



Royaume du Maroc المملكة المغربية

كلية الطب والصيدلة
+ⴰⵔⴻⵍⴰⵎⴰⵏⴰ ⴰⵏ ⴰⵎⴻⴷⴻⵏⴰ ⴰⵏ ⴰⵙⴻⵔⴻⵏⴰⵏⴰ
FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

CORRELATION ENTRE LES BRACELETS CONNECTES ET LA POLYSOMNOGRAPHIE DANS L'EVALUATION DU SOMMEIL

MEMOIRE PRESENTE PAR :

Docteur ANIMI SALMA

Née le 13 Aout 1990 à Fès

POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE SPECIALITE EN MEDECINE

OPTION : PNEUMO-PHTISIOLOGIE

Sous la direction de : Professeur EL BIAZE MOHAMMED

Professeur EL BIAZE Mohammed
Spécialiste des Maladies Respiratoires
et des Troubles du Sommeil
Chef d'Unité de Sommeil
Service des Maladies Respiratoires
CHU Hassan II - Fès

Session OCTOBRE 2021

Pr. M. C. BENJELLOUN
Chef de Service de Pneumologie
CHU - Hassan II - Fès
INP - 144061924



REMERCIEMENTS

A mes maîtres

Je tiens à exprimer ma reconnaissance, ma profonde considération et ma gratitude envers mes Maîtres, Professeur Benjelloun Mohammed Chakib, Professeur El Biaze Mohammed, Professeur Amara Bouchra et Professeur Serraj Mounia pour la générosité dont ils ont fait preuve durant toutes ces années.

Puisse ce travail être digne de votre confiance et vous témoigner mon éternelle reconnaissance.

A tout le staff de PNEUMOLOGIE

Merci de m'avoir soutenu et encouragé pour la conception de ce mémoire.

En témoignage de l'amitié qui nous uni et des souvenirs de tous les moments que nous avons passé ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

A mes Parents, mon mari, mon fils et ma Famille :

Merci pour vos sacrifices et votre présence rassurante. Que ce travail soit l'expression de ma profonde reconnaissance

Abréviations :

TAL	: temps passé au lit
TTS	: temps total de sommeil
REM	: sommeil paradoxal
SL	: sommeil lent
SP	: sommeil profond
SE	: efficacité du sommeil
PSG	: polysomnographie
BC	: bracelet connecté
AASM	: American Academy Sleep of Medicine
Mn	:minute

PLAN

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

PARTIE THEORIQUE	7
LE SOMMEIL NORMAL.....	8
1. Définitions	8
2. Cycle sommeil- éveil	9
2.1. Le rythme circadien	9
2.2. Le processus homéostatique.....	12
3. Organisation du sommeil.....	12
3.1. Les stades	12
3.2. Les cycles	16
4. Le rôle du sommeil.....	17
4.1. Expérience de Rechtschaffen.....	17
4.2. Rôles que l'on attribue au sommeil sans distinguer les deux états (lent et paradoxal).....	18
4.3. Rôles du sommeil lent	19
4.4. Rôles du sommeil paradoxal	21
ASPECTS TECHNIQUES DES EXPLORATIONS DU SOMMEIL	22
1. La polysomnographie	22
1.1. Fréquences d'échantillonnage recommandées par l'AASM	24
1.2. Paramètres des filtres recommandés par l'AASM	24
1.3. La technologie actuelle est bien différente de celle de 1968 (R&K)	25
1.4. Les ondes électriques du sommeil.....	25
1.5. Emplacement des électrodes EEG	27
1.6. Emplacement des électrodes EOG.....	29
1.7. Emplacement des électrodes EMG	30
1.8. L'électromyogramme des muscles jambiers.	31
1.9. Mesures des capteurs cardio-respiratoires	32
1.10. Enregistrement par vidéo	38
2. Les bracelets connectés et l'actigraphie	38
PARTIE EXPERIMENTALE.....	41
1. Introduction	42
2. Objectif	43
3. Matériels et méthodes	43
Analyses	45

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

4. Résultats	46
5. Iconographie : (centre de médecine de sommeil CHU Hassan II Fès)	55
6. Discussion	57
6.1. Age	57
6.2. Sexe	57
6.3. Comorbidités	58
6.4. Durée et stades du sommeil : comparaison entre le bracelet connecté et la polysomnographie	58
6.5. Limites	61
CONCLUSION	63
RESUME	64
BIBLIOGRAPHIE.....	66

PARTIE THEORIQUE

LE SOMMEIL NORMAL

1. Définitions

Le sommeil se définit comme un état physiologique et comportemental, caractérisé par un isolement partiel de l'environnement, pendant lequel la vigilance est suspendue et la réactivité aux stimuli est amoindrie. Contrairement au coma il est spontanément réversible. [1] Deux types de paramètres peuvent définir le sommeil :

- les paramètres comportementaux : une mobilité réduite, une réactivité aux stimuli externes, des yeux fermés, une posture caractéristique, une inconscience réversible,
- les paramètres électrophysiologiques : l'activité électrique du cerveau mesurée par l'électro-encéphalogramme (EEG), l'activité musculaire mesurée par l'électromyogramme (EMG) et les mouvements oculaires mesurés par l'électro-oculogramme (EOG). [1]

Deux éléments permettent de définir le sommeil selon Sylvie Royant-Parola [2] :

- Le désengagement perceptif, c'est la perte de toute sensibilité perceptive du bruit, de la lumière, de l'odeur, du toucher et du goût.
- La réversibilité, qui va distinguer le sommeil de la mort, du coma et de l'hibernation.

Nous passons en moyenne 50% de notre vie à dormir, entre 23% (pour les plus âgés) et 67% (pour les enfants) de notre temps à dormir.[1]

2. Cycle sommeil-éveil

Le cycle sommeil-éveil est le résultat de l'action synchronisée de deux processus, comme le décrit Alexander Borbely en 1982 dans « a two process model of sleep regulation »[2] :

- le processus C (circadien)
- le processus S (homéostatique)

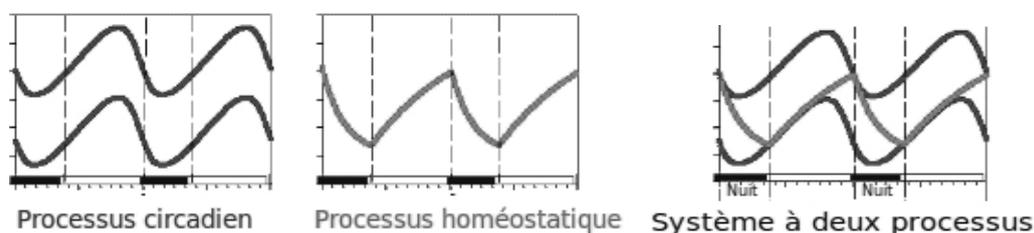


Fig. 1 : Double balancier du rythme sommeil-éveil [19].

2.1. Le rythme circadien

Le sommeil est sous l'influence d'une rythmicité cyclique.

Aschoff et Wever en 1962 vont démontrer chez l'homme la présence d'un système endogène circadien [4]. Un rythme est dit circadien (circa = environ et dies = jour) si sa période est de 24h. Un système est de nature endogène si il est capable de maintenir une rythmicité en l'absence de repères temporels, c'est une horloge interne. Ce système est représenté par une bande sinusoïdale oscillant sur un rythme de 24,2h. La périodicité de notre horloge interne est supérieure à 24h, et c'est pourquoi il faut en permanence des synchroniseurs externes. [2] (20)

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

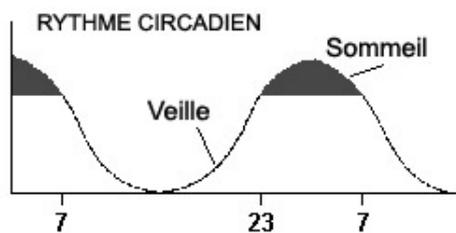


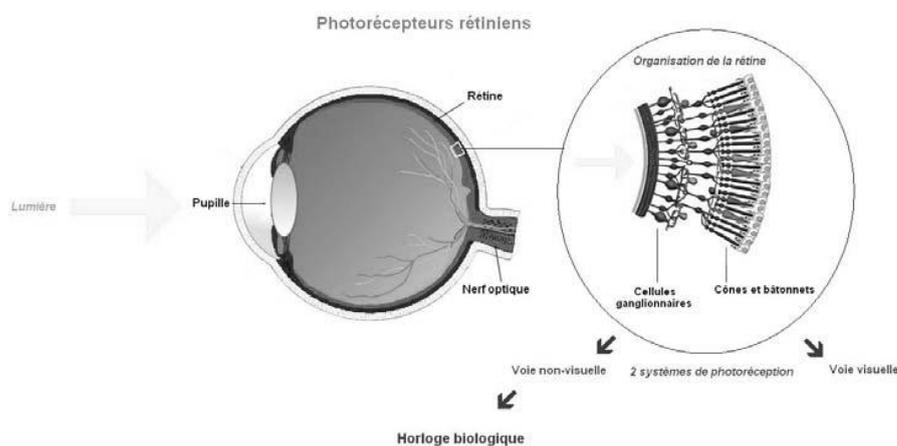
Fig. 2 : Bande sinusoïdale représentant le rythme circadien [19].

Il va tout de même se synchroniser avec le milieu externe [2] (20), le plus important synchronisateur est la lumière mais il existe aussi des synchronisateurs non photoniques (la prise alimentaire, l'exercice physique, l'heure...) [2] [20].

L'effet de la lumière va dépendre de son intensité et de sa durée (plus le stimulus est intense et plus la durée est longue, plus l'effet sera important), de sa composition spectrale (l'effet sera maximale pour une longueur d'onde entre 460 et 480 nm soit une lumière bleutée) et de l'heure à laquelle elle est perçue (la lumière aura le plus d'effet en fin de journée et peu après le lever) [20].

Les cellules photoréceptrices de la rétine impliquées dans cette synchronisation sont les cellules ganglionnaires à mélanopsine. Ces cellules ont été découvertes en 2000, elles ne sont pas impliquées dans la formation d'images mais dans des fonctions non visuelles (synchronisation de l'horloge biologique, réflexe pupillaire..)[2].

Fig. 3: Effet de la lumière sur les cellules ganglionnaires [20].



Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

Ces cellules vont envoyer un signal rétinien vers cette horloge biologique qui se situe au sein du noyau suprachiasmatique de l'hypothalamus. Les cellules de cette petite structure (environ 1 mm³) ont une activité électrique qui dépend de gènes horloges [1] [2].

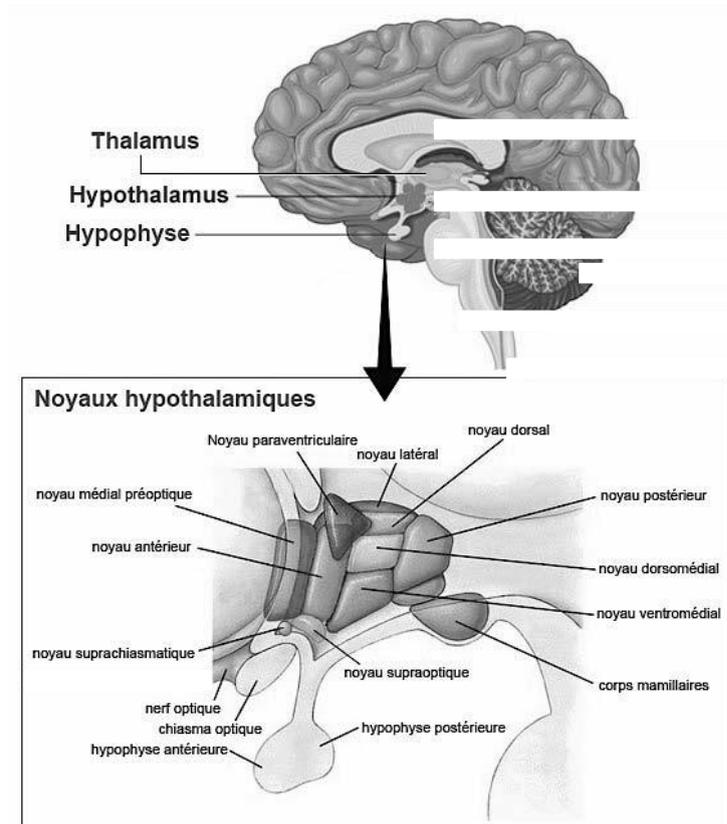


Fig. 4: Représentation du noyau suprachiasmatique.

Ce rythme circadien va permettre de maintenir un état d'équilibre à l'intérieur du corps face aux modifications du milieu extérieur. Il ne va pas contrôler seulement le sommeil mais aussi le rythme d'autres fonctions biologiques : la température corporelle, les activités gastro-intestinales, la pression artérielle, la sécrétion de mélatonine, le système nerveux autonome... [2]

Le nouveau né n'a pas un rythme circadien mais un rythme ultradien (inférieur à 24h).

2.2. Le processus homéostatique

Le rythme circadien va s'écouler parallèlement au processus homéostatique qui correspond à la pression de sommeil qui s'accumule pendant la période d'éveil [1]. La pression du sommeil va évoluer selon une courbe exponentielle saturante caractérisée par la constante de temps (la pente de la courbe) et l'asymptote, et elle sera dépendante de la durée de l'éveil et du sommeil préalable [20].

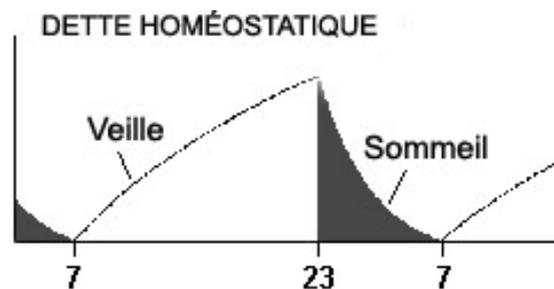


Fig. 5: Représentation du processus homéostatique [19].

Le processus homéostatique contrôle la quantité et l'amplitude de l'activité à ondes lentes delta (ondes du sommeil lent profond) [20]. Après une privation de sommeil, le sommeil de récupération est plus long en activité delta, c'est une réponse compensatrice. Au contraire une sieste en fin d'après midi va réduire la quantité d'ondes delta durant le sommeil nocturne suivant. L'effet du processus homéostatique va donc dépendre de l'ampleur de la dette de sommeil. [20]

3. Organisation du sommeil

3.1. Les stades

La première classification a été établie en 1937 par Loomis et al., elle se basait uniquement sur l'EEG et différenciait cinq stades en fonction du ralentissement de l'activité cérébrale. La classification aujourd'hui utilisée est la classification de Rechtschaffen et Kales dans «A manual of standardized terminology techniques and scoring system for sleep stages of human subjects» réalisée en 1968. Elle est

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

principalement fondée sur trois paramètres : l'activité électro-encéphalographique (EEG), l'activité oculaire (EOG) et l'activité musculaire (EMG). [20]

– stade 0 = stade de veille

EEG : 50 % Ondes alpha (8–13 Hz) et/ou ondes thêta de fréquences EEG mixtes de faible voltage (2–7 Hz)

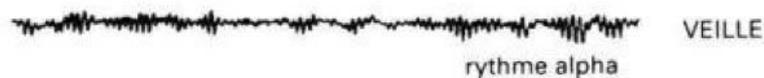


Fig. 6: Exemple d'EEG du stade 0 (20).

Sommeil Lent ou sommeil non REM (REM = Rapid Eye Movement)

– Stade 1 :

Il représente la transition entre l'éveil et le sommeil = c'est l'endormissement. Souvent associé à des mouvements corporels + mouvements oculaires lents. Activité EEG : ondes thêta (2–7 Hz) + ondes alpha (<50%).

Ondes alpha : 8–12 Hz et allure régulière (forme sinusoïdale).

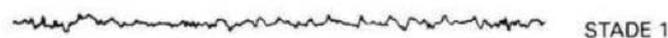


Fig. 7: Exemple d'EEG du stade 1 (20).

– Stade 2 :

Activité musculaire maintenue ou abolie. Pas d'activité oculaire.

Activité EEG : ondes thêta, présence de complexes K (grandes ondes lentes formées d'une composante négative suivie d'une positive) + fuseaux de sommeil (=sleep spindles, ensemble d'ondes en fuseau, 12 à 14 Hz).

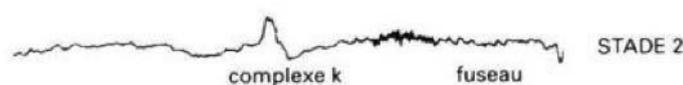


Fig. 8: Exemple d'EEG du stade 2 (20).

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

– Stade 3 :

Activité EEG : 20% à 50% d'ondes delta lentes et de grande amplitude (2 –3 H et haut voltage > 75 microV).

Activité musculaire abolie. Pas de mouvements oculaires.



Fig. 9: Exemple d'EEG du stade 3 (20).

– Stade 4 :

Activité EEG : plus de 50% d'ondes lentes delta. Sujet très difficilement réveillable.



Fig. 10: Exemple d'EEG du stade 2 (20).

Sommeil Paradoxal ou sommeil REM : Il a été découvert par Aserinsky et Kleitman en 1953. Le nom « paradoxal » a été donné par le français Michel Juvet. En effet le cerveau est actif donc on ne peut pas l'assimiler au repos caractéristique du sommeil, Michel Juvet parle même d'un « orage cérébral ». [20]

Il est caractérisé par des mouvements oculaires rapides (REM), une hypotonie du tonus musculaire, une activité cérébrale intense et une augmentation du rythme cardiaque qui vont dépasser les valeurs observées pendant le plein éveil. Lors de ce sommeil il se déroule 90% des rêves.

EEG : fréquence proche de celle de l'éveil. [1] [2]

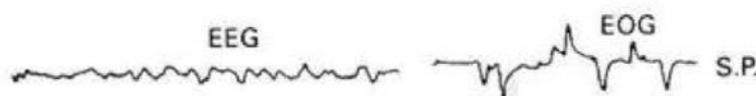


Fig. 11: Exemple d'EEG du sommeil paradoxal (iconographie du Dr Debs).

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

Distribution des stades durant une nuit de sommeil [20] :

- Stade 1 : 5%
- Stade 2 : 50%
- Stade 3+4 : 25%
- Sp : 20%

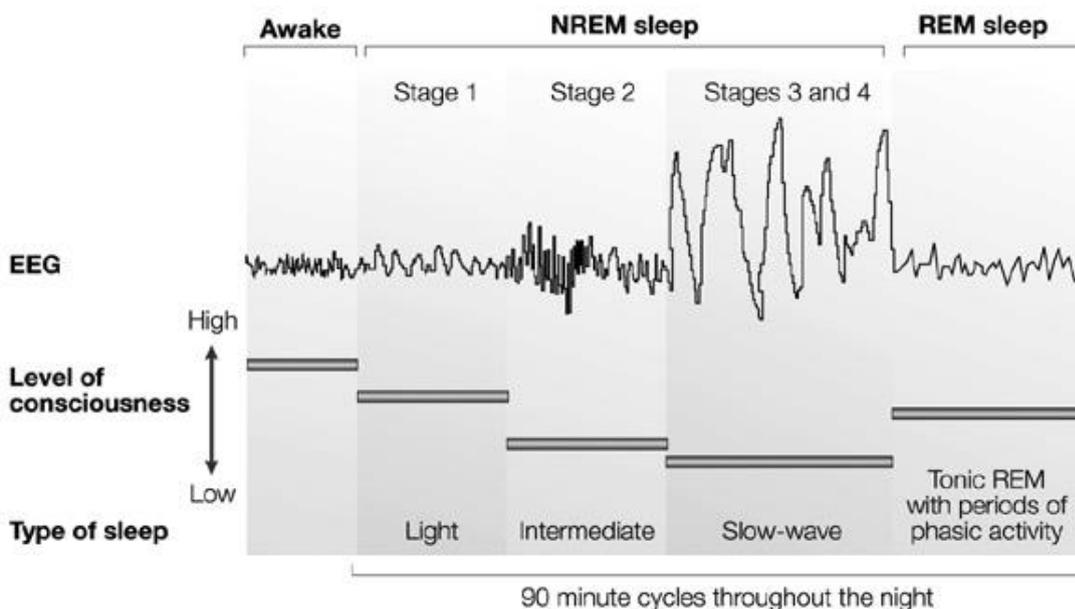


Fig. 12: Représentation des ondes EEG présentes lors d'un cycle de sommeil [21].

A noter que d'après l'AASM 2007 Le sommeil lent profond (ou sommeil à ondes lentes) stade N3 a remplacé les deux stades N3 et N 4 :

Le tracé EEG est ralenti et présente des ondes delta lentes. Il faut coder en stade N3 lorsqu'au moins 20 % d'une époque est composé d'activité en ondes lentes (amplitude $> 75 \mu\text{V}$ et fréquences entre 0,5 et 2 Hz, mesurées sur les régions frontales), quel que soit l'âge. Le tonus musculaire tend à diminuer tout en étant maintenu, les mouvements oculaires sont toujours absents.

3.2. Les cycles

Ces stades vont s'alterner et s'organiser en cycles, c'est une organisation temporelle de grande stabilité. Un cycle dure en moyenne 90 minutes, il débute par le sommeil lent et se termine par le sommeil paradoxal. Il existe quatre à cinq cycles durant une nuit de sommeil.

Au cours de la nuit la composition des cycles varie : les épisodes de sommeil paradoxal vont s'allonger et pour le sommeil lent les stades profonds apparaissent la première moitié de nuit alors que les stades légers seront plus présents lors de la seconde moitié. Une nuit de sommeil va durer entre 6 et 8h.

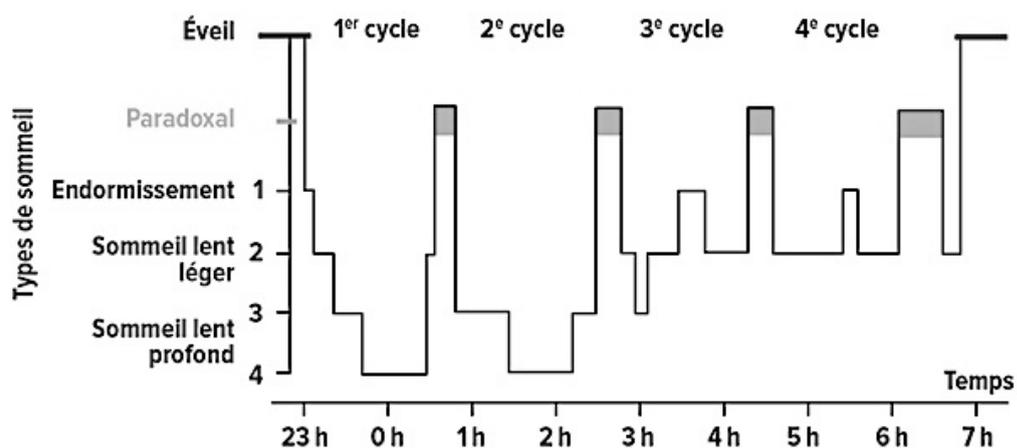


Fig. 13 : Exemple d'un hypnogramme chez l'homme adulte [1].

4. Le rôle du sommeil

4.1. Expérience de Rechtschaffen

Rechtschaffen a réalisé une expérience en 1983 sur des rats [22] : deux rats sont dans deux cages séparées : le rat « privé » et le rat « témoin ». Un disque en plexiglass forme un sol partiel dans les deux cages. En dessous et autour du disque il y a de l'eau. Quand le disque tourne les deux rats doivent marcher dans le sens inverse pour éviter de tomber dans l'eau. De la nourriture et de l'eau sont en libre disponibilité.

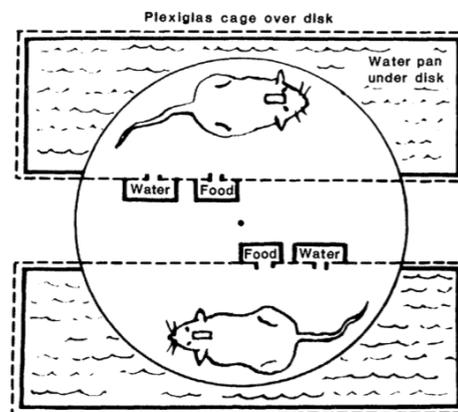


Fig. 14: schéma de l'expérience de Rechtschaffen [22].

Chaque rat est soumis à un enregistrement EEG et EMG.

Dès que le rat « privé » commence à s'endormir la rotation du disque est activée jusqu'à ce qu'il soit éveillé plus de 6 secondes. Les deux rats sont donc sujet au même environnement et à la même rotation du disque mais le rat « privé » est empêché de dormir alors que le rat « témoin » peut dormir pendant que le rat « privé » est éveillé.

Le temps total de sommeil est réduit de 87,6% chez le rat « privé » et de 30,6% chez le rat « témoin ».

Résultats : Les rats « témoins » n'ont pas montré particulièrement de signes de pathologies alors que les rats « privés » avaient une apparence affaiblie, une faiblesse motrice sévère et une perte de l'amplitude de l'EEG. Sur les 10 rats privés de sommeil

tous sont morts dans les 11 à 33 jours. Du fait du même environnement, la mortalité des rats « privés » est attribuée à la perturbation du sommeil. Le sommeil est donc une fonction vitale physiologique.

4.2. Rôles que l'on attribue au sommeil sans distinguer les deux états (lent et paradoxal)

- La performance physique et intellectuelle : la qualité de la performance est liée à celle du sommeil [20],
- L'humeur, la bonne forme et le bien être psychologique : le manque de sommeil peut se manifester par une dépression ou une hyperactivité, les mauvais dormeurs sont plus irritables et agressifs [1]. Une étude a été réalisée chez les jeunes individus et compare les conséquences du manque de sommeil (4 heures de sommeil total sur 3 ou 4 jours). Les résultats montrent que la privation de sommeil entraîne une altération de l'humeur, une détérioration de la sociabilité et des douleurs physiques [20].
- La vigilance : le manque de sommeil entraîne des troubles de l'attention, les facultés d'adaptation sont diminuées et le temps de réaction sera augmenté [20],
- La consolidation de la mémoire. Dans le passé il a été émis l'hypothèse du « double processus » : on pensait que la mémoire déclarative était liée au sommeil lent et la mémoire procédurale au sommeil paradoxal. Cependant la plupart des preuves expérimentales sont incompatibles avec cette théorie, elles suggèrent au contraire une coopération entre les deux types de sommeil qui est nécessaire à la consolidation de la mémoire. Cette pensée a mené à la théorie « séquentielle » selon laquelle le sommeil lent et le sommeil paradoxal sont impliqués dans le traitement de la mémoire. Tantawy et al.

Ont étudié les effets de la privation totale et partielle de sommeil sur la mémoire. Cette expérience a été réalisée sur 48 résidents d'un orphelinat (âgés entre 16 ans et 19 ans) divisés en 4 groupes : privation totale de sommeil / sommeil normal / privation en début de nuit / privation en fin de nuit. Pour ceux ayant eu un sommeil normal les scores de récupération de la mémoire étaient significativement plus élevés que ceux soumis aux privations. La phase de consolidation de la mémoire déclarative nécessite les deux types de sommeil, la privation totale ou partielle entrave ce processus. [20]

4.3. Rôles du sommeil lent

- La reconstitution des réserves énergétiques [2],
- La diminution de la température du cortex qui représente le repos du cortex [2],
- Les réparations de processus biochimiques et physiologiques [20],
- Les sécrétions hormonales : pendant la nuit on retrouve une augmentation de la sécrétion d'aldostérone, de testostérone, de prolactine, d'hormone de croissance et d'insuline. Un trouble du sommeil lent comme par exemple les événements respiratoires (apnées ou hypopnées) chez le jeune enfant va entraîner la rupture de la courbe de croissance [20],
- La fonction immunitaire : le système immunitaire va influencer le sommeil et inversement. [1]

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

Des études chez les animaux et chez les hommes ont été réalisées dans le but de rechercher les conséquences d'une infection sur le sommeil (20). Ces études ont montré que durant une infection il y aurait des modifications de la macrostructure du sommeil et une augmentation de la durée du sommeil dans certains cas. On suspecte alors un rôle récupératif du sommeil. Durant une infection, la réponse immunitaire va produire des cytokines, deux d'entre elles vont avoir un rôle direct sur la régulation du sommeil : TNF et IL-1. D'autres cytokines vont influencer le sommeil, les cytokines pro-inflammatoires vont induire le sommeil alors que les anti-inflammatoires vont inhiber le sommeil.

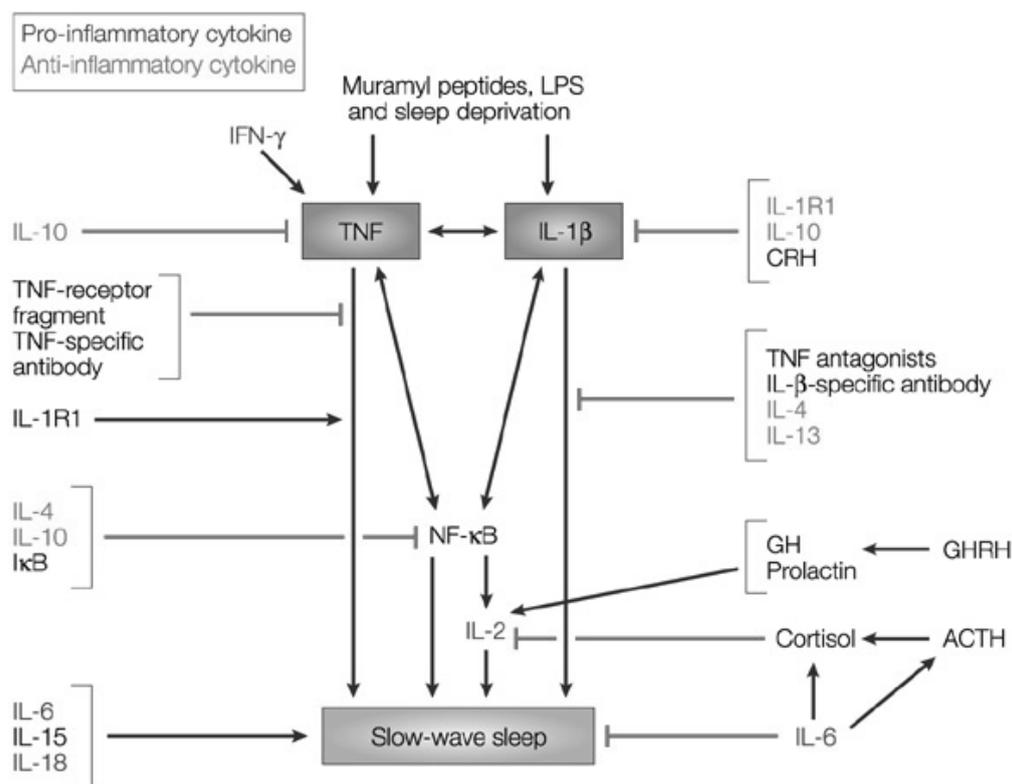


Fig. 15: Schéma explicatif de l'action des cellules immunitaires sur le sommeil

[23].

4.4. Rôles du sommeil paradoxal

- La réorganisation synaptique (tributaire de l'expérience diurne qui a précédé la phase de sommeil) [2],
- La maturation du cerveau, cela explique que le sommeil paradoxal est prépondérant dans le sommeil avant et après la naissance [23],
- La consolidation de l'individualisation : la personnalité biologique et physiologique, cela protégerait d'une influence trop grande de l'environnement, notre potentiel génétique est renforcé chaque nuit, [2]
- L'adaptation psychologique et/ou émotionnelle à travers les rêves [23],
- Le rôle de sentinelle avec les micro éveils [23].

ASPECTS TECHNIQUES DES EXPLORATIONS DU SOMMEIL (3)

1. La polysomnographie

La polysomnographie est le gold standard de l'enregistrement du sommeil, elle comprend l'enregistrement de l'électroencéphalogramme (EEG) qui est une exploration fonctionnelle, explorant l'activité électrique produite spontanément par les cellules nerveuses. Le principe de l'EEG est de recueillir les potentiels électriques sur un appareil qui amplifie les signaux, puis les transcrit pour qu'ils puissent être analysés. Ces signaux sont recueillis au niveau du scalp, via des électrodes. Les tracés EEG montrent des activités électriques cérébrales rythmiques appelées ondes cérébrales, qui peuvent être classées selon leur amplitude et leur fréquence, aidant ainsi à identifier dans quel stade de sommeil se trouve le patient.

L'**amplitude** fait référence à la hauteur de l'onde (distance entre le zéro et le maximum), exprimée en microvolts.

La **fréquence** est le nombre d'ondes par seconde, elle est mesurée en cycles par seconde (cps) ou Hertz (Hz).

Une **constante de temps** est le temps requis par le signal pour atteindre ou chuter des 2 tiers de son amplitude.

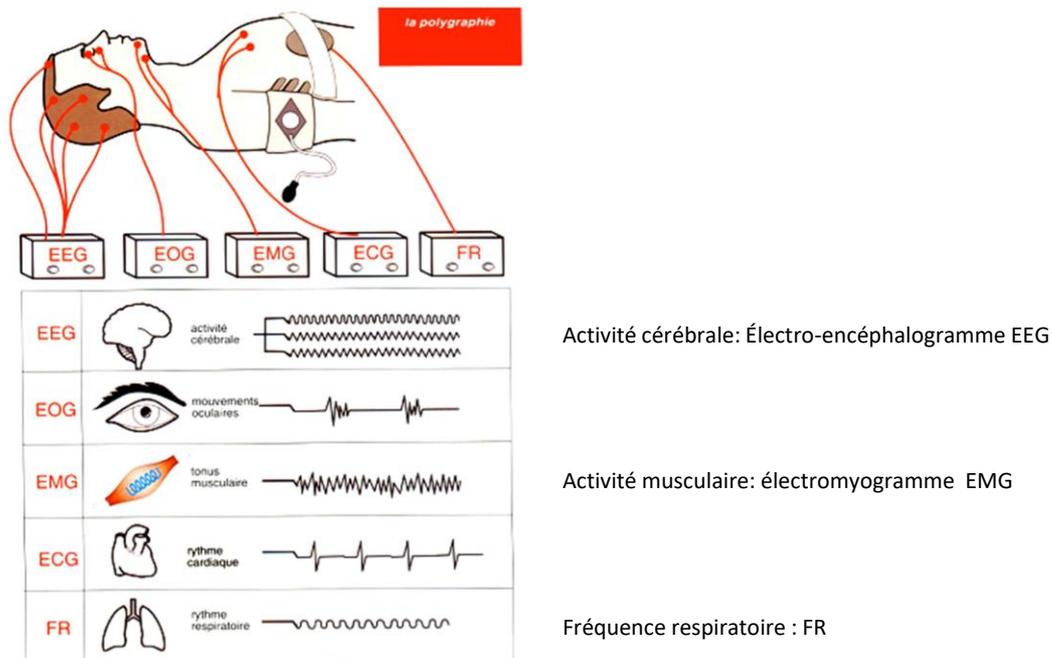
Les **filtres** sont utilisés pour laisser passer certaines fréquences et en atténuer d'autres.

- **Filtre passe-haut** : filtre qui laisse passer les fréquences supérieures à un seuil et atténue les autres.
- **Filtre passe-bas** : filtre qui laisse passer les fréquences inférieures à un seuil et atténue les autres.

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

Les états de veille et de sommeil sont définis par la polysomnographie, qui enregistre simultanément les paramètres suivants :

- L'électrooculogramme (EOG) qui mesure l'activité électrique des mouvements oculaires ayant un intérêt dans l'évaluation du sommeil paradoxal.
- L'électromyogramme (EMG) du menton pour détecter l'hypotonie caractéristique du REM.
- Beaucoup d'autres paramètres physiologiques peuvent s'associer à l'enregistrement comme les paramètres cardio-respiratoires, l'électromyographie de différents muscles du corps, le PH gastrique, la température corporelle.



(3)

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

1.1. Fréquences d'échantillonnage recommandées par l'AASM

American Academy Sleep of Medicine

	Souhaitée	Minimal
EEG	500 Hz	200 Hz
EOG	500 Hz	200 Hz
EMG	500 Hz	200 Hz
ECG	500 Hz	200 Hz
Flux respiratoire	100 Hz	25 Hz
Pression nasale	100 Hz	25 Hz
Oxymétrie	25 Hz	10 Hz
Pression oesophagienne	100 Hz	25 Hz
Position	1 Hz	1 Hz
Ronflement	500 Hz	200 Hz
Efforts respiratoires	100 Hz	25 Hz

1.2. Paramètres des filtres recommandés par l'AASM

American Academy Sleep of Medicine

	Fréquence basse du filtre	Fréquence haute du filtre
EEG	0.3 Hz	35 Hz
EOG	0.3 Hz	35 Hz
EMG	10 Hz	100 Hz
ECG	0.3 Hz	70 Hz
Respiration	0.1 Hz	15 Hz
Ronflement	10 Hz	100 Hz

1.3. La technologie actuelle est bien différente de celle de 1968 (R&K)

1968 (R&K)	Actuellement
Enregistrements analogiques	Enregistrements numériques
4 voies	16 voies ou plus!
	Nouveaux capteurs validés et synchronisation avec la vidéo

1.4. Les ondes électriques du sommeil

Les **ondes alpha** ont une fréquence comprise entre 8 et 13 Hz et sont prédominantes lorsque le patient est éveillé mais somnolent. Elles sont plus nettement visibles sur les dérivations occipitales (O1-M2 ou O2-M1).

Les **ondes thêta** ont une fréquence comprise entre 4 et 7 Hz et sont prédominantes lors du stade N2. Les **fuseaux de sommeil** ont une fréquence comprise entre 11 et 16 Hz. Ils durent au minimum 0,5 secondes, sont observés avec des complexes K au stade N2 et sont habituellement maximaux dans la région centrale (C4-M1, C3-M2).

Les **ondes delta** ont une fréquence comprise entre 0,5 et 2 Hz, avec une amplitude $> 75 \mu\text{V}$. Elles sont prédominantes au stade N3 et sont maximales dans la région frontale (F1-M2 ou F2-M1). Les complexes K sont également maximaux dans cette région.

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

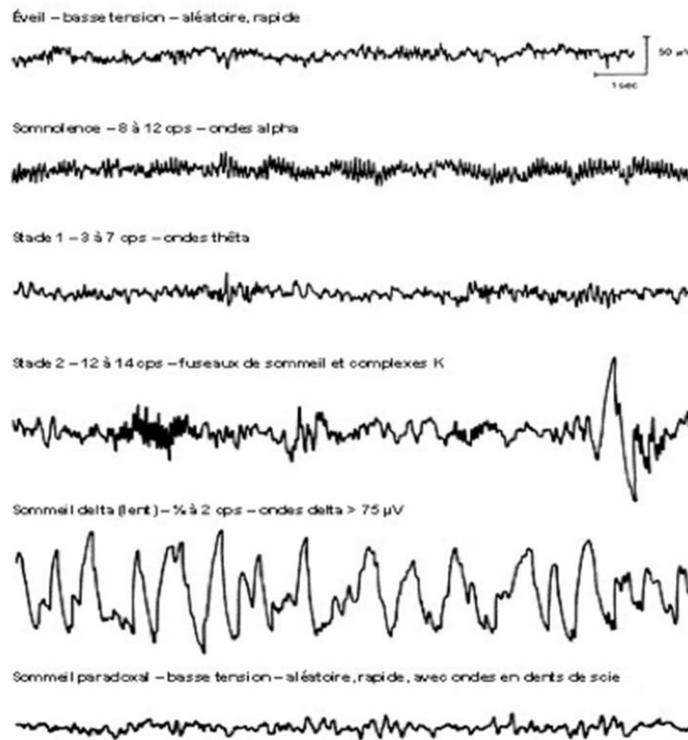


Figure 16 : Aspects électroencéphalographiques des différents états de veille et de sommeil



Figure 17 : tracé EEG du stade N2 du sommeil (centre de médecine de sommeil CHU Hassan II de Fès)

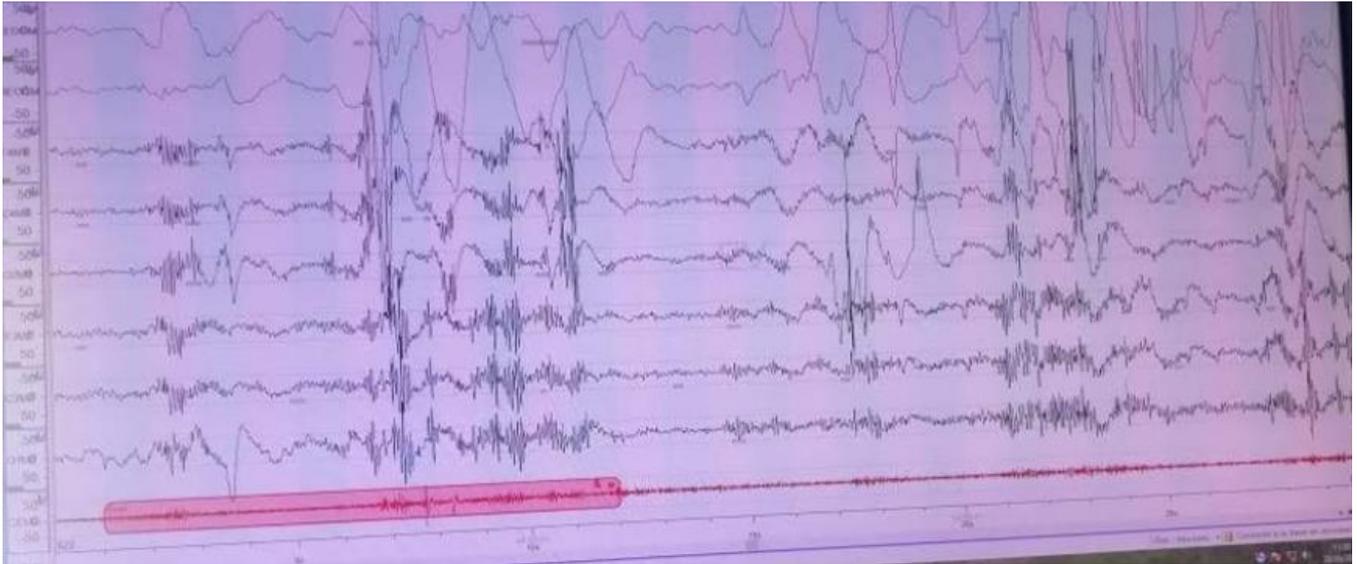


Figure 18 : tracé EEG d'un état d'éveil (centre de médecine de sommeil CHU Hassan II de Fès)

1.5. Emplacement des électrodes EEG

Dix électrodes en or ou en chlorure d'argent sont collées sur le scalp afin de recueillir l'activité électrique du cortex cérébral.

Les dérives centrales (C3–M2, C4–M1) sont utilisées pour enregistrer la majorité des ondes cérébrales ainsi que pour distinguer les différents stades du sommeil, et sont considérées comme les dérives principales pour le codage.

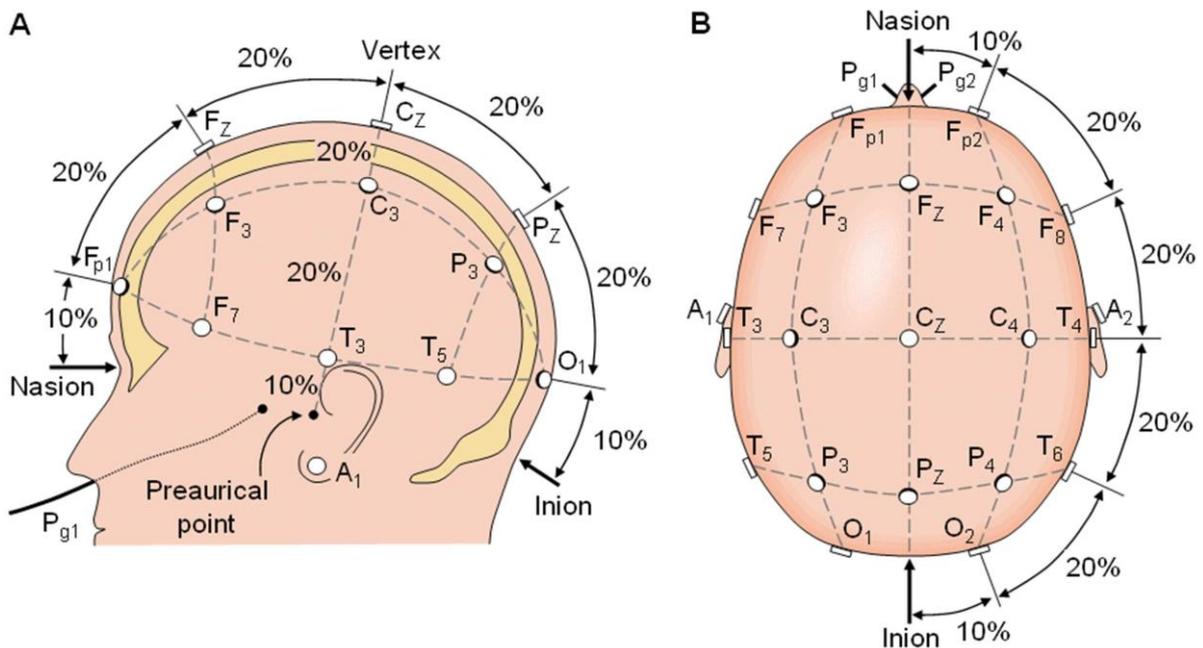
M1 et M2 (mastoïdes gauche et droite) sont des électrodes de référence.

Il est nécessaire de se référer au système international 10–20 (8) pour connaître les différents sites d'application des électrodes. Les mesures antéro–postérieures sont basées sur la distance entre le nasion et l'inion (racine du nez–protubérance occipitale externe) en passant par le vertex. Cinq points médians sont marqués sur cette ligne et désignés par les appellations : Fronto– polaire (Fp), Frontale (F), Centrale (C) ou Rolandique (R), Pariétal (P) et Occipital (O). Le premier point (Fp) et le dernier (O) sont à une distance respective du nasion et de l'inion égale à 10% de la longueur totale, et les points suivants à une distance les uns des autres égales à 20%. Par exemple, pour

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

une mesure du nasion-inion de 30 cm, Fp sera à 3 cm au-dessus du nasion, les suivants de 6 en 6 cm, et O à 3 cm au-dessus de l'inion.

Les lettres F, T, C, P et O signifient respectivement Frontal, Temporal, Central, Pariétal et Occipital.



Un "z" (zéro) fait référence à une électrode placée sur la ligne médiane.

Les nombres pairs (2, 4, 6, 8) font référence à des électrodes placées sur l'hémisphère droit, tandis que les nombres impairs (1, 3, 5, 7) sont relatifs à l'hémisphère gauche.

Deux repères anatomiques fondamentaux sont utilisés pour le positionnement des électrodes : le nasion (le point entre le front et le nez) et l'inion (le point le plus proéminent de l'os occipital, dans la partie inférieure de l'arrière du crâne).

Le plus fréquemment, on utilise 3 électrodes de mesure, 2 électrodes de référence (M1 et M2) et une électrode de masse (au milieu du front).

1.6. Emplacement des électrodes EOG

Le principe de base de l'électro-oculographie (EOG) est que l'œil agit comme un dipôle électrique dont l'extrémité positive se trouve au niveau de la cornée et l'extrémité négative au niveau de la rétine. La différence de potentiel entre la cornée et la rétine varie selon l'axe du regard, donc lors des mouvements oculaires.

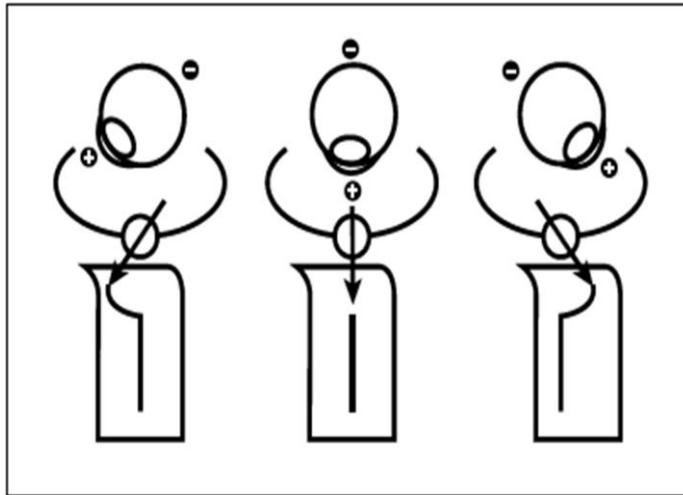


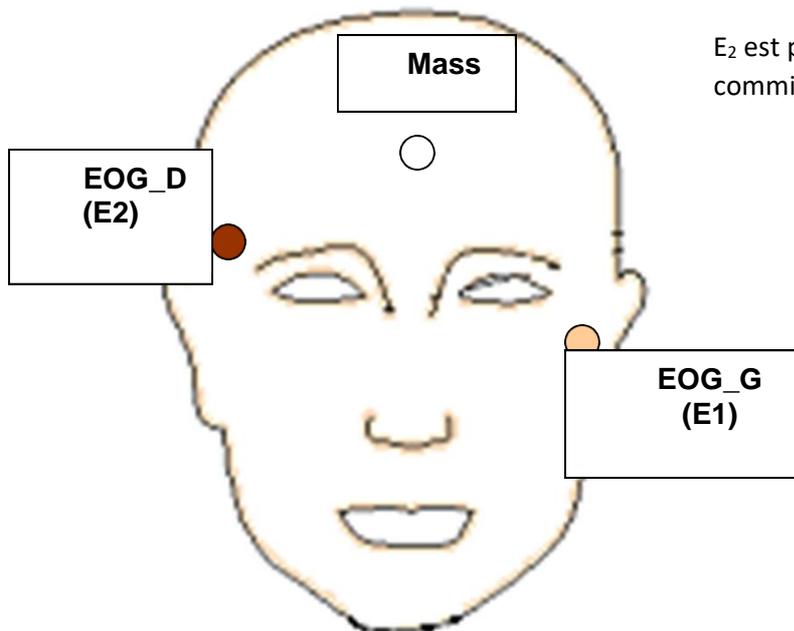
Figure 19. Principe de l'EOG

L'EOG est enregistré pour deux raisons différentes. Tout d'abord, pour enregistrer les mouvements oculaires rapides qui ont lieu lors du sommeil paradoxal, mais aussi pour repérer le début du sommeil où les globes oculaires « roulent ».

Deux électrodes doivent être placées près des yeux. Les dérivations recommandées sont E1-M2 et E2-M2 mais d'autres dérivations sont possibles .

- E₁ est placée **1 cm sous** la commissure externe de la paupière gauche

E₂ est placée **1 cm au-dessus** de la commissure externe de la paupière droite

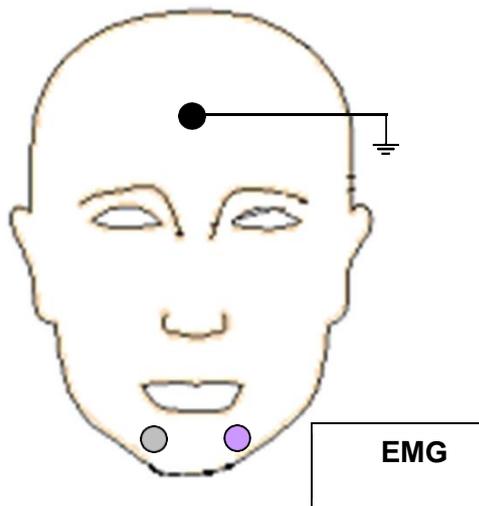


1.7. Emplacement des électrodes EMG

L'EMG mentonnier est l'une des mesures requises pour distinguer le sommeil paradoxal du sommeil lent. En effet, l'activité des muscles de la houppe du menton diminue lors du sommeil et est particulièrement réduite lors du sommeil paradoxal.

Les signaux EEG, EOG et EMG mentonnier enregistrés simultanément permettent d'identifier les différents stades du sommeil.

Une fois encore, plusieurs dérivations sont possibles. Dans l'exemple ci-dessous, seulement 2 électrodes sont utilisées. Selon les recommandations de l'AASM, une troisième électrode « de secours » (en cas de défaillance d'une des 2 électrodes de mesure) doit être placée. L'électrode de masse est la même que celle utilisée pour l'EEG (au milieu du front).



- Une électrode doit être placée à 2 cm sur la gauche par rapport au milieu du menton.
- L'autre électrode doit être placée à 2 cm sur la droite.
- Les 2 électrodes sont placées environ 1 cm au-dessus de la mâchoire inférieure.

1.8. L'électromyogramme des muscles jambiers.

Enregistrer l'activité des muscles jambiers antérieurs permet de diagnostiquer un **syndrome de mouvements périodiques des jambes**. En effet, l'interrogatoire clinique seul n'est pas suffisant pour confirmer la présence de ce syndrome.

Deux électrodes doivent être placées sur le muscle jambier antérieur, qui se trouve le long du tibia, légèrement vers l'extérieur. Il est nécessaire de placer ces électrodes **sur chaque jambe**, car les mouvements ne concernent généralement qu'une seule jambe à la fois, et peuvent alterner au cours de la nuit.



Exemple de signal EMG recueilli lorsque le patient bouge les 2 jambes

1.9. Mesures des capteurs cardio-respiratoires

Afin de reconnaître la présence d'événements respiratoires lors du sommeil, il est nécessaire d'enregistrer à la fois le flux et les efforts respiratoires.

Les capteurs thermiques (thermistances, thermocouples) sont couramment utilisés pour enregistrer le flux aérien. Il s'agit de signaux non quantitatifs qui se basent sur la différence de température entre l'air inspiré et l'air expiré. Capteurs d'enregistrement de la PSG

Capteurs thermiques

Lorsque l'on utilise un capteur thermique naso-buccal, une extrémité du capteur est placée en face de la bouche et deux autres dans chaque narine. Les variations de température entre l'air expiré (réchauffé par le corps) et l'air inspiré (plus frais car à température ambiante) sont converties en un signal qui reflète le flux respiratoire.

Ces capteurs thermiques naso-buccaux sont **recommandés pour détecter des apnées**. Ils sont utiles à la détection d'une respiration buccale lorsqu'ils sont utilisés simultanément avec une canule de pression nasale.



Figure 20 : Thermistances (Adulte, pédiatrique et néonatale) Limite des capteurs thermiques

Certains problèmes peuvent être rencontrés lors de l'utilisation de tels capteurs. Par exemple, dans un environnement tel que la différence de température entre air inspiré et expiré est peu significative, les signaux produits peuvent devenir difficiles à lire. C'est le cas d'une chambre trop chauffée, ou équipée d'un ventilateur orienté vers le visage du patient. De même, il est inutile d'utiliser ce genre de capteurs lorsque le

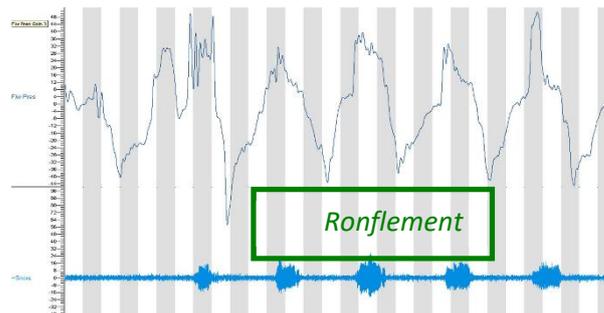
Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

patient est sous ventilation à pression positive continue. De plus, il est difficile de détecter des ronflements et des limitations de débit avec ces capteurs.

Canule nasale

Une **canule nasale** reliée à un capteur de pression très sensible produit un signal comparable à celui issu d'un pneumotachographe (capteur de référence pour mesurer un débit mais difficile à utiliser en pratique clinique).

Il existe également des canules naso-buccales capables de détecter la respiration buccale. Toutefois, cette détection est généralement assurée par une thermistance. L'extrémité buccale de la canule se place de la même façon que pour celle de la thermistance, en face de la bouche et au milieu des deux lèvres.



Bandes thoraciques et abdominales

La **respiration et les événements respiratoires** peuvent être détectés en mesurant les mouvements de l'abdomen et du thorax. L'objectif majeur de cette mesure est de pouvoir distinguer les événements obstructifs (présence d'un effort respiratoire) des événements centraux (absence d'effort).

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

Une autre méthode pour mesurer l'effort respiratoire consiste à s'intéresser aux variations de volume de la cage thoracique, c'est la **pléthysmographie**. Cette technique consiste à disposer une sangle relativement élastique qui contient un cristal piézo-électrique autour de la poitrine, et une autre sangle identique au niveau de l'abdomen. Ainsi, ce cristal piézoélectrique subit une contrainte lors de la contraction et du relâchement du thorax ou de la paroi abdominale. Cette contrainte entraîne la production d'une tension électrique, qui est traitée par l'enregistreur pour fournir un tracé de l'effort respiratoire.

La survenue d'événements peut dépendre de la position du patient au cours de la nuit.

Le capteur de position produit un signal directement proportionnel à la position du patient. Il est ainsi capable d'identifier 5 positions : patient couché sur le dos, sur le ventre, sur le côté gauche, sur le côté droit ou assis.

Mesure de la pression œsophagienne

Il s'agit de la méthode de référence pour mesurer un effort respiratoire. La mesure de la pression œsophagienne reflète les variations de pression intra thoracique et s'effectue via un cathéter intra œsophagien. La mesure de la pression œsophagienne est particulièrement préconisée pour détecter les augmentations d'efforts respiratoires responsables de micro éveils sans désaturation associée. Cependant, en pratique clinique, cette mesure est **relativement peu utilisée** car le cathéter s'avère très souvent inconfortable pour le patient et difficile à mettre en place.

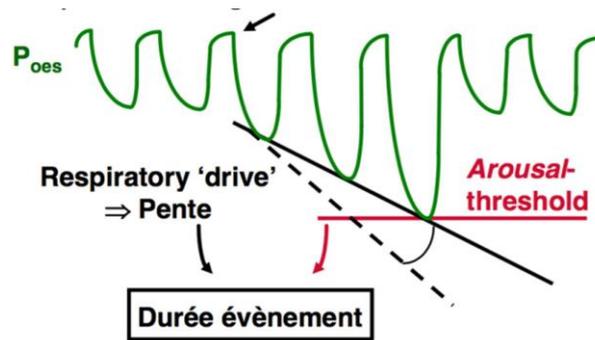


Figure 21 : Réponse à une augmentation des voies aériennes supérieures, (3)

L'électrocardiographie.

L'électrocardiographie (ECG) est l'enregistrement des variations de potentiels électriques cellulaires générés par l'activité cardiaque, via des électrodes de surface.

Cet enregistrement a notamment pour but au cours de la nuit de :

- Mesurer l'évolution de la **fréquence cardiaque** au cours du sommeil et révéler d'éventuelles **arythmies cardiaques** qui peuvent être liées aux troubles du sommeil ;
- Confirmer certains événements comme les éveils ;
- Calculer le **Temps de Transit du Pouls**.

Les électrodes doivent être placées de part et d'autre du cœur pour illustrer au mieux les variations possibles du signal. C'est pourquoi les électrodes sont généralement placées selon une des dérivations suivantes :

- En **RA** (« Right Arm », sous la clavicule droite) et en **LL** (« Left Leg », au niveau des dernières côtes sur le flanc gauche du patient)
- En **RA** et en **LA** (« Left Arm », sous la clavicule gauche)
- Dans ces 3 positions à la fois (**RA + LL + LA**). Selon l'AASM, la dérivation RA-LL est recommandée.

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

- Une électrode est placée environ 5 cms sous la clavicule droite (RA)
- L'autre électrode est placée au niveau des dernières côtes sur le flanc gauche du patient (LL)

L'oxymétrie de pouls.

L'oxymétrie de pouls permet d'enregistrer la saturation du sang en oxygène ainsi que l'onde du pouls. L'oxymètre est constitué d'une source de lumière et d'un capteur (sous forme de pince ou d'adhésif) qui analyse la lumière transmise à travers un doigt (ou un lobe d'oreille) du patient. La lumière émise contient des longueurs d'onde dans le rouge et dans l'infrarouge. L'oxymétrie consiste en une mesure de l'oxygénation (le pourcentage de saturation en oxygène : SpO₂), basée sur la différence de couleur entre l'hémoglobine saturée et désaturée en oxygène. Les oxymètres de pouls permettent également de mesurer la fréquence cardiaque dont les augmentations brèves sont des marqueurs indirects d'éveils. L'étude de la fréquence cardiaque combinée à celle des tracés de l'oxymètre renseigne donc sur la fragmentation du sommeil du patient. L'oxymétrie de pouls peut être proposée comme outil de dépistage du syndrome d'apnées du sommeil .

Il permet aussi de détecter la désaturation en oxygène de l'hémoglobine qui entre dans la définition de certaines hypopnées.

Le Temps de Transit du Pouls.

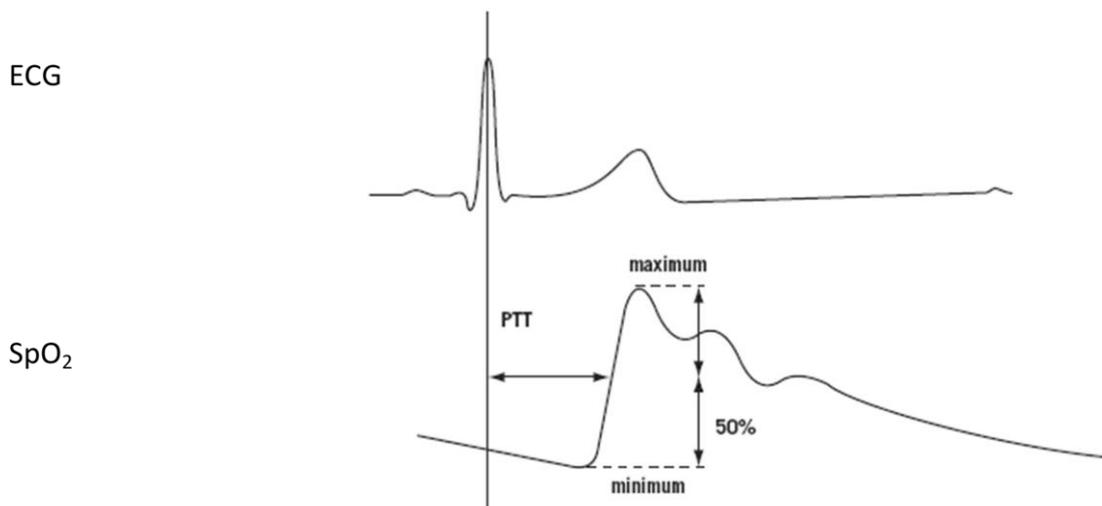
La photo pléthysmographie du pouls mesuré par l'oxymètre permet également le calcul du

Temps de Transit du Pouls.

Le Temps de Transit du Pouls (TTP) n'est pas une mesure mais un calcul. Il correspond au temps (environ 250 ms) mis par l'onde de pouls pour parcourir la distance entre la valve aortique et un site périphérique (habituellement le bout du

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

doigt). Il s'agit donc de calculer le temps écoulé entre l'onde R et l'onde de pouls au niveau du doigt (au point situé à 50 % de la valeur maximale atteinte par l'onde de pouls). Ce calcul nécessite l'enregistrement de l'électrocardiogramme et de l'onde de pouls grâce à un Oxymètre placé au niveau d'un doigt. Ce sont des mesures totalement non invasives.



Lorsque la pression artérielle augmente (inspiration), la rigidité et la tension de la paroi artérielle augmentent, l'onde de pouls artériel est plus rapide et le TTP est donc raccourci. A l'inverse, lorsque la pression artérielle diminue (expiration), le TTP est augmenté. Le TTP est donc **inversement proportionnel à la pression artérielle**.

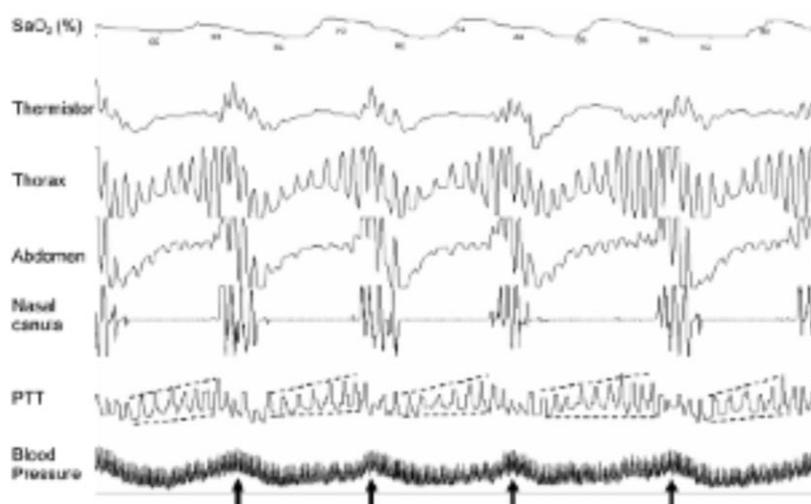


Figure 22 : Calcul du TTP lors d'apnées obstructives

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

Les variations de TTP ont donc été validées comme méthode indirecte d'évaluation des efforts respiratoires pendant le sommeil. Les mesures à l'origine de ce calcul étant totalement non invasives, il s'agit là d'un avantage particulièrement intéressant en pédiatrie

Limite :

Une des limites du TTP est le sous échantillonnage puisqu'une seule valeur est calculée par battement cardiaque. Par conséquent, une valeur maximale de TTP ne correspondra pas toujours à un minimum de la pression œsophagienne.

Le TTP est difficile à exploiter chez les patients souffrant **d'arythmies cardiaques**. En effet, une extrasystole va entraîner une forte variation du TTP malgré l'absence d'événement respiratoire ou de micro-éveil.

1.10. Enregistrement par vidéo

L'enregistrement audio et vidéo est utile pour :

- Observer le comportement du patient durant l'étude ;
- Évaluer la présence de parasomnies, de réveils nocturnes et autres mouvements possibles durant le sommeil (syndrome des mouvements périodiques des jambes par exemple)
- Vérifier si le patient ronfle ou parle pendant son sommeil.

2. Les bracelets connectés et l'actigraphie (9) (27)

Un bracelet connecté est un gadget porté autour du poignet qui permet de suivre certains paramètres corporels tels que le mouvement et la fréquence cardiaque. Le bracelet connecté est doté d'accéléromètres à trois axes qui permettent de surveiller à quelle vitesse un individu se déplace dans n'importe quelle direction. Ces données sont ensuite traitées avec des algorithmes pour donner plus de sens aux mouvements.

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

Les capteurs du bracelet tiennent compte de toutes les données qu'ils reçoivent. Ces données sont ensuite transférées sur le smartphone ou l'ordinateur portable auquel le bracelet est lié. Cela se produit lorsque le gadget est synchronisé avec le smartphone ou l'ordinateur portable.

Le logiciel utilise des algorithmes complexes pour trier les données qu'il a reçues en informations utiles qui auront du sens pour l'utilisateur. C'est ainsi que l'individu est capable de suivre l'exercice, la fréquence cardiaque ainsi que le sommeil.

La plupart des bracelets connectés sont équipés d'une fonction appelée « Mode veille ». L'utilisateur doit activer ce mode sur le gadget pour que les données soient compilées avec précision pendant le temps qu'il dort.

L'utilisation de l'accéléromètre pour suivre la vitesse et la direction du mouvement pendant le sommeil afin de mesurer la qualité du sommeil est connue sous le nom d'actigraphie.

UTILISATION

Très simple d'utilisation. Généralement poignet non dominant

En pratique clinique, il est porté pendant une semaine lorsqu'on veut des renseignements sur le sommeil, ou sur une période plus longue, de l'ordre de 3 semaines, lorsqu'on s'intéresse au rythme veille-sommeil.

Au retour de l'appareil, une simple connexion au téléphone portable donne une représentation graphique dont la lecture visuelle est immédiate. Dans la plupart des cas, elle est suffisante pour une approche clinique. La réalisation d'un rapport chiffré avec l'aide des logiciels fournis donne des informations plus complètes mais nécessite entre 15 à 30 minutes de travail.

VALIDATION

Contrairement à la polysomnographie (PSG) qui se limite le plus souvent à l'étude d'une nuit, le bracelet connecté peut-être porté plusieurs jours, sans inconvénient majeur, et pour un coût modeste. La comparaison et la validité des mesures obtenues par le bracelet connecté (horaire d'endormissement, horaire de réveil, durée du sommeil, temps d'éveil intrasommeil, efficacité du sommeil) sont d'autant plus fiables que le sommeil est celui d'un sujet normal en bonne santé. En cas de pathologies associées, ces estimations sont plus à risque d'erreur. Chez le sujet normal, l'actimétrie est globalement bien corrélée avec la polysomnographie pour différencier le sommeil de l'éveil avec des corrélations allant de 0,78 à 0,97 % dans la littérature. Elle donne une bonne estimation de la durée du sommeil, avec cependant une petite surestimation chez les sujets éveillés immobiles.

Elle est moins performante pour apprécier l'efficacité du sommeil. Quant aux horaires du sommeil, l'horaire de l'endormissement semble plus difficile à préciser que celui du réveil.

PARTIE EXPERIMENTALE

1. Introduction :

La Polysomnographie est la pierre angulaire dans l'évaluation des troubles du sommeil. Cependant cette technique présente plusieurs inconvénients : coût, temps long de réalisation et disponibilité.

Ces dernières années, la disponibilité croissante de nouvelles technologies de santé portables (11) (12) et en particulier des montres connectées a rendu l'évaluation du sommeil plus accessible ; il est désormais considéré comme normal de suivre son activité quotidienne dormir et recevoir des commentaires sur sa santé globale.

Cette technologie, avec des capteurs accélérométriques, une capacité de stockage de mémoire élevée et un taux d'échantillonnage élevé, offre un moyen peu coûteux, et accessible pour mesurer le sommeil avec des interfaces simples avec une application dédiée qui fonctionne sur Android, iOS.

Bien que la diffusion de la technologie de suivi du sommeil portable ouvre la possibilité d'enregistrer le sommeil à grande échelle, il reste à déterminer avec quelle précision ces appareils évaluent le sommeil. (11)

Ces dispositifs sont relativement accessibles en termes de coût, sont faciles à utiliser et peuvent être portés pendant une période prolongée fournissant une image exhaustive des cycles veille / sommeil.

En outre, ces appareils ne nécessitent aucun effort particulier de la part des individus et peut être utilisée dans leur milieu naturel.

Plusieurs dispositifs sont disponibles sur le marché avec différents niveaux d'accord avec le PSG.

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

Même si le bracelet connecté montre une capacité limitée à détecter l'éveil après le début du sommeil (faible spécificité) avec une diminution de la précision associée à une augmentation du temps de réveil (13) la capacité de détecter les états de sommeil (sensibilité) est relativement bonne chez les adultes. (14)

2. Objectif :

Le but de notre étude est de comparer la précision de l'évaluation du sommeil entre le bracelet connecté par rapport à la Polysomnographie lors d'un enregistrement nocturne au centre de médecine du sommeil au CHU Hassan II Fès.

3. Matériels et méthodes :

Une série de 20 patients âgés de 27 à 69 ans a été colligée.

Les données des bracelets connectés et de la Polysomnographie ont été collectées simultanément lors d'un enregistrement nocturne au centre de médecine du sommeil au CHU Hassan II Fès.

Les patients ont dormi dans des chambres insonorisées et à température contrôlée. Les heures d'extinction et d'allumage des lumières ont été choisies par les patients.

Enregistrement PSG :

La PSG inclut électroencéphalogramme (EEG; F3-M2, F4-M1, C3-M2, C4-M1, O1-M2, O2-M1), électromyogramme sous-mentale bipolaire (EMG) et électrooculogramme (EOG; E1-M2, E2-M1) .

Les stades du sommeil (éveil, N1, N2, N3, sommeil paradoxal REM) ont été évalués par périodes de 30 secondes selon les critères standard de l'AASM.

Les signaux EEG, EMG et EOG ont été échantillonnés à 256 Hz ; EEG et EOG ont été filtrés à 0,3-19 Hz ; L'EMG a été filtré à 10-100 Hz.

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

Les paramètres de sommeil standard suivants ont été calculés :

- Temps passé au lit (TAL, min) : temps entre l'extinction et l'allumage des lumières.
- Temps total de sommeil TTS (temps total du sommeil).
- Efficacité de sommeil (TTS/TAL) (temps total du sommeil/temps passé au lit) : %.
- Latence du début du sommeil.
- Latence REM (min).
- Nombres de réveils totaux.
- Temps passé à chaque étape du sommeil (N1, N2, N3 et sommeil paradoxal).

Bracelet connecté :

Chaque participant a été équipé d'un appareil smart band pro 3 huawei, placé sur sa main non dominante pendant la durée de l'enregistrement pendant la nuit. Les données ont été collectées via une application **fonctionnant sur le système d'exploitation Android.**

Le bracelet connecté se compose d'un bracelet résistant à la transpiration et à l'eau conçu pour être porté 24 heures sur 24, 7 jours sur 7.

Les techniciens du centre de médecine de sommeil étaient responsables de l'activation du mode de suivi actif / sommeil en synchronisation avec les heures d'extinction et d'allumage des lumières

Pour le bracelet connecté nous avons utilisé les mesures de sommeil standard fournies dans l'application : sommeil nocturne, sommeil profond, sommeil léger, sommeil paradoxal, nombres de réveils efficacité du sommeil.

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

L'application utilise un algorithme spécial HUAWEI TruSleep, développé par l'université Harvard, qui extrait les signaux respiratoires et le rythme sinusal normal à partir des signaux de fréquence cardiaque basé sur la transformation Hilbert–Huang (HHT) utilisée pour analyser la cohérence de ces signaux et leur puissance interspectrale pour l'analyse de couplage cardio–pulmonaire. Cela permet d'obtenir une analyse précise de diverses étapes du sommeil, notamment le sommeil profond, le sommeil léger, le sommeil paradoxal et le réveil [24– 25].

Analyses

La moyenne, l'écart–type des différences pour toutes les mesures de sommeil PSG et bracelet connecté ont été calculées.

Une valeur positive de la différence moyenne entre bracelet connecté et PSG indique que le bracelet connecté sous–estime les mesures de la PSG, tandis qu'une valeur négative indique que le bracelet connecté surestime les mesures du sommeil par rapport à la PSG.

4. Résultats :

a. Age et Sexe : L'âge moyen était de : 50 ans (27 à 69 ans)

Le sexe-ratio est de 1 / 1

b. Comorbidités :

Les comorbidités étaient présentes chez deux patients : une patiente était épileptique avec une hypothyroïdie et un IMC à 34 ; la deuxième patiente était suivie pour cardiopathie sous traitement.

c. Stades du sommeil : comparaison entre le bracelet connecté et la polysomnographie :

Les résultats obtenus par le bracelet connecté et par la Polysomnographie montrent une concordance de l'évaluation du sommeil paradoxal « différence moyenne de 2 % », la moyenne du pourcentage du sommeil paradoxal évalué par la PSG est de 20.23% , alors qu'elle est de 21.47% pour le bracelet connecté.

La Polysomnographie surestimait le nombre de réveils par rapport au bracelet connecté, ce qui correspond à la majorité des données de la littérature.

On a constaté une discordance de l'évaluation de la durée totale du sommeil entre la Polysomnographie et le bracelet connecté avec une différence moyenne allant jusqu'à 60 minutes.

La durée moyenne du temps total du sommeil évalué par PSG est de 451.61 mn, et de 505.64 mn par bracelet connecté.

Les différences moyennes du sommeil profond ne dépassaient pas 10 %, la moyenne du pourcentage du sommeil profond évalué par la PSG est de 15.48% et 25.29% par le bracelet connecté.

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

TTS (temps total de sommeil) :

Le temps total de sommeil moyen obtenu par bracelet connecté était : 505.64 min

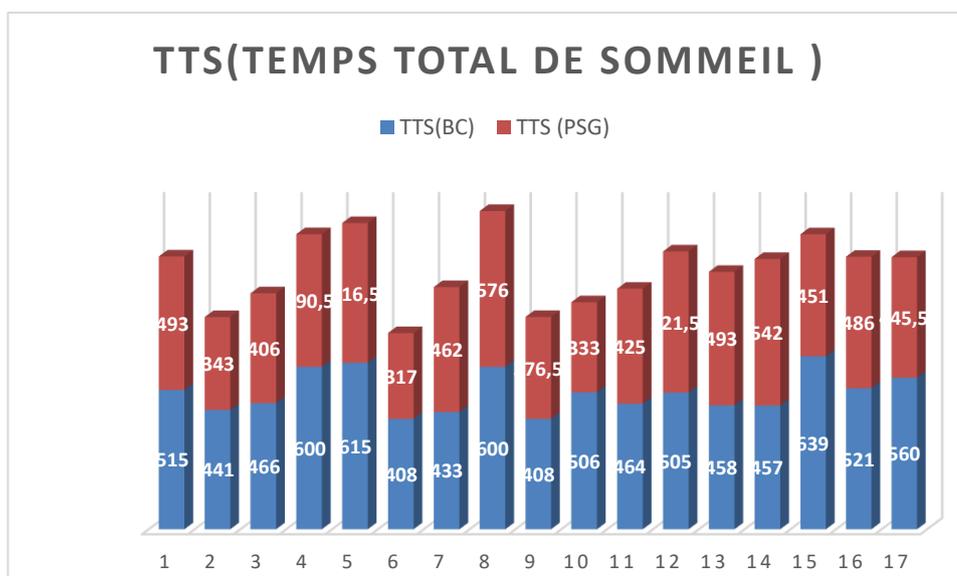
Le temps total de sommeil moyen nocturne obtenu par polysomnographie était de 7.53 heures (451.61 [317 – 576] minutes).

La différence moyenne donc est de 54.04 min ce qui montre que le bracelet connecté surestime le temps total de sommeil par rapport à la polysomnographie .

Chez les femmes le temps total de sommeil évalué était de 464.27 mn par PSG et 520 mn par bracelet connecté.

Chez les hommes le temps total de sommeil évalué était de 437.38 mn par PSG et 489.5 mn par bracelet connecté.

Graphique 1 : Comparaison de l'évaluation du TTS en mn par PSG et Bracelet connecté



Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

TAL :

La moyenne du temps passé au lit estimé par polysomnographie était de : 548.62 mn.

Tandis que celle du TAL estimé par bracelet connecté était de 527.23 mn. Avec une différence moyenne de : -57.39.

La différence moyenne de l'écart type entre bracelet connecté et polysomnographie était de : 3.62.

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

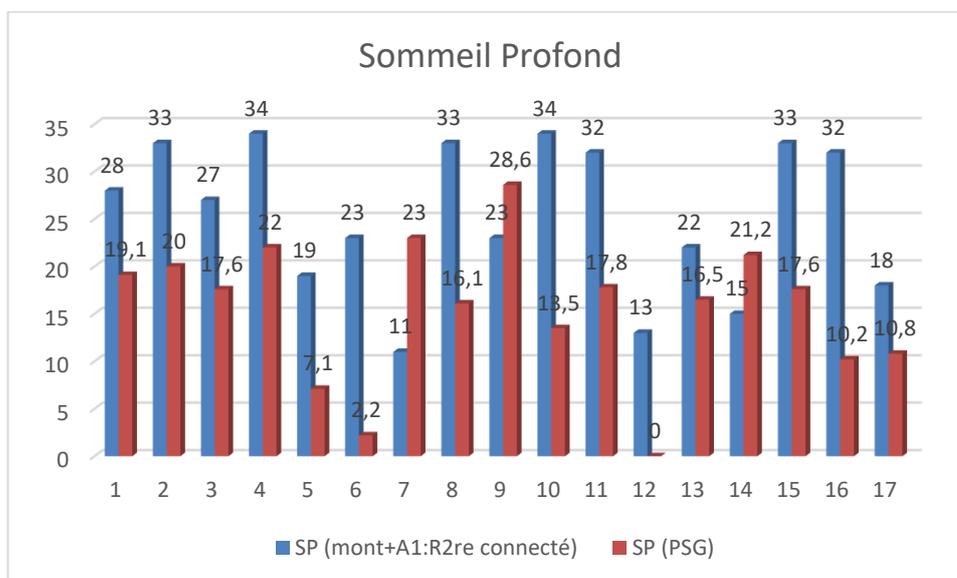
Sommeil profond :

La moyenne du pourcentage du sommeil profond évalué par PSG représentait 15.48 % du TTS

La moyenne des différences moyennes du sommeil profond entre bracelet connecté et PSG dépassaient pas 10 % avec une différence moyenne d'écart type de 0.7 %.

Ceci objective une bonne concordance de l'évaluation du sommeil profond entre bracelet connecté et polysomnographie

Graphique 2 : Comparaison de l'évaluation du sommeil profond en % du TTS par PSG et Bracelet connecté.



Sommeil lent :

La moyenne de la durée du sommeil lent en minutes estimé par le bracelet connecté était : 53.23 mn. Avec un écart type moyen de : 11.35

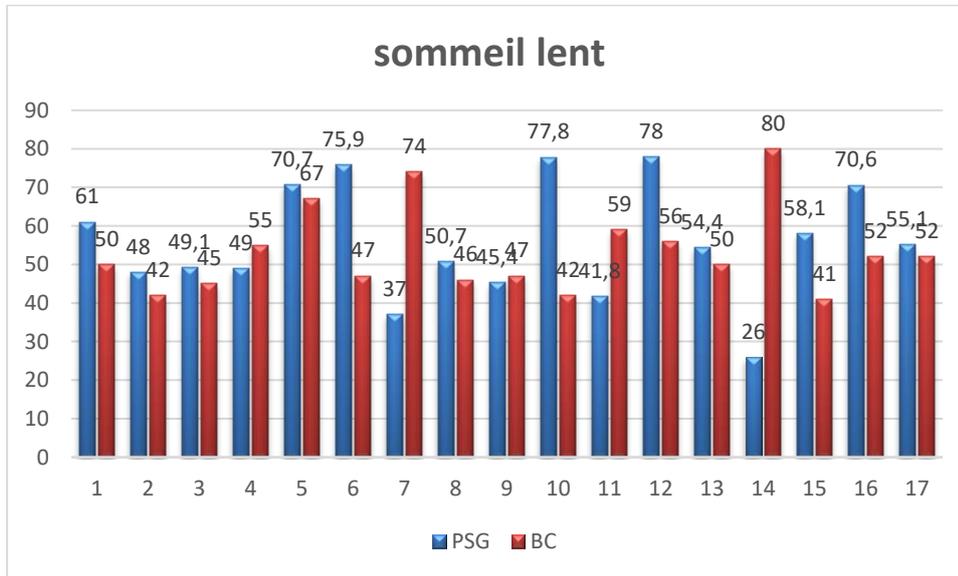
Pour la PSG la durée moyenne du sommeil lent était : 55.8 mn. L'écart type moyen était : 14.95

La différence moyennes de la moyenne du sommeil lent entre bracelet connecté

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

et PSG est de : -2.57

La différence moyenne de l'écart type moyen entre bracelet connecté et PSG est de : -3.6

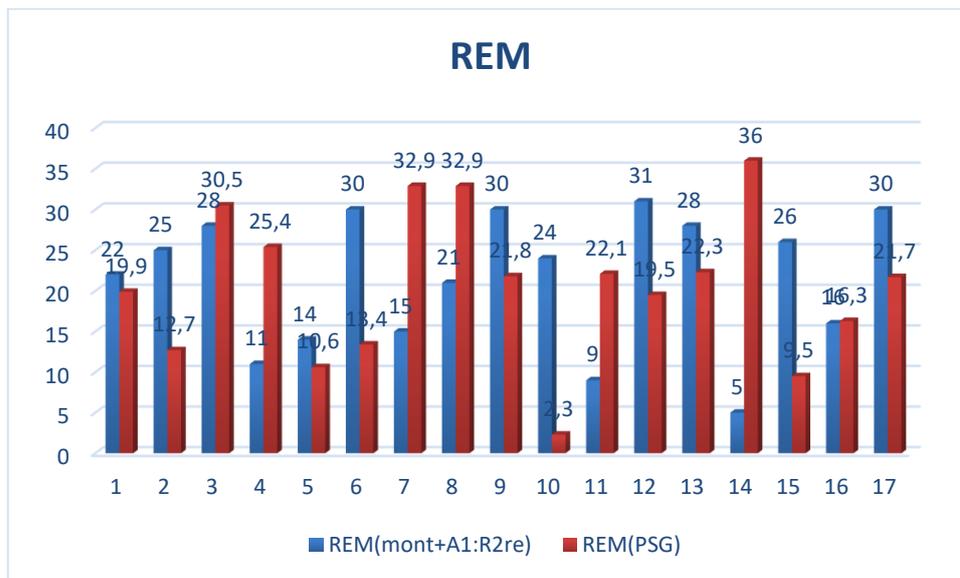


Graphique 3 : Comparaison de l'évaluation du sommeil lent en mn par PSG et Bracelet connecté

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

Sommeil paradoxal :

La moyenne du pourcentage du sommeil REM évalué par PSG représentait seulement 20% du TTS. Les pourcentages du sommeil REM n'étaient pas considérablement différents entre bracelet connecté et PSG avec une différence moyenne de 1.24%.

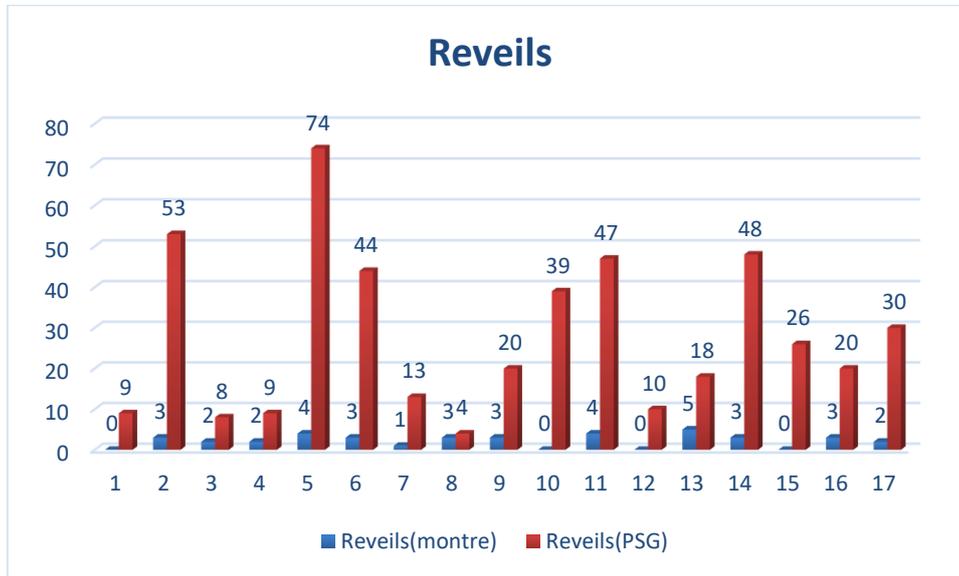


Graphique 4: Comparaison de l'évaluation du REM en % du TTS par PSG et Bracelet connecté.

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

Réveils :

Le bracelet connecté sous-estime le nombre total de réveils par rapport à la PSG avec une différence moyenne du nombre de réveils de : -25.42



Graphique 5 : Comparaison de l'évaluation du nombre de réveils par PSG et Bracelet connecté.

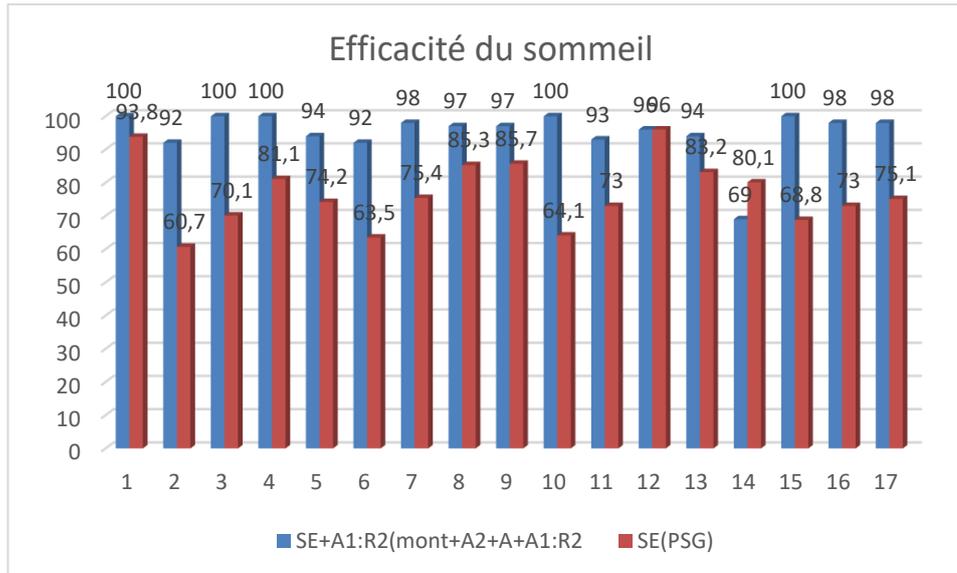
Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

Efficacité du sommeil (SE) :

Pour l'efficacité du sommeil ;

Le bracelet connecté surestime le SE par rapport à la PSG avec une différence moyenne de : 18.52%

Et une différence moyenne de l'écart type est de : -2.75



Graphique 6 : Comparaison de l'évaluation de l'efficacité du sommeil par PSG et Bracelet connecté.

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

Tableau 1 : Moyenne et écart type des TTS SP SL REM Réveils TAL et SE évalué par PSG et bracelet connecté

	Moyenne (PSG)	Moyenne (BC)	Ecart-type (PSG)	Ecart-type (BC)
TTS	451.61 mn	505.64 mn	75.58 mn	75.55 mn
SP	15.48	25.29	7.47	8.17
SL	55.8	53.23	14.95	11.35
REM	20.23	21.47	21.7	8.37
REVEILS (nombres)	27.66	2.24	19.93	1.61
TAL	548.62 mn	527.23 mn	72.41 mn	76.03 mn
SE	76.65	95.17	10.08	7.33

Tableau 2 : Différences moyennes entres bracelet connecté et polysomnographie de la moyenne et de l'écart-type

Différence moyenne	Moyenne	Ecart-type
TTS	54.03	-0.03
SP	9.81	0.7
SL	-2.57	-3.6
REM	1.24	-13.33
Réveils	-25.42	-18.32
TAL	-57.39	3.62
SE	18.52	-2.75

TTS : temps total du sommeil ; SP : sommeil profond ; SL : sommeil lent ; REM : sommeil paradoxal ; TAL : temps passé au lit ; SE : efficacité du sommeil

5. Iconographie : (centre de médecine de sommeil CHU Hassan II Fès)



Figure 22 : caméra vidéo et projecteur infrarouge



Figure 23 : centre de médecine de sommeil CHU Hassan II Fès



Figure 24 : bracelet connecté huawei band 3 pro

6. Discussion :

6.1. Age :

Dans notre série l'âge moyen était de 50 ans, ceci ne correspond pas à la majorité des études publiées qui se sont intéressé à l'évaluation du sommeil chez les adolescents. (15)

L'estimation de l'évaluation du sommeil par polysomnographie et par bracelet connecté dépend de l'âge. (15)

Le bracelet connecté a sous-estimé le TTS chez les plus jeunes et les surestimait progressivement chez les plus âgés. (15)

Ceci suggère également que l'accord entre la polysomnographie et le bracelet connecté diminue avec l'âge. (15)

6.2. Sexe :

Il n'y'avait pas d'influence du sexe, comme pour la majorité des échantillons étudiés dans la littérature. (15)

Dans notre série : Chez les femmes le temps total de sommeil évalué était de 464.27 mn par PSG et 520 mn par bracelet connecté, donc une différence moyenne de 55 mn.

Chez les hommes le temps total de sommeil évalué était de 437.38 mn par PSG et 489.5 mn par bracelet connecté, donc une différence moyenne de 52.12 mn .

La différence moyenne du temps total de sommeil évalué par bracelet connecté et par PSG chez les femmes et les hommes est de 2.88 mn.

Nos résultats ont indiqué des écarts similaires entre les résultats du sommeil

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

évalués par bracelet connecté et par polysomnographie chez les patients de sexe masculin et féminin.

Ainsi, le sexe n'a pas affecté la précision du bracelet connecté dans la détection des états de sommeil et d'éveil. Comme pour la majorité des données de la littérature (15)

6.3. Comorbidités :

Dans notre série Les comorbidités étaient présentes chez deux patients : une patiente était épileptique avec une hypothyroïdie et un IMC à 34 ; la deuxième patiente était suivie pour cardiopathie sous traitement.

La majorité des études se sont intéressées à l'étude du sommeil chez les personnes en bonne santé. (15)

6.4. Durée et stades du sommeil : comparaison entre le bracelet connecté et la polysomnographie :

TTS :

Dans notre série le TTS moyen obtenu par bracelet connecté était :

505.64 min

Le temps total de sommeil moyen nocturne obtenu par polysomnographie était de 7.53 heures (451.61 [317 – 576] minutes).

La différence moyenne donc est de 54.04 min ce qui montre que le bracelet connecté surestime le temps total de sommeil par rapport à la polysomnographie par une moyenne d'une heure.

Semblable à la majorité de la littérature testant la validité des bracelets connectés par rapport à la polysomnographie, nos données ont indiqué que le bracelet connecté a tendance à surestimer le TTS par rapport à la polysomnographie.

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

Pour une comparaison de l'évolution de la durée du sommeil en cas d'insomnie, cette différence ne diminuerait pas l'intérêt du bracelet connecté dans le suivi de ces patients.

Sommeil profond :

Le sommeil profond évalué par PSG représentait en moyenne 15.48 % du TTS

Les différences moyennes du sommeil profond entre bracelet connecté et PSG ne dépassaient pas 10 % avec une différence moyenne d'écart type de 0.7 %

Ceci objective une bonne concordance de l'évaluation du sommeil profond entre bracelet connecté et polysomnographie.

Cependant ; nous ne pouvons que spéculer sur la signification de ces résultats étant donné l'absence d'une définition exhaustive du « sommeil profond » et du « sommeil léger » disponible publiquement auprès du bracelet connecté huawei smart band 3/3.

En tant que limitation reconnue, (17) les moniteurs d'activité sont précis pour distinguer le sommeil du réveil mais pas pour mesurer la profondeur du sommeil telle que définie avec la PSG.

Sommeil lent :

La durée du sommeil lent en minutes estimé par le bracelet connecté était en moyenne : 53.23 mn

Avec un écart type moyen de : 11.35 mn

Pour la PSG la durée moyenne du sommeil lent était : 55.8 mn

L'écart type moyen était : 14.95 mn

La différence moyenne du sommeil lent entre bracelet connecté et PSG est de : - 2.57 mn

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

La différence moyenne de l'écart type moyen entre bracelet connecté et PSG est de : -3.6 mn

Dans notre étude contrairement aux données de la littérature(18) le bracelet connecté estime correctement le sommeil lent : différence moyenne entre bracelet connecté et PSG de la durée du sommeil lent ne dépasse pas 3 mn.

Sommeil paradoxal :

Le sommeil REM évalué par PSG **représentait** seulement 20% du TTS

Les pourcentages du sommeil REM **n'étaient** pas considérablement différents entre bracelet connecté et PSG avec une différence moyenne de 1.24%

Ceci correspond aux données de la littérature (26)

Réveils :

Le bracelet connecté sous-estime le nombre total de réveils par rapport à la PSG avec une différence moyenne du nombre de réveils de : -25.42

Comme pour la majorité des données de la littérature . (18) Le bracelet connecté avait tendance à sous-estimer le nombre de réveils.

Une validation plus poussée de ce dispositif et d'autres dispositifs similaires doit donc être effectuée dans les populations cliniques d'âge différents qui peuvent avoir des niveaux élevés d'éveil.

Efficacité du sommeil :

Le bracelet connecté surestime le SE par rapport à la PSG avec une différence moyenne de : 18.52%

Et une différence moyenne de l'écart type de : -2.75

Pour les données de la littérature le bracelet connecté sous-estime le SE chez les plus jeunes et le surestime progressivement chez les plus âgés , avec une différence moyenne de -2 (15-18).

Une comparaison directe entre bracelet connectée et l'actigraphie standard est nécessaire pour clarifier si ces différences sont dues à une précision différente des dispositifs (bracelet connecté par rapport à l'actigraphie standard) dans l'évaluation du modèle sommeil / éveil ou si cela est dû à d'autres facteurs plus liés à la population étudiée.

6.5. Limites :

Semblable aux données de la littérature, notre étude présente plusieurs limites (5)

- Elle est basée sur un seul enregistrement de nuit.
- L'étude a été menée dans un centre de médecine du sommeil dans lequel les patients, même s'ils étaient libres de décider des heures d'allumage et d'extinction de la lumière, devaient suivre un protocole strict et où des techniciens assurent la qualité de la collecte des données.
- Les techniciens du sommeil ont assuré la synchronisation entre le temps PSG et bracelet connecté au lit. Cette étude doit donc être menée dans un environnement domestique.
- Nous avons comparé le bracelet connecté à la PSG standard uniquement, ainsi, d'autres comparaisons du bracelet connecté avec l'actigraphie standard sont également nécessaires.
- La sensibilité et la spécificité du bracelet connectée restent à déterminer.

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

Le marché de ces bandes de suivi portables est vaste et en croissance, impliquant plusieurs millions de consommateurs.

Nos résultats montrent la validité de l'un de ces dispositifs, bracelet connecté huawei smart band pro 3/3 dans l'évaluation du sommeil profond et paradoxal, par rapport à la PSG et un intérêt particulier dans le suivi de l'insomnie et comme aide de l'évaluation des données de l'agenda du sommeil.

Une validation plus approfondie doit être effectuée dans différents groupes d'âge et populations cliniques, en particulier chez les personnes ayant des troubles de sommeil pour permettre une utilisation future de ces dispositifs dans la médecine du sommeil de base.

Conclusion :

À la lumière de ces résultats, on peut conclure que le bracelet connecté présente une concordance satisfaisante avec la Polysomnographie dans la mesure du sommeil paradoxal et profond, et une concordance acceptable dans la mesure du temps total du sommeil.

Même si ces appareils ne devraient pas remplacer la polysomnographie, elles peuvent être utilisées comme évaluation initiale de la qualité de sommeil et dans le suivi éventuel de l'insomnie comme aide de l'agenda du sommeil.

Résumé :

Introduction :

La Polysomnographie est la pierre angulaire dans l'évaluation des troubles du sommeil. Cependant cette technique présente plusieurs inconvénients : coût, temps long de réalisation et disponibilité.

Le bracelet connecté pourrait en être la principale alternative devant sa facilité d'utilisation et son coût peut onéreux.

Objectif :

Comparer la précision de l'évaluation du sommeil entre le bracelet connecté par rapport à la Polysomnographie.

Matériels et méthodes :

Une série de 20 patients a été colligée.

Les données des bracelets connectés et de la Polysomnographie ont été collectées simultanément lors d'un enregistrement nocturne au centre de médecine du sommeil au CHU Hassan II Fès.

Résultats :

L'âge moyen était de : 50 ans, les femmes représentait 50% de la série.

Les résultats obtenus par le bracelet connecté et par la Polysomnographie montrent une concordance de l'évaluation du sommeil paradoxal « différence moyenne de 2 %».

La Polysomnographie surestimait le nombre de réveils par rapport au bracelet connecté, ce qui correspond à la majorité des données de la littérature.

Corrélation entre les bracelets connectés et la Polysomnographie dans l'évaluation du sommeil

On a constaté une concordance satisfaisante de l'évaluation de la durée totale du sommeil entre la Polysomnographie et le bracelet connecté avec une différence moyenne allant jusqu'à 60 minutes.

Les différences moyennes du sommeil profond ne dépassaient pas 10 %.

Conclusion :

À la lumière de ces résultats, on peut conclure que le bracelet connecté présente une concordance avec la Polysomnographie dans la mesure du sommeil paradoxal et profond. Ces dispositifs pourraient être une alternative à la Polysomnographie dans l'avenir.

Bibliographie

- [1]. G. J. Lavigne, P. A. Cistulli, et M. T, Smith. Odontologie et médecine du sommeil
- [2]. Sylvie Royant–Parola, Les mécanismes du sommeil: rythmes et pathologies
- [3]. Maxime El Baz. Apport des nouvelles technologies du sommeil en réanimation médicale, dans l'exploration de la maladie d'Alzheimer, du syndrome d'apnée du sommeil et en conditions extrêmes. Médecine humaine et pathologie. Université Sorbonne Paris Cité, 2016.
- [4]. Czeisler CA, Weitzman Ed, Moore–Ede MC, Zimmerman JC, Knauer RS. Human sleep : its duration and organization dépend on its circadian phase. Science. 1980 Dec 12; 210 (4475):1264–7.
- [5]. Borbély AA. A two process model of sleep regulation. Hum Neurobiol. 1982;1(3):195–204.
- [6]. Basheer R, Strecker RE, Thakkar MM, McCarley RW. Adenosine and sleep–wake regulation. Progress in Neurology. Volume 73, Issue 6, 2004, p 379–396
- [7]. Wever R–A. Characteristics of circadian rhythms in human functions. J. Neural Trans., 1986, Suppl. 21, 323–373.
- [8]. Jasper H. Report of committee on methods of clinical exam in EEG. Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. 1958;10:370–75.
- [9]. L'actimétrie en pratique clinique S. Royant–Parola

- [10]. Rechtschaffen A, Kales A. A Manual of Standardized Terminology: Techniques and Scoring System for Sleep Stages of Human Subjects. Los Angeles, UCLA: Brain Information Service/Brain Research Institute, 1968.
- [11]. Grifantini K. Comment est mon sommeil? Les trackers de sommeil personnels gagnent en popularité, mais leur précision est toujours sujette à débat. IEEE Pulse. 2014; 5 : 14–8. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [12]. Lowe S, O'Laighin G. Surveillance du comportement de santé humaine dans son milieu de vie: une revue technologique. Med Eng Phys. 2014; 36 : 147–68. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [13]. Paquet J, Kawinska A, Carrier J. Wake detection capacity of actigraphy during sleep. Sleep. 2007;30:1362–9. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [14]. de Souza L, Benedito–Silva A, Pires M, Poyares D, Tufik S, Calil H. Further validation of actigraphy for sleep studies. Sleep. 2003;26:81–
- [15]. Validation of Sleep–Tracking Technology Compared with Polysomnography in Adolescents Massimiliano de Zambotti, PhD¹; Fiona C. Baker, PhD^{1,2}; Ian M. Colrain, PhD^{1,3}
- [16]. Meltzer LJ, Montgomery–Downs HE, Insana SP, Walsh CM. Utilisation de l'actigraphie pour l'évaluation dans la recherche sur le sommeil pédiatrique. Sleep Med Rev. 2012; 16 : 463–75. [[Article gratuit PMC](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [17]. Tryon W. Questions de validité de l'évaluation actigraphique du sommeil. Dormir. 2004; 27 : 158165. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [18]. Montgomery–Downs H, Insana S, Bond J. Mouvement vers un nouvel appareil de surveillance de l'activité. Souffle de sommeil. 2012; 16 : 913–

7. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

- [19]. "http://sommeil-mg.net."
- [20]. Thèse n° 2017–TOU3–3017 **Apports de l'exploration du sommeil dans l'étude des bruxismes**, Directeur de thèse : Docteur Florent DESTRUHAUT
Co–directeur de thèse : Docteur Antonin HENNEQUIN
- [21]. "http://www.cooperation.ch/Mieux+comprendre+le+sommeil."
- [22]. A. Rechtschaffen, M. A. Gilliland, B. M. Bergmann, and J. B. Winter, "Physiological correlates of prolonged sleep deprivation in rats," *Science*, vol. 221, no. 4606, pp. 182– 184, Jul. 1983.
- [23]. P. A. Bryant, J. Trinder, and N. Curtis, "Sick and tired: Does sleep have a vital role in the immune system?," *Nat. Rev. Immunol.*, vol. 4, no. 6, pp. 457–467, Jun. 2004.
- [24]. *Principles and Practice Of Sleep Medecine*, 6th Edition, Elsevier, Feb 2016.
- [25]. Impaired Sleep Quality in Fibromyalgia : Detection and Quantification with ECG–based Cardiopulmonary Coupling Spectrograms. *Sleep Med*, 2010, 11(5) :497–498.
- [26]. Validation of Self–Quantification Xiaomi Band in a Clinical Sleep Unit †
Francisco José Martínez–Martínez 1, Patricia Concheiro–Moscoso 1,* ,
María Del Carmen Miranda–Duro 1, Francisco Docampo Boedo 2,
Francisco Javier Mejuto Muiño 2 and Betania Groba1
- [27]. How Do Wearables Track Sleep?
By Cashmere Lashkari, B.Sc.Reviewed by Afsaneh Khetrapal, BSc