. En effet la base de données de la Cochrane propose deux Mesh terms contre un seul pour Pubmed. Ainsi les deux Mesh term ont été intégrés dans les équations de recherche. Les résultats sont présentés en annexe (annexe 5).

## 2.2.4 Résumé

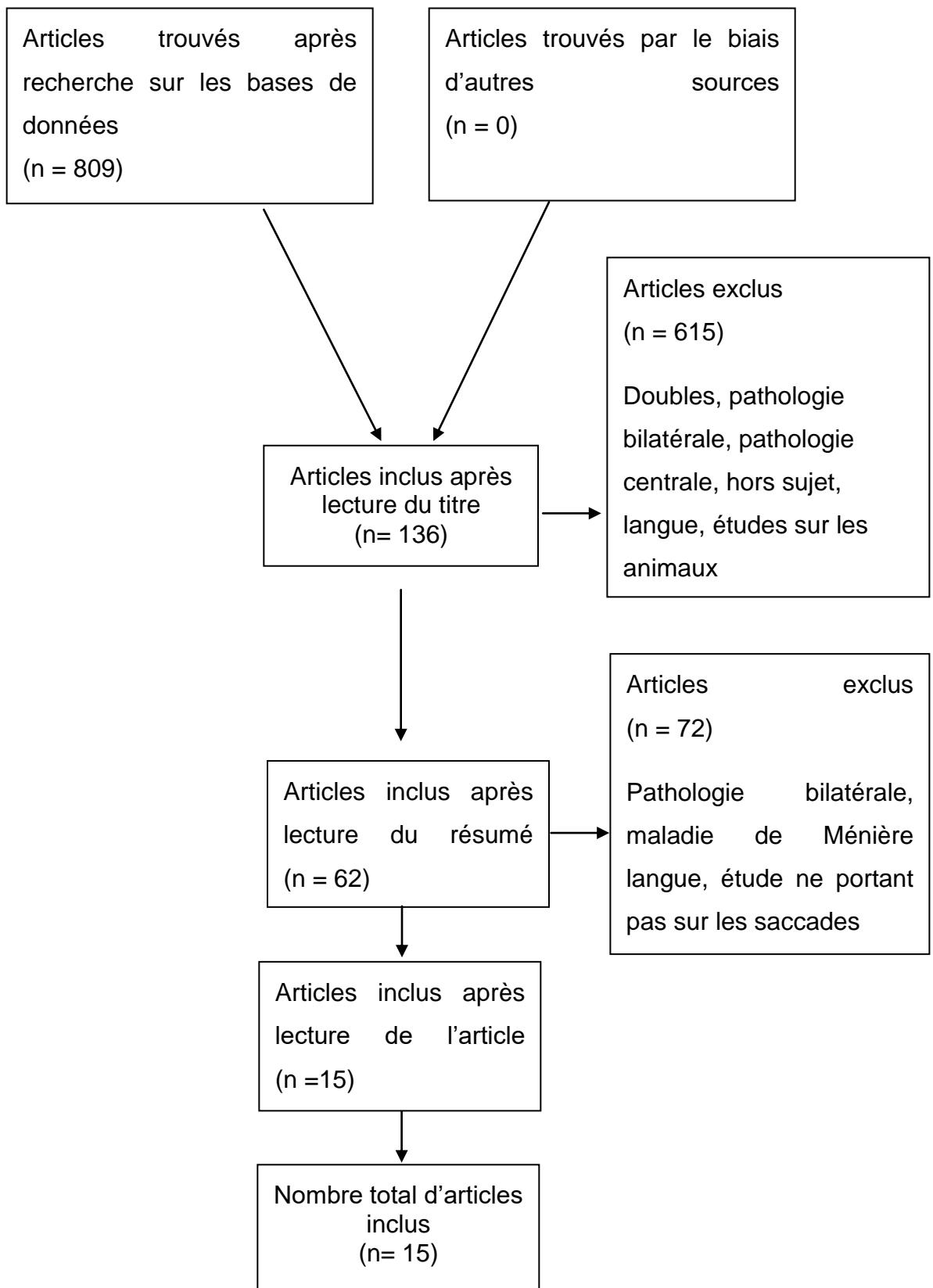


Figure 7: schéma d'inclusion des articles

## 2.3 Analyse des données

Les données extraites (annexe 11), relatives aux saccades, sont les moyennes et mesures de la variabilité pour le nombre, la latence, l'amplitude et le score PR, que les saccades soient différencierées ou non. Les données concernant la pathologie investiguée, la date des mesures, le nombre de patients ainsi que leur âge ont également été collectées. Pour les études présentant les données de plusieurs sous-groupes de patients qui rentraient dans les critères d'inclusion nous avons agrégé les données et recalculer les moyennes et écart – types pondérés par la taille des échantillons. Les données extraites seront présentées sous la forme moyenne ± écart – type dans l'optique d'en faire des représentations graphiques. Dans le cas où les moyennes étaient exprimées avec l'erreur standard l'écart type a été calculé.

## 2.4 Méthode d'évaluation des articles

Nous avons voulu évaluer les articles au travers de l'échelle Pedro (version française). Cette échelle comporte 11 items. Le premier item s'intéresse à la validité externe. Huit items se rapportent à la validité interne et les deux derniers items concernent les résultats. Cette échelle permet de donner une note sur 10 points à l'article évalué. L'échelle Pedro s'intéresse uniquement à des essais cliniques, nous avons donc préféré le système CASP (Critical appraisal skills programme) plus cohérent avec nos premières recherches. Il propose des outils d'évaluation pour les études de cohorte, et les études de cas – témoin. Contrairement à l'échelle précédente il ne permet pas de donner une note à l'article étudié et ne possède pas de version française. L'évaluation par le système CASP concerne surtout les résultats. Elle s'organise en trois sections. La première section permet de déterminer si les résultats de l'étude sont valides. La seconde interroge sur la nature des résultats. Enfin la troisième section évalue l'utilité des résultats. Il y a 11 items pour l'évaluation des études cas – témoin et 12 pour l'évaluation des études de cohorte. Nous ne pouvons pas répondre à tous les items par oui ou non ainsi la version originale de cet outil a été légèrement modifié afin de pouvoir répondre aux items de manière simple et de pouvoir présenter les résultats : les questions ouvertes ont été enlevées.

### 3. Résultats

#### 3.1 Identification des études éligibles

Les 16 équations de recherche générées dans 3 bases de données différentes, PubMed, Pedro et Cochrane Library ont donné 809 résultats. A partir des critères d'inclusion et après la lecture du titre des 809 articles 134 ont été retenus. Ensuite la lecture du résumé a permis d'écartier 72 articles. Sur les 62 articles lus, 15 ont été inclus. La bibliographie de chacun des articles inclus a été consultée. La sélection a été faite de la même manière que pour les résultats des équations, c'est – à – dire qu'il a été fait un premier tri en lisant le titre de l'article puis un second en lisant le résumé. Finalement aucun article n'a été inclu de cette manière. Les articles qui répondaient aux critères d'inclusions avaient déjà été inclus par le biais des équations de recherche.

#### 3.2 Caractéristiques des études sélectionnés

##### 3.2.1 Type d'études

Les types d'études retrouvées sont des études de cohorte, des études cas – témoin et des études de cas ou série de cas. Les études de cohorte sont majoritaires (Tableau III). Si on se réfère à la classification proposée par la Haute autorité de santé présentée en annexe (annexe 6) les études sélectionnées ont un faible niveau de preuve, à l'exception des études de cohorte, pour lesquelles le niveau de preuve est plus élevé.

Tableau III: tableau représentant le design des études

Design de l'étude	Etudes	Total	Niveau de preuve HAS
Etude de	(Navari et al., 2018), (Mantokoudis, Schubert, Tehrani, Wong, & Agrawal,	7	Niveau 2

cohorte	2014), (Mantokoudis et al., 2016), (Batuecas-Caletrio et al., 2017), (Trinidad-Ruiz, Rey-Martinez, Batuecas-Caletrio, Matiño-Soler, & Perez-Fernandez, 2018), (Redondo-Martínez et al., 2016), (Matiñó-Soler, Rey-Martinez, Trinidad-Ruiz, Batuecas-Caletrio, & Pérez Fernández, 2016)		
Etude cas – témoin	(MacDougall et al., 2016), (Lee, Newman-Toker, Zee, & Schubert, 2014), (Wettstein, Weber, Bockisch, & Hegemann, 2016), (Blödow et al., 2013), (Cerchiai, Navari, Sellari-Franceschini, Re, & Casani, 2018)	5 dont une étude rétrospective	Niveau 3
Série de cas	(Sjögren et al., 2018), (Batuecas-Caletrio, Santa Cruz-Ruiz, Muñoz-Herrera, & Perez-Fernandez, 2015)	2	Niveau 4
Etude de cas	(Manzari, Burgess, MacDougall, & Curthoys, 2013)	1	Niveau 4

### 3.2.2 Evaluation des articles

Le système CASP propose des outils pour évaluer les études de cohorte et les études cas – témoin. Cependant il ne permet pas d'évaluer les études de cas, ainsi 3 études (Batuecas-Caletrio et al., 2015; Manzari et al., 2013; Sjögren et al., 2018) n'ont pas pu être évaluées. L'évaluation des autres études est présentée dans l'annexe 7 pour les études cas – témoin et dans l'annexe 8 pour les études de cohorte. Un 1 signifie une réponse positive à l'item et un 0 signifie une réponse négative. Les items ont été traduits de l'anglais.

### 3.2.3 Pathologies retrouvées

Les deux pathologies récurrentes dans les études sont la névrite vestibulaire, sans distinction entre les différentes atteintes pouvant exister, et le neurinome de l'acoustique en post opératoire (Figure 8). En effet 5 études s'intéressent à la névrite vestibulaire (Blödow et al., 2013; Manzari et al., 2013; Matiñó-Soler et al., 2016; Redondo-Martínez et al., 2016; Trinidad-Ruiz et al., 2018). Pour le neurinome de l'acoustique 6 études ont inclus des patients après une chirurgie (Batuecas-Caletrio et al., 2017; MacDougall et al., 2016; Mantokoudis et al., 2016, 2014; Matiñó-Soler et al., 2016; Sjögren et al., 2018) et 3 avant la chirurgie (Batuecas-Caletrio et al., 2015; Blödow et al., 2013; Trinidad-Ruiz et al., 2018). Les autres pathologies retrouvées dans les études sont les atteintes congénitales et les labyrinthectomies. Enfin 3 études ne précisent pas la nature de l'atteinte vestibulaire unilatérale (Cerchiai et al., 2018; Lee et al., 2014; Navari et al., 2018). Certains auteurs ont inclus des pathologies différentes dans leur protocole mais elles sont indissociables les unes des autres, notamment en termes de résultats. Le détail des pathologies étudiées dans les études se trouve en annexe 8).

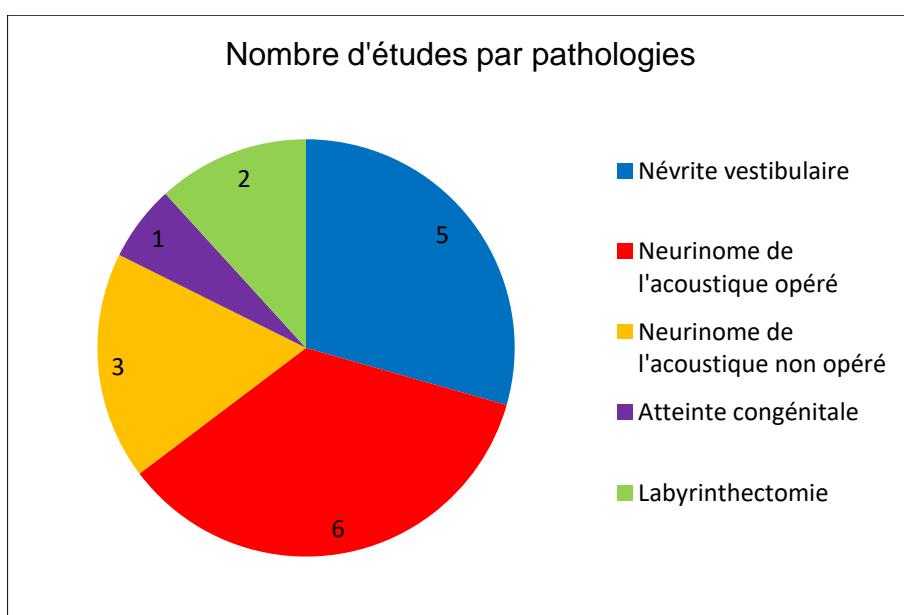


Figure 8: figure représentant le nombre d'études par pathologie

### 3.2.4 Nombre total de patients

Avec les 15 articles retenus le nombre de patients inclus par les auteurs est de 419. Trois études proposent des groupes contrôles. Le nombre de participants sains s'élève à 139.

Dans la mesure où plusieurs auteurs ont inclus plusieurs pathologies dans leurs études le nombre de patient total, avec une atteinte vestibulaire unilatérale est inférieur à 419. En effet, les critères de non-inclusion mentionnent les pathologies bilatérales et la maladie de Ménière. Les articles contenant une population hétérogène avec des résultats distincts pour chaque pathologie ont été inclus. Les données des patients atteints de pathologie qui ne correspondent pas aux critères d'inclusions ne seront pas présentées. Ensuite dans l'étude de G. Trinidad – Ruiz (Trinidad-Ruiz et al., 2018) 10 patients n'ont pas complété le protocole. Ils n'ont pas pu être suivis jusqu'au bout de l'étude et ont été exclus. Enfin les participants sains ne seront pas pris en compte dans la population de cette revue de la littérature. Finalement, le nombre total de participants, toutes exclusions faites, s'élève à 370. Parmi ces 370 patients 154 présentent un neurinome de l'acoustique dont 65 ayant fait l'objet d'un traitement chirurgical (Figure 9). Les 89 restants n'ont pas eu de chirurgie ou bien les mesures ont été faites avant celle-ci. Une personne a une atteinte vestibulaire unilatérale congénitale. Quatre vingt douze des patients inclus ont une névrite vestibulaire, toutes atteintes nerveuses confondues et 5 autres ont subi une labyrinthectomie. Enfin pour 128 personnes l'étiologie de l'atteinte vestibulaire unilatérale n'est pas précisée ou bien le nombre de patients par pathologie au sein de l'étude n'est pas précisé.

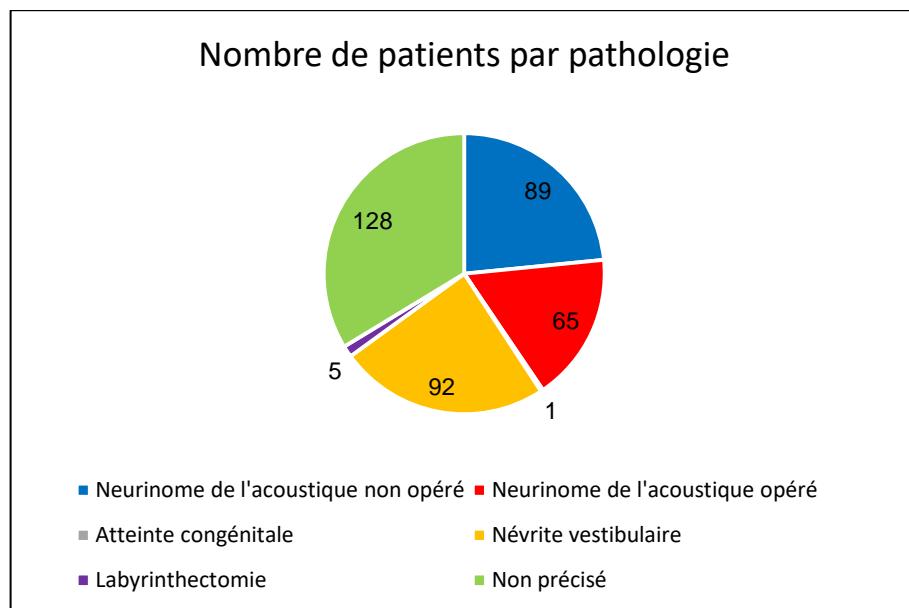


Figure 9: graphique représentant le nombre de patients par pathologie

### 3.2.5 Age des patients

Les quinze études incluses renseignent l'âge des patients. A l'exception de MacDougall et al. tous les auteurs donnent la moyenne d'âge des patients ou les informations qui permettent de la calculer (annexe 10). Les patients sont âgés de 12 à 97 ans.

### 3.2.6 Méthode de recrutement

La méthode de recrutement est peu détaillée dans les articles (Tableau IV). La méthode principale, celle la plus rencontrée, consiste à inclure des patients suivis dans le service de l'un des auteurs de l'étude. (Navari et al., 2018), (Lee et al., 2014), (Cerchiai et al., 2018), (Batuecas-Caletrio et al., 2017) et (Manzari et al., 2013) ont procédé de cette manière.

Sur les 15 articles, seule la moitié ( $n= 8$ ) a précisé le mois ou au moins l'année à laquelle les patients ont été inclus.

Enfin deux études, (Batuecas-Caletrio et al., 2017) et (Batuecas-Caletrio et al., 2015) ont inclus tous les patients consécutifs sur une période donnée.

Tableau IV: tableau regroupant les méthodes de recrutement

Article	Méthode de recrutement	Date de recrutement
(MacDougall et al., 2016)	Non précisé, les patients ont été évalués dans deux centres différents	Non précisé
(Navari et al., 2018)	Patients du service Otoneurologique de Pise	Janvier 2015 – juillet 2016
(Mantokoudis et al., 2014)	Non précisé, centre médical universitaire tertiaire	Non précisé
(Lee et al., 2014)	Non précisé	Non précisé
(Wettstein et al., 2016)	Patients des services ORL et neurologique de l'hôpital universitaire de Zurich	Non précisé
(Blödow et al., 2013)	Non précisé	Non précisé
(Mantokoudis et al., 2016)	Non précisé	Non précisé
(Cerchiai et al., 2018)	Patients du service Otoneurologique de Pise	Janvier 2015 – juin 2016
(Batuécas-Caletrio et al., 2017)	Patients consécutifs, hôpital de Salamanca	Chirurgie entre novembre 2011 et décembre 2015
(Sjögren et al., 2018)	Non précisé	Non précisé
(Trinidad-Ruiz et al., 2018)	Département d'ORL	Juillet 2016 – janvier 2017
(Redondo-Martínez et al., 2016)	Non précisé	Juin 2013 – avril 2014
(Matiñó-Soler et al., 2016)	Non précisé, patients	Non précisé

	suivis pour instabilité chronique	
(Manzari et al., 2013)	Patients du centre Oto – neurologique de Cassino	Janvier 2012 (patient 1) Juin 2011 (patient 2)
(Batuellas-Caletrio et al., 2015)	Non précisé, patients consécutifs	Non précisé

### 3.2.7 Dates des mesures

Les études se caractérisent par une hétérogénéité dans le nombre et les dates des mesures (Tableau V). En effet on retrouve différents délais entre le début de la pathologie et la première mesure. Trois études ne donnent pas de renseignements sur ce point.

Tableau V: tableau regroupant les dates des mesures

Etudes	Date de la première mesure	Autres mesures sans rééducation	Autres mesures après rééducation	Nombre maximal de mesures par patient
(MacDougall et al., 2016)	Non précisé			1
(Navari et al., 2018)	4 à 8 semaines		14 – 18 semaines	2
(Mantokoudis et al., 2014)	J0	J1, J2, J3, J4, J5, J30		7
(Lee et al., 2014)	Non précisé, patients chroniques			1
(Wettstein et al., 2016)	Non précisé			1

(Blödow et al., 2013)	Entre J0 et J94			1
(Mantokoudis et al., 2016)	Pré opératoire	J0, J1, J2, J3, J4, J5, J30		8
(Cerchiai et al., 2018)	3 premiers jours			1
(Batuellas-Caletrio et al., 2017)	Pré opératoire	J0, 1 mois, 3 mois, 6 mois		4
(Sjögren et al., 2018)	1 à 8 ans			1
(Trinidad-Ruiz et al., 2018)	Au moins 1 an			1
(Redondo-Martínez et al., 2016)	Début des symptômes (J5 maximum)	Entre J30 et J90		2
(Matiñó-Soler et al., 2016)	Au moins 6 mois			1
(Manzari et al., 2013)	J0	11 mois		1
(Batuellas-Caletrio et al., 2015)	Pas précisé			1

Afin d'évaluer l'évolution des différents paramètres des saccades et en tenant compte des différents temps de mesure proposés dans les études il semble judicieux d'organiser les résultats en trois périodes. Pour construire les groupes nous avons tout d'abord consigné l'ensemble des dates qui sont renseignées dans les articles. Certaines étaient données en semaines, d'autres en mois. Nous avons remarqué que trois périodes se dessinaient : mesures précoces, mesures autour de quelques mois et patients chroniques ou mesures tardives. L'organisation évoquée ci-dessus (J0 – J7, J30 – J90, au-delà de J90) est celle qui permettait d'inclure tous les articles qui ont daté leurs mesures. Il n'y a pas de mesures effectuées sur la période entre J7 et le premier mois (J30) donc l'étendue du premier groupe a été facile à déterminer. Le seuil du dernier groupe a été fixé à trois mois (J90) compte – tenu de la définition de la chronicité qui applique un seuil à 3 mois. En effet d'après le (Ministère des solidarités, de la santé

et de la famille, 2004) une pathologie peut être considérée comme chronique à ce stade.

Du fait de manque de précisions quant aux dates auxquelles ont été effectuées les mesures par rapport au début de la pathologie les études de MacDougall et al, Blödow et al. et Batueca – Caletro et al. n'entrent pas dans la composition des groupes. Deux études ne précisent pas à quel période de la pathologie les mesure ont été faites (MacDougall et al., 2016) et (Batuecas-Caletro et al., 2015). La troisième étude donne une plage trop large, en effet les mesures ont été effectuées entre J0 et J94 (Blödow et al., 2013). Les résultats de ces études seront présentés mais ne pourront pas être inclus dans un des trois groupes.

### 3.3 Méthode d'évaluation des saccades

### 3.3.1 Le VHIT

Le moyen d'exploration utilisé dans les études sélectionnées est le VHIT. Un examen au VHIT comporte un certain nombre de paramètres qui varient d'une étude à l'autre : la distance cible patient, l'amplitude du mouvement, la vitesse du mouvement, le nombre de trust réalisés ainsi que le système d'enregistrement vidéo utilisé. Les résultats sont présentés dans un tableau (Tableau VI). La distance patient – cible varie de 90 cm, pour la plus faible, à plus de 2 m pour la plus élevée. De plus 7 études ne renseignent pas ce point. Parmi les 5 systèmes VHIT existant seuls 3 sont retrouvés dans les études incluses : EyeSeeCam, Firefly MV et GN-Otometrics.

Tableau VI: tableau regroupant les mesures au VHIT

Etudes	Distance cible – patient en cm	Vitesse en °/s	Amplitude en °	Nombre d'impulsions minimales totales (droites et	Système d'enregistrement vidéo utilisé
--------	--------------------------------	----------------	----------------	---	--

				gauches)	
(MacDougall et al., 2016)	90	150 - 250	NC	20	Firefly MV
(Navari et al., 2018)	NC (Non connu)	NC	NC	NC	GN-Otometrics
(Mantokoudis et al., 2014)	>200	100 - 200	5 – 15	NC	EyeSeeCam
(Lee et al., 2014)	NC	181	NC	NC	NC
(Wettstein et al., 2016)	NC	200 - 300	NC	20	Firefly MV
(Blödow et al., 2013)	120	<150	15 - 20	20	EyeSeeCam
(Mantokoudis et al., 2016)	NC	90 – 200	5 – 20	NC	EyeSeeCam
(Cerchiai et al., 2018)	150	150 – 200	10 – 20	20	GN-Otometrics
(Batuacas-Caletrio et al., 2017)	90 – 100	150 – 240	18 – 20	20	GN-Otometrics
(Sjögren et al., 2018)	150	150	10 - 20	20	EyeSeeCam
(Trinidad-Ruiz et al., 2018)	100	150	0 - 15	40	GN-Otometrics

(Redondo-Martínez et al., 2016)	NC	NC	NC	NC	GN-Otometrics
(Matiñó-Soler et al., 2016)	NC	NC	NC	NC	GN-Otometrics
(Manzari et al., 2013)	NC	NC	10 – 20	NC	GN-Otometrics
(Batuécas-Caletrio et al., 2015)	100	NC	10 - 20	20	GN-Otometrics

### 3.3.2 Paramètres

La latence, l'amplitude, le nombre ou le pourcentage de saccade ainsi que leur regroupement (score PR) sont les différents paramètres que l'on retrouve dans les études (Figure 10). Toutefois chaque étude ne s'intéresse pas à l'ensemble de ces paramètres. En effet 5 études se sont intéressées au score PR contre 8 pour la latence des saccades. Trois études ont mesuré l'amplitude des saccades. Le paramètre qui revient le plus fréquemment est le nombre, ou pourcentage de saccade, puisqu'on le retrouve dans 10 études. Le pourcentage de saccade n'est pas calculé de la même manière dans les études. Certains auteurs ont évalué le nombre d'impulsions qui comportent des saccades, d'autres le nombre de patients qui présentent des saccades ou encore la prévalence des saccades sur l'ensemble des impulsions réalisées. En résumé, parmi les études incluses dans les groupes, deux d'entre elles (Batuécas-Caletrio et al., 2015; Redondo-Martínez et al., 2016) ont évalué le nombre ou le pourcentage de patients qui présentent des saccades. Cinq (Cerchiai et al., 2018; Mantokoudis et al., 2016, 2014; Navari et al., 2018; Sjögren et al., 2018) ont calculé la proportion, le pourcentage ou bien le nombre de saccades générées sur l'ensemble des impulsions réalisées, à un instant donné ou non. Enfin deux études (Lee et al., 2014;

Trinidad-Ruiz et al., 2018) ont présenté le nombre d'impulsions comportant des saccades.

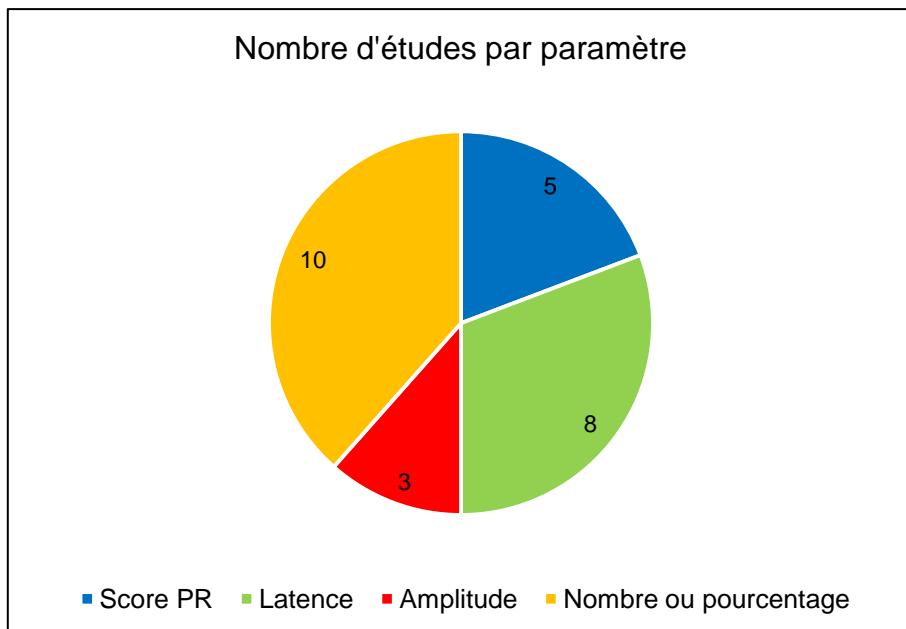


Figure 10: graphique représentant le nombre d'étude par paramètre

### 3.4 Présentation des effets au cours du temps

Les résultats sont présentés toutes pathologies confondues. Afin de voir si nous observons une progression des différents paramètres les résultats sont présentés en fonction du temps. Ils sont repartis en 3 groupes : de J0 à J7, de J30 à J90 et au – delà de J90.

#### 3.4.1 Proportion

##### 3.4.1.1 Entre J0 et J7

Le pourcentage de covert saccades sur l'ensemble des trust réalisés est de  $10,79 \pm 15,73\%$  (Cerchiai et al., 2018). Pour les overt saccades il s'élève à  $69,92 \pm 32,92\%$  (Cerchiai et al., 2018). Mantokoudis et al. rapportent que sur l'ensemble des saccades de rattrapage produites plus de 60% sont des covert saccades alors que 80% d'entre

elle sont des overt saccades (Mantokoudis, Schubert, Tehrani, Wong, & Agrawal, 2014). Enfin l'étude menée par Redondo – Martinez et al. annonce que 80 % des patients inclus présentent des covert saccades et que 95% de ces mêmes patients présentent des overt saccades. Ces trois études dessinent la même tendance : les overt saccades semblent majoritaires lors des mesures précoces. Mantokoudis et al. relèvent également un fort pourcentage des overt saccades pendant cette période de J0 à J7, toutefois ce pourcentage diminue rapidement : il passe de 85% à 30% en au cours des 6 premiers jours après l'atteinte (Mantokoudis et al., 2016). Le même auteur constate également une diminution des overt saccades lors d'une étude menée en 2014. Outre les résultats chiffrés mentionnés plus haut, il remarque que les overt saccades sont majoritaires jusqu'au quatrième jour post opératoire, puis leur proportion diminue pour laisser place aux covert saccades qui, elles, sont majoritaires à partir du quatrième jour post opératoire (Mantokoudis et al., 2014).

### 3.4.1.2 Entre J 30 et J 90

Navari et al. annoncent un pourcentage de covert saccades à  $15,75 \pm 24,35\%$ . En comparaison le pourcentage des overt saccades s'élève à  $85,82 \pm 26,36\%$  (Navari et al., 2018). Les résultats de l'étude de Redondo-Martinez et al. suivent la tendance inverse : il y a plus de patients qui présentent des covert saccades, 65%, que de patients qui présentent des overt saccades, 55% (Redondo-Martínez et al., 2016). L'étude de Mantokoudis et al. va également dans ce sens puisqu'il rapporte un faible pourcentage d'overt saccades, entre 0 et 20% (Mantokoudis et al., 2016). A l'exception de l'étude de Navari et al., la chute de la proportion des overt saccades évoquée par Mantokoudis et al. est relayée par une étude du même auteur et celle de Redondo-Martinez et al.

### 3.4.1.3 Après J90

Soixante six pourcents des impulsions ont déclenché au moins une covert saccade et 73% ont déclenché au moins une overt saccade (Lee et al., 2014). Pour Sjögren et al.  $77 \pm 36\%$  de covert saccades ont été déclenchées sur l'ensemble des impulsions (Sjögren et al., 2018). Pour Trinidad Ruiz et al. 43,29% des impulsions réalisées ont

déclenchées des covert saccades (Trinidad-Ruiz et al., 2018). Wettstein et al. rapportent que les overt saccades sont majoritaires pour leur patient (Wettstein et al., 2016). En revanche Matino-Soler et al., lors du suivi d'un patient sur trois mois, notent une diminution du nombre d'overt saccades au profit des covert saccades. Cette observation est retrouvée dans l'étude de Manzari et al. lors de l'observation d'un patient sur onze mois (Manzari et al., 2013).

Avec ces résultats il est difficile de discerner une tendance quant à la proportion des saccades de rattrapage après J90. Au vu des résultats retrouvés dans les deux groupes précédents nous nous serions attendus à retrouver une diminution des overt saccades. Cette diminution est retrouvée dans deux études sur six (Manzari et al., 2013; Matiñó-Soler et al., 2016). Les pourcentages rapportés par les autres études ne vont pas dans ce sens, certains auteurs notent même que les overt saccades sont plus nombreuses que les covert saccades (Lee et al., 2014; Wettstein et al., 2016).

Aucun auteur n'a fait de mesures sur les saccades de rattrapage en général, c'est-à-dire sans discerner les overt saccades des covert saccades, nous ne pouvons donc pas conclure sur ce point.

#### 3.4.1.4 Conclusion

Une tendance se dessine pour les mesures de J0 jusqu'à J90 : la proportion des overt saccades, qui semble majoritaire lors des mesures précoces tend à diminuer au profit des covert saccades. Nous ne pouvons toutefois pas étendre cette observation aux mesures effectuées après J90.

#### 3.4.2 Latence

##### 3.4.2.1 Entre J0 et J7

Pour Cerchiai et al. la latence des covert saccades est de  $121,32 \pm 48,95$  millisecondes (ms), celle des overt saccades s'élève à  $234,89 \pm 79,23$  ms (Cerchiai et al., 2018).

Mantokoudis et al. ont étudié la latence des saccades sans distinctions entre les covert et overt saccades. Il rapporte une latence de  $192,8 \pm 36,1$  ms. Cette latence chute à  $134,5 \pm 23,5$  ms trois jours plus tard (Mantokoudis et al., 2014). Dans une seconde étude Mantokoudis et al. mettent en avant une diminution de la latence des saccades de rattrapage (Mantokoudis et al., 2016). En effet à J0 la latence des saccades s'élève à  $196,94 \pm 22,70$  ms (Mantokoudis et al., 2016) puis elle diminue de  $13,46 \pm 5,30$  ms.

### 3.4.2.2 Entre J30 et J90

Navari et al. ont mesuré une latence moyenne de covert saccades de  $110,33 \pm 22,13$  ms. Pour les overt saccades la latence moyenne des saccades est de  $192,92 \pm 39,28$  ms (Navari et al., 2018). Ces valeurs sont plus faibles que celles relevées par Cherchiai et al. lors des mesures précoces. Cette tendance est confirmée par Mantokoudis et al. En effet, ils ont évalué la latence des deux types de saccades confondues et elle se situe entre 100 et 120 ms (Mantokoudis, Schubert, Tehrani, Wong, & Agrawal, 2014).

### 3.4.2.3 Après J90

Pour Lee et al. la latence moyenne des covert saccades est de  $96,7 \pm 48$  ms (Lee et al., 2014). Ce résultat s'inscrit dans la tendance évoquée précédemment, à savoir une diminution de la latence des saccades. Trinidad-Ruiz et al. rapportent une latence moyenne des covert saccades légèrement plus élevée :  $115,404 \pm 11,470$  ms (Trinidad-Ruiz et al., 2018).

Concernant les overt saccades, les latences moyennes restent très élevées. Elles sont supérieures à celles relevées par Navari et al. lors des mesures entre J30 et J90 :  $223 \pm 48$  ms (Lee et al., 2014) et  $297,212 \pm 63,116$  ms (Trinidad-Ruiz et al., 2018).

Enfin Lee et al. et Sjörgen et al. ont fait une mesure toutes saccades confondues. La latence moyenne s'élève à  $163 \pm 75$  ms (Lee et al., 2014) pour la première étude et à  $134 \pm 40$  ms (Sjögren et al., 2018) pour la seconde. Ces valeurs sont plus élevées que celles données par Montokoudis et al. lors des mesures effectuées entre J30 et J90.

#### 3.4.2.4 Conclusion

Une tendance se dessine entre J0 et J90 (Figure 11) : la latence des saccades semble diminuer, ce qui est cohérent avec les observations faites à propos de la proportion des saccades. En effet, la différence entre les covert et overt saccades se fait sur la latence, donc si les overt saccades deviennent progressivement des covert saccades il est cohérent de trouver une diminution de la latence sur la même période. En revanche les résultats des mesures après J90 ne vont pas dans ce sens. Or, nous n'avions pas pu étendre la diminution progressive du pourcentage des covert saccades au-delà de J90 ce qui indique bien que la latence des saccades n'a pas diminué après J90.

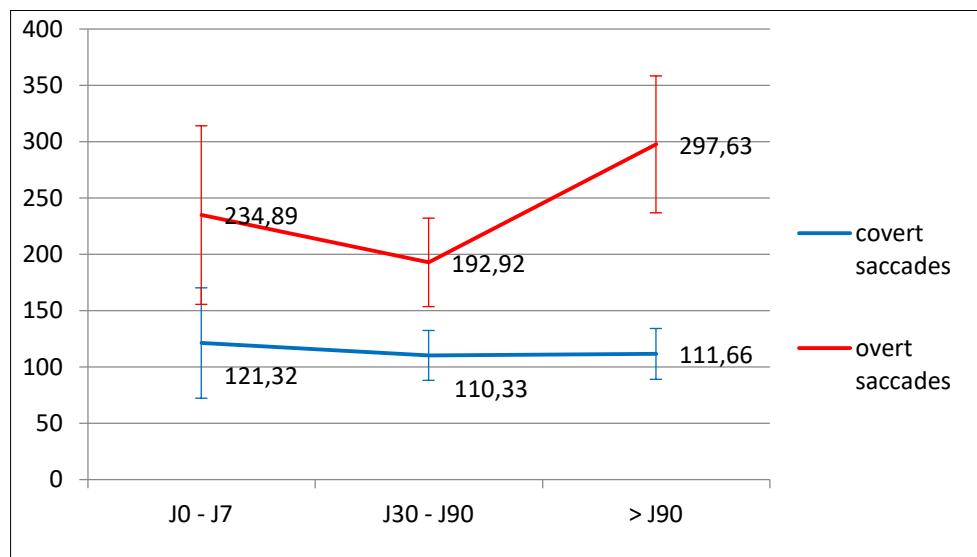


Figure 11: graphique représentant l'évolution de la latence (en ms) des covert saccades et des overt saccades au cours du temps

### 3.4.3 Amplitude

#### 3.4.3.1 Entre J0 et J7

La valeur moyenne de l'amplitude des covert saccades, obtenue grâce aux données de l'étude de Cherchiai et al. est de  $136,72 \pm 69,52^\circ$  (degrés). Pour les overt saccades l'amplitude moyenne est de  $129,77 \pm 65,66^\circ$  (Cerchiai et al., 2018).

#### 3.4.3.2 Entre J30 et J90

Navari et al. évaluent l'amplitude moyenne des covert saccades à  $188,00 \pm 67,33^\circ$ . Celle des overt saccades s'élève à  $159,64 \pm 73,98^\circ$  (Navari et al., 2018).

#### 3.4.3.3 Après J90

Aucun auteur n'a mesuré l'amplitude des covert saccades au-delà de quatre mois après le début des symptômes.

#### 3.4.3.4 Conclusion

Il semble que l'amplitude des saccades (Figure 12) augmente toutefois 2 articles seulement ont fourni des données sur l'amplitude des saccades, et ce à des périodes différentes, il est donc difficile d'en tirer une conclusion.

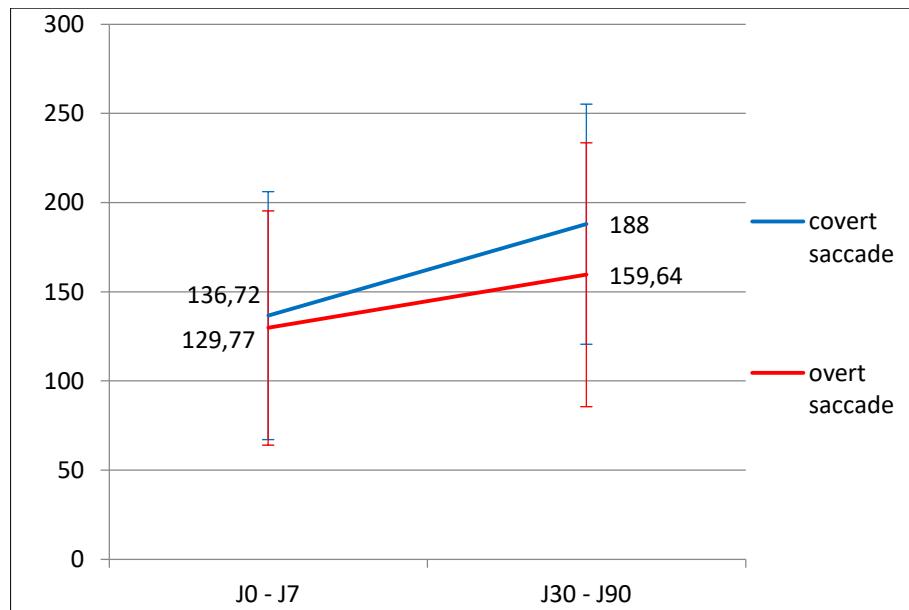


Figure 12: graphique représentant l'évolution de l'amplitude (en degrés) des covert saccades et des overt saccades au cours du temps

### 3.4.4 Score PR

#### 3.4.4.1 De J0 à J7

La moyenne du score PR des covert saccades obtenue à partir des données de l'étude de Cherchiai et al. est de  $20,57 \pm 18,02$ . Celles des overt saccades est de  $44,78 \pm 24,53$  (Cerchiai et al., 2018). Les données récoltées dans l'étude de Batuecas-Caletrio et al. ont permis de calculer un score PR moyen de  $35,16 \pm 8,10$  pour l'ensemble des saccades (Batuecas-Caletrio et al., 2017).

#### 3.4.4.2 De J30 à J90

On retrouve un score PR moyen de  $37,00 \pm 20,11$  pour les covert saccades contre un score de  $47,54 \pm 22,82$  pour les overt saccades (Navari et al., 2018). Les moyennes calculées, pour l'ensemble des saccades, grâce aux données de l'étude de Batuecas-Caletrio et al. sont plus faibles :  $27,42 \pm 6,52$  pour la mesure à J30 et  $22,33 \pm 5,33$  pour la mesure à J90 (Batuecas-Caletrio et al., 2017).

### 3.4.4.3 Après J90

Les données extraites sur le score PR après J90 concernent les saccades de rattrapage en général (Figure 14). En effet, aucune étude n'a évalué le score PR des covert et overt saccades séparément.

L'étude de Batuecas – Caletro et al. a permis de calculer une moyenne de  $18,03 \pm 4,62$ . Si l'on s'attarde sur les résultats de cette étude on remarque que le score PR diminue avec le temps. Cette observation a également été faite par Manzari et al. En effet en étudiant l'évolution d'un patient sur onze mois ils remarquent que les saccades deviennent de plus en plus groupées avec le temps (Manzari et al., 2013). Si l'étude de Manzari et al. avait évalué le score PR de ce patient ils auraient probablement retrouvé une diminution de ce dernier au cours du temps.

En revanche ce n'est pas la tendance qui se dégage des autres études. En effet, Trinidad – Ruiz et al. et Matino – Soler et al. annoncent des moyennes plus élevées :  $45,675 \pm 16,799$  (Trinidad-Ruiz et al., 2018) et  $31 \pm 12$  (Matiñó-Soler et al., 2016).

### 3.4.4.4 Conclusion

L'étude de Batuecas – Caletro et al. est la seule qui propose un suivi du score PR sur les trois groupes. Si on se concentre uniquement sur les résultats de cette étude on remarque une diminution du score PR au cours du temps, donc des saccades de plus en plus regroupées. Toutefois une seule autre étude (Manzari et al., 2013) sur les quatre autres citées obtient les mêmes résultats. Il paraît donc difficile de dessiner une tendance sur l'évolution du score PR (Figure 13).

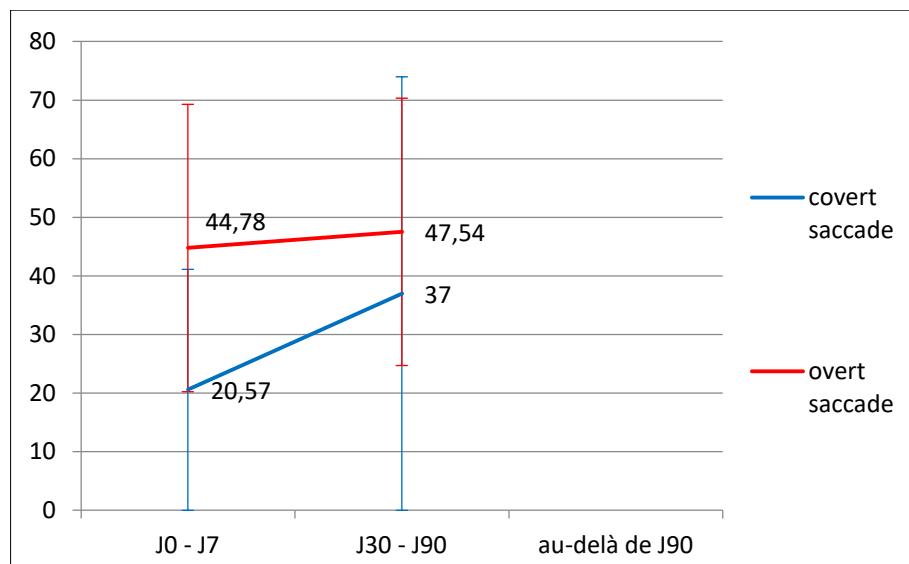


Figure 13: graphique représentant l'évolution du score PR des covert saccades et des overt saccades au cours du temps

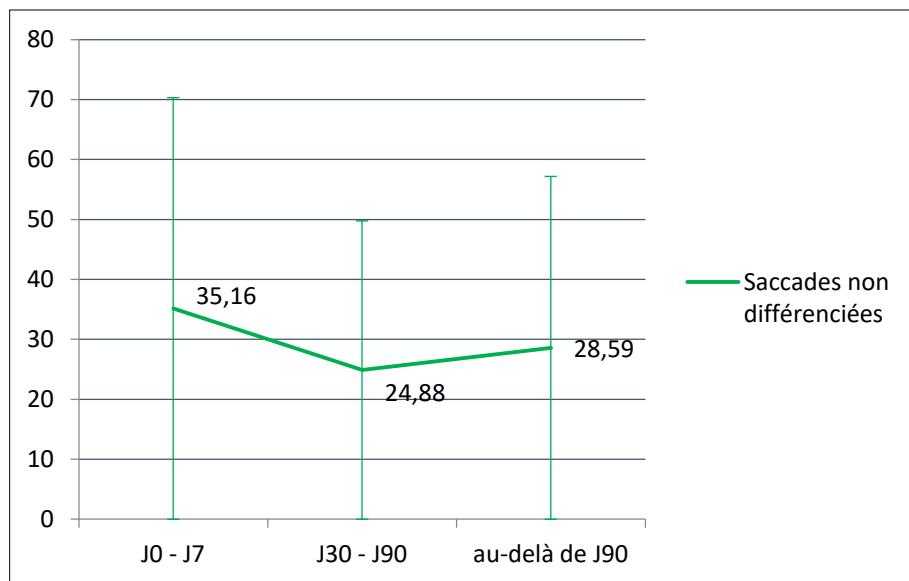


Figure 14: graphique représentant l'évolution du score PR toutes saccades confondues au cours du temps

### 3.5 Etudes non incluses dans les groupes

#### 3.5.1 Proportion

Blödow et al. rapportent que, pour des mesures effectuées entre J0 et J94, sans plus de précision sur la date des mesures, 5,3% à 16,3% des patients présentent des covert saccades isolées. Le pourcentage de patients présentant des overt saccades isolées est plus élevé [34,7 – 36,8 %]. Enfin, toujours dans cette même étude, entre 49% et 57,9% des patients présentent des covert et des overt saccades (Blödow et al., 2013).

Batuecas – Caletro et al. trouvent que 37 patients sur 50 présentent des covert saccades, 25 patients sur 50 des overt saccades et 19 patients sur 50 présentent les deux types de saccades (Batuecas-Caletro et al., 2015).

#### 3.5.2 Latence

MacDougall et al. rapportent une latence allant de 104 à 140 ms pour les covert saccades. Pour les overt saccades la latence s'élève à  $269 \pm 128$  ms (MacDougall et al., 2016).

#### 3.5.3 Conclusion

Aucun article n'a évalué l'amplitude et le score PR. A cause du manque de précision quant à la date des mesures ces résultats n'ont pas pu être intégrés dans les groupes et il n'est pas possible de les mettre en relation avec ceux des autres articles et d'en tirer des conclusions.

## 4. Discussion

### 4.1 Résumé des résultats

Notre recherche a permis de trouver 809 articles. Sur ces 809 articles 15 ont été inclus. Les études incluses suggèrent que les overt saccades apparaissent en nombre

immédiatement après l'atteinte vestibulaire. Dans les jours qui suivent, et ce jusqu'à J90, la proportion des overt saccades semble diminuer au profit des covert saccades. La latence suit la même tendance. Elle est élevée dans les jours qui suivent l'atteinte puis elle diminue jusqu'à J90, ce qui est cohérent. Que ce soit pour la latence ou pour la proportion des saccades aucune tendance ne se dessine après J90. Les études incluses fournissent trop peu de données quant à l'amplitude des saccades pour pouvoir en tirer une conclusion. Concernant le score PR il est également difficile de conclure car les résultats des études sont contradictoires. Certaines vont dans le sens d'une diminution de ce score au fil du temps alors que d'autres suivent la tendance inverse.

## 4.2 Variabilité des articles

### 4.2.1 VHIT

La première variabilité retrouvée entre les études concerne le VHIT et plus particulièrement la méthodologie des mesures. En effet le nombre d'impulsions de la tête, la distance patient – cible, l'amplitude des impulsions et le logiciel d'acquisition des données sont des paramètres qui varient entre les études (Tableau VI).

Intéressons nous d'abord à la distance patient - cible. Les études (Batuellas-Caletrio et al., 2017; MacDougall et al., 2016) ont une distance patient – cible inférieure à un mètre. Or en dessous de cette distance il y a un risque d'activer le système de convergence des yeux, ce qui peut interférer avec le RVO (Alhabib & Saliba, 2017). Alhabib et al. n'ont pas mentionné d'interférence avec les saccades de ratrapage. Toutefois comme ces saccades sont les compensations d'un RVO défaillant si le système de convergence des yeux peut interférer avec le RVO nous pouvons supposer qu'il peut également interférer avec les saccades de ratrapage et ainsi compromettre les résultats de ces études.

Ensuite les logiciels d'acquisition des données calculent le gain du RVO avec des algorithmes différents. Janky et al. ont comparé les gains obtenus avec trois logiciels et ils ont observé des différences (Janky, Patterson, Shepard, Thomas, & Honaker, 2017).

S'il y a une différence de résultats au niveau du gain du RVO on pourrait s'attendre à ce qu'il y en ait dans les mesures des saccades, bien que l'étude ne se soit pas intéressée à cette problématique. Or trois logiciels différents ont été utilisés par les auteurs des études incluses dans cette revue.

Enfin le nombre d'impulsions effectuées pour chaque mesure pourrait avoir un impact sur le gain du RVO et l'apparition des saccades. La plupart des études ont fixées un seuil de 20 impulsions par évaluation, soit 10 de chaque côté. Une seule a fixé le nombre d'impulsions minimum à 40 et 7 n'ont pas renseigné ce paramètre. Les logiciels utilisés rejettent les impulsions avec une amplitude et une vitesse inadéquate donc le nombre total d'impulsion peut être bien supérieur à 20 ou même 40 et dépend de l'habileté de l'examinateur. En effet on peut supposer que plus l'examinateur répète le mouvement et plus le sujet s'habitue et compense son déficit.

Afin d'éviter de rencontrer les mêmes biais dans les futures études il pourrait être intéressant de standardiser la mesure du VHIT. Nous pourrions commencer par proposer de respecter une distance minimale de 1 mètre entre la cible et le patient. De plus amples recherches ou des études pourraient également être nécessaire pour déterminer une distance maximale ainsi que pour déterminer le nombre d'impulsions à effectuer.

#### 4.2.2 Calcul de la proportion des saccades

La seconde variabilité retrouvée entre les études concerne le calcul de la proportion des saccades. Il est compliqué de traiter et de représenter graphiquement les résultats concernant les proportions des saccades car elles ne sont pas évaluées de la même manière dans les différentes études. Certains auteurs ont évalué le nombre d'impulsions qui génèrent des saccades, d'autres le nombre de patients qui présentent des saccades ou encore la prévalence des saccades sur l'ensemble des impulsions réalisées. Dans ces conditions il est difficile de mettre les résultats en lien les uns avec les autres. Nous avons certes pu interpréter qualitativement ces résultats mais l'hétérogénéité des méthodologies nous interdit de les mettre en relation pour faire des comparaisons de

moyenne par exemple. C'est regrettable dans la mesure où les données sur la proportion ou le nombre de saccades générées sont celles que nous avons retrouvées le plus fréquemment dans les articles puisque 10 études sur 15 s'y sont intéressées (Figure 10). Nous pourrions proposer, au terme d'un consensus, une standardisation de la mesure de la proportion des saccades afin de pouvoir mettre en lien les données issues de différentes études.

#### 4.2.3 Méthode de recrutement

La troisième variabilité entre les études concerne la méthode de recrutement. Les méthodes de recrutement ne sont pas très bien renseignées dans les protocoles (Tableau IV). Par ailleurs Wettstein et al. ont composé leur groupe contrôle avec des personnes de leur entourage ou du personnel de l'hôpital. La connaissance personnelle de l'un ou plusieurs des auteurs constitue un biais.

Enfin lors du recrutement des participants dans les différents protocoles il n'a pas été tenu compte de l'âge des patients. Or plusieurs études mettent en avant un effet de l'âge sur les saccades de ratrapage (Anson et al., 2016; Rambold, 2016).

#### 4.2.4 Variabilité entre les pathologies

Il y a trop peu d'études qui s'intéressent aux paramètres des saccades, évalués au VHIT, pour se concentrer sur une pathologie en particulier. Initialement, nous devions travailler sur les névrites vestibulaires mais nous avons dû élargir la population afin d'avoir plus d'articles à analyser. Nous avons fait le choix d'inclure toutes les atteintes vestibulaires unilatérales avec une physiopathologie semblable. De plus, du fait du peu de données récoltées, nous n'avons pas pu présenter les résultats en distinguant les pathologies. Bien que l'atteinte soit unilatérale pour chacune des pathologies, il existe des différences au niveau du mécanisme et du degré de l'atteinte. Par exemple un patient ayant subi une labyrinthectomie a une atteinte vestibulaire totale, puisque l'intégralité du labyrinthe a été détruit. En revanche un patient atteint d'une névrite vestibulaire peut avoir une atteinte seulement partielle. En effet l'innervation de l'oreille

interne se fait par le nerf vestibulaire or ce nerf présente deux ramifications principales (Figure 1) et la névrite peut toucher une seule de ces branches. Dans ce cas certains canaux semi circulaires sont épargnés, l'atteinte vestibulaire est donc partielle. Selon Fetter et al. la branche inférieure du nerf vestibulaire serait la plus épargnée (Fetter & Dichgans, 1996). Nous pouvons imaginer que le degré de l'atteinte a une influence sur les compensations puisque dans le second cas il y a moins de perte d'informations vestibulaires. On peut donc s'attendre à moins de compensations. Cherchiai et al. ont observé qu'il y a une corrélation entre le gain du RVO d'une part et la prévalence des overt saccades, l'amplitude des overt et des covert saccades d'autre part. Les patients avec un gain du RVO plus élevé ont une plus faible prévalence d'overt saccades et une plus faible amplitude d'overt et covert saccades (Cerchiai et al., 2018). Il existe une variabilité entre les pathologies qui peut avoir un impact sur les saccades de rattrapage.

#### 4.2.5 Variabilité au sein des pathologies

Cette variabilité existe surtout pour le neurinome de l'acoustique et la névrite vestibulaire.

Pour le neurinome de l'acoustique, la gravité de l'atteinte pourrait avoir un impact sur les mécanismes de compensation (Batuecas-Caletrio et al., 2017). En effet, les patients avec une atteinte vestibulaire importante avant de se faire opérer mettent en place des stratégies de compensation plus efficaces en post-opératoire que ceux qui présentaient une atteinte moins importante avant l'opération (Batuecas-Caletrio et al., 2017). La variabilité réside dans la sévérité du neurinome et il semble qu'elle ait un impact sur les mécanismes de compensation. Or dans les études retrouvées, trop peu indiquent le niveau d'atteinte, la date du début du neurinome et la date relative de l'opération. Ceci pourrait impacter les résultats retrouvés et expliquer en partie la variabilité entre les études.

Pour la névrite vestibulaire la variabilité réside dans l'évolution de la pathologie et dans le degré d'atteinte. La variabilité concernant le degré d'atteinte a été évoquée

précédemment. Concernant l'évolution d'une névrite vestibulaire il y a deux issues : soit le patient récupère, c'est-à-dire que l'inflammation diminue et le nerf retrouve sa fonction, soit le patient ne récupère pas et met en place des stratégies de compensation. Au stade précoce de l'atteinte il est, pour le moment, impossible de connaître l'issu de la pathologie. Ainsi des patients en voie de récupération ont pu être inclus et perturber les résultats. En effet une névrite vestibulaire qui récupère se caractérise par une augmentation du RVO et une diminution des saccades de rattrapage. C'est ce que rapportent Manzari et al. dans leur étude en observant deux patients : un qui récupère de sa névrite et l'autre qui compense (Manzari et al., 2013). Certains auteurs (Blödow et al., 2013; Redondo-Martínez et al., 2016) ayant inclus des patients souffrant de névrite vestibulaire, au moment du diagnostic, dans leur protocole ne précisent pas l'évolution de la pathologie ce qui pourrait interférer avec les résultats de ces études et donc de cette revue de la littérature.

### 4.3 Limites de cette revue de la littérature

#### 4.3.1 Limites de la méthode de recherche

La première limite concerne la langue. Les articles rédigés dans une autre langue que le français et l'anglais ont été exclus. Cela constitue un biais de sélection puisque d'autres études auraient pu être incluses et nous apporter plus de résultats. Parmi elles nous pouvons citer une étude en russe (Kunel'skaya et al., 2018).

La seconde limite concerne la méthodologie des protocoles de recherche des études. A l'exception du choix de l'outil de mesure, à savoir le VHIT, nous n'avons fixé aucun critère d'inclusion concernant la méthodologie des protocoles de recherches. Nous aurions pu imaginer des critères relatifs à l'âge maximal des participants, à la méthode de recrutement des patients, aux critères d'inclusions des patients dans les études... Nous avons donc une grande hétérogénéité au niveau des protocoles mis en place dans les études qui peut expliquer les variabilités retrouvées entre les articles et les résultats.

#### 4.3.2 Limites des résultats de la revue de la littérature

La première limite concerne les études qui ne donnent pas de précisions sur la date des mesures effectuées. Bien qu'elles répondent aux critères d'inclusions définis dans la méthode de cette revue de la littérature 3 études sur 15 n'ont pas été incluses dans les groupes (J0 – J7 ; J30 – J90 ; au delà de J90) (Batuecas-Caletrio et al., 2015; Blödow et al., 2013; Wettstein et al., 2016) car aucun renseignement n'était donné sur le délai entre le début de la pathologie et les mesures ou alors les informations n'étaient pas exploitables. Les résultats ont été traités mais n'ont pas pu être mis en lien avec ceux des autres études à cause du manque d'informations.

La seconde limite concerne le niveau de preuve des articles trouvés. Le niveau de preuve des articles est assez faible puisqu'au mieux nous avons des études de cohorte. Cela correspond à un niveau de preuve 2 d'après la Haute autorité de santé, c'est pourquoi nous ne pouvons pas extrapoler les résultats trouvés d'après ces études. Cependant ces articles nous ont tout de même permis de comprendre l'évolution des saccades entre J0 et J90 et nous sommes en droit de penser qu'il se produit une diminution des overt saccades au profit des covert saccades et que la latence de l'ensemble de ces saccades diminue de J0 à J90.

### 4.4 Proposition de protocole

#### 4.4.1 Cadre juridique

La mise en place d'un protocole nécessite une assurance impliquant un promoteur. Pour une étude interventionnelle portant sur l'être humain les autorisations suivantes doivent être obtenues : celle du comité de protection des personnes (CPP) et celle de la commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL).

#### 4.4.2 But de la recherche – Hypothèse de travail

Le but de ce protocole est d'étudier l'évolution des saccades de rattrapage au cours du temps et de voir s'il existe une corrélation avec la qualité de vie. L'hypothèse que nous

cherchons à démontrer est la suivante : les covert saccades et les overt saccades diminuent en termes de latence, de proportion, d'amplitude et se regroupent au cours du temps.

#### 4.4.3 Objectifs et critères d'évaluation

	Objectifs	Critères
Principal	Quantifier la quantité d'overt saccades pour montrer une diminution au cours du temps	Nombre d'overt saccades déclenchées sur l'ensemble des impulsions obtenues au VHIT
Secondaires	Quantifier la quantité de covert saccades pour étudier son évolution au cours du temps	Nombre de covert saccades déclenchées sur l'ensemble des impulsions obtenues au VHIT
	Etudier la latence des covert et overt saccades au cours du temps	Latence des covert et overt saccades obtenues au VHIT
	Etudier l'amplitude des covert et overt saccades au cours du temps	Amplitude des covert et overt saccades obtenues au VHIT

	Etudier le regroupement des saccades au cours du temps	Score PR des covert et overt saccades
	Evaluer la qualité de vie des patients grâce au DHI	Score DHI des patients
	Montrer une corrélation entre l'évolution des saccades et le score obtenu au DHI	

Notre objectif primaire est de quantifier les overt saccades qui se produisent sur l'ensemble des impulsions de la tête réalisés pour une mesure au VHIT. Afin de pouvoir comparer ces résultats aux études déjà existantes nous relèverons également le nombre de patients présentant des overt saccades et le nombre d'impulsions ayant déclenché des overt saccades. Il en va de même pour les mesures relatives à la quantification des covert saccades.

#### 4.4.4 Conception de la recherche

##### 4.4.4.1 Type de recherche

Le type d'étude proposée est une étude longitudinale, prospective, multicentrique. Elle sera effectuée en centre hospitalier (CH), centre hospitalier universitaire (CHU) ou centre hospitalier régional (CHR). Nous allons observer l'évolution d'un groupe de patients dans le temps. Un des critères de recrutement des centres est de posséder un VHIT.

#### 4.4.4.2 Méthodologie de la recherche

Ce protocole comporte un seul groupe qui sera évalué plusieurs fois. Il n'y a pas d'aveugle, simple ou double, possible. L'étude sera donc ouverte.

#### 4.4.4.3 Calendrier prévisionnel

- Durée d'inclusion

En 2014 l'Insee estime le nombre de CH, CHU et CHR à 1155 (Insee, s. d.). Nous estimons que 70% de ces établissements ont un service ORL, ce qui réduit le nombre de centres participants potentiels à 808. Sur ces 808 centres nous estimons que 5% d'entre eux ont un VHIT. Le nombre de centres participants potentiels est donc de 40. Nous estimons que 20% des centres acceptera de participer à notre étude et qu'un centre est capable d'inclure 10 patients sur une année. En un an nous sommes donc capables d'inclure 80 patients. Nous avons prévu d'inclure 106 patients. La durée d'inclusion sera de 17 mois.

- Durée de participation du patient

Le patient sera inclus au maximum un mois avant sa chirurgie et sera suivi durant les 6 mois suivants. D'après la revue de littérature que nous venons d'effectuer nous avons du mal à exploiter les données au-delà de 3 mois, du fait de leur hétérogénéité. C'est pourquoi il peut être intéressant d'étudier les saccades sur six mois. Le patient ne pourra pas participer à une autre étude durant celle – ci. La durée totale de participation d'un patient sera de 7 mois.

- Durée globale

La durée globale de l'étude correspond à la période d'inclusion et à la période de suivi. Elle sera donc de 24 mois soit 2 ans.

## 4.4.5 Sélection des personnes

### 4.4.5.1 Population étudiée

Le protocole porte sur des personnes porteuses d'une atteinte vestibulaire unilatérale irréversible suite à une intervention chirurgicale de type labyrinthectomie ou neurotomie.

Le protocole comporte un seul groupe qui sera constitué de 106 patients.

### 4.4.5.2 Critère d'inclusion, de non – inclusion et d'exclusion

Critères d'inclusion	Critères de non inclusion	Critère d'exclusion
<ul style="list-style-type: none"><li>• Atteinte vestibulaire unilatérale et irréversible</li><li>• Première atteinte vestibulaire</li><li>• Patients âgés de 18 à 60 ans (Anson et al., 2016)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Déficit vestibulaire réversible</li><li>• Toute pathologie autre qu'une atteinte vestibulaire unilatérale et irréversible : Maladie de ménière – Hydrops, atteinte vestibulaire bilatérale</li><li>• Patients mineurs</li><li>• Patients âgés de plus de 60 ans</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Perdu de vue : décès, déménagement...</li><li>• Récupération du RVO</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Patients ayant une atteinte centrale</li> <li>• Femme enceintes</li> <li>• Patients ayant des antécédents de pathologie vestibulaire</li> <li>• Lien de parenté avec un des investigateur/auteur du protocole</li> </ul>	
--	---	--

#### 4.4.5.3 Modalités de recrutement

Le recrutement se fera auprès des médecins des CH, CHU et CHR participants.

#### 4.4.6 Réalisation pratique du protocole

##### 4.4.6.1 Sélection

Les patients en attente d'une labyrinthectomie ou d'une neurotomie unilatérale sont susceptibles d'être inclus. De cette façon ils pourront être informés, donner leur consentement et être inclus avant l'opération. Les premières mesures pourront être faites dès le premier jour post opératoire (J0).

##### 4.4.6.2 Inclusion, information et accord de participation

Les critères d'inclusion et de non inclusion seront vérifiés par l'investigateur. Les participants devront remplir un formulaire de consentement joint à une notice d'information sur la recherche à laquelle ils sont susceptibles de participer.

#### 4.4.6.3 Suivi

Le suivi des patients se fera dans les CH, CHU et CHR participants. Les évaluations seront d'abord quotidiennes puis hebdomadaires puis mensuelles. Plusieurs études (Batuecas-Caletrio et al., 2017; Mantokoudis et al., 2016, 2014; Redondo-Martínez et al., 2016) ont montré que les paramètres des saccades évoluent dès les premiers jours post opératoires ainsi les mesures seront quotidiennes jusqu'au 7<sup>ème</sup> jour post opératoire. La revue de littérature effectuée précédemment souligne l'absence de données concernant les saccades entre J7 et J30, c'est pourquoi les mesures seront hebdomadaires jusqu'à cette date. Enfin sur les 5 mois restant les mesures seront mensuelles. Les évaluations se résument à un test VHIT et au remplissage du questionnaire Dizziness Handicap Inventory (DHI). Elles seront faites dans les CH, CHU et CHR participant mais ne nécessitent pas d'hospitalisation et seront d'une durée maximale d'une heure.

#### 4.4.7 Matériel et mesures

##### 4.4.7.1 VHIT

Cet outil de mesure a été décrit dans la revue de littérature.

##### 4.4.7.2 DHI

Le DHI est un questionnaire permettant d'évaluer la qualité de vie chez les personnes souffrant de vertiges (Vanspauwen et al., 2016). Cette échelle sera utilisée sous sa version française. Elle comporte 24 items évaluant la composante émotionnelle, la composante fonctionnelle et la composante physique du vertige. Elle donne un score sur 100. Plus le score est élevé, plus le handicap dû au vertige est important et moins bonne est la qualité de vie.

#### 4.4.8 Recueil et traitement des données

Nous collecterons uniquement les données nécessaires et pertinentes pour répondre à nos objectifs.

Les données personnelles recueillies sur les participants seront : le centre d'inclusion, l'âge, le sexe, les informations relatives à la pathologie nécessitant une intervention chirurgicale, le type d'intervention chirurgicale et la date de l'intervention chirurgicale.

Les données mesurées, par le logiciel du VHIT, recueillies seront la proportion des saccades, la latence des saccades, l'amplitude des saccades, le score PR des saccades. Le score obtenu au DHI sera également collecté.

#### 4.4.9 Analyse statistique des données

##### 4.4.9.1 Calcul de l'échantillon

La taille de l'échantillon nécessaire a été calculée afin de pouvoir mettre en évidence une différence statistiquement significative entre J0 et J+6 mois s'il en existe une.

Parmi les études incluses dans la revue de littérature celles de Cerchiai et al. nous a permis de calculer le nombre de patients à inclure pour observer une différence statistiquement significative entre les mesures. En effet cette étude a comparé la proportion des ouvert saccades dans deux groupes différents et obtient une différence statistiquement significative (Cerchiai et al., 2018). Avec les proportions annoncées dans l'étude et à l'aide du site « BiostaTGV » le nombre de patients à inclure est de 92. Par convention le risque alpha est fixé à 5% et la puissance à 80%.

Afin d'anticiper les patients perdus de vue le nombre de patient à inclure a été majoré. Pour estimer cette population nous avons relevé le nombre de perdus de vue dans les 6 études longitudinales de la revue de littérature et calculer une moyenne. Environ 15% des patients ont été perdus de vue. Quinze pourcents de patients ont donc été ajoutés

au nombre calculé pour anticiper les patients perdus de vue, soit 14 patients. Le nombre de patients à inclure dans cette étude est de 106 patients.

#### 4.4.9.2 Plan d'analyse statistique

La distribution des variables sera évaluée par un test de Shapiro – Wilk. Si des mesures répétées sont nécessaires nous utiliseront la correction de Bonferroni. Dans la mesure où nous avons plusieurs critères d'intérêts nous utiliseront une ANOVA afin de faire les comparaisons nécessaires. Pour les comparaisons de proportions nous utiliserons un test du Chi – 2.

### 5. Conclusion

Ce travail s'appuie sur 15 articles inclus sur les 809 articles trouvés. Après l'étude de ces articles nous avons construit 3 groupes afin de tester notre hypothèse (groupe 1 : J0 – J7, groupe 2 : J30 – J90, groupe 3 : au-delà de J90). Nous avons remarqué une diminution de la proportion des overt saccades et de la latence des saccades en générale sur les 90 jours consécutifs à l'atteinte. En revanche, sur cette même période, nous constatons une augmentation du nombre de covert saccades. Enfin il n'a pas été possible de tirer des conclusions quant à l'amplitude et la dispersion des saccades, quelque soit la période étudiée. Nous n'avons également pas pu conclure quand à l'évolution de la proportion et de la latence des saccades au-delà de J90.

La faible quantité de données, la variabilité des pathologies incluses et la variabilité des méthodologies employées par les auteurs pour enregistrer les saccades ont limité les possibilités de traitement des données. En effet il n'y a pas assez de résultats comparables pour réaliser une agrégation de données dans l'optique de faire une méta analyse.

Nous avons donc fait une revue systématique de la littérature afin de répondre à l'hypothèse que nous avions formulée : les covert saccades et les ouverts saccades diminuent en termes de latence, de proportion, d'amplitude et se regroupent au cours du

temps. Au vue des résultats, cette revue de la littérature nous permet de valider que partiellement cette hypothèse. De ce fait il reste à prouver plusieurs aspects de l'évolution des saccades de rattrapage : leur devenir au-delà de J90, l'évolution de l'amplitude ainsi que de leur dispersion.

Afin de confirmer les résultats que nous avons trouvés grâce à cette revue de la littérature et d'apporter un début de réponse aux interrogations qui persistent sur l'évolution des saccades nous avons proposé un protocole de recherche clinique. Ce protocole s'intéresse, d'une part, à l'évolution de la proportion, de la latence, de l'amplitude et de la dispersion des overt et covert saccades sur 6 mois. D'autre part nous souhaitons, par le biais de ce protocole, mettre en relation l'évolution des saccades de rattrapage avec la qualité de vie du patient qui sera évaluée au moyen d'un questionnaire : le DHI.

# Bibliographie

- Alhabib, S. F., & Saliba, I. (2017). Video head impulse test: a review of the literature. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology: Official Journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS): Affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery*, 274(3), 1215-1222. <https://doi.org/10.1007/s00405-016-4157-4>
- Anson, E. R., Bigelow, R. T., Carey, J. P., Xue, Q.-L., Studenski, S., Schubert, M. C., ... Agrawal, Y. (2016). Aging Increases Compensatory Saccade Amplitude in the Video Head Impulse Test. *Frontiers in Neurology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fneur.2016.00113>
- Batuecas-Caletrio, A., Rey-Martinez, J., Trinidad-Ruiz, G., Matiño-Soler, E., Cruz-Ruiz, S. S., Muñoz-Herrera, A., & Perez-Fernandez, N. (2017). Vestibulo-Ocular Reflex Stabilization after Vestibular Schwannoma Surgery: A Story Told by Saccades. *Frontiers in Neurology*, 8, 15. <https://doi.org/10.3389/fneur.2017.00015>
- Batuecas-Caletrio, A., Santa Cruz-Ruiz, S., Muñoz-Herrera, A., & Perez-Fernandez, N. (2015). The map of dizziness in vestibular schwannoma. *The Laryngoscope*, 125(12), 2784-2789. <https://doi.org/10.1002/lary.25402>
- Bear, M. F., Connors, B. W., Paradiso, M. A., & Nieoullon, A. (2016). *Neurosciences : à la découverte du cerveau* (4e édition.). Montrouge, France: Editions Pradel, John Libbey Eurotext. (BU Lyon Sud WL 100 BEA).
- Blödow, A., Pannasch, S., & Walther, L. E. (2013). Detection of isolated covert saccades with the video head impulse test in peripheral vestibular disorders. *Auris, Nasus, Larynx*, 40(4), 348-351. <https://doi.org/10.1016/j.anl.2012.11.002>
- Cerchiai, N., Navari, E., Sellari-Franceschini, S., Re, C., & Casani, A. P. (2018). Predicting the Outcome after Acute Unilateral Vestibulopathy: Analysis of Vestibulo-ocular Reflex Gain and Catch-up Saccades. *Otolaryngology--Head and Neck Surgery: Official Journal of American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 158(3), 527-533. <https://doi.org/10.1177/0194599817740327>
- Collège des enseignants en neurologie. (2016, novembre 22). Syndrome vestibulaire. Consulté 23 mars 2019, à l'adresse Collège des Enseignants de Neurologie website: <https://www.cen-neurologie.fr/premier-cycle/semiologie->

analytique/syndrome-myogene-myopathique/syndrome-myogene-myopathique-  
12

Curthoys, I. S. (2000). Vestibular compensation and substitution. *Current Opinion in Neurology*, 13(1), 27-30.

Fetter, M., & Dichgans, J. (1996). Vestibular neuritis spares the inferior division of the vestibular nerve. *Brain*, 119(3), 755-763. <https://doi.org/10.1093/brain/119.3.755>

Fetter, Michael. (2007). Vestibulo-Ocular Reflex - Abstract. In A. Straube & U. Büttner (Éd.), *Neuro - Ophtalmology Neuronal control of eye movements* (Vol. 40, p. 35-51). <https://doi.org/10.1159/000100348>

Guyot, J. P. (s. d.). *5 Compensation vestibulaire*. <https://doi.org/10.1159/000422900>

Hall, C. D., Herdman, S. J., Whitney, S. L., Cass, S. P., Clendaniel, R. A., Fife, T. D., ... Woodhouse, S. N. (2016). Vestibular Rehabilitation for Peripheral Vestibular Hypofunction: An Evidence-Based Clinical Practice Guideline. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 40(2), 124-155. <https://doi.org/10.1097/NPT.0000000000000120>

Halmagyi, G. M., & Curthoys, I. S. (1988). A clinical sign of canal paresis. *Archives of Neurology*, 45(7), 737-739.

HAS. (2013). etat des lieux niveau preuve gradation.pdf. Consulté 1 mai 2019, à l'adresse Haute autorité de Santé website: [https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2013-06/etat\\_des\\_lieux\\_niveau\\_premuve\\_gradation.pdf](https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2013-06/etat_des_lieux_niveau_premuve_gradation.pdf)

Hautefort, C., & Toupet, M. (2016). *Rappels anatomophysiologiques : Ce qu'il faut savoir*. 29, 84.

Héroux, M. E., Law, T. C. Y., Fitzpatrick, R. C., & Blouin, J.-S. (2015). Cross-Modal Calibration of Vestibular Afference for Human Balance. *PLOS ONE*, 10(4), e0124532. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124532>

Insee. (s. d.). Personnels et équipements de santé – Tableaux de l'économie française | Insee. Consulté 30 avril 2019, à l'adresse Insee website: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2569382?sommaire=2587886>

Janky, K. L., Patterson, J. N., Shepard, N. T., Thomas, M. L., & Honaker, J. A. (2017). Effects of device on video head impulse test (vHIT) gain. *Journal of the American Academy of Audiology*, 28(9), 778-785. <https://doi.org/10.3766/jaaa.16138>

- Kahle, W., Frotscher, M., Bourjat, P., & Spitzer, G. (2015). *Atlas de poche d'anatomie* (5e édition.). Paris: Lavoisier Médecine-Sciences. (BU Lyon Sud QS 17 ATL UE 5).
- Kunel'skaya, N. L., Baibakova, E. V., Guseva, A. L., Nikitkina, Y. Y., Chugunova, M. A., & Manaenkova, E. A. (2018). [The compensation of the vestibulo-ocular reflex during rehabilitation of the patients presenting with vestibular neuritis]. *Vestnik Otorinolaringologii*, 83(1), 27-31. <https://doi.org/10.17116/otorino201883127-31>
- Lee, S.-H., Newman-Toker, D. E., Zee, D. S., & Schubert, M. C. (2014). Compensatory saccade differences between outward versus inward head impulses in chronic unilateral vestibular hypofunction. *Journal of Clinical Neuroscience: Official Journal of the Neurosurgical Society of Australasia*, 21(10), 1744-1749. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2014.01.024>
- MacDougall, H. G., Weber, K. P., McGarvie, L. A., Halmagyi, G. M., & Curthoys, I. S. (2009). The video head impulse test: diagnostic accuracy in peripheral vestibulopathy. *Neurology*, 73(14), 1134-1141. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3181bacf85>
- MacDougall, Hamish G., McGarvie, L. A., Halmagyi, G. M., Rogers, S. J., Manzari, L., Burgess, A. M., ... Weber, K. P. (2016). A new saccadic indicator of peripheral vestibular function based on the video head impulse test. *Neurology*, 87(4), 410-418. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000002827>
- Mantokoudis, G., Agrawal, Y., Newman-Toker, D. E., Xie, L., Saber Tehrani, A. S., Wong, A., & Schubert, M. C. (2016). Compensatory saccades benefit from prediction during head impulse testing in early recovery from vestibular deafferentation. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 273(6), 1379-1385. <https://doi.org/10.1007/s00405-015-3685-7>
- Mantokoudis, G., Schubert, M. C., Tehrani, A. S. S., Wong, A. L., & Agrawal, Y. (2014). Early adaptation and compensation of clinical vestibular responses after unilateral vestibular deafferentation surgery. *Otology & Neurotology: Official Publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, 35(1), 148-154. <https://doi.org/10.1097/MAO.0b013e3182956196>

- Manzari, L., Burgess, A. M., MacDougall, H. G., & Curthoys, I. S. (2013). Vestibular function after vestibular neuritis. *International Journal of Audiology*, 52(10), 713-718. <https://doi.org/10.3109/14992027.2013.809485>
- Matiñó-Soler, E., Rey-Martinez, J., Trinidad-Ruiz, G., Batuecas-Caletrio, A., & Pérez Fernández, N. (2016). A new method to improve the imbalance in chronic unilateral vestibular loss: the organization of refixation saccades. *Acta Oto-Laryngologica*, 136(9), 894-900. <https://doi.org/10.3109/00016489.2016.1172730>
- Ministère des solidarités, de la santé et de la famille. (2004). *Santé publique, qualité de vie et maladies chroniques : attentes des patients et des professionnels*. Consulté à l'adresse [https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/plan\\_actes2005-2.pdf](https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/plan_actes2005-2.pdf)
- Navari, E., Cerchiai, N., & Casani, A. P. (2018). Assessment of Vestibulo-ocular Reflex Gain and Catch-up Saccades During Vestibular Rehabilitation. *Otology & Neurotology: Official Publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, 39(10), e1111-e1117. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000002032>
- Panouillères, M. (2011). *Contrôle du regard: mécanismes et substrats neuronaux de l'adaptation des mouvements oculaires saccadiques chez l'homme*. 323.
- Rambold, H. A. (2016). Age-related Refixating Saccades in the Three-Dimensional Video-Head-Impulse Test: Source and Dissociation From Unilateral Vestibular Failure. *Otology & Neurotology*, 37(2), 171-178. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000000947>
- Redondo-Martínez, J., Bécares-Martínez, C., Orts-Alborch, M., García-Callejo, F. J., Pérez-Carbonell, T., & Marco-Algarra, J. (2016). Relationship between video head impulse test (vHIT) and caloric test in patients with vestibular neuritis. *Acta Otorrinolaringologica Espanola*, 67(3), 156-161. <https://doi.org/10.1016/j.otorri.2015.07.005>
- Richter, A., & Terneaux, M. (2005, 2006). Les saccades oculaires. Consulté 24 mars 2019, à l'adresse Site des ressources d'ACCES pour enseigner la Science de la Vie et de la Terre website: <http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/neurosciences/actualisation-des-connaissances/vision/comprendre/VisionMarseille/saccades>

- Sauvage, J., & Fumat, C. (2014). *Vertiges. [Texte imprimé] : manuel de diagnostic et de réhabilitation*. Issy les Moulineaux: Elsevier Masson. (BU Santé Rockefeller WV 255 SAU).
- Sjögren, J., Fransson, P.-A., Karlberg, M., Magnusson, M., & Tjernström, F. (2018). Functional Head Impulse Testing Might Be Useful for Assessing Vestibular Compensation After Unilateral Vestibular Loss. *Frontiers in Neurology*, 9, 979. <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00979>
- Société Internationale de Réhabilitation Vestibulaire. (2013a). Innervation et vascularisation vestibulaire, anatomie de l'oreille interne. Consulté 26 avril 2019, à l'adresse Société Internationale de Réhabilitation Vestibulaire website: <https://www.vestib.org/innervation.html>
- Société Internationale de Réhabilitation Vestibulaire. (2013b). Neurinome de l'acoustique : diagnostic et traitements. Consulté 24 mars 2019, à l'adresse Société Internationale de Réhabilitation Vestibulaire website: <https://www.vestib.org/neurinome.html>
- Société Internationale de Réhabilitation Vestibulaire. (2013c). Névrite Vestibulaire : diagnostics et traitements. Consulté 24 mars 2019, à l'adresse Société Internationale de Réhabilitation Vestibulaire website: <https://www.vestib.org/nevrite.html>
- Trinidad-Ruiz, G., Rey-Martinez, J., Batuecas-Caletrio, A., Matiño-Soler, E., & Perez-Fernandez, N. (2018). Visual Performance and Perception as a Target of Saccadic Strategies in Patients With Unilateral Vestibular Loss. *Ear and Hearing*, 39(6), 1176-1186. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000576>
- Vanspauwen, R., Knoop, A., Camp, S., van Dinther, J., Erwin Offeciers, F., Somers, T., ... Blaivie, C. (2016). Outcome evaluation of the dizziness handicap inventory in an outpatient vestibular clinic. *Journal of Vestibular Research: Equilibrium & Orientation*, 26(5-6), 479-486. <https://doi.org/10.3233/VES-160600>
- Wettstein, V. G., Weber, K. P., Bockisch, C. J., & Hegemann, S. C. (2016). Compensatory saccades in head impulse testing influence the dynamic visual acuity of patients with unilateral peripheral vestibulopathy1. *Journal of Vestibular Research*, 26(4), 395-402. <https://doi.org/10.3233/VES-160591>

# Annexes

## Sommaire des annexes

Annexe 1 : figure représentant le mécanisme d'une compensation vestibulaire (O. Dumas)

Annexe 2 : tableau présentant les équations de recherche

Annexe 3 : tableau présentant les résultats des équations de recherche sur Pubmed

Annexe 4 : tableau présentant les résultats de la recherche sur PEDro

Annexe 5 : résultats des équations de recherche sur Cochrane Library

Annexe 6 : tableau de niveau de preuve (HAS, 2013)

Annexe 7 : tableau présentant les résultats de l'évaluation des études cas – témoin

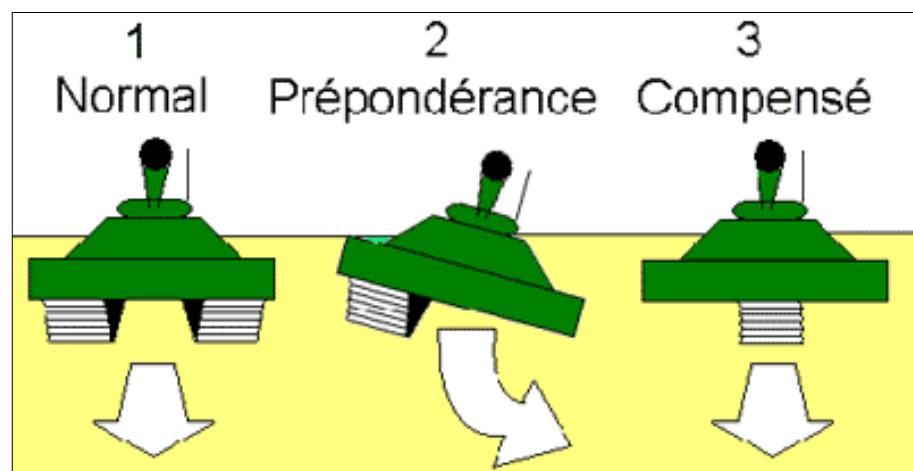
Annexe 8 : tableau présentant les résultats de l'évaluation des études de cohortes

Annexe 9 : tableau présentant les pathologies étudiées par les différents auteurs

Annexe 10 : tableau représentant les moyennes et fourchettes d'âge des participants aux différentes études

Annexe 11 : tableaux d'extraction des données des 15 articles inclus

Annexe 1 : figure représentant le mécanisme d'une compensation vestibulaire (O. Dumas)



Annexe 2 : tableau présentant les équations de recherche

Numéro d'équation	Premier mot clef ou premier groupe de mots clefs	AND	Deuxième mot clef ou second groupe de mots clefs
1	catch up saccad* compensatory saccad*	AND	<u>reflex, vestibulo-ocular</u> reflex*, vestibulo ocular vestibulo ocular reflex*
2	catch up saccad* Compensatory saccad*	AND	Unilateral vestibulopath* unilateral vestibular loss vestibular deafferentation
3	Covert saccad* Overt saccad*	AND	Vestibulo – ocular reflex* reflex*, vestibulo ocular vestibulo ocular reflex*
4	covert saccad* overt saccad*	AND	unilateral vestibulopath* unilateral vestibular loss vestibular deafferentation
5	vestibulo – ocular reflex* reflex*, vestibulo ocular vestibulo ocular reflex*	AND	unilateral vestibulopath* unilateral vestibular loss vestibular deafferentation
6	catch up saccad* Compensatory saccad*	AND	<u>vestibular neuronitis</u> acute vestibular neuriti* acute peripheral vestibulopath* nerve inflammation, vestibular neurit*, vestibular
7	overt saccad*	AND	covert saccad*
8	covert saccad* overt saccad*		vestibular neuronitis acute vestibular neuriti* acute peripheral vestibulopath*

			nerve inflammation, vestibular neurit*, vestibular
9	covert saccad*  overt saccad*		<u>neuroma, acoustic</u>  acoustic neuri*  vestibular schwannoma*
10	catch up saccad*  Compensatory saccad*	AND	neuroma, acoustic  acoustic neuri*  vestibular schwannoma*
11	covert saccad*  overt saccad*	AND	Labyrinthectomy
12	catch up saccad*  Compensatory saccad*	AND	Labyrinthectomy
13	covert saccad*  overt saccad*	AND	Lindsay – Hemenway syndrome
14	catch up saccad*  Compensatory saccad*	AND	Lindsay – Hemenway syndrome

Annexe 3 : tableau présentant les résultats des équations de recherche sur Pubmed

Equation de recherche	Résultats	Lecture du titre	Lecture résumé	Lecture de l'article
Equation 1	59 articles	43 articles	23 articles	5 articles
Equation 2	8 articles	3 articles	2 articles	1 article
Equation 3	7 articles	5 articles	2 articles	2 articles
Equation 4	Aucun			
Equation 5	62 articles	35 articles	13 articles	2 articles
Equation 6	7 articles	3 articles	Aucun	
Equation 7	47 articles	18 articles	14 articles	3 articles
Equation 8	Aucun			
Equation 9	3 articles	1 article	1 article	1 article
Equation 10	Aucun			
Equation 11	Aucun			
Equation 12	Aucun			
Equation 13	Aucun			
Equation 14	Aucun			
Equation 15	16 articles	2 articles	Aucun	
Equation 16	10 articles	aucun		
Totaux	219 articles	110 articles	55 articles	14 articles

Annexe 4 : tableau présentant les résultats de la recherche sur PEDro

Mots clefs	Résultats	Lecture titre	Lecture résumé	Lecture article
Unilateral vestibular loss	3 articles	Aucun		
Unilateral vestibulopathy	1 article	1 article	Aucun	
VOR	7 articles	3 articles	1 article	Aucun
Vestibular neuritis	3 articles	Aucun		
Totaux	11 articles	4 articles	1 article	Aucun

Annexe 5 : Tableau présentant les résultats des équations de recherche sur Cochrane Library

Equation	Résultats	Lecture du titre	Lecture du résumé	Lecture de l'article
Equation 1	87 articles	11 articles	3 articles	Aucun
Equation 2	13 articles	1 article	1 article	Aucun
Equation 3	85 articles	1 article	Aucun	
Equation 4	32 articles	3 articles	2 articles	1 article
Equation 5	100 articles	3 articles	Aucun	
Equation 6	16 articles	Aucun	Aucun	
Equation 7	11 articles	1 article	Aucun	
Equation 8	7 articles	Aucun	Aucun	
Equation 9	75 articles	2 articles	Aucun	
Equation 10	81 articles	Aucun	Aucun	
Equation 11	8 articles	Aucun	Aucun	
Equation 12	12 articles	Aucun	Aucun	
Equation 13	6 articles	Aucun		
Equation 14	12 articles	Aucun		
Equation 15	18 articles	Aucun		
Equation 16	16 articles	Aucun		
Totaux	579 articles	22 articles	6 articles	1 article

Annexe 6 : tableau de niveau de preuve (HAS, 2013)

Grade des recommandations	Niveau de preuve scientifique fourni par la littérature
A Preuve scientifique établie	Niveau 1 - essais comparatifs randomisés de forte puissance ; - métá-analyse d'essais comparatifs randomisés ; - analyse de décision fondée sur des études bien menées.
B Présomption scientifique	Niveau 2 - essais comparatifs randomisés de faible puissance ; - études comparatives non randomisées bien menées ; - études de cohortes.
C Faible niveau de preuve scientifique	Niveau 3 - études cas-témoins.
	Niveau 4 - études comparatives comportant des biais importants ; - études rétrospectives ; - séries de cas ; - études épidémiologiques descriptives (transversale, longitudinale).

Annexe 7 : tableau présentant les résultats de l'évaluation des études cas - témoin

Etudes cas - témoin					
	(MacDougal I et al., 2016)	(Lee et al., 2014)	(Wettstein et al., 2016)	(Blödow et al., 2013)	(Cerchiai et al., 2018)
Est-ce que l'étude présente un problème clair ?	1	0	1	1	1
Est-ce que les auteurs ont utilisé une méthode appropriée pour répondre à la question ?	1	1	1	1	1
Est-ce que les cas ont été recrutés de manière acceptable ?	0	0	1	0	1
Est-ce que le groupe contrôle a été sélectionné de manière acceptable ?	0	0	0	0	1
Est-ce que le facteur d'exposition a été mesuré de manière à minimiser les	1	0	1	0	1

biais ?					
Est-ce que les auteurs ont pris en compte les potentiels facteurs de confusion dans le design de l'étude et l'analyse ?	0	0	0	0	0
Est-ce que les résultats peuvent être appliqués à la population locale ?	0	0	1	0	0
Est-ce que les résultats correspondent à ceux d'autres études ?	1	1	1	1	0
Totaux	4/8	2/8	6/8	3/8	5/8

Annexe 8 : tableau présentant les résultats de l'évaluation des études de cohortes

Etude de cohorte							
	(Navari et al., 2018)	(Mantokoudis et al., 2014)	(Mantokoudis et al., 2016)	(Batuécas-Caletro et al., 2017)	(Trinidad-Ruiz et al., 2018)	(Redondo-Martínez et al., 2016)	(Matiñó-Soler et al., 2016)
Est-ce que l'étude présente un problème clair ?	1	1	1	1	1	1	1
Est-ce que la cohorte a été recrutée de manière acceptable	1	0	0	1	1	1	0
Est-ce que le facteur d'exposition a été mesuré de manière à minimiser les biais ?	1	1	1	1	1	1	1
Est-ce que les résultats ont été	1	1	1	1	1	1	1

mesurés de manière à minimiser les biais ?							
Est-ce que les auteurs ont identifiés les facteurs de confusion ?	0	1	0	0	0	0	0
Est-ce que les auteurs ont pris en compte les facteurs de confusion dans le design de l'étude et dans l'analyse ?	0	0	0	0	0	0	0
Est-ce que le suivi des sujets est assez complet ?	1	1	1	1	1	1	1
Est-ce que le suivi des sujets est	1	1	1	1	1	1	1

assez long ?							
Est-ce que les résultats peuvent être appliqués à la population locale	1	0	0	1	0	0	0
Est-ce que les résultats correspondent à ceux d'autres études ?	1	1	1	1	0	1	1
Totaux	8/10	7/10	6/10	8/10	6/10	7/10	6/10

Annexe 9 : tableau présentant les pathologies étudiées par les différents auteurs

Etudes	Pathologies étudiées
(MacDougall et al., 2016)	Neurinome de l'acoustique post opératoire
(Navari et al., 2018)	Vestibulopathie unilatérale aiguë
(Mantokoudis et al., 2014)	Neurinome de l'acoustique post opératoire
(Lee et al., 2014)	Hypofonction vestibulaire chronique
(Wettstein et al., 2016)	Vestibulopathie périphérique unilatérale
(Blödow et al., 2013)	Névrite vestibulaire et neurinome de l'acoustique
(Mantokoudis et al., 2016)	Neurinome de l'acoustique post opératoire
(Cerchiai et al., 2018)	Vestibulopathie unilatérale aiguë
(Batuécas-Caletrio et al., 2017)	Neurinome de l'acoustique post opératoire
(Sjögren et al., 2018)	Neurinome de l'acoustique post opératoire et atteinte congénitale
(Trinidad-Ruiz et al., 2018)	Névrite vestibulaire, neurinome de l'acoustique et labyrinthectomie
(Redondo-Martínez et al., 2016)	Névrite vestibulaire
(Matiñó-Soler et al., 2016)	Névrite vestibulaire, neurinome de l'acoustique post opératoire et labyrinthectomie
(Manzari et al., 2013)	Névrite vestibulaire
(Batuécas-Caletrio et al., 2015)	Neurinome de l'acoustique

Annexe 10 : tableau représentant les moyennes et fourchettes d'âge des participants aux différentes études

Etude	Moyenne d'âge	Fourchette
(MacDougall et al., 2016)	NC	37 – 73 ans
(Navari et al., 2018)	61,66 ans	41 – 76 ans
(Mantokoudis et al., 2014)	45,2 ans	27 – 62 ans
(Lee et al., 2014)	56,8 ans	51 – 65 ans
(Wettstein et al., 2016)	48 ans	21 – 67 ans
(Blödow et al., 2013)	5,2 ans	24 – 78 ans
(Mantokoudis et al., 2016)	49,7 ans	27 – 69 ans
(Cerchiai et al., 2018)	Groupe 1 : 54,47 ans Groupe 2 : 60,63 ans	NC
(Batuellas-Caletrio et al., 2017)	52 +/- 14 ans	NC
(Sjögren et al., 2018)	47 ans	40 – 50 ans
(Trinidad-Ruiz et al., 2018)	57,9 +/- 11,72 ans	36 – 94 ans
(Redondo-Martínez et al., 2016)	49,65 +/- 17,75 ans	12 – 73 ans
(Matiñó-Soler et al., 2016)	55 ans	32 – 79 ans
(Manzari et al., 2013)	36 ans	36 ans
(Batuellas-Caletrio et al., 2015)	52 +/- 13 ans	NC

Annexe 11 : tableaux d'extraction des données des 15 articles inclus

Titre : Assessment of Vestibulo-ocular Reflex Gain and Catch-up Saccades During Vestibular Rehabilitation (Navari et al., 2018)					
Pathologie	Vestibulopathie unilatérale aiguë				
But	Evaluation de plusieurs paramètres, dont ceux des saccades avant et après rééducation vestibulaire				
Date des mesures	4-8 semaines après le début des symptômes		8 à 12 semaines après les premières mesures		
Type de saccade	Covert	Overt	Covert	Overt	
N (nombre de participants)	30				
Proportion (%)	15,75 +/- 24,35	85,82 +/- 26,36	14,70 +/- 21,33	73,40 +/- 37,31	
Latence (ms)	110,33 +/- 22,13	192,92 +/- 39,28	108,00 +/- 18,72	201,19 +/- 56,00	
Amplitude (°)	188,00 +/- 67,33	159, 64 +/- 73,98	169,36 +/- 75,19	141,84 +/- 65,48	
Score PR	37,00 +/- 20,11	47,54 +/- 22,82	20, 90 +/- 18,37	46,76 +/- 28,70	
Commentaires	Avant programme de rééducation			Après programme de rééducation	

Titre : Early adaptation and compensation of clinical vestibular responses after unilateral vestibular deafferentation surgery (Mantokoudis et al., 2014)						
Pathologie	Neurinome de l'acoustique post opératoire					
But	Décrire la fonction vestibulo – oculaire en période post opératoire d'un neurinome de l'acoustique					
Date des mesures	J0	J4	J2	J5	J30	
Type de saccade	Overt	Covert	Non différencié			
N	5					2
Proportion (%)	>80%	>60%	NC	NC	NC	
Latence (ms)	NC	NC	192,8 +/- 36,1	134,5 +/- 23,5	100 - 120	
Amplitude	NC	NC	NC	NC	NC	
Score PR	NC	NC	NC	NC	NC	
Commentaires	Overt saccades observées du côté opéré immédiatement après la désafférentation (J1 - J3). La latence de ces saccades décroît au cours du temps (matérialisé sur un graphique). Les covert saccades apparaissent en majorité à partir de J4. La proportion des overt saccades décroît au cours du temps (matérialisé par un graphique)					

Titre : Compensatory saccade differences between outward versus inward head impulses in chronic unilateral vestibular hypofunction (Lee et al., 2014)			
Pathologie	Hypofonction vestibulaire chronique		
But	Inward HIT versus outward HIT		
Date des mesures	NC, pathologie chronique		
Type de saccade	Covert	Overt	Non différencié
N	5		
Proportion (%)	66%	73%	NC
Latence (ms)	96,7 +/- 33	223 +/- 48	163 +/- 75
Amplitude (°)	NC	NC	NC
Score PR	NC	NC	NC
Commentaires			

Titre : Compensatory saccades in head impulse testing influence the dynamic visual acuity of patients with unilateral vestibulopathy (Wettstein et al., 2016)						
Pathologie	Vestibulopathie périphérique unilatérale					
But	Investiguer le RVO et les saccades compensatrices et les comparer à l'AVD					
Date des mesures	NC		2,5 ans après résection d'un neurinome de l'acoustique			1 an après résection d'un neurinome de l'acoustique
Type de saccade	Covert	Overt	Covert	Overt	Covert	Overt
N	24		1		1	
Proportion	NC	NC	NC	principalement	multiple	NC
Latence	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Amplitude	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Score PR	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Commentaires	AVD meilleur chez les patients avec un pourcentage de covert saccades élevé	AVD meilleur chez les patients avec une amplitude cumulée de overt saccades faible	Exemple de 2 patients issus de l'échantillon			

Titre : Detection of isolated covert saccades with the video head impulse test in peripheral vestibular disorders (Blödow et al., 2013)						
Pathologie	Névrite vestibulaire			Neurinome de l'acoustique		
But	Explorer le RVO horizontal au moyen du VHIT					
Date des mesures	J0 - J94			NC		
Type de saccade	Covert	Overt	Non différencié	Covert	Overt	Non différencié
N	49			19		
Proportion (%)	16,30%	34,70%	49%	5,30%	36,80%	57,90%
Latence	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Amplitude	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Score PR	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Commentaires	Les résultats concernent uniquement les patients ayant présenté un VHIT anormal.					

Titre : Compensatory saccades benefit from prediction during head impulse testing in early recovery from vestibular deafferentation (Mantokoudis et al., 2016)									
Pathologie	Neurinome de l'acoustique post opératoire								
But	Inward HIT versus outward HIT								
Date des mesures	J0			J5			J6		J30
Type de saccade	Cover t	Over t	Non différencié	Cover t	Over t	Cover t	Over t	Cover t	Over t
N	7								
Proportion (%)	NC	85%	NC	NC	< 50%	NC	30%	NC	0 - 20%
Latence (ms)	NC	NC	196, 94 +/- 8,58 SE	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Amplitude	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Score PR	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Commentaires	La latence des saccades diminue de 13,46 +/- 2,00 ms SE dans les jours qui suivent l'opération. Ecart type calculé. Graphique pour la latence des saccades et la proportion des ouvert sur J2,3,4,5.								

Titre : Predicting the Outcome after Acute Unilateral Vestibulopathy: Analysis of Vestibulo-ocular Reflex Gain and Catch-up Saccades (Cerchiai et al., 2018)				
Pathologie	Vestibulopathie unilatérale aiguë			
But	Clarifier le rôle du VHIT dans la prédition du développement des insuffisances vestibulaires chroniques			
Date des mesures	J0 - J3			
Type de saccade	Covert	Overt	Covert	Overt
N	30		30	
Proportion (%)	7,87 +/- 10,93	56,57 +/- 38,80	13,70 +/- 19,38	83,27 +/- 25,72
Latence (ms)	120,64 +/- 36,42	245,37 +/- 90,67	122,00 +/- 58,87	224,40 +/- 65,84
Amplitude (°)	116,43 +/- 73,23	108,67 +/- 60,33	157,00 +/- 65,60	150,87 +/- 70,59
Score PR	15,20 +/- 14,07	41,41 +/- 26,81	25,94 +/- 21,24	48,14 +/- 22,01
Commentaires	Patients n'ayant pas besoin de rééducation		Patients ayant besoin de rééducation	
	Réunir les deux groupes et calculer une moyenne pondérée			

Titre : Vestibulo-Ocular Reflex Stabilization after Vestibular Schwannoma Surgery: A Story Told by Saccades (Batuecas-Caletrio et al., 2017)								
Pathologie	Neurinome de l'acoustique opéré							
But	Evaluation du RVO après une chirurgie de résection d'un neurinome de l'acoustique et évaluer les changements qui se produisent au niveau de la stratégie des saccades							
Date des mesures	1 semaine		1 mois		3 mois		6 mois	
Type de saccade	Non différencié							
N	22	14	22	14	22	14	22	14
Proportion	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Latence	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Amplitude	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Score PR	36,6 +/- 7,7	32,9 +/- 8,7	28,7 +/- 6,2	25,4 +/- 7,0	24,2 +/- 4,8	19,4 +/- 6,1	18,3+/- 3,9	17,6 +/- 5,6
Commentaires	Gain normal	Gain faible	Gain normal	Gain faible	Gain normal	Gain faible	Gain normal	Gain faible
	Plusieurs groupes ont été construits (avec les mêmes patients) en fonction des paramètres pré opératoire. J'ai extrait les résultats des groupes construits en fonction du gain pré opératoire car le N était donné pour chacun des groupes. Calculer une moyenne pondérée pour avoir un seul groupe							

Titre : Functional Head Impulse Testing Might Be Useful for Assessing Vestibular Compensation After Unilateral Vestibular Loss (Sjögren et al., 2018)			
Pathologie	Neurinome de l'acoustique post opératoire, atteinte congénitale		
But	Trust actifs VS trust passifs		
Date des mesures	1 à 16 ans après opération neurinome acoustique		
Type de saccade	Covert	Overt	Non différencié
N	9		
Proportion (%)	77 SEM 12	NC	NC
Latence (s)	NC	NC	0,134 SEM 0,015
Amplitude	NC	NC	NC
Score PR	NC	NC	NC
Commentaires	Erreur standard à la moyenne, écart type calculés		

Titre : Visual Performance and Perception as a Target of Saccadic Strategies in Patients With Unilateral Vestibular Loss (Trinidad-Ruiz et al., 2018)						
Pathologie	Névrite vestibulaire, neurinome non opéré, labyrinthectomie					
But	Explorer différentes approches d'évaluation de la compensation vestibulaire + définir les changements induits par une atteinte RVO sur les performances visuelles et à quel niveau elles sont mitigées par les processus de compensation.					
Date des mesures	> 1 an			1 mois après la première mesure		
Type de saccade	Covert	Overt	Non différencié	Covert	Overt	Non différencié
N	20					
Proportion (%)	43,29	NC	NC	65,61	NC	NC
Latence (ms)	115,404 +/- 11,470	297,212 +/- 63,116	NC	105,085 +/- 375	257,807 +/- 64,977	NC
Amplitude	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Score PR	NC	NC	45,675 +/- 16,799	NC	NC	26,450 +/- 10,620
Commentaires	Avant rééducation vestibulaire			Après rééducation vestibulaire		

Titre : Relationship between video head impulse test (vHIT) and caloric test in patients with vestibular neuritis (Redondo-Martínez et al., 2016)

Pathologie	Névrite vestibulaire			
But	Test calorique versus vHIT			
Date des mesures	< J5		J 30 – J 90	
Type de saccade	Covert	Overt	Covert	Overt
N	20			
Proportion (%)	80	95	65	55
Latence	NC	NC	NC	NC
Amplitude	NC	NC	NC	NC
Score PR	NC	NC	NC	NC
Commentaires				

Titre : A new method to improve the imbalance in chronic unilateral vestibular loss: the organization of refixation saccades (Matiñó-Soler et al., 2016)			
Pathologie	Névrite vestibulaire, neurinome post opératoire, labyrinthectomie		
But	La stratégie de mise en place des saccades (temps) à un impact chez les personnes UVL qui n'ont pas compensé ?		
Date des mesures	> 6 mois	1 mois après rééducation	3 mois après rééducation
Type de saccade	Non différencié		
N	16		
Proportion	NC	NC	NC
Latence	NC	NC	NC
Amplitude	NC	NC	NC
Score PR	31 +/- 12	21 +/- 8	19 +/- 8
Commentaires	Avant rééducation	Après rééducation	
	Suivi de 2 patients en particuliers: les overt saccades diminuent en nombre et en vitesse et deviennent progressivement des covert saccades. Pas de résultats chiffrés.		

Titre : Vestibular function after vestibular neuritis (Manzari et al., 2013)		
Pathologie	Névrite vestibulaire	
But	suivi de 2 patients	
Date des mesures	jusqu'à 11 mois	
Type de saccade	covert	overt
N	1	
Proportion	NC	NC
Latence	NC	NC
Amplitude	NC	NC
Score PR	NC	NC
Commentaires	Patient ayant récupéré de sa névrile : exclu	

Titre : The map of dizziness in vestibular schwannoma (Batuecas-Caletrio et al., 2015)			
Pathologie	Neurinome de l'acoustique		
But	Evaluer le VHIT chez les patients avec un neurinome de l'acoustique et analyser l'occurrence des saccades de refixation		
Dates des mesures	NC		
Type de saccade	Covert saccade	Overt saccade	Non différencié
N	50		
Proportion	37 patients	25 patients	19 patients
Latence	NC	NC	NC
Amplitude	NC	NC	NC
Score PR	NC	NC	NC
Commentaires			

Titre : A new saccadic indicator of peripheral vestibular function based on the video head impulse test (MacDougall et al., 2016)			
Pathologie	Neurinome de l'acoustique post opératoire		
But	Comparaison HIMP/SHIMP: est ce que les saccades générées par un paradigme sont complémentaires de celle générées par l'autre?		
Date des mesures	Non connu (NC)		
Type de saccade	Covert saccade		Overt saccade
N (nombre de participants)	Certains patients	1	
Proportion	NC	NC	NC
Latence (ms)	120 à 140 Médiane pondérée	104	269 +/- 128
Amplitude	NC	NC	NC
Score PR	NC	NC	NC
Commentaires			