



**HAL**  
open science

## Analyse de la qualité du sommeil dans le cadre de la détection de fragilités cognitives au travers d'un lit connecté

Asma Gasmi, Vincent Augusto, Paul-Antoine Baudet, Jenny Faucheu, Claire  
Morin, Xavier Serpaggi, Franck Vassel

### ► To cite this version:

Asma Gasmi, Vincent Augusto, Paul-Antoine Baudet, Jenny Faucheu, Claire Morin, et al.. Analyse de la qualité du sommeil dans le cadre de la détection de fragilités cognitives au travers d'un lit connecté. 10ème conférence Francophone en Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers, GISEH2020, Oct 2020, Valenciennes, France. hal-03198071

**HAL Id: hal-03198071**

**<https://hal.science/hal-03198071v1>**

Submitted on 14 Apr 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



# Analyse de la qualité du sommeil dans le cadre de la détection de fragilités cognitives au travers d'un lit connecté

Asma GASMI <sup>1,2</sup>, Vincent AUGUSTO <sup>2</sup>, Paul-Antoine BAUDET<sup>1</sup>, Jenny FAUCHEU <sup>3</sup>, Claire MORIN <sup>4</sup>, Xavier SERPAGGI <sup>5</sup>, Franck VASSEL <sup>1</sup>

<sup>1</sup> ATELIERS DU HAUT FOREZ, ZAC La Groux, 42380 LA TOURETTE, [agasmi@groupe-ahf.fr](mailto:agasmi@groupe-ahf.fr)

<sup>2</sup> Mines Saint-Etienne, Univ Clermont Auvergne, CNRS, UMR 6158 LIMOS, Centre CIS, F - 42023 Saint-Etienne France, [prenom.nom@emse.fr](mailto:prenom.nom@emse.fr)

<sup>3</sup> Mines Saint-Etienne, CNRS, UMR 5307 Laboratoire Georges Friedel, Centre SMS, F - 42023 Saint-Etienne France,

<sup>4</sup> Mines Saint-Etienne, Univ Lyon, Univ Jean Monnet, INSERM, UMR 1059 Sainbiose, Centre CIS, F - 42023 Saint-Etienne France,

<sup>5</sup> Mines Saint-Étienne, Institut Henri Fayol, Département ISI, F-42023 Saint-Étienne France,

**Résumé.** La fragilité cognitive est un syndrome qui touche de plus en plus de personnes âgées. Elle se caractérise notamment par un changement de comportement et une qualité du sommeil altérée. L'analyse de cette dernière est généralement obtenue à l'aide d'un dispositif intrusif et ne peut donc pas être utilisée dans le cadre du suivi de l'évolution au quotidien. Nous proposons dans ce travail une nouvelle méthode d'analyse du sommeil à partir des données collectées de manière non intrusive par l'intermédiaire d'un lit connecté, permettant ainsi d'évaluer l'évolution du niveau de fragilité cognitive.

**Mots clés :** Fragilité cognitive, Analyse de la qualité du sommeil, capteurs.

## 1 Introduction

Au moins une personne âgée sur dix souffre de fragilité cognitive (Ambagtsheer, et al., 2017). Cette dernière est définie comme la présence d'une dégradation des fonctions cognitives ou d'un ralentissement du traitement de l'information chez des personnes âgées dus au vieillissement cérébral (Murphy & O'Leary, 2010). Elle peut représenter un stade annonciateur des maladies neurologiques (Francesco Panza, 2015). Elle s'accompagne souvent d'une ou de plusieurs autres fragilités, notamment les fragilités physique et sociale (Deroeck, et al., 2019). La détérioration des capacités cognitives peut être liée à plusieurs causes : traumatisme, blessure, mauvaise qualité du sommeil, antécédents familiaux d'une personne, santé cardiovasculaire, etc. Parmi les indicateurs de cette fragilité figurent le début d'une perte de mémoire ou d'une perte qui modifie les activités quotidiennes, des difficultés quotidiennes dans l'exécution des tâches familiales, des changements d'humeur ou de comportement et des troubles du sommeil.

Le sommeil est très important pour la cognition, notamment en ce qui concerne la mémoire (Ancoli-Israel, 2009), en raison de son association avec les processus neurodégénératifs et de son rôle dans l'élimination des substances neurotoxiques. Une étude en Chine (MA, 2019) a révélé que les adultes en bonne santé mais avec une mauvaise qualité du sommeil présentent des facteurs de risque majeurs de problèmes cognitifs. Étant donné l'importance du sommeil dans la détection de la fragilité cognitive, ce travail de recherche se concentre uniquement sur l'analyse du sommeil. La méthode la plus utilisée pour analyser le sommeil est la polysomnographie, qui est l'enregistrement, pendant le sommeil, des variables vitales telles que les rythmes respiratoire et cardiaque, l'encéphalogramme ainsi que l'électromyogramme des muscles des bras et des jambes. Cette procédure, malgré sa haute précision, reste très invasive et insupportable pour plus d'une nuit d'essai, d'où le besoin d'un moyen non-intrusif pour une analyse de l'évolution du sommeil chez les personnes âgées.

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail consiste à proposer une méthode d'analyse du sommeil à l'aide de technologies non intrusives de collectes de données, notamment via un lit médicalisé équipé de capteurs.

## 2 Quantification de la qualité du sommeil

Malgré l'importance de la qualité du sommeil, sa définition dans la littérature reste très large. Certains auteurs définissent une bonne qualité du sommeil comme une nuit sans interruption ni agitation, avec une durée assez longue pour se remettre de la fatigue du jour précédent (Harvey, et al., 2008). D'autres définissent la bonne qualité du sommeil comme un sommeil avec une architecture équilibrée, c'est-à-dire avec une répartition de phases équilibrées (Battle, 2009). Enfin, d'autres auteurs se concentrent sur l'analyse du rythme cardiaque (Scherz, et al., 2017).

Dans ce qui suit, nous considérons l'ensemble des paramètres pré-mentionnés pour l'analyse de la qualité du sommeil, autrement dit, nous considérons que l'analyse de la qualité du sommeil peut se faire en surveillant :

- **La continuité du sommeil**, définie par le fait que la personne ne se réveille pas pendant la nuit.
- **L'efficacité du sommeil**, définie comme le rapport entre le temps du sommeil et le temps total passé au lit pendant la nuit. Les personnes qui présentent des problèmes ou des risques de problèmes cognitifs ont une efficacité inférieure à 60%.
- **La durée totale du sommeil**, pour avoir une idée sur la récupération.
- **L'analyse de l'architecture du sommeil (phases et cycles)**, afin d'avoir accès au nombre de cycles du sommeil, à leur durée et aux pourcentages des différentes phases du sommeil (sommeil léger, profond, paradoxal) par rapport à la durée totale du sommeil.
- **La forme de la courbe des battements de cœur**, qui traduit généralement une des trois pathologies présentées dans la figure 1.

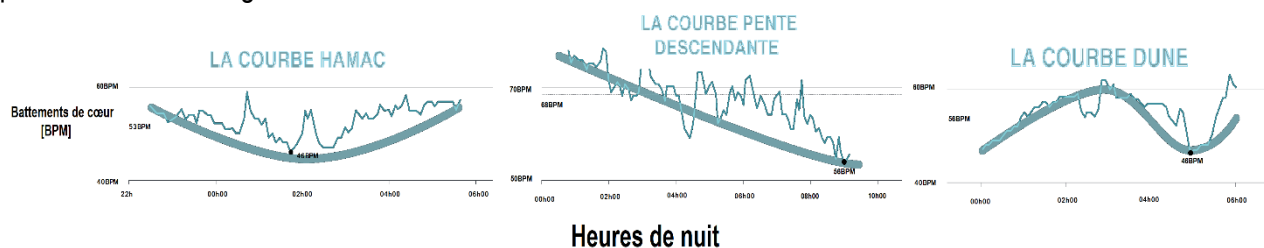


Figure 1: Les trois différentes formes de battements de cœur (Kinnunen, 2018)

- *La hamac* est considérée comme la forme optimale ; elle est caractérisée par le fait que le battement de cœur le plus bas est généralement atteint au milieu du sommeil.
- *La pente descendante* est considérée comme un signe d'un métabolisme surchargé. Elle est caractérisée par le fait que le battement de cœur le plus bas est atteint juste avant le réveil.
- *La dune* révèle un changement dans les habitudes du sommeil. Elle est caractérisée par une hausse des battements de cœur juste après l'endormissement. Le battement de cœur le plus faible est généralement atteint dans le dernier tiers du sommeil.
- **Les mouvements et les agitations:** une forte agitation de la personne lors de son sommeil reflète un problème ou un trouble du sommeil.

Ces données que nous calculons ou analysons sont appelées **les attributs**. Ces attributs peuvent être plusieurs types de variables (entier, pourcentage, durée du temps, une chaîne de caractères,). En supervisant ces différents attributs, nous pouvons caractériser la qualité du sommeil. Le tableau 1 détaille la méthode de calcul des attributs (colonne 2) ainsi que les valeurs définissant une très bonne qualité du sommeil (colonne 3) ou une très mauvaise qualité du sommeil (colonne 4).

## 3 Méthodologie pour l'analyse du sommeil

L'analyse du sommeil est généralement réalisée avec des solutions intrusives (Penzel, et al., 2010). Inspirés par (Kortelainen, et al., 2012), nous proposons ici une nouvelle approche d'analyse du sommeil à distance, basée l'utilisation d'un lit équipé de 4 capteurs de poids (P) avec une fréquence d'acquisition des données modifiables, placés aux quatre coins du lit, et d'un capteur de rythme cardiaque et de respiration (CR) avec une fréquence d'acquisition des données de 1Hz.

Attributs	Méthode de calcul de l'attribut	Valeurs des attributs pour une bonne qualité	Valeurs des attributs pour une mauvaise qualité	Capteurs
a1 : <b>Continuité du sommeil</b>	Nombre d'interruptions	0	$\geq 4$	P & CR
a2 : <b>Efficacité du sommeil</b>	$\frac{\text{Temps du sommeil}}{\text{Temps passé au lit}}$	$\geq 90\%$	$< 60\%$	P & CR
a3 : <b>Durée totale du sommeil</b>	Temps du sommeil	[7-9] h	$\leq 4h$	P & CR
a4 : <b>L'architecture du sommeil</b>	Hypnogramme	% REM $\in [20..25]$ et % NREM $\in [75..80]$	% REM $< 5\%$	P & CR
a5 : <b>La forme de la courbe des battements de cœur</b>	Forme de la courbe d'évolution des battements de cœur	La forme hamac	La forme dune	CR
a6 : <b>Les mouvements et les agitations</b>	Nombre de mouvements et agitations détectés	Aucune agitation et mouvements presque nuls	Plusieurs agitations et mouvements	P

Tableau 1: Caractéristiques et bornes des intervalles des indicateurs que nous avons définis pour déterminer la qualité du sommeil

Une fois les données collectées, elles prétraitées par un microcontrôleur. Une fois ce prétraitement effectué, un algorithme d'analyse du sommeil est lancé.

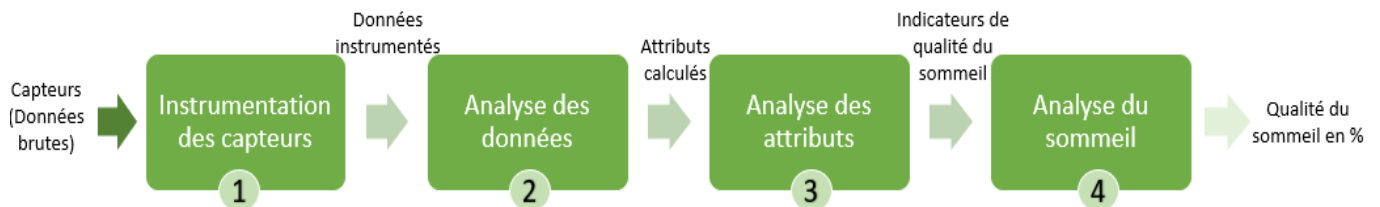


Figure 2: méthodologie pour l'analyse du sommeil

Dans la figure 2, nous décrivons la méthodologie utilisée pour la détection de la qualité du sommeil à partir du lit :

- **L'instrumentation des capteurs** permet de transformer les données collectées en des variables utilisables. Par exemple, conversion des tensions électriques en masse.
- **L'analyse des données** permet la transformation des données instrumentées en attributs. Par exemple, grâce aux différents poids collectés par chaque capteur, nous pouvons déterminer les coordonnées du centre de gravité de la personne et les déplacements de ce point au cours de l'analyse.
- **L'analyse des attributs** consiste à analyser les attributs pour les transformer en indicateurs permettant l'analyse de la qualité du sommeil. Par exemple, les variations des coordonnées du centre de gravité de la personne qui occupe le lit peuvent être interprétées comme des agitations ou des mouvements. En fonction de la valeur et de la durée de ces variations, nous pouvons différencier un mouvement brusque d'agitations temporaires.
- **L'analyse du sommeil** consiste à calculer le score relatif à la qualité du sommeil. Les indicateurs sont des entiers, qui peuvent prendre plusieurs valeurs en fonction des valeurs des attributs calculés à l'étape précédente. Nous créons une association entre la valeur des attributs et la valeur de l'indicateur, de telle manière à ce que plus la valeur est élevée, meilleure est la qualité du sommeil

comme expliqué dans l'exemple présenté dans le Tableau 2. Suite à cela, le score final sera obtenu par le calcul d'une combinaison linéaire entre les valeurs des indicateurs et du poids que nous leur affectons. Dans un premier temps nous avons considéré que tous les indicateurs ont le même poids. Selon le score obtenu, il est possible de savoir si la personne a eu une bonne ou une mauvaise nuit.

Valeur indicateur	3	2	1	0
Valeur Attribut	Il n'y a ni des agitations ni des mouvements	Il y a quelques mouvements brusques	Il y a quelques agitations	Il y a des agitations et des mouvements

**Tableau 2: Exemple d'association attribut/indicateur dans le cas de mouvement et agitations**

Selon la valeur, l'évolution du score obtenu et les éléments qui ont mené à l'avoir, nous pouvons déterminer le niveau de fragilité cognitive de la personne étudiée et même son niveau cognition du jour suivant la nuit en question.

## 4 Conclusions et perspectives

Dans ce résumé, nous avons présenté une méthode d'analyse du sommeil en se basant uniquement sur des données collectées par des capteurs non intrusifs installés dans un lit médicalisé. Avec les différents attributs calculés, nous pouvons déterminer un niveau de qualité du sommeil. À partir de cette quantification, nous allons déterminer un niveau de fragilité cognitive, permettant le suivi au cours du temps de la personne âgée à son domicile ou en EHPAD.

Dans la suite de notre projet, nous allons faire un essai clinique pour valider notre méthode et la confronter au *golden standard* (polysomnographie). Cette étude concernera les personnes âgées qui vivent en EHPAD et qui n'ont pas de simulateur cardiaque ou de problèmes cardiaques avérés. En se basant sur les différentes informations récoltées, nous allons appliquer une méthodologie similaire afin d'estimer un taux global de fragilité qui rassemble tous les types de fragilité détectables par le lit.

## Références

- Ambagtsheer, R. et al., 2017. Diagnostic test accuracy of self-reported frailty screening instruments in identifying community-dwelling older people at risk of frailty and pre-frailty: a systematic review protocol. *JBI Database of Systematic Reviews and Implementation Reports*, Volume 15, pp. 2464-2468.
- Ancoli-Israel, S., 2009. Sleep and its disorders in aging populations. *Sleep Medicine*, pp. s7-s11.
- Battle & Constance, U., 2009. *Essentials of public health biology : a guide for the study of pathophysiology*. s.l.:Sudbury, Mass. : Jones and Bartlett Publishers.
- Deroeck, E. et al., 2019. Exploring Cognitive Frailty: Prevalence and Associations with Other Frailty Domains in Older People with Different Degrees of Cognitive Impairment. *Gerontology*, pp. 1-10.
- Harvey, A. G. et al., 2008. The subjective meaning of sleep quality: a comparison of individuals with and without insomnia. *Sleep*, 3, Volume 31, pp. 383-393.
- Kinnunen, H., 2018. *ouraring*. [En ligne] Available at: <https://ouraring.com/heart-rate-while-sleeping/> [Accès le 23 Mai 2019].
- Kortelainen, J. M., Gils, M. & Pärkkä, J., 2012. *Multichannel Bed Pressure Sensor for Sleep Monitoring*. s.l., s.n., pp. 313-316.
- MA, X. Q. et al., 2019. Sleep quality and cognitive impairment in older Chinese: Guangzhou Biobank Cohort Study. *age and Ageing*, Volume 49, pp. 119-124.
- Murphy, M. & O'Leary, E., 2010. Depression, cognitive reserve and memory performance in older adults. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 25(7), pp. 665 - 671.
- Panza, F. et al., 2015. Cognitive Frailty: A Systematic Review of Epidemiological and Neurobiological Evidence of an Age-Related Clinical Condition. *Rejuvenation Research*, pp. 389-412.
- Penzel, T., Glos, M., Schöbel, C. & Fietze, I., 2010. Sleep Recording And Sleep Analysis Methods. Dans: s.l.:s.n., pp. 431-433.
- Scherz, W. et al., 2017. Heart rate spectrum analysis for sleep quality detection. *EURASIP Journal on Embedded Systems*, pp