

2018-2019

THÈSE

pour le

DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE

D.E.S de Pneumologie

Détection et caractérisation des évènements respiratoires anormaux par la méthode Visage Libre versus AASM, pour le diagnostic du syndrome d'apnées-hypopnées du sommeil

PABOEUF Caroline

Née le 10/02/1992 à Saint-Nazaire (44)

Sous la direction de Monsieur le Professeur Frédéric GAGNADOUX

Membres du jury

Monsieur le Professeur URBAN Thierry		Président
Monsieur le Professeur GAGNADOUX Frédéric		Directeur
Madame le Docteur MESLIER Nicole		Membre
Monsieur le Professeur TRZEPIZUR Wojciech		Membre

Soutenue publiquement le :
26 Septembre 2019

ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je soussignée PABOEUF Caroline,
déclare être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une
partie d'un document publiés sur toutes formes de support, y compris l'internet,
constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.
En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées
pour écrire ce rapport ou mémoire.

Signé par l'étudiant(e) le **05/07/2019**.

LISTE DES ENSEIGNANTS DE LA FACULTÉ DE SANTÉ D'ANGERS

Doyen de la Faculté : Pr Nicolas Lerolle

Vice-Doyen de la Faculté et directeur du département de pharmacie :
Pr Frédéric Lagarce

Directeur du département de médecine : Pr Cédric Annweiler

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

ABRAHAM Pierre	Physiologie	Médecine
ANNWEILER Cédric	Gériatrie et biologie du vieillissement	Médecine
ASFAR Pierre	Réanimation	Médecine
AUBE Christophe	Radiologie et imagerie médicale	Médecine
AUGUSTO Jean-François	Néphrologie	Médecine
AZZOUZI Abdel Rahmène	Urologie	Médecine
BAUFRETON Christophe	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire	Médecine
BENOIT Jean-Pierre	Pharmacotechnie	Pharmacie
BEYDON Laurent	Anesthésiologie-réanimation	Médecine
BIGOT Pierre	Urologie	Médecine
BONNEAU Dominique	Génétique	Médecine
BOUCHARA Jean-Philippe	Parasitologie et mycologie	Médecine
BOUVARD Béatrice	Rhumatologie	Médecine
BOURSIER Jérôme	Gastroentérologie ; hépatologie	Médecine
BRIET Marie	Pharmacologie	Médecine
CAILLIEZ Éric	Médecine générale	Médecine
CALES Paul	Gastroentérologie ; hépatologie	Médecine
CAMPONE Mario	Cancérologie ; radiothérapie	Médecine
CAROLI-BOSC François-Xavier	Gastroentérologie ; hépatologie	Médecine
CHAPPARD Daniel	Cytologie, embryologie et cytogénétique	Médecine
CONNAN Laurent	Médecine générale	Médecine
COUTANT Régis	Pédiatrie	Médecine
COUTURIER Olivier	Biophysique et médecine nucléaire	Médecine
CUSTAUD Marc-Antoine	Physiologie	Médecine
DE BRUX Jean-Louis	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire	Médecine
DE CASABIANCA Catherine	Médecine Générale	
DESCAMPS Philippe	Gynécologie-obstétrique	Médecine
DINOMAS Mickaël	Médecine physique et de réadaptation	Médecine
DIQUET Bertrand	Pharmacologie	Médecine
DUBEE Vincent	Maladies Infectieuses et Tropicales	Médecine

DUCANCELLE Alexandra	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière	Médecine
DUVAL Olivier	Chimie thérapeutique	Pharmacie
DUVERGER Philippe	Pédopsychiatrie	Médecine
EVEILLARD Mathieu	Bactériologie-virologie	Pharmacie
FANELLO Serge	Épidémiologie ; économie de la santé et prévention	Médecine
FAURE Sébastien	Pharmacologie physiologie	Pharmacie
FOURNIER Henri-Dominique	Anatomie	Médecine
FURBER Alain	Cardiologie	Médecine
GAGNADOUX Frédéric	Pneumologie	Médecine
GARNIER François	Médecine générale	Médecine
GASCOIN Géraldine	Pédiatrie	Médecine
GOHIER Bénédicte	Psychiatrie d'adultes	Médecine
GUARDIOLA Philippe	Hématologie ; transfusion	Médecine
GUILET David	Chimie analytique	Pharmacie
HAMY Antoine	Chirurgie générale	Médecine
HUNAUULT-BERGER Mathilde	Hématologie ; transfusion	Médecine
IFRAH Norbert	Hématologie ; transfusion	Médecine
JEANNIN Pascale	Immunologie	Médecine
KEMPF Marie	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière	Médecine
LACCOURREYE Laurent	Oto-rhino-laryngologie	Médecine
LAGARCE Frédéric	Biopharmacie	Pharmacie
LARCHER Gérald	Biochimie et biologie moléculaires	Pharmacie
LASOCKI Sigismond	Anesthésiologie-réanimation	Médecine
LEGENDRE Guillaume	Gynécologie-obstétrique	Médecine
LEGRAND Erick	Rhumatologie	Médecine
LERMITE Émilie	Chirurgie générale	Médecine
LEROLLE Nicolas	Réanimation	Médecine
LUNEL-FABIANI Françoise	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière	Médecine
MARCHAIS Véronique	Bactériologie-virologie	Pharmacie
MARTIN Ludovic	Dermato-vénéréologie	Médecine
MENEI Philippe	Neurochirurgie	Médecine
MERCAT Alain	Réanimation	Médecine
MERCIER Philippe	Anatomie	Médecine
PAPON Nicolas	Parasitologie et mycologie médicale	Pharmacie
PASSIRANI Catherine	Chimie générale	Pharmacie
PELLIER Isabelle	Pédiatrie	Médecine
PETIT Audrey	Médecine et Santé au Travail	Médecine
PICQUET Jean	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire	Médecine
PODEVIN Guillaume	Chirurgie infantile	Médecine
PROCACCIO Vincent	Génétique	Médecine
PRUNIER Delphine	Biochimie et Biologie Moléculaire	Médecine
PRUNIER Fabrice	Cardiologie	Médecine
REYNIER Pascal	Biochimie et biologie moléculaire	Médecine

RICHARD Isabelle	Médecine physique et de réadaptation	Médecine
RICHOMME Pascal	Pharmacognosie	Pharmacie
RODIEN Patrice	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques	Médecine
ROQUELAURE Yves	Médecine et santé au travail	Médecine
ROUGE-MAILLART Clotilde	Médecine légale et droit de la santé	Médecine
ROUSSEAU Audrey	Anatomie et cytologie pathologiques	Médecine
ROUSSEAU Pascal	Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique	Médecine
ROUSSELET Marie-Christine	Anatomie et cytologie pathologiques	Médecine
ROY Pierre-Marie	Thérapeutique	Médecine
SAULNIER Patrick	Biophysique et biostatistique	Pharmacie
SERAPHIN Denis	Chimie organique	Pharmacie
SUBRA Jean-François	Néphrologie	Médecine
UGO Valérie	Hématologie ; transfusion	Médecine
URBAN Thierry	Pneumologie	Médecine
VAN BOGAERT Patrick	Pédiatrie	Médecine
VENIER-JULIENNE Marie-Claire	Pharmacotechnie	Pharmacie
VERNY Christophe	Neurologie	Médecine
WILLOTEAUX Serge	Radiologie et imagerie médicale	Médecine

MAÎTRES DE CONFÉRENCES

ANGOULVANT Cécile	Médecine Générale	Médecine
ANNAIX Véronique	Biochimie et biologie moléculaires	Pharmacie
BAGLIN Isabelle	Chimie thérapeutique	Pharmacie
BASTIAT Guillaume	Biophysique et biostatistique	Pharmacie
BEAUVILLAIN Céline	Immunologie	Médecine
BELIZNA Cristina	Médecine interne	Médecine
BELLANGER William	Médecine générale	Médecine
BELONCLE François	Réanimation	Médecine
BENOIT Jacqueline	Pharmacologie	Pharmacie
BIERE Loïc	Cardiologie	Médecine
BLANCHET Odile	Hématologie ; transfusion	Médecine
BOISARD Séverine	Chimie analytique	Pharmacie
CAPITAIN Olivier	Cancérologie ; radiothérapie	Médecine
CASSEREAU Julien	Neurologie	Médecine
CHEVAILLER Alain	Immunologie	Médecine
CHEVALIER Sylvie	Biologie cellulaire	Médecine
CLERE Nicolas	Pharmacologie / physiologie	Pharmacie
COLIN Estelle	Génétique	Médecine
DERBRE Séverine	Pharmacognosie	Pharmacie

DESHAYES Caroline	Bactériologie virologie	Pharmacie
FERRE Marc	Biologie moléculaire	Médecine
FLEURY Maxime	Immunologie	Pharmacie
FORTRAT Jacques-Olivier	Physiologie	Médecine
HAMEL Jean-François	Biostatistiques, informatique médicale	Médicale
HELESBEUX Jean-Jacques	Chimie organique	Pharmacie
HINDRE François	Biophysique	Médecine
JOUSSET-THULLIER Nathalie	Médecine légale et droit de la santé	Médecine
LACOEUILLE Franck	Biophysique et médecine nucléaire	Médecine
LANDREAU Anne	Botanique/ Mycologie	Pharmacie
LEBDAI Souhil	Urologie	Médecine
LEGEAY Samuel	Pharmacocinétique	Pharmacie
LE RAY-RICHOMME Anne-Marie	Pharmacognosie	Pharmacie
LEPELTIER Élise	Chimie générale	Pharmacie
LETOURNEL Franck	Biologie cellulaire	Médecine
LIBOUBAN Hélène	Histologie	Médecine
MABILLEAU Guillaume	Histologie, embryologie et cytogénétique	Médecine
MALLET Sabine	Chimie Analytique	Pharmacie
MAROT Agnès	Parasitologie et mycologie médicale	Pharmacie
MAY-PANLOUP Pascale	Biologie et médecine du développement et de la reproduction	Médecine
MESLIER Nicole	Physiologie	Médecine
MOUILLIE Jean-Marc	Philosophie	Médecine
NAIL BILLAUD Sandrine	Immunologie	Pharmacie
PAILHORIES Hélène	Bactériologie-virologie	Médecine
PAPON Xavier	Anatomie	Médecine
PASCO-PAPON Anne	Radiologie et imagerie médicale	Médecine
PECH Brigitte	Pharmacotechnie	Pharmacie
PENCHAUD Anne-Laurence	Sociologie	Médecine
PIHET Marc	Parasitologie et mycologie	Médecine
PY Thibaut	Médecine Générale	Médecine
RINEAU Emmanuel	Anesthésiologie réanimation	Médecine
RIOU Jérémie	Biostatistiques	Pharmacie
ROGER Émilie	Pharmacotechnie	Pharmacie
SAVARY Camille	Pharmacologie-Toxicologie	Pharmacie
SCHMITT Françoise	Chirurgie infantile	Médecine
SCHINKOWITZ Andréas	Pharmacognosie	Pharmacie
SPIESSER-ROBELET Laurence	Pharmacie Clinique et Éducation Thérapeutique	Pharmacie
TANGUY-SCHMIDT Aline	Hématologie ; transfusion	Médecine
TESSIER-CAZENEUVE Christine	Médecine Générale	Médecine
TRZEPIZUR Wojciech	Pneumologie	Médecine

AUTRES ENSEIGNANTS

AUTRET Erwan	Anglais	Médecine
BARBEROUSSE Michel	Informatique	Médecine
BRUNOIS-DEBU Isabelle	Anglais	Pharmacie
CHIKH Yamina	Économie-Gestion	Médecine
FISBACH Martine	Anglais	Médecine
O'SULLIVAN Kayleigh	Anglais	Médecine

PAST

CAVAILLON Pascal	Pharmacie Industrielle	Pharmacie
LAFFILHE Jean-Louis	Officine	Pharmacie
MOAL Frédéric	Pharmacie clinique	Pharmacie

ATER

FOUDI Nabil	Physiologie	Pharmacie
KILANI Jaafar	Biotechnologie	Pharmacie
WAKIM Jamal	Biochimie et chimie biomoléculaire	Médecine

AHU

BRIS Céline	Biochimie et biologie moléculaire	Pharmacie
CHAPPE Marion	Pharmacotechnie	Pharmacie
LEBRETON Vincent	Pharmacotechnie	Pharmacie

CONTRACTUEL

VIAULT Guillaume	Chimie organique	Pharmacie
------------------	------------------	-----------

À Monsieur le Professeur Frédéric GAGNADOUX,
Merci de m'avoir accompagnée dans la réalisation de ce travail, pour votre patience et la qualité de votre enseignement. Je vous remercie pour votre bienveillance et votre disponibilité tout au long de mon internat. Merci de m'avoir enseigné cette belle discipline qu'est la pneumologie. Veuillez trouver ici mes sincères remerciements.

À Monsieur le Professeur Thierry URBAN,
Vous me faites l'honneur de présider ce jury et de juger ce travail. Merci pour vos conseils, votre enseignement et la richesse de vos connaissances. Veuillez trouver ici l'expression de ma sincère reconnaissance.

À Madame le Docteur Nicole MESLIER,
Merci d'avoir accepté de participer au jury de cette thèse. Je vous remercie pour votre accueil au sein du laboratoire du sommeil. Recevez l'assurance de ma gratitude et de mon profond respect.

À Monsieur le Professeur Wojciech TRZEPIZUR,
Merci pour ton encadrement tout au long de mon internat. C'est un plaisir de travailler avec toi. Encore félicitations pour ta nomination en tant que Professeur des Universités, la pédagogie est une réelle passion pour toi.

Merci à Kebir Sabil, pour ton aide précieuse dans la réalisation de ce projet et ta réactivité.

J'adresse aussi mes remerciements à l'ensemble des équipes médicales et paramédicales de pneumologie du CHU d'Angers et du CH du Mans. Merci à nos secrétaires Sylvie, Dominique et Emmanuelle pour votre disponibilité.

Tout particulièrement merci aux Dr Priou, Dr Person, Dr Badatcheff, Dr de Chabot, Dr Hureauux, Dr Jeanfaivre, Dr Paris, Dr Molinier, Dr Lavigne, Dr Olivier, Dr Mortaza et au Dr Capitain, pour vos précieux conseils au quotidien et la qualité de vos enseignements.

Merci aux assistants et chefs de clinique, pour leur gentillesse et leur dévouement au service de la formation des internes : Maëlle, Yasmina, Grégoire et Anne-Hélène.

À tous mes co-internes de pneumologie, Anna, Sophie, Sirima, Hubert, Benjamin, Antonin, Timothée, Rose, Marion, Pauline, Baptiste, Alexis et Laura. À mes co-internes de réanimation médicale : Matthieu, Benjamin, Pierre-Édouard, Alban, Samuel et Thibault. À mes co-internes d'oncologie : Hélène, Chrystel, Sylvère et Marie.

À ces incroyables amitiés Nantaises formées durant nos études, sans qui toutes ces années n'auraient pas été pareilles. À vous, l'Arche de Noé : Clémence, Charlotte, Perrine, Domitille, Béatrice, Agathe, Iris, Juliette, Léa, Laura, Solène, Arthur, Antoine, Florian, Paul, Pierre B, Pierre-Alban, Pierre M, Matthieu, Jérémie, Maxime et Thomas.

À mes chers parents, qui m'ont toujours soutenue dans ce projet, votre aide m'a été si précieuse, merci pour votre soutien inconditionnel depuis toujours.

À ma famille, ma sœur Marie, mon frère Pierre-Etienne, mes grands-mères et mes beaux-parents : merci pour vos encouragements, votre affection et l'attention que vous me portez.

À toi, Olivier, pour ton amour, ta présence au quotidien et tout le réconfort que tu m'apportes. C'est avec joie que je suis devenue ta femme en cette heureuse année. Je t'aime.

Liste des abréviations

SAHOS	Syndrome d'apnées hypopnées obstructives du sommeil
IAH	Index d'apnées-hypopnées
PSG	Polysomnographie
PV	Polygraphie ventilatoire
EEG	Électroencéphalogramme
EOG	Électro-oculogramme
EMG	Électromyogramme
ECG	Électrocardiogramme
AASM	American Academy of Sleep Medicine
PI	Pléthysmographie respiratoire par inductance
CCTIRS	Comité Consultatif sur le Traitement de l'Information en matière de Recherche dans le domaine de la Santé
CNIL	Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés
CHU	Centre Hospitalier Universitaire
CHG	Centre Hospitalier Général
REM	Rapid Eye Movement
IA	Index d'Apnées
IH	Index d'Hypopnées
VL	Visage Libre

Plan

INTRODUCTION

- 1. Généralités sur le syndrome d'apnées hypopnées du sommeil**
- 2. Méthodes diagnostiques du syndrome d'apnées hypopnées du sommeil**
 - 2.1. Différents types d'enregistrements pour le diagnostic de SAHOS
 - 2.2. Définition des événements respiratoires anormaux
 - 2.2.1. Apnées
 - 2.2.2. Hypopnées
 - 2.2.3. Index Apnées-Hypopnées
 - 2.3. Capteurs recommandés pour la détection et la caractérisation des apnées et des hypopnées au cours du sommeil
 - 2.4. Limites des capteurs pour le diagnostic du syndrome d'apnées-hypopnées du sommeil

OBJECTIF DE L'ETUDE

MÉTHODES

- 1. Population**
- 2. Acquisition des données**
- 3. Analyse statistique**

RÉSULTATS

- 1. Caractéristiques des patients**
- 2. Diagnostic et caractérisation des événements par les deux méthodes**
- 3. Classification par stades de sévérité**

DISCUSSION

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

TABLE DES MATIERES

ANNEXES

INTRODUCTION

1. Généralités sur le syndrome d'apnées hypopnées du sommeil

Le syndrome d'apnées hypopnées obstructives du sommeil (SAHOS) est un trouble respiratoire nocturne fréquent, caractérisé par la survenue, au cours du sommeil, d'épisodes répétés d'interruption complète de la ventilation (apnées), ou de réduction significative de la ventilation (hypopnées) pendant au moins 10 secondes. Les apnées obstructives sont caractérisées par une obstruction siégeant au niveau des voies aériennes supérieures, s'accompagnant de la persistance d'efforts ventilatoires pendant toute la durée de l'apnée, et générant une désaturation avec un micro-éveil permettant la reprise ventilatoire. Le SAHOS a pour conséquences une fragmentation du sommeil et une hypoxémie nocturne intermittente à l'origine de manifestations cliniques.

La sévérité du SAHOS prend en compte deux composantes : l'importance de la somnolence diurne, évaluée par l'échelle d'Epworth, après exclusion d'une autre cause de somnolence et l'index d'apnées-hypopnées (IAH).

Le SAHOS est devenu un problème de santé publique majeur, de par sa prévalence en constante augmentation (12,9% chez les hommes et 5,9% chez les femmes) (1), mais surtout par sa morbi-mortalité, notamment cardiovasculaire (Figure 1). L'impact sur la genèse et l'évolution de l'hypertension artérielle systémique, du diabète, des troubles du rythme cardiaque, de la maladie coronarienne, de l'insuffisance cardiaque et des accidents vasculaires cérébraux, doivent inciter à prévenir, diagnostiquer et à traiter précocement les troubles respiratoires du sommeil (2).

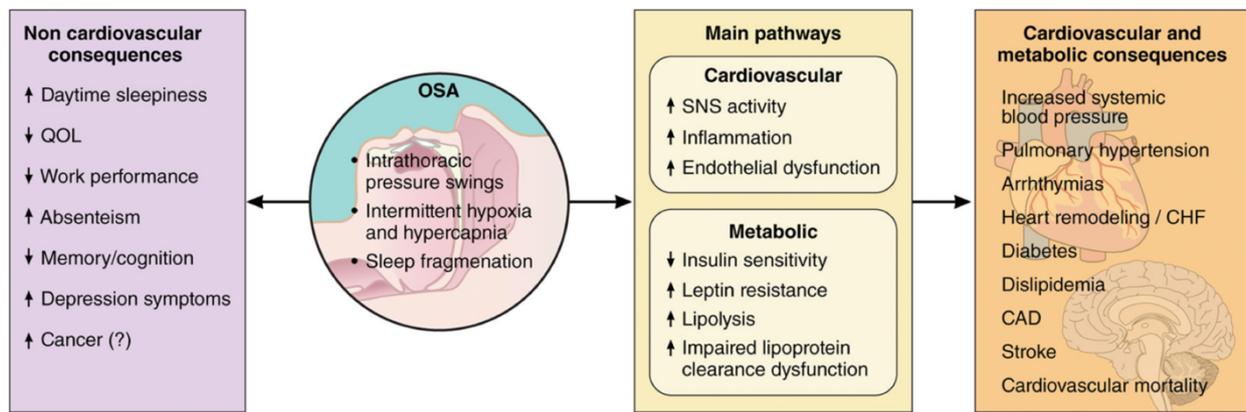


Figure 1 – Proposed consequences of obstructive sleep apnea

D'après Drager et al. Sleep Apnea and Cardiovascular Disease: Lessons from Recent Trials and Need for Team Science. Circulation. 2017.

2. Méthodes diagnostiques du syndrome d'apnées hypopnées du sommeil

2.1. Différents types d'enregistrements pour le diagnostic de SAHOS

La réalisation d'un enregistrement du sommeil est indispensable à la prise en charge d'un patient présentant un SAHOS. Il permet de porter le diagnostic, d'orienter le traitement en donnant des arguments sur la sévérité du SAHOS et d'évaluer l'efficacité des mesures thérapeutiques entreprises.

Le choix du type d'enregistrement et des signaux à enregistrer est fonction du contexte clinique. Chaque patient doit bénéficier d'un interrogatoire et d'une évaluation clinique globale préalablement à la réalisation de l'enregistrement. Il est recommandé d'utiliser un questionnaire systématisé lors de la visite initiale d'un patient suspect de SAHOS (3). L'enregistrement du sommeil doit être réalisé rapidement chez les patients suspects de SAHOS présentant une somnolence diurne sévère et/ou des comorbidités cardio-vasculaires ou respiratoires sévères et/ou une activité professionnelle à risque accidentel.

Les systèmes d'enregistrement sont classés suivant le nombre de capteurs et les conditions d'enregistrement (Figure 2).

Type I : polysomnographie au laboratoire surveillée par du personnel formé avec au moins 7 signaux (EEG, EOG, EMG mentonnier, débits aériens naso-buccaux, efforts respiratoires, ECG, oxymétrie ± EMG jambiers, position, ronflement).

Type II : polysomnographie en condition non surveillée avec au moins 7 signaux.

Type III : polygraphie ventilatoire avec au moins 4 signaux : débits aériens naso-buccaux + un signal de mouvements respiratoires ou 2 signaux de mouvements respiratoires, oxymétrie et fréquence cardiaque ou ECG

Type IV : un ou deux signaux respiratoires, le plus souvent oxymétrie et/ou débits aériens.

Figure 2 – Quatre types d'enregistrement du sommeil

D'après Escourrou et al. Quelle approche clinique et quelle procédure diagnostique pour le SAHOS. RMR 2010.

Les systèmes d'enregistrement de type I et II, sont utilisés pour réaliser des polysomnographies (PSG) et le système d'enregistrement de type III pour mener des polygraphies ventilatoires (PV). Le type I identifie, par polysomnographie, les événements respiratoires en fonction des stades de sommeil, permettant le calcul de l'IAH par heure de sommeil (Figure 3). La polysomnographie de type I, est l'examen de référence pour le diagnostic de SAHOS. L'enregistrement comporte 7 signaux, à savoir :

- Un électroencéphalogramme (EEG)
- Un électro-oculogramme (EOG)
- Un électromyogramme mentonnier (EMG)
- L'analyse des paramètres respiratoires est identique à celle d'une polygraphie ventilatoire, c'est-à-dire qu'elle doit comporter au moins 4 signaux : débits aériens naso-buccaux, 1 ou 3 signaux de mouvements respiratoires thoraco-abdominaux, oxymétrie et fréquence cardiaque ou électrocardiogramme (ECG).

Chaque examen doit, si possible, être effectué aux horaires habituels de sommeil du patient et doit comporter une durée minimum de 6 heures d'enregistrement avec des signaux de qualité satisfaisante.



Figure 3 – Polysomnographie de type I surveillée au laboratoire du sommeil

2.2. Définition des évènements respiratoires anormaux

2.2.1. Apnées

Une apnée correspond à un arrêt du débit aérien naso-buccal pendant au moins 10 secondes. Les derniers critères de l'American Academy of Sleep Medicine (AASM) indiquent qu'une apnée doit être scorée en cas de chute du signal de flux aérien $\geq 90\%$ par rapport à la ligne de base précédant l'évènement. La classification des apnées en apnées obstructives, centrales ou mixtes est basée sur l'existence ou non d'efforts respiratoires. Une apnée est obstructive en cas de persistance d'efforts ventilatoires pendant l'apnée. L'apnée est centrale en cas d'absence d'efforts ventilatoires pendant toute la durée de l'apnée. Elle est mixte si les efforts respiratoires sont absents dans la partie initiale de l'évènement mais présents dans la seconde (4).

2.2.2. Hypopnées

Les recommandations parues en 2012 impliquent de scorer une hypopnée en cas de chute $\geq 30\%$ du pic inspiratoire par rapport à la ligne de base, pendant ≥ 10 secondes,

associée à une désaturation $\geq 3\%$ par rapport à la ligne de base ou si présence d'un micro-éveil. La classification entre hypopnée centrale et obstructive reste optionnelle.

2.2.3. Index Apnées-Hypopnées

La fréquence de ces événements, ou IAH, définit la sévérité du SAHOS. On parle de SAHOS léger pour un IAH compris entre 5 et 15/h, SAHOS modéré pour un IAH compris entre 15 et 30/h et de SAHOS sévère pour un IAH supérieur à 30/h.

2.3. Capteurs recommandés pour la détection et la caractérisation des apnées et des hypopnées au cours du sommeil

La détection et la caractérisation des événements respiratoires anormaux nécessitent le recueil et l'enregistrement de signaux valides de débit et d'effort respiratoire. Le tableau I représente les capteurs recommandés et les capteurs alternatifs pour la détection et la caractérisation des apnées et des hypopnées.

Selon les recommandations de l'AASM, les apnées sont détectées à l'aide de la thermistance buccale, et les hypopnées par les canules nasales.

	Capteurs	
	Recommandés	Alternatifs
Apnées	Thermistance buccale	Canules nasales
		Débit sangles
		Sons trachéaux ¹
Hypopnées	Canules nasales	Thermistance buccale
		Débit sangles
Efforts respiratoires	Manométrie oesophagienne	Mouvements sangles

Tableau I – Capteurs recommandés et capteurs alternatifs pour la détection et la caractérisation des apnées et des hypopnées (¹Hors recommandations AASM)

D'après Richard B. Berry et al. Rules for Scoring Respiratory Events in Sleep: Update of the 2007 AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events, JCSM, 2012 (5).

Les thermistances utilisent la différence entre la température de l'air expiré et la température ambiante pour estimer le débit d'air. La thermistance buccale est un bon outil pour la détection des apnées mais la sensibilité est très insuffisante pour détecter les hypopnées (6). Il n'y a pas de mesure du flux, ce qui permet la détection fiable des apnées seules, l'analyse de la forme du signal est impossible.

Les capteurs de pression nasale permettent de détecter les hypopnées et les limitations de débit. La canule nasale mesure les variations de pressions pendant l'inspiration et l'expiration (Figure 4) (7)(8).



Figure 4 - Canules nasales associées à une thermistance buccale

Les sangles thoraciques et abdominales, utilisant la pléthysmographie respiratoire par inductance (PI) permettent de caractériser le mécanisme des apnées en fonction de la présence (obstructives) ou de l'absence (centrales) de mouvement respiratoire.

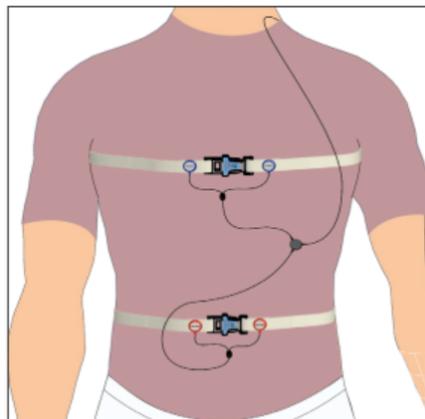


Figure 5 - Bandes thoraciques et abdominales pour la pléthysmographie respiratoire par inductance.

Aujourd'hui, des signaux dérivés de la pléthysmographie respiratoire par inductance sont disponibles : la « PI sum », somme des signaux des capteurs thoracique et abdominal, donnant une estimation du volume courant ; et la « PI flow », dérivée dans le temps de la « PI sum », donnant une estimation du débit (9)(10). En cas de déficience du signal de pression nasale ou de la thermistance buccale, la somme des mouvements thoraciques et abdominaux évaluée par PI constitue une alternative pour la détection des hypopnées (11)(12).

Concernant les sons trachéaux, une méthode de reconnaissance et de caractérisation des apnées a été validée par l'utilisation d'un capteur de son placé en regard de la trachée (Figure 6) (13)(14). Il permet de s'affranchir du mode de respiration nasale ou buccale du sujet et d'enregistrer à la fois les sons trachéaux et la pression sus-sternale. Une association entre l'intensité sonore des sons trachéaux et le débit respiratoire a été démontrée, ce qui permet alors de détecter des apnées (15).

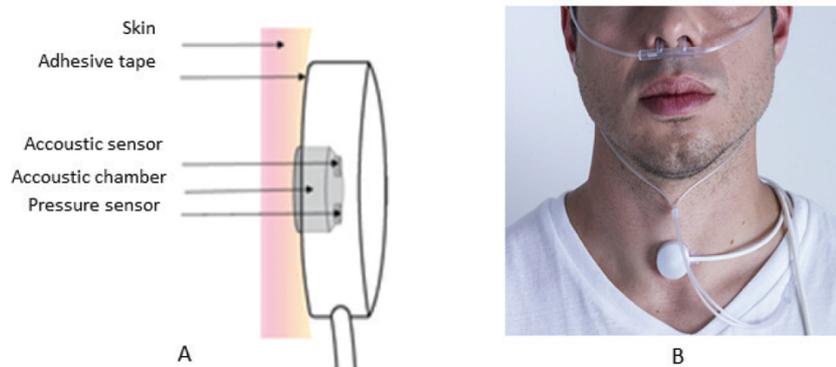


Figure 6 – Capteur associant un capteur acoustique et un capteur de pression (A). Méthode de fixation du capteur au dessus de la fourchette sternale (B).

D'après Sabil, Comparison of Apnea Detection using oronasal thermal airflow sensor, nasal pressure transducer, respiratory inductance plethysmography and tracheal sound sensor, JCSM, 2019

La pression sus-sternale est validée pour la classification des apnées en apnées obstructives, centrales ou mixtes (16). L'étude d'Amaddeo et al. a permis de valider son utilisation pour la classification des apnées chez les enfants (17). Chez les adultes, l'étude de Sabil et al. a confirmé l'excellente concordance entre la pression sus-sternale, la PI et la pression œsophagienne pour la détection des évènements respiratoires (18).

2.4. Limites des capteurs pour le diagnostic du syndrome d'apnées-hypopnées du sommeil

La thermistance buccale présente quelques limites puisqu'elle est sensible aux variations de température de la chambre et à la chaleur cutanée. En raison de son inconfort, certains patients ont tendance à la mâcher au cours de la nuit, ce qui engendre un problème de coût quand une thermistance, coûteuse, est endommagée.

La canule nasale peut être mise en défaut en cas d'obstruction nasale ou d'expiration buccale et se déplace facilement au cours du sommeil avec risque de perte du signal. Lorsque l'enregistrement est effectué en ambulatoire, ce sont les patients eux-mêmes qui installent les capteurs et ceux-ci sont parfois mal disposés. Les signaux sont parfois non analysables pendant une partie de l'enregistrement.

Ces deux capteurs sont placés dans la même zone, très sensible pour les patients, entre le nez et la bouche, et peuvent être source d'inconfort et perturber la qualité du sommeil. Ils peuvent même être déplacés voire enlevés par certains patients lors de l'enregistrement nocturne et leurs signaux deviennent inutilisables.

Bien que toutes les études antérieures comparant différents capteurs montrent que la pression nasale identifie plus d'évènements que le signal de thermistance, certaines données indiquent que la pression nasale peut surestimer l'ampleur de la réduction du débit d'air et classer les hypopnées comme des apnées (19).

La mise en place du capteur acoustique de sons trachéaux associé à un capteur de pression pour l'analyse de la pression sus-sternale, est relativement facile. Le seul capteur de sons trachéaux disponible actuellement sur le marché français pour les études du sommeil, a été conçu par la société CIDELEC (France). Ce dispositif est moins susceptible d'être déplacé ou enlevé par les patients que les autres capteurs lors d'un enregistrement nocturne, en particulier en ambulatoire ou chez l'enfant. Il est moins sensible au bruit ambiant que les microphones d'ambiance. Le son et la pression, mesurés à l'intérieur de la chambre du capteur, fournissent un signal brut. Des filtres fréquentiels permettent d'en extraire trois paramètres physiologiques importants pour le diagnostic de SAHOS : la respiration buccale et nasale, les ronflements et les efforts respiratoires pour la caractérisation des apnées obstructives, centrales et mixtes (11). Il doit être placé sur la peau au-dessus de la fourchette sternale, puis fixé à l'aide d'un ruban adhésif (Figure 6). Certains systèmes utilisent un pansement adhésif sur le capteur ou une bande élastique souple pour envelopper le capteur autour du cou. Le positionnement correct du capteur est un élément essentiel pour obtenir un signal de bonne qualité.

Les signaux de la pléthysmographie respiratoire par inductance constituent une alternative pour la détection des apnées et des hypopnées. Les sangles de la PI associées aux sons trachéaux présentent l'avantage de ne pas être positionnés sur le visage. Ils gênent moins les patients et ont donc moins de risque d'être perturbés par leur comportement. Ils ont également l'avantage d'être placés par un technicien spécialisé ou un praticien, il n'y a donc pas de risque qu'ils soient mal installés.

OBJECTIF DE L'ETUDE

L'objectif de cette étude est d'évaluer les performances diagnostiques d'une polysomnographie dite « Visage Libre », associant capteur de sons trachéaux pour la détection et la caractérisation des apnées, et débit des sangles thoraciques et abdominales pour la détection des hypopnées, comparativement à la polysomnographie standard, de type AASM (thermistances pour la détection des apnées, et canules de pression pour les hypopnées) chez des patients explorés pour suspicion clinique de syndrome d'apnées-hypopnées obstructives du sommeil.

MÉTHODES

1. Population

Il s'agit d'une étude non interventionnelle, qui a reposé sur une double analyse d'enregistrements polysomnographiques réalisés chez 70 patients inclus dans la cohorte sommeil des Pays de la Loire.

La cohorte sommeil des Pays de la Loire est une cohorte multicentrique initiée en 2007, après avoir obtenu l'accord du CCTIRS puis de la CNIL, incluant prospectivement tout primo-consultant d'âge ≥ 18 ans, adressé pour une suspicion clinique de SAHOS au centre de médecine du sommeil du CHU d'Angers. Tous les patients ont donné leur consentement écrit pour participer à l'étude après avoir reçu une note d'information sur la cohorte. Neuf centres d'investigations incluant CHU, CHG et cabinets libéraux ont participé à l'élaboration de la cohorte. Les patients remplissaient, comme à l'habitude, un questionnaire standardisé évaluant leurs symptômes, habitudes de sommeil, antécédents, comorbidités et traitements. À l'issue de la consultation, une polygraphie ventilatoire ou une polysomnographie était programmée selon les recommandations de pratique clinique de prise en charge du syndrome d'apnées du sommeil. Ce processus s'inscrivait dans la prise en charge habituelle de toute suspicion de syndrome d'apnées du sommeil chez un patient.

2. Acquisition des données

Après anonymisation, chaque tracé de polysomnographie faisait l'objet de deux lectures consécutives, selon un ordre aléatoire. Une lecture nommée AASM utilisait les capteurs de thermistance buccale et les canules nasales pour la détection des apnées et des hypopnées respectivement, et les sangles thoracique et abdominale pour la classification des apnées (Figure 7, Figure 8).

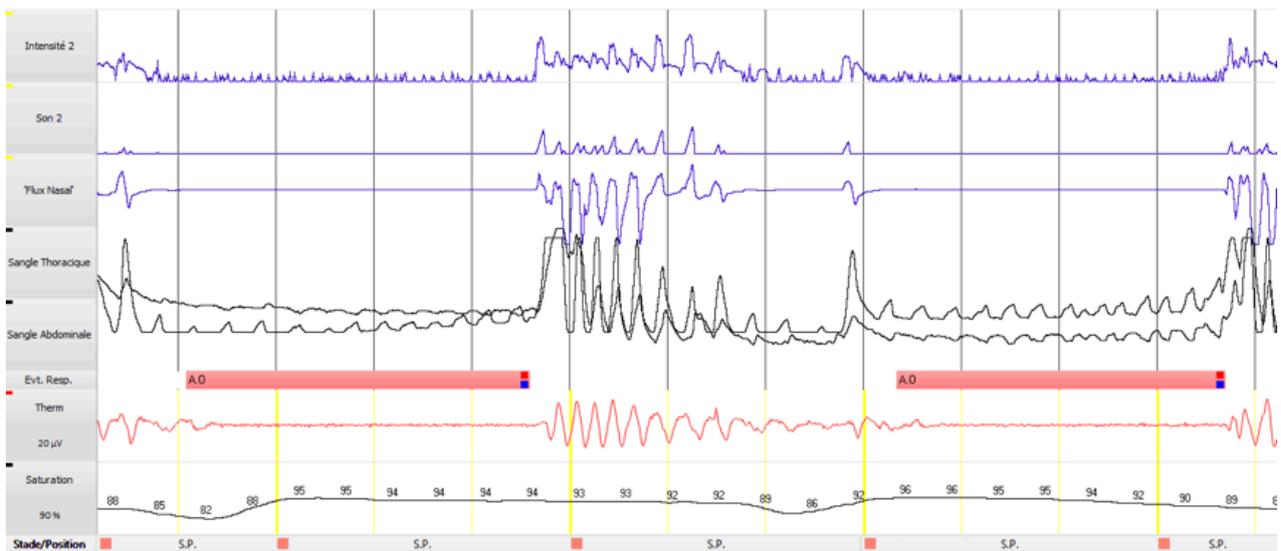


Figure 7 – Détection des apnées par la thermistance buccale selon les recommandations de l’AASM –

Reading 1

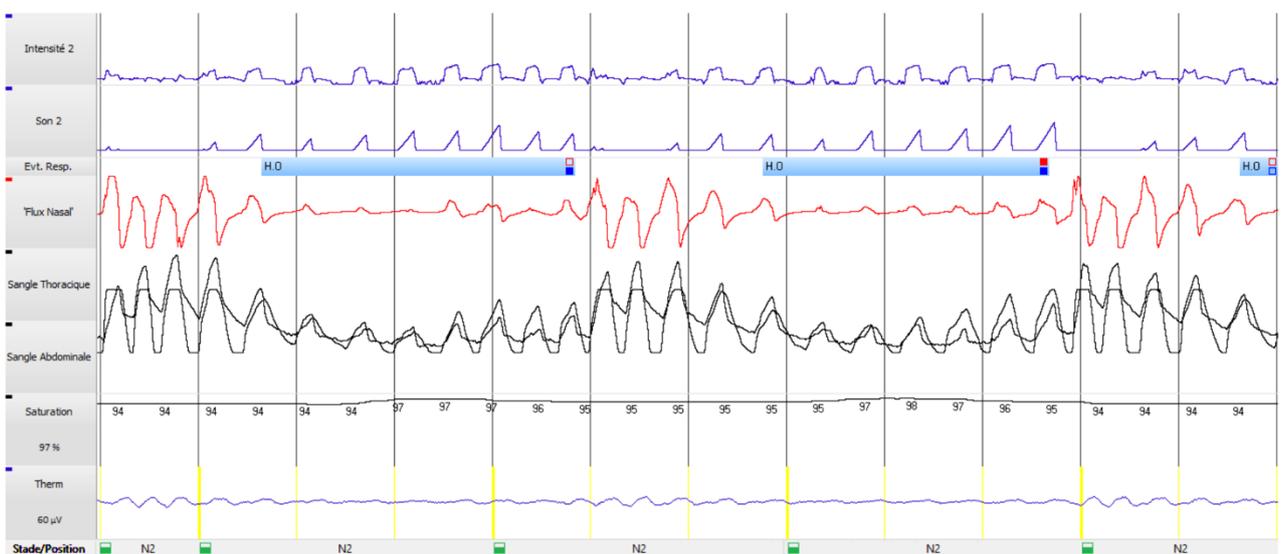


Figure 8 – Détection des hypopnées par la canule nasale selon les recommandations de l’AASM –

Reading 1

Une deuxième lecture nommée « Visage Libre » utilisait les capteurs de sons trachéaux pour la détection des apnées, la pression sus-sternale pour leurs caractérisations, et le débit sangle, dit pléthysmographie respiratoire par inductance, pour la détection des hypopnées. (Figure 9, Figure 10). La qualité et l'amplitude des signaux étaient toujours vérifiées avant de débiter l'enregistrement.

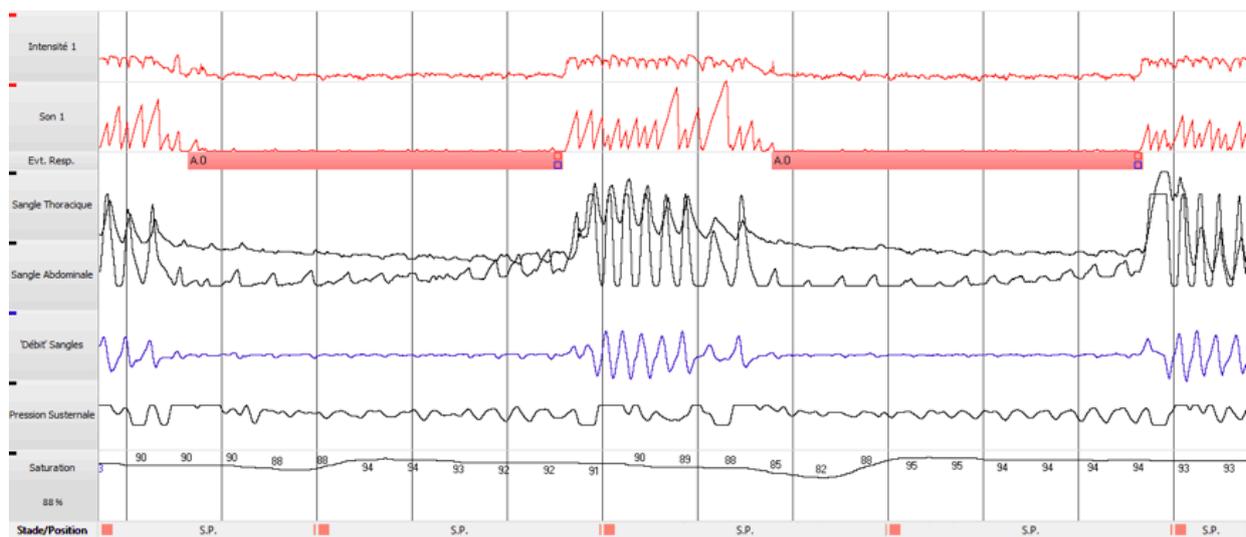


Figure 9 – Détection des apnées par les sons trachéaux selon le protocole Visage Libre – Reading 2

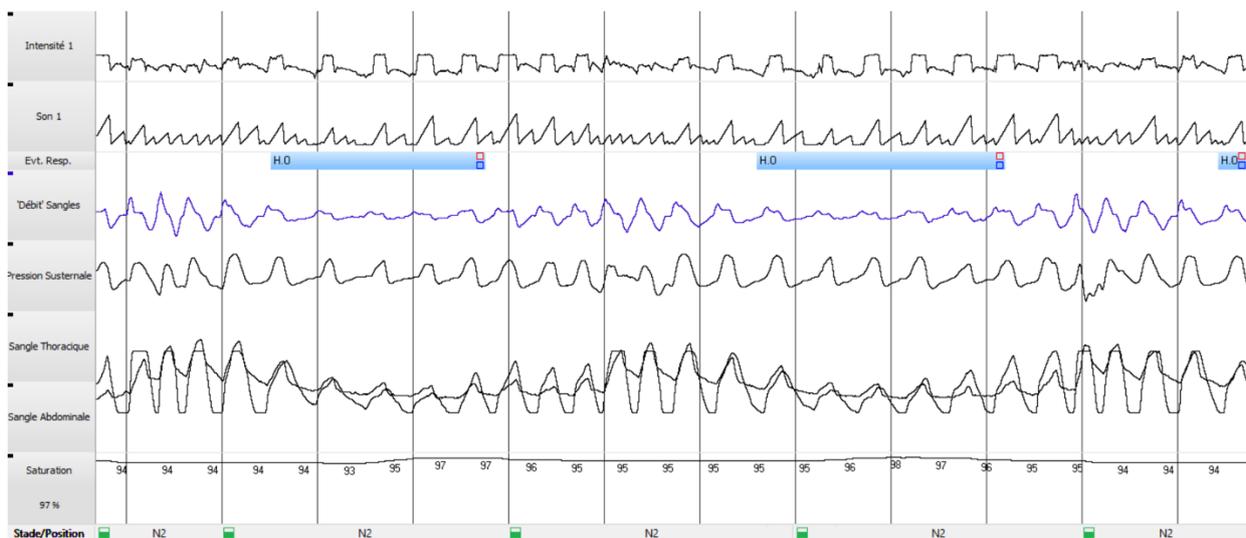


Figure 10 – Détection des hypopnées par le débit sangles selon le protocole Visage Libre – Reading 2

L'étude était effectuée sur des enregistrements polysomnographiques réalisés en routine chez les patients adressés au laboratoire du sommeil pour suspicion de SAHOS. Les capteurs recommandés pour l'analyse de la ventilation pendant le sommeil ont été utilisés, ainsi que le capteur de sons trachéaux et de pression sus-sternale, qui fait partie intégrante du système d'enregistrement CIDELEC, employé de façon habituelle depuis plusieurs années. Toutes les polysomnographies étaient analysées par le même lecteur à l'aide des données anonymisées. L'interprétation des tracés était réalisée au laboratoire de médecine du sommeil du CHU d'Angers, avec le logiciel créé par l'équipe de recherche de la société CIDELEC.

3. Analyse statistique

Le logiciel statistique MATLAB R2016a (MathWorks, USA) a été utilisé afin de calculer la sensibilité et la spécificité pour la détection des apnées et des hypopnées, utilisant la méthode dite à « Visage Libre », par rapport à celle faisant appel aux recommandations de l'AASM. Le logiciel Prism 7 (GraphPad, Version 6.0c) a permis de calculer le coefficient Kappa de Cohen afin de chiffrer l'accord entre les résultats de la nouvelle détection et ceux de référence. Des analyses de corrélation et de concordance selon la méthode de Bland et Altman ont été effectuées pour comparer les index de sévérité déterminés par les 2 méthodes. La capacité de chaque méthode à classer chaque patient en stade de sévérité : léger pour un IAH compris entre 5 et 15/h, modéré pour un IAH compris entre 15 et 30/h et sévère $\geq 30/h$, était comparée à l'aide d'un test de Chi².

RÉSULTATS

1. Caractéristiques des patients

Au total, 70 patients ont été inclus dans le protocole Visage Libre (Tableau II). Composée de patients d'une moyenne d'âge de 55 ans, l'étude portait sur des enregistrements polysomnographiques révélant des syndromes d'apnées hypopnées du sommeil de sévérité modérée, avec un IAH à 23/h en moyenne. Le temps moyen de sommeil total était de 7,14h. Concernant les facteurs de risque cardiovasculaires, les patients présentant une hypertension artérielle étaient les plus représentés.

Tableau II – Caractéristiques des patients inclus

n	70
Age, years	55.1 ±13.6
Body mass index (kg/m²)	28.9 ±6.4
Females (%)	23.8
Epworth sleepiness scale	9.8 ±5.1
Apnea-hypopnea index (/hour)	23.0 ±21.1
Apnea index (/hour)	7.4 ±15.6
3% oxygen desaturation index (/hour)	20.7 ±19.6
Micro-arousal index (/hour)	30.3 ±16.8
Total sleep time (minutes)	428.9 ±81.1
N1-N2 sleep (%)	59.9 ±12.2
N3 sleep (%)	21.8 ±8.4
REM sleep (%)	19.0 ±6.0
Systemic hypertension (%)	51.3
Diabetes (%)	21.6
Cardiovascular diseases (%)	17.4

2. Diagnostic et caractérisation des évènements par les deux méthodes

10 883 évènements respiratoires ont été analysés selon la lecture AASM, à savoir 3 803 apnées et 7 080 hypopnées. La lecture Visage Libre a analysé 11 071 évènements respiratoires : 3 764 apnées et 7 306 hypopnées. Les évènements respiratoires détectés comme des apnées ou hypopnées par les deux méthodes d'analyse ainsi que la capacité à évaluer la sévérité des troubles respiratoires selon chaque méthode, ont été comparés.

Tableau III – Caractérisation des évènements respiratoires communs aux 2 méthodes de lecture. (A : Apnées ; H : Hypopnées).

		Visage libre		
		A, n	H, n	
AASM	A, n	3659	113	3772
	H, n	71	6368	6439
		3730	6481	10211
	Sensibilité, %	98.10	98.26	
	Spécificité, %	98.26	98.10	
	Coefficient Kappa	0.9612		

Après comparaison, 3 659 apnées et 6 368 hypopnées ont été correctement identifiées par le protocole Visage Libre. Cependant, 113 évènements ont été décrits comme hypopnées, alors qu'il s'agissait d'apnées selon les recommandations de l'AASM. De la même façon, 71 évènements ont été décrits comme apnées alors qu'il s'agissait d'hypopnées.

La sensibilité de l'analyse Visage Libre était de 98,10% pour la détection des apnées et de 98,26% pour les hypopnées. La spécificité pour la détection des apnées était de 98,26% et 98,10% pour les hypopnées. Le coefficient de corrélation Kappa de Cohen était de 0,9612 pour la détection des apnées et hypopnées par la méthode Visage Libre par rapport à la méthode de référence.

Selon la méthode de référence AASM, les sangles thoracique et abdominale permettent la caractérisation des apnées, en apnées obstructives, centrales ou mixtes. Le protocole Visage Libre utilise la pression sus-sternale pour la classification des apnées. Au total, 2 741 apnées obstructives identifiées par la lecture Visage Libre ont été confirmées par la lecture selon l'AASM. De même, 480 apnées mixtes et 349 apnées centrales détectées par la méthode Visage Libre ont été confirmées par la lecture AASM. 3 570 apnées ont été classées correctement sur les 3 659 apnées détectées (Tableau IV).

La sensibilité pour la caractérisation des apnées obstructives, mixtes et centrales est respectivement de 98,67%, 92,66% et 96,14%. La spécificité pour la caractérisation des apnées est, de la même façon, de 96,17%, 99,36% et 98,89%. Le coefficient Kappa de Cohen pour la détection des apnées selon la méthode Visage Libre par rapport à la méthode de lecture recommandée est de 0,9384.

Tableau IV – Classification des apnées selon chaque méthode de lecture. (AO : apnées obstructives ; AM : apnées mixtes ; AC : apnées centrales)

	Visage libre				
		AO, n	AM, n	AC, n	
AASM	AO, n	2741	23	10	2774
	AM, n	16	480	4	500
	AC, n	21	15	349	385
		2778	518	363	3659
	Sensibilité, %	98.67	92.66	96.14	
	Spécificité, %	96.17	99.36	98.89	
	Coefficient Kappa	0.9384			

3. Classification par stades de sévérité

La figure 11 représente les régressions linéaires pour les index d'apnées (IA), (A), hypopnées (IH), (B) et l'IAH (C) obtenus selon la méthode Visage Libre par rapport à l'AASM.

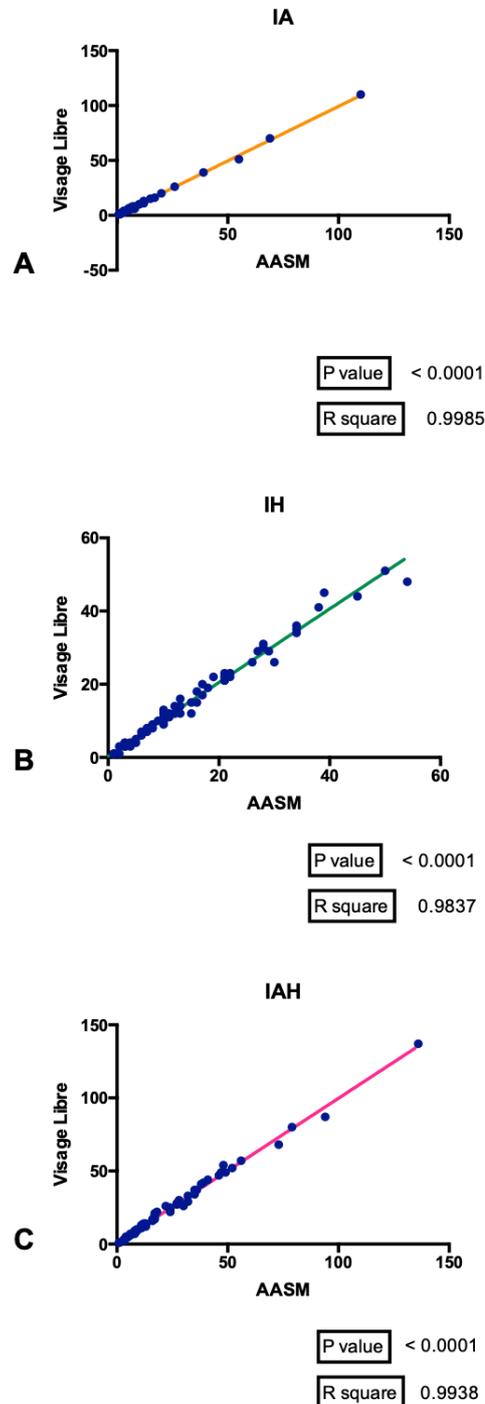


Figure 11 – Régressions linéaires représentant l'IA (A), l'IH (B) et l'IAH (C) de la méthode Visage Libre par rapport à la méthode de lecture AASM.

L'étude de la concordance selon Bland et Altman entre l'IA (A), l'IH (B) et l'IAH (C) obtenus par la méthode Visage Libre et ceux obtenus par la méthode recommandée de l'AASM est exposée graphiquement sur la figure 12.

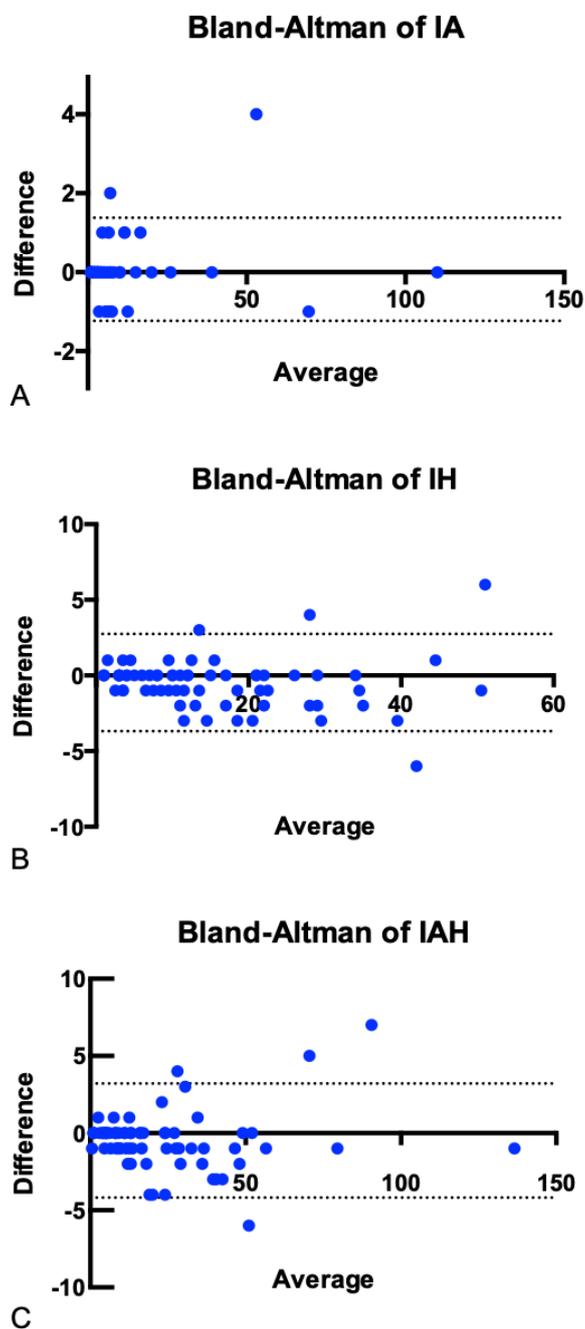


Figure 12 – Analyse de concordance selon Bland et Altman pour l'IA (A), l'IH (B) et l'IAH (C) obtenus selon Visage Libre et la méthode AASM.

Parmi les 70 enregistrements polysomnographiques, l'IAH moyen était de 23,0 par heure selon la méthode AASM et 23,4 par heure selon la méthode Visage Libre. (Figure 13).

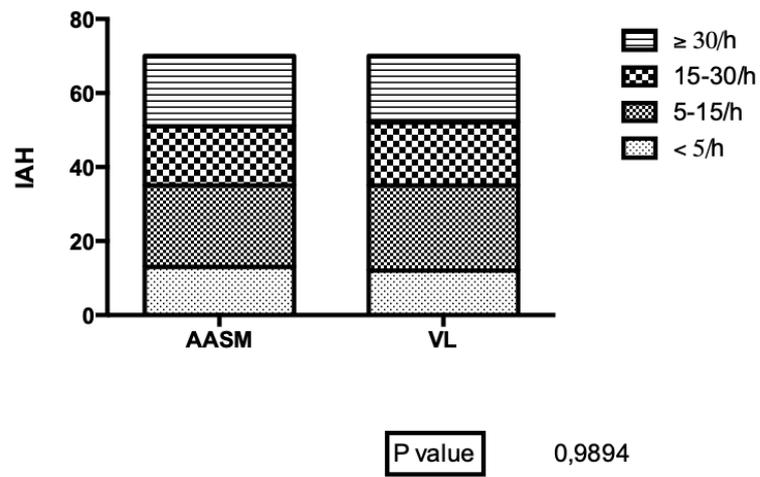


Figure 13 – Répartition des IAH par sévérité, selon l'analyse AASM et Visage Libre

DISCUSSION

Cette étude montre que le montage « Visage Libre » comparé au montage de référence AASM possède d'excellentes performances pour le diagnostic des apnées et hypopnées du sommeil, la caractérisation du mécanisme des apnées et l'évaluation de la sévérité du SAHOS.

Ce protocole révèle une excellente sensibilité et spécificité des sons trachéaux et du débit sangles pour la détection des apnées et des hypopnées, en l'absence de canule nasale et thermistance buccale. 11 071 évènements respiratoires ont été détectés par la méthode Visage Libre et 10 883 par la méthode de référence selon l'AASM. La différence porte essentiellement sur les hypopnées. La méthode de lecture selon l'AASM comptabilise 7 080 hypopnées contre 7 306 détectées par la méthode Visage Libre. Ceci peut être expliqué par le fait que les hypopnées sont définies, selon l'AASM, par une réduction du débit aérien naso-buccal $\geq 30\%$ par rapport à ligne de base alors que la détection des hypopnées par la méthode Visage Libre utilisant la pléthysmographie respiratoire par inductance, est plus hétérogène, définie par une baisse d'amplitude voire un aplatissement du débit sangles, ce qui peut surestimer leur détection. Concernant les apnées, 3 803 apnées ont été identifiées par la méthode de référence, contre 3 764 par la méthode Visage Libre. Les apnées sont caractérisées par une absence complète de signal au niveau des sons trachéaux pour la méthode Visage Libre. L'AASM définit une apnée lorsqu'est constatée une chute du signal de débit aérien $\geq 90\%$ par rapport à la ligne de base précédent l'évènement. Par conséquent, en présence d'une réduction du débit d'air, sans abolition complète de celui-ci, les sons trachéaux peuvent présenter des bruits respiratoires persistants pouvant être interprétés à tort comme un cycle respiratoire. En effet, des bruits de lutte peuvent être enregistrés pendant une apnée. Ces sons sont provoqués par un effort respiratoire intense qui génère une réouverture transitoire et minimale des voies aériennes supérieures pendant l'évènement. Ce son ne doit pas être confondu avec le ronflement car il est davantage susceptible d'être associé à la présence d'un flux d'air

délectable au cours d'une hypopnée. Malgré quelques différences dans la cotation des apnées et des hypopnées selon chaque méthode de lecture, l'IAH calculé est similaire, ne modifiant pas la sévérité obtenue du syndrome d'apnées-hypopnées du sommeil. En effet, après comparaison des apnées et hypopnées détectées selon chaque méthode, on retrouve un IAH moyen de 23,0/h pour la méthode de référence, et 23,4/h pour la méthode Visage Libre (Figure 13), soit un syndrome d'apnées-hypopnées du sommeil modéré pour chaque méthode de détection. Les régressions linéaires représentées sur la figure 11, montrent une très bonne relation pour le calcul de l'IA, l'IH et l'IAH selon la méthode AASM et Visage Libre. Il en est de même pour la méthode de concordance de Bland-Altman (figure 12). La régression linéaire et l'étude de concordance sont deux techniques complémentaires. La technique de régression linéaire recherche ici l'existence d'une relation de proportionnalité entre l'IA, l'IH et l'IAH obtenus pour chaque méthode de détection. L'analyse de concordance de Bland-Altman consiste à étudier l'écart existant au sein des couples de valeurs obtenus pour l'IA, l'IH et l'IAH par ces deux méthodes différentes. Cette méthode est l'outil adapté pour l'appréciation clinique d'une nouvelle technique de mesure par rapport à la méthode de référence AASM.

Une étude similaire est actuellement en cours de publication par Amaddeo et al. incluant des enfants de l'Hôpital Necker. Les enregistrements nocturnes réalisés dans la population pédiatrique sont très souvent altérés par des pertes du signal des canules nasales et thermistance buccale, en raison d'obstruction nasale, mâchonnement du dispositif et mobilisation nocturne excessive. L'IAH moyen obtenu selon la méthode de référence est de $13,5 \pm 32/h$ et $12 \pm 31/h$ pour la méthode Visage Libre.

Concernant la caractérisation des apnées, cette étude confirme les résultats des études précédentes chez les adultes (16)(18). La sensibilité et la spécificité pour la classification des apnées sont excellentes. La sensibilité pour la caractérisation des apnées en apnées obstructives, mixtes ou centrales est respectivement de 98,67%, 92,66% et 96,14%. La moins

bonne sensibilité pour la caractérisation des apnées mixtes est probablement due au fait que la pression sus-sternale tend à surestimer l'effort respiratoire par rapport au débit sangle, comme démontré dans une étude précédente (13). Le coefficient Kappa de Cohen est de 0,9384, ce qui définit un accord excellent entre la lecture AASM et Visage Libre pour la classification des apnées, selon la grille de lecture proposée par Landis et Koch. La spécificité pour la caractérisation des apnées est très bonne puisqu'elle est respectivement de 96,17%, 99,36% et 98,89% pour les apnées obstructives, mixtes et centrales.

Les sons trachéaux, captés au-dessus de la fourchette sternale, sont une mesure des vibrations de la surface du corps, mise en mouvement par les variations de pression. Malgré de nombreux résultats positifs pour la détection des événements respiratoires anormaux par ce dispositif (20)(21)(22), l'AASM n'a pas inclus les sons trachéaux dans la liste des capteurs recommandés pour l'analyse des événements respiratoires lors du diagnostic du syndrome d'apnées-hypopnées du sommeil. Ceci peut être expliqué par le nombre limité d'études ayant utilisé puis validé les sons trachéaux pour ce diagnostic.

Les sons trachéaux et la pléthysmographie respiratoire par inductance ont une bonne sensibilité et spécificité pour la détection des événements respiratoires anormaux durant le sommeil chez l'adulte. Ces capteurs non invasifs permettent le recueil et l'enregistrement de signaux de débits respiratoires, et sont facilement mis en place par un praticien formé ou un technicien spécialisé. Les canules nasales sont sources d'inconfort pour le patient avec des déplacements et pertes du signal fréquents pendant la polygraphie respiratoire. Ainsi, le pourcentage de tracés pendant lesquels ces signaux sont valides pendant plus de 6 heures d'enregistrement est seulement de 58% chez l'adulte (23). Les sangles de la PI associées aux sons trachéaux sont moins inconfortables puisqu'ils ne sont pas positionnés sur le visage et ne sont pas perturbés par le comportement de certains patients.

Cette étude possède plusieurs limites. Les polysomnographies ont été analysées par un seul lecteur, excluant la variabilité inter-opérateur. L'analyse des sons trachéaux dépend de l'entraînement et de l'expérience du lecteur vis-à-vis de ce signal. Ce protocole montre qu'un lecteur bien formé peut utiliser les sons trachéaux comme complément, ou mieux, comme signal alternatif aux capteurs standards recommandés par l'AASM. Cependant, les résultats nécessitent d'être confirmés par une plus large étude, incluant des patients plus nombreux, avec une analyse effectuée par de multiples lecteurs. Les évènements respiratoires anormaux analysés dans cette étude proviennent d'une population hétérogène (Tableau II). Les patients inclus font partie d'une large tranche d'âge, et présentent soit un IMC normal, un surpoids ou une obésité, avec des facteurs de risque cardiovasculaire variables.

Le montage Visage Libre, associant sons trachéaux et pléthysmographie respiratoire par inductance, peut donc être utilisé en complément ou même, à la place, du montage AASM incluant la thermistance buccale et les canules de pression nasale, pour le diagnostic du syndrome d'apnées-hypopnées du sommeil, dans certaines situations telles que chez les patients obèses ou encore chez les enfants.

CONCLUSION

En conclusion, cette étude démontre que l'utilisation du capteur de sons trachéaux et la pléthysmographie respiratoire par inductance permet de détecter de façon optimale les apnées et les hypopnées, au même titre que la canule nasale et la thermistance buccale. Ce montage à Visage Libre permet d'évaluer la sévérité des troubles respiratoires analysés au cours du sommeil. L'addition des sons trachéaux et du débit sangles aux capteurs habituellement utilisés par la polysomnographie standard détecte correctement ces évènements respiratoires, même en cas d'absence des signaux recommandés par l'AASM, permettant ainsi un enregistrement à Visage Libre. De plus, cette étude montre que les sons trachéaux et la pression sus-sternale, permettent la détection et la caractérisation des apnées avec un haut degré de sensibilité et de spécificité. Les sons trachéaux et la pléthysmographie respiratoire par inductance représentent donc une méthode encourageante, chez les patients cliniquement suspects, pour le diagnostic du syndrome d'apnées-hypopnées du sommeil.

BIBLIOGRAPHIE

1. Heinzer R, Vat S, Marques-Vidal P, Marti-Soler H, Andries D, Tobback N, et al. Prevalence of sleep-disordered breathing in the general population: the HypnoLaus study. *Lancet Respir Med*. 2015 Apr;3(4):310–8.
2. Bouzerda A. Cardiovascular risk and obstructive sleep apnea. *Pan Afr Med J [Internet]*. 2018 Jan 18;29.
3. Escourrou P, Meslier N, Raffestin B, Clavel R, Gomes J, Hazouard E, et al. Quelle approche clinique et quelle procédure diagnostique pour le SAHOS? *Rev Mal Respir*. 2010 Oct;27:S115–23.
4. Redolfi S, Philippe C, et al. Nouvelles règles pour scorer les événements respiratoires du sommeil chez l'adulte : rapport de l'American Academy of Sleep Medicine 2013. *Médecine du sommeil*. 2014 Avril. Vol 11, 2.
5. Berry RB, Budhiraja R, Gottlieb DJ, Gozal D, Iber C, Kapur VK, et al. Rules for scoring respiratory events in sleep: update of the 2007 AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events. Deliberations of the Sleep Apnea Definitions Task Force of the American Academy of Sleep Medicine. *J Clin Sleep Med JCSM Off Publ Am Acad Sleep Med*. 2012 Oct 15;8(5):597–619.
6. Farré R, Montserrat JM, Rotger M, Ballester E, Navajas D. Accuracy of thermistors and thermocouples as flow-measuring devices for detecting hypopnoeas. *Eur Respir J*. 1998 Jan 1;11(1):179–82.
7. Hosselet J-J, Norman RG, Ayappa I, Rapoport DM. Detection of Flow Limitation with a Nasal Cannula/ Pressure Transducer System. *Am J Respir Crit Care Med*. 1998 May 1;157(5):1461–7.
8. Ayappa IA, Norman RG, Krieger AC, Rosén AK, O'malley RL, Rapoport DM. Non-Invasive detection of respiratory effort-related arousals (REras) by a nasal cannula/pressure transducer system. *Sleep*. 2000;23(6):763–71.
9. Cantineau JP, Escourrou P, Sartene R, Gaultier C, Goldman M. Accuracy of respiratory inductive plethysmography during wakefulness and sleep in patients with obstructive sleep apnea. *Chest*. 1992 Oct;102(4):1145–51.
10. Kaplan V, Zhang J, Russi EW, Bloch KE. Detection of inspiratory flow limitation during sleep by computer assisted respiratory inductive plethysmography. *Eur Respir J*. 2000;15(3):570–8.
11. Sabil A, Glos M, Günther A, Schöbel C, Veauthier C, Fietze I, et al. Comparison of Apnea Detection Using Oronasal Thermal Airflow Sensor, Nasal Pressure Transducer, Respiratory Inductance Plethysmography and Tracheal Sound Sensor. *J Clin Sleep Med*. 2019 Feb 15;15(02):285–92.
12. Thurnheer R, Xie X, Bloch KE. Accuracy of nasal cannula pressure recordings for assessment of ventilation during sleep. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001 Nov 15;164(10 Pt 1):1914–9.

13. Meslier N, Simon I, Kouatchet A, Ouksel H, Person C, -Louis Racineux J. Validation of a Suprasternal Pressure Transducer for Apnea Classification During Sleep. *Sleep*. 2002 Oct;25(7):753–7.
14. Penzel T, Sabil A. The use of tracheal sounds for the diagnosis of sleep apnoea. *Breathe*. 2017 Jun;13(2):e37–45.
15. Soufflet G, Charbonneau G, Polit M, Attal P, Denjean A, Escourrou P, et al. Interaction between tracheal sound and flow rate: a comparison of some different flow evaluations from lung sounds. *IEEE Trans Biomed Eng*. 1990 Apr;37(4):384–91.
16. Glos M, Sabil A, Jelavic KS, Schöbel C, Fietze I, Penzel T. Characterization of Respiratory Events in Obstructive Sleep Apnea Using Suprasternal Pressure Monitoring. *J Clin Sleep Med JCSM Off Publ Am Acad Sleep Med*. 2018 Mar 15;14(3):359–69.
17. Amaddeo A, Fernandez-Bolanos M, Olmo Arroyo J, Khirani S, Baffet G, Fauroux B. Validation of a Suprasternal Pressure Sensor for Sleep Apnea Classification in Children. *J Clin Sleep Med JCSM Off Publ Am Acad Sleep Med*. 2016 Dec 15;12(12):1641–7.
18. Sabil A, Schöbel C, Glos M, Gunther A, Veauthier C, Arens P, et al. Apnea and hypopnea characterization using esophageal pressure, respiratory inductance plethysmography, and suprasternal pressure: a comparative study. *Sleep Breath Schlaf Atm*. 2019 Feb 7;
19. Thornton AT, Singh P, Ruehland WR, Rochford PD. AASM Criteria for Scoring Respiratory Events: Interaction between Apnea Sensor and Hypopnea Definition. *Sleep*. 35(3):425.
20. Krumpel PE, Cummiskey JM. Use of laryngeal sound recordings to monitor apnea. *Am Rev Respir Dis*. 1980 Nov;122(5):797–801.
21. Cummiskey J, Williams TC, Krumpel PE, Guilleminault C. The Detection and Quantification of Sleep Apnea by Tracheal Sound Recordings1–4. *Am Rev Respir Dis*. 2015 May 14.
22. Meslier N, Racineux JL. Use of Tracheal Sound Recordings to Monitor Airflow During Sleep. In: Peter JH, Podszus T, von Wichert P, editors. *Sleep Related Disorders and Internal Diseases*. Springer Berlin Heidelberg; 1987. p. 121–4.
23. Redline S, Sanders MH, Lind BK, Quan SF, Iber C, Gottlieb DJ, et al. Methods for obtaining and analyzing unattended polysomnography data for a multicenter study. *Sleep Heart Health Research Group*. *Sleep*. 1998 Nov 1;21(7):759–67.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Proposed consequences of obstructive sleep apnea	I
Figure 2 - Quatre types d'enregistrement du sommeil	II
Figure 3 - Polysomnographie de type I, surveillée au laboratoire du sommeil	III
Figure 4 - Canules nasales associées à une thermistance buccale	IV
Figure 5 - Bandes thoracique et abdominale pour la pléthysmographie respiratoire par inductance.....	V
Figure 6 - Capteur associant un capteur acoustique et un capteur de pression (A). Méthode de fixation du capteur au-dessus de la fourchette sternale (B).	VI
Figure 7 - Détection des apnées par la thermistance buccale selon les recommandations de l'AASM - Reading 1	VII
Figure 8 - Détection des hypopnées par la canule nasale selon les recommandations de l'AASM - Reading 1.....	VIII
Figure 9 - Détection des apnées par les sons trachéaux selon le protocole Visage Libre - Reading 2.....	IX
Figure 10 - Détection des hypopnées par le débit sangles selon le protocole Visage Libre - Reading 2.....	X
Figure 11 - Régressions linéaires représentant l'IA (A), l'IH (B) et l'IAH (C) de la méthode Visage Libre par rapport à la méthode de lecture AASM	XI
Figure 12 - Analyse de concordance selon Bland et Altman pour l'IA (A), l'IH (B) et l'IAH (C) obtenus selon Visage Libre et la méthode AASM.....	XII
Figure 13 - Répartition des IAH par sévérité, selon l'analyse AASM et Visage Libre.....	XIII

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I - Capteurs recommandés et capteurs alternatifs pour la détection et la caractérisation des apnées et des hypopnées (¹ Hors recommandations AASM)	XIV
Tableau II - Caractéristiques des patients inclus.....	XV
Tableau III - Caractérisation des évènements respiratoires communs aux 2 méthodes de lecture (A : Apnées ; H : Hypopnées).....	XVI
Tableau IV - Classification des apnées selon chaque méthode de lecture (AO : apnées obstructives ; AM : apnées mixtes ; AC : apnées centrales).....	XVII

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
1. Généralités sur le syndrome d'apnées hypopnées du sommeil	1
2. Méthodes diagnostiques du syndrome d'apnées hypopnées du sommeil	2
2.1. Différents types d'enregistrements pour le diagnostic de SAHOS.....	2
2.2. Définition des évènements respiratoires anormaux	4
2.2.1. Apnées	4
2.2.2. Hypopnées	4
2.2.3. Index Apnées-Hypopnées.....	5
2.3. Capteurs recommandés pour la détection et la caractérisation des apnées et des hypopnées au cours du sommeil	5
2.4. Limites des capteurs pour le diagnostic du syndrome d'apnées-hypopnées du sommeil	8
OBJECTIF DE L'ETUDE	10
MÉTHODES	11
1. Population	11
2. Acquisition des données	11
3. Analyse statistique	14
RÉSULTATS	15
1. Caractéristiques des patients	15
2. Diagnostic et caractérisation des évènements par les deux méthodes	16
3. Classification par stades de sévérité	18
DISCUSSION	21
CONCLUSION	25
BIBLIOGRAPHIE	26
LISTE DES FIGURES	28
LISTE DES TABLEAUX	29
TABLE DES MATIERES	30
ANNEXES	I

ANNEXES

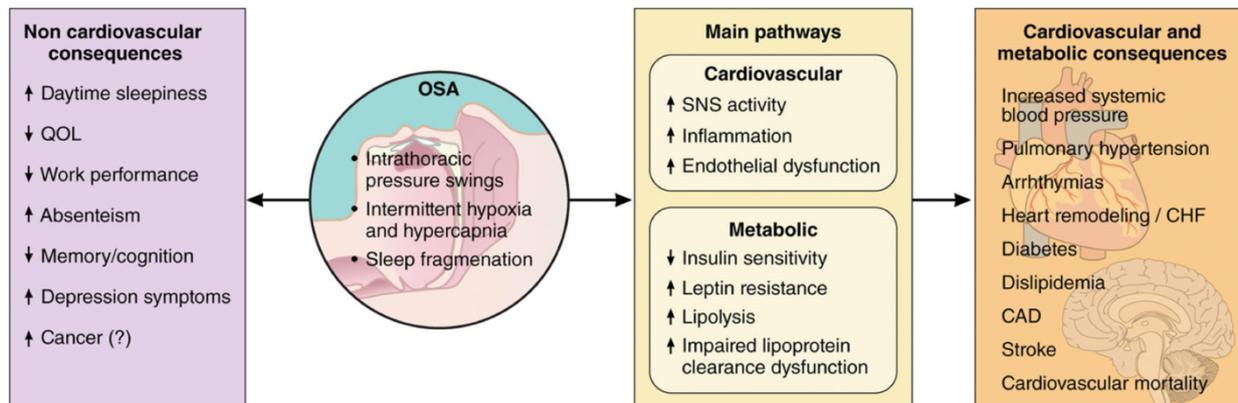


Figure 1 - Proposed consequences of obstructive sleep apnea

D'après Drager et al. Sleep Apnea and Cardiovascular Disease: Lessons from Recent Trials and Need for Team Science. Circulation. 2017.

Type I : polysomnographie au laboratoire surveillée par du personnel formé avec au moins 7 signaux (EEG, EOG, EMG mentonnier, débits aériens naso-buccaux, efforts respiratoires, ECG, oxymétrie ± EMG jambiers, position, ronflement).

Type II : polysomnographie en condition non surveillée avec au moins 7 signaux.

Type III : polygraphie ventilatoire avec au moins 4 signaux : débits aériens naso-buccaux + un signal de mouvements respiratoires ou 2 signaux de mouvements respiratoires, oxymétrie et fréquence cardiaque ou ECG

Type IV : un ou deux signaux respiratoires, le plus souvent oxymétrie et/ou débits aériens.

Figure 2 - Quatre types d'enregistrement du sommeil

D'après Escourrou et al. Quelle approche clinique et quelle procédure diagnostique pour le SAHOS. RMR 2010.



Figure 3 - Polysomnographie de type I, surveillée au laboratoire du sommeil



Figure 4 - Canules nasales associées à une thermistance buccale

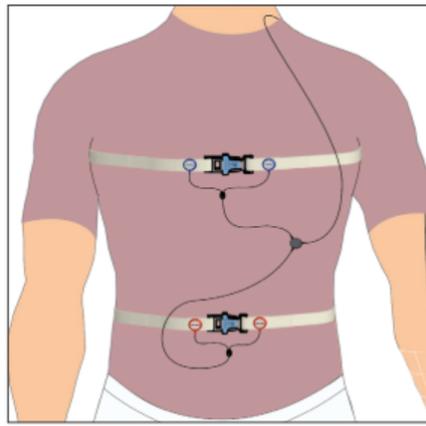


Figure 5 - Bandes thoracique et abdominale pour la pléthysmographie respiratoire par inductance

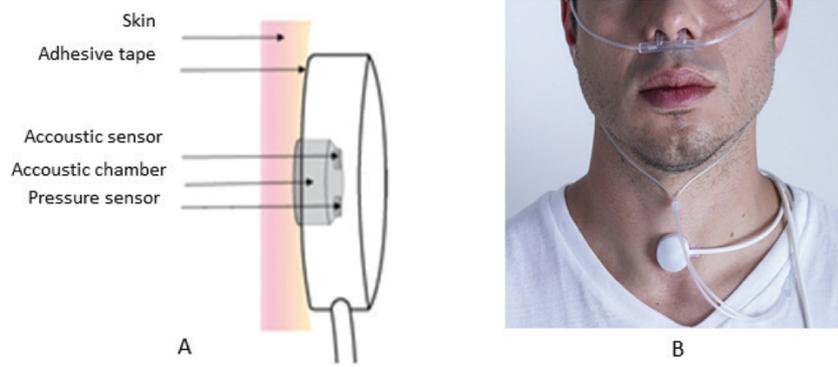


Figure 6 - Capteur associant un capteur acoustique et un capteur de pression (A). Méthode de fixation du capteur au-dessus de la fourchette sternale (B).

D'après Sabil, Comparison of Apnea Detection using oronasal thermal airflow sensor, nasal pressure transducer, respiratory inductance plethysmography and tracheal sound sensor, JCSM, 2019).

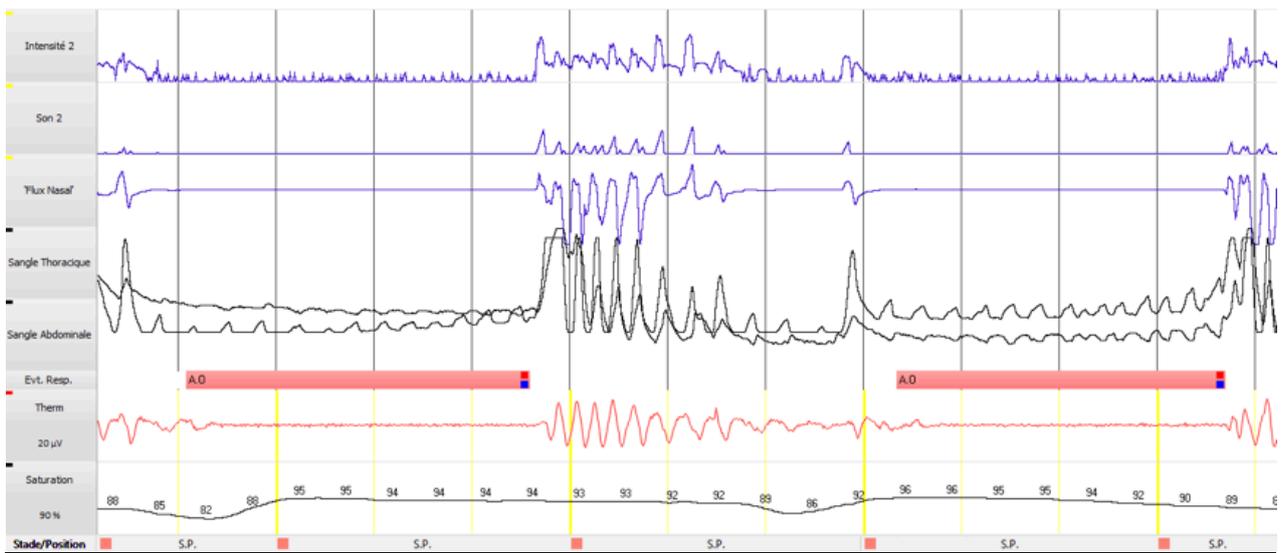


Figure 7 - Détection des apnées par la thermistance buccale selon les recommandations de l'AASM -

Reading 1

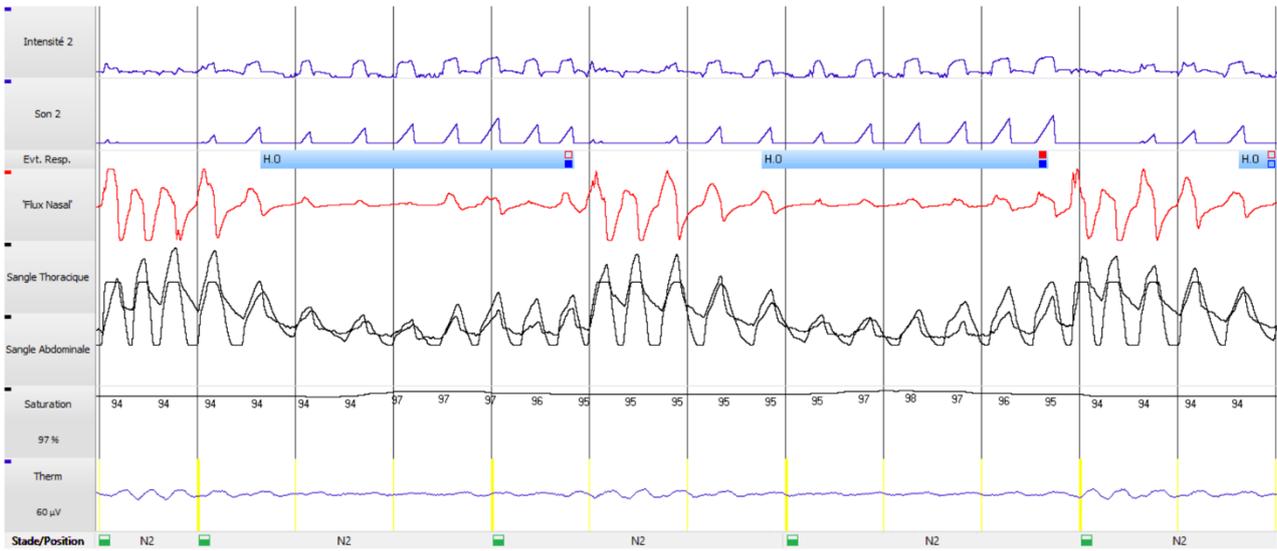


Figure 8 - Détection des hypopnées par la canule nasale selon les recommandations de l'AASM -

Reading 1

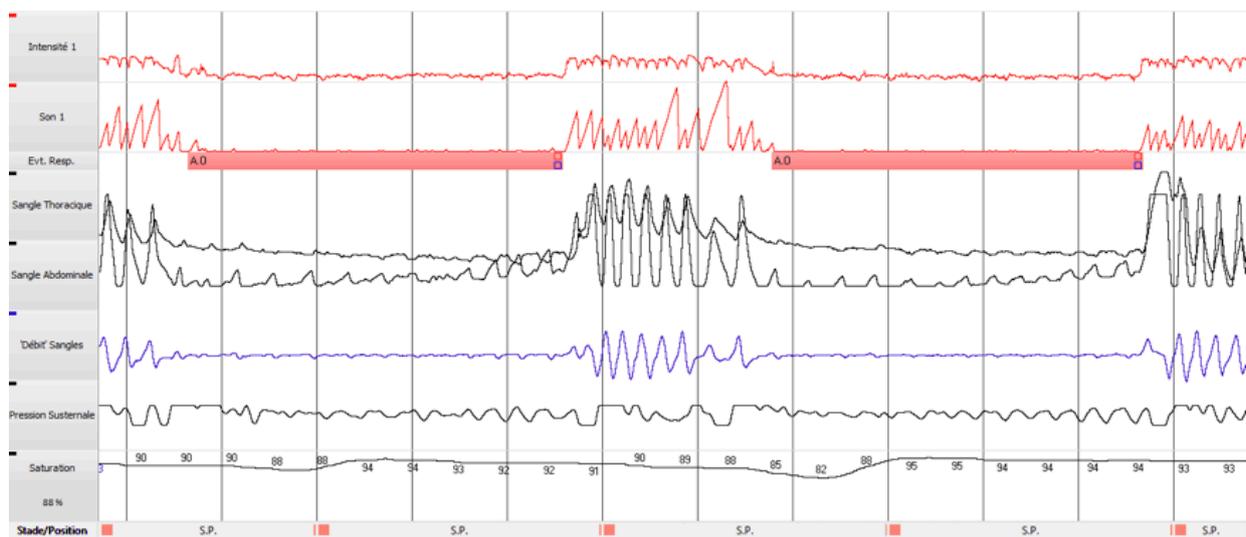


Figure 9 - Détection des apnées par les sons trachéaux selon le protocole Visage Libre - Reading 2

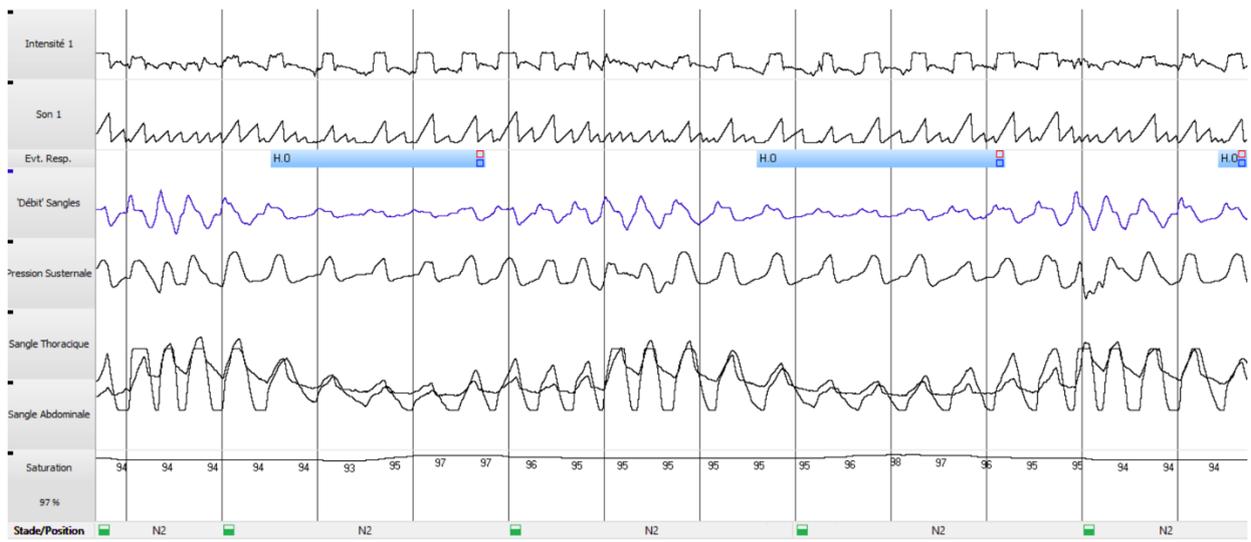
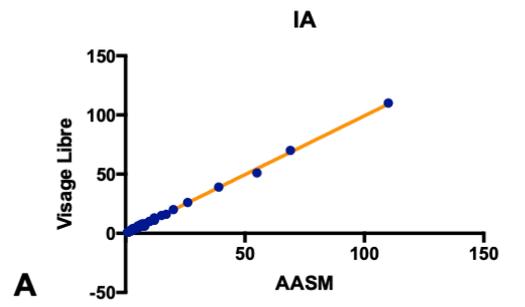
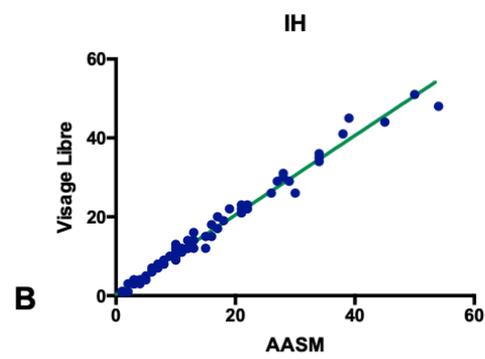


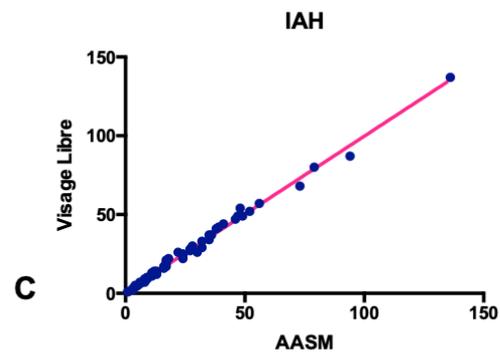
Figure 10 - Détection des hypopnées par le débit sangles selon le protocole Visage Libre - Reading 2



P value < 0.0001
R square 0.9985



P value < 0.0001
R square 0.9837



P value < 0.0001
R square 0.9938

Figure 11 - Régressions linéaires représentant l'IA (A), l'IH (B) et l'IAH (C) de la méthode Visage Libre par rapport à la méthode de lecture AASM

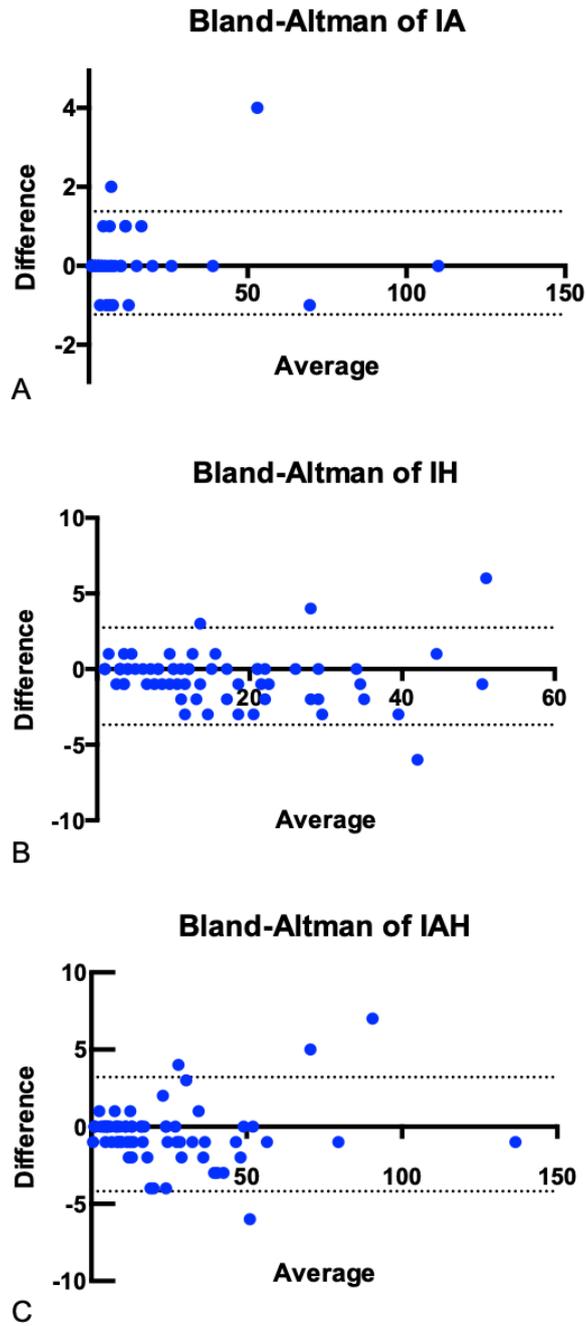


Figure 12 - Analyse de concordance selon Bland et Altman pour l'IA (A), l'IH (B) et l'IAH (C) obtenus selon Visage Libre et la méthode AASM

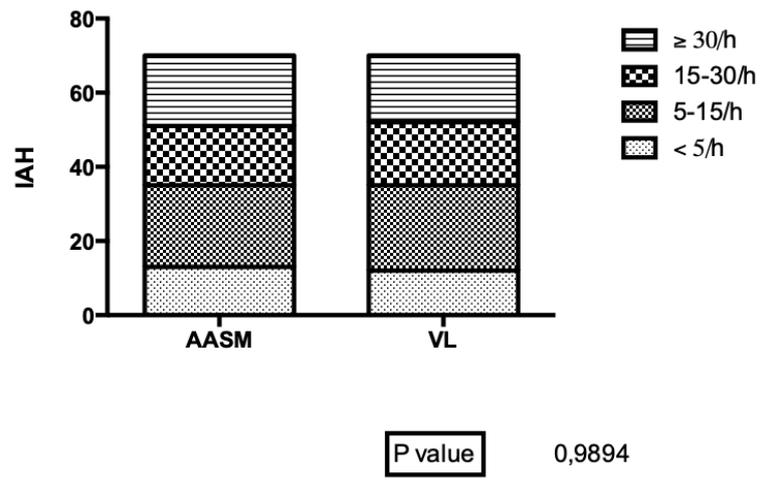


Figure 13 - Répartition des IAH par sévérité, selon l'analyse AASM et Visage Libre

Tableau I - Capteurs recommandés et capteurs alternatifs pour la détection et la caractérisation des apnées et des hypopnées (¹Hors recommandations AASM)

	Capteurs	
	Recommandés	Alternatifs
Apnées	Thermistance buccale	Canules nasales
		Débit sangles
		Sons trachéaux ¹
Hypopnées	Canules nasales	Thermistance buccale
		Débit sangles
Efforts respiratoires	Manométrie oesophagienne	Mouvements sangles

D'après Richard B. Berry et al. Rules for Scoring Respiratory Events in Sleep: Update of the 2007 AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events, JCSM, 2012.

Tableau II - Caractéristiques des patients inclus

n	70
Age, years	55.1 ±13.6
Body mass index (kg/m²)	28.9 ±6.4
Females (%)	23.8
Epworth sleepiness scale	9.8 ±5.1
Apnea-hypopnea index (/hour)	23.0 ±21.1
Apnea index (/hour)	7.4 ±15.6
3% oxygen desaturation index (/hour)	20.7 ±19.6
Micro-arousal index (/hour)	30.3 ±16.8
Total sleep time (minutes)	428.9 ±81.1
N1-N2 sleep (%)	59.9 ±12.2
N3 sleep (%)	21.8 ±8.4
REM sleep (%)	19.0 ±6.0
Systemic hypertension (%)	51.3
Diabetes (%)	21.6
Cardiovascular diseases (%)	17.4

Tableau III – Caractérisation des évènements respiratoires communs aux 2 méthodes de lecture. (A : Apnées ; H : Hypopnées).

		Visage libre		
AASM		A, n	H, n	
	A, n	3659	113	3772
	H, n	71	6368	6439
		3730	6481	10211
	Sensibilité, %	98.10	98.26	
	Spécificité, %	98.26	98.10	
	Coefficient Kappa	0.9612		

Tableau IV - Classification des apnées selon chaque méthode de lecture (AO : apnées obstructives ; AM : apnées mixtes ; AC : apnées centrales)

		Visage libre			
		AO, n	AM, n	AC, n	
AASM	AO, n	2741	23	10	2774
	AM, n	16	480	4	500
	AC, n	21	15	349	385
		2778	518	363	3659
	Sensibilité, %	98.67	92.66	96.14	
	Spécificité, %	96.17	99.36	98.89	
	Coefficient Kappa	0.9384			

Détection et caractérisation des évènements respiratoires anormaux par la méthode Visage Libre versus AASM, pour le diagnostic du syndrome d'apnées hypopnées du sommeil

RÉSUMÉ

Introduction : La thermistance buccale et les canules nasales sont les capteurs recommandés par l'AASM, pour la détection des évènements respiratoires anormaux pendant le sommeil. Cependant, ces capteurs gênent le patient et sont susceptibles d'être déplacés voire enlevés lors de la polysomnographie. L'objectif de l'étude est d'évaluer les performances diagnostiques d'une polysomnographie dite à Visage Libre associant capteur de sons trachéaux et pléthysmographie respiratoire par inductance pour la détection et la caractérisation des apnées et des hypopnées, comparativement à la polysomnographie standard de type AASM.

Matériel et méthode : La détection et la caractérisation des évènements respiratoires anormaux selon la méthode AASM et le protocole Visage Libre ont été comparés après deux lectures, selon un ordre aléatoire, et anonymisation des données.

Résultats : 10 883 évènements respiratoires ont été analysés selon l'AASM (3 803 apnées et 7 080 hypopnées) et 11 071 selon la méthode Visage Libre (3 764 apnées et 7 306 hypopnées). 3 659 apnées et 6 368 hypopnées ont été correctement identifiées par le protocole Visage Libre. La sensibilité et la spécificité pour la détection des apnées et des hypopnées selon Visage Libre sont respectivement de 98,10%, 98,26%, 98,26% et 98,10%. Le coefficient de corrélation Kappa de Cohen est de 0,9612 pour la détection des apnées et hypopnées. 2 741 apnées obstructives, 480 apnées mixtes et 349 apnées centrales ont été confirmées par la méthode de référence AASM. La sensibilité pour la caractérisation des apnées obstructives, mixtes et centrales est respectivement de 98,67%, 92,66% et 96,14%. La spécificité pour la caractérisation des apnées est, de la même façon, de 96,17%, 99,36% et 98,89%. L'IAH moyen était d'environ 23/h pour chaque méthode de détection.

Conclusion : Les capteurs de sons trachéaux et la pléthysmographie respiratoire par inductance permettent au même titre que la canule nasale et la thermistance buccale, de détecter de façon optimale les apnées et les hypopnées, de les caractériser et d'en évaluer la sévérité. Ces capteurs sont une méthode encourageante pour le diagnostic du syndrome d'apnées-hypopnées du sommeil, par polysomnographie à visage libre.

Mots-clés : Syndrome d'apnées-hypopnées du sommeil, thermistance buccale, canules nasales, sons trachéaux, pléthysmographie respiratoire par inductance, AASM, Visage Libre.

Detection and characterization of respiratory events by Free-Face method versus AASM, for sleep apnea-hypopnea syndrome diagnosis

ABSTRACT

Introduction: Oronasal thermistor and nasal cannula are recommended for the scoring of respiratory events during sleep. However, these sensors are poorly tolerated and lead to a suboptimal scoring. The aim of the study was to evaluate tracheal sounds and respiratory inductance plethysmography for the scoring of apnea and hypopnea: Free-Face scoring, compared to AASM recommended sensors.

Material and methods: We compared the detection and characterization of respiratory events by AASM recommended sensors and combination of tracheal sounds with respiratory inductance plethysmography. Two readings, in a random order, are made with anonymous data.

Results: 10 883 respiratory events are analyzed by AASM recommended sensors (3 803 apnea and 7 080 hypopnea) and 11 071 with Free-face scoring (3 764 apnea and 7 306 hypopnea). 3 659 apnea and 6 368 hypopnea were identified by Free-face. Sensitivity and specificity for apnea and hypopnea detection with Free-face were, respectively, 98.10%, 98.26%, 98,26% and 98.10%. Kappa coefficient was 0.9612 for apnea and hypopnea detection. 2 741 obstructive apnea, 480 mixed and 349 central apnea were confirmed by AASM recommended sensors. Sensitivity for obstructive, mixed and central apnea characterization was respectively 98.67%, 92.66% and 96.14%. Specificity for apnea characterization was, respectively, 96.17%, 99.36% and 98.89%. Mean AHI was 23 per hour for each reading's method.

Conclusion: Tracheal sounds and respiratory inductance plethysmography sensors has a good sensitivity and specificity for the detection and characterization of apnea and hypopnea in adults and can also evaluated severity. These sensors are useful and reliable for the diagnosis of sleep apnea hypopnea, by the Free-face polysomnography.

Keywords : Sleep apnea hypopnea, oronasal thermistor, nasal cannula, tracheal sounds, respiratory inductance plethysmography, AASM, Free-face.

