

# Vers une analyse automatique du sommeil

**S**omnolence, manque de concentration, irritabilité: les conséquences d'un sommeil de mauvaise qualité ne manquent pas. Lors du dépistage de ces troubles, une analyse précise et fiable de la qualité du sommeil est un outil essentiel pour le médecin. C'est précisément à cette demande que tente de répondre le projet *Dreams*, en mettant au point une méthode d'analyse du sommeil par ordinateur. Depuis janvier 2003, le service de Théorie des circuits et de traitement du signal de la Faculté polytechnique de Mons (FPMs) participe au projet aux côtés de partenaires de choix tels que l'Université catholique de Louvain, l'Université libre de Bruxelles et l'hôpital Vésale du Centre hospitalier universitaire de Charleroi. Le projet, financé par la Région wallonne, bénéficie également du soutien de collaborateurs scientifiques de renom à l'hôpital Tivoli de la Louvière et chez *Multitel*.

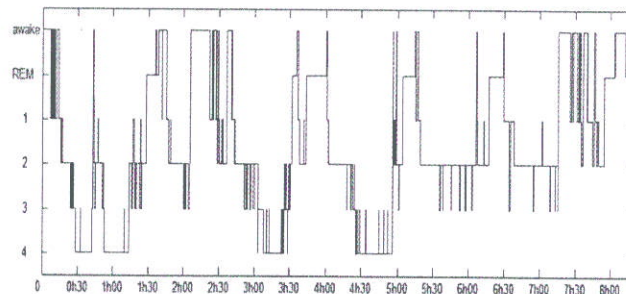
## Mouvements oculaires

Lorsqu'une personne s'endort, elle transite par différents stades de sommeil qui s'enchaînent de manière prévisible. Normalement, elle commence par somnoler pendant une à sept minutes, mais se réveille instantanément si on l'appelle doucement. Cette phase d'endormissement correspond au premier stade du sommeil. Le deuxième stade correspond à la perte de conscience, comme celle qui nous guette lors d'une conférence ennuyeuse. Cet état dure de 10 à 25 minutes et requiert des stimuli plus importants pour réveiller le dormeur.

Ensuite, le sommeil s'approfondit et la personne passe successivement par les stades 3 et 4. Ces phases de sommeil profond durent environ 30 à 60 minutes et permettent à l'organisme de reconstituer les réserves d'énergie nécessaires à une journée d'éveil. Il est alors difficile de réveiller le dormeur. Ces phases de sommeil profond font alors place à un sommeil plus léger au cours duquel le sujet repasse par les stades 2 et 1. Finalement, environ 90 à 100 minutes après s'être endormi, le sujet plonge dans une phase particulière: le sommeil paradoxal. Cette période est généralement associée aux rêves. Non pas qu'il soit impos-

sible de rêver pendant les autres stades, mais parce que les rêves y sont plus élaborés. La première phase de sommeil paradoxal dure approximativement 5 minutes pendant lesquelles on observe de nombreux mouvements oculaires rapides. De cette dernière caractéristique découle l'appellation *REM (Rapid Eye Movement)*, autre nom donné à la phase de sommeil paradoxal.

Cette succession des stades légers, profonds, légers, puis *REM*, dure environ 90 minutes. Un tel cycle se répète 4 à 5 fois au cours d'une nuit. Il faut préciser que cette description correspond à une personne adulte, le sommeil des enfants présentant des caractéristiques différentes.



Chaque stade est important pour le bien être d'une personne. Pour le docteur Myriam Kerkhofs, responsable du Laboratoire du sommeil de l'hôpital Vésale de Charleroi, «*les besoins en sommeil varient d'un individu à l'autre: la réduction du temps de sommeil, qu'elle soit volontaire ou non, entraîne des déficits importants sur le fonctionnement diurne.*» De plus, l'ordre de succession des stades ainsi que leur durée sont très révélateurs de la qualité du sommeil. Exemples: les patients apnéiques, c'est-à-dire présentant des arrêts respiratoires pendant la nuit, ont un sommeil léger et fragmenté par des éveils liés aux arrêts respiratoires; quant aux patients narcoleptiques, c'est-à-dire sujets à des accès irrésistibles de sommeil durant la journée, ils entrent dans une phase de sommeil paradoxal dès l'endormissement de jour comme de nuit. Ainsi, certaines pathologies du sommeil peuvent-elles être détectées en examinant l'enchaînement et la durée des stades au cours d'une nuit.

*L'hypnogramme est un graphique résumant la succession et la durée des différents stades de sommeil par lesquels un patient a transité au cours d'une nuit. Ce type de graphique est utilisé par les spécialistes du sommeil afin d'établir un diagnostic.*

Le projet *Dreams* est financé par la Direction générale des Technologies, de la recherche et de l'énergie de la Région wallonne dans le cadre du programme de recherche *Waleo*.

L'outil employé actuellement par les spécialistes du sommeil est appelé hypnogramme. Il s'agit en quelque sorte d'un résumé indiquant par quels stades une personne transite au cours d'une nuit, ainsi que la durée de chaque stade. L'hypnogramme (*voir le graphique de la page précédente*) se présente sous la forme d'un graphique qui peut être examiné par l'équipe médicale.

Pour établir l'hypnogramme, la personne est invitée à passer une nuit dans un laboratoire du sommeil. Des électrodes de mesure sont placées sur le corps du patient et plusieurs appareils enregistrent en continu différentes données, appelées «signaux» (*voir ci-dessous*). Ces signaux sont, par exemple, l'activité électrique mesurée à plusieurs endroits du cerveau (les électroencéphalogrammes), les mouvements des deux yeux (les oculogrammes) ou encore des électromyogrammes qui donnent des informations sur l'activité musculaire. Ces trois types de signaux permettent d'analyser le sommeil selon des critères internationaux. Parallèlement, des capteurs enregistrent d'autres paramètres tels que la respiration, le ronflement ou le rythme cardiaque. L'ensemble de ces données porte le nom de «signaux polysomnographiques». Enfin, le corps du patient est filmé en continu au moyen d'une caméra.

### Traiter l'information...

**P**our comprendre ce qu'est le Traitement du signal, il faut tout d'abord définir ce qu'est le signal lui-même. Par «signal», on désigne toute entité «qui véhicule de l'information». Ainsi, les ondes sonores émises par nos cordes vocales ou la lumière émise par le soleil sont des exemples de signaux. De la même manière, lorsqu'une sonde mesure en continu la température d'un four ou qu'un capteur enregistre les vibrations du sol, c'est à nouveau d'un signal qu'il s'agit. On peut se représenter simplement un signal comme un graphique indiquant comment évolue une certaine grandeur - comme la température ou le volume du son - en fonction du temps.

Les signaux dont il vient d'être question contiennent bien souvent des informations utiles que l'on cherche à connaître. Dans le cas simple du suivi de la température dans un four, la personne qui analyse les résultats sous forme d'un graphique n'éprouve généralement pas trop de difficultés à identifier les informations importantes, comme par exemple des hausses brutales. Dans d'autres cas plus complexes, et pour parler familièrement, les faits importants ne «sautent pas aux yeux» car les variations du signal sont à première vue très aléatoires ou bien entachées de perturbations. C'est à ce moment qu'intervient l'expert en «traitement du signal».

Les spécialistes du domaine mettent au point des méthodes de traitement de façon à pouvoir extraire plus simplement l'information pertinente. C'est par exemple le cas en astronomie, lorsque les scientifiques étudient les ondes qui nous parviennent d'une étoile. Ces signaux sont émis par l'étoile d'intérêt, traversent l'atmosphère et sont finalement récoltés par un détecteur placé à la surface du globe. Lors de leur passage dans l'atmosphère, le signal est entaché de perturbations parasites. Le rôle du traitement du signal est dans ce cas de mettre au point une procédure de filtrage, qui permettra d'éliminer tout effet parasite pour obtenir un signal clair et plus facilement interprétable.

La nuit passée, il reste au médecin à examiner les signaux polysomnographiques sur l'écran d'un ordinateur. Étant donné que ces signaux présentent des caractéristiques différentes selon les phases rencontrées, leur examen permet de distinguer les différents stades de sommeil, leur durée et la présence éventuelle d'anomalies respiratoires et/ou cardiaques.

### Fiabilité de l'analyse

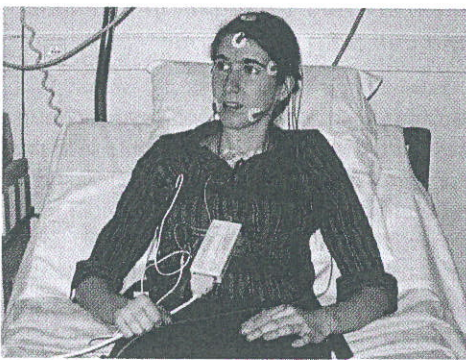
Actuellement, le spécialiste du sommeil analyse les signaux polysomnographiques visuellement, en examinant les résultats présentés sous forme de graphiques sur un écran d'ordinateur. Selon Myriam Kerkhofs, «cet examen manuel est une tâche fastidieuse qui peut prendre plusieurs heures. De plus, l'expert étant un être humain, il existe une variabilité interindividuelle et ce malgré l'existence de règles de cotation bien établies. Ces inconvénients nous confortent dans l'idée de mettre au point un logiciel d'analyse qui offre au spécialiste une aide fiable à l'analyse des enregistrements.»

De tels logiciels ont déjà été conçus mais, à l'heure actuelle, ceux-ci ne sont pas encore assez robustes pour remplacer les experts. En effet, les stades qu'ils détectent sont souvent erronés lorsque les signaux correspondants présentent beaucoup de perturbations. Et c'est particulièrement le cas des patients atteints de pathologies du sommeil.

L'objectif du projet *Dreams* est de mettre au point un logiciel permettant de réaliser l'analyse des signaux polysomnographiques de façon automatique grâce à un ordinateur. Responsable de l'équipe Fusion de données chez *Multitel* et co-initiateur du projet, François Meers explique: «Dans de nombreux cas, les logiciels existants sont trop sensibles aux perturbations éventuellement présentes, qui parfois prennent le pas sur les signes distinctifs de certains stades du sommeil. En conséquence, le logiciel peut alors se tromper dans le stade à reconnaître, car cette décision se base précisément sur les signes distinctifs détectés. Le projet *Dreams* est novateur car il se fixe pour but de mieux tenir compte des perturbations qui entachent les signaux.» Le logiciel mis au point au terme du projet devrait permettre d'améliorer la fiabilité de l'analyse par ordinateur des signaux polysomnographiques ainsi que l'identification des différents stades.

Les perturbations dont il est question peuvent survenir pour différentes raisons. Une interférence magnétique due à un téléphone mobile, un mauvais contact de l'électrode contre la peau, la transpiration du patient ou encore un

mouvement involontaire ne sont que quelques exemples de perturbations pouvant entacher les signaux polysomnographiques. «*Certaines perturbations, comme celles dues à la transpiration, peuvent se présenter sous la forme d'une ondulation lente qui se superpose aux données pendant plusieurs minutes. Dans d'autres cas, la perturbation est très brève et se manifeste sous la forme d'un pic de quelques secondes à peine. Il importe de faire la différence entre ces différents types de perturbations afin de les traiter de manière appropriée*», indique Thierry Dutoit, professeur au laboratoire de Théorie des circuits et traitement du signal de la Faculté polytechnique de Mons.



Parallèlement aux signaux polysomnographiques, les images vidéos du patient apportent elles-aussi bon nombre de renseignements utiles. Ces images peuvent tout d'abord indiquer que le patient a subi un mouvement involontaire à l'origine d'une perturbation passagère et permettent donc de confirmer ou d'infirmer certaines hypothèses concernant l'interprétation des signaux polysomnographiques. D'autre part, l'image vidéo procure un suivi de tous les types de mouvements du patient et contribue directement à la détection de certaines pathologies.

Néanmoins, visualiser un enregistrement de huit heures afin de répertorier chaque mouvement est une tâche fastidieuse. C'est la raison pour laquelle une partie du projet s'attache à l'analyse automatisée des images vidéos. Ce volet du projet est pris en charge par Benoît Macq, professeur au laboratoire de Télécommunications et télédétection de l'Université catholique de Louvain. Teh Amouh, chercheur au sein de l'équipe, précise: «*Les images enregistrées au laboratoire du sommeil sont acquises au moyen d'une caméra infrarouge. Ce type de caméra permet de travailler dans l'obscurité, ce qui est nécessaire pour que le patient se trouve dans de bonnes conditions. Mais les images obtenues ne ressemblent pas à une vidéo classique en couleurs: leur qualité est inférieure. Cette limitation nécessite une attention particulière lors de nos travaux.*»

Outre la collaboration interuniversitaire, le projet fait intervenir l'hôpital Vésale du Centre hospitalier universitaire de Charleroi et l'hôpital Tivoli de La Louvière.

Selon Stéphanie Devuyt, chercheuse au laboratoire de Théorie des circuits et traitement du signal, «*le projet ne serait pas envisageable sans une collaboration efficace entre les différents partenaires. La contribution de l'hôpital Vésale est elle aussi déterminante car elle nous permet de disposer de résultats de mesures réelles, déjà analysées par des médecins spécialistes du sommeil. Nous pouvons ainsi comparer les résultats préliminaires de notre méthode de traitement informatique à l'avis d'experts ayant réalisé l'examen des résultats manuellement.*» L'équipe du projet *Dreams* est confiante: une fois cette tâche réalisée, les hypnogrammes obtenus en traitant de manière traditionnelle les signaux affranchis de perturbations devraient être comparables à ceux établis par les experts. Ceci leur permettrait enfin, de dormir sur leurs deux oreilles.

## Au domicile du patient

D'une manière générale, des logiciels permettant d'analyser automatiquement les signaux mesurés sur le corps humain présentent un intérêt non négligeable. L'électroencéphalogramme est par exemple un outil très largement utilisé dans le domaine médical et qui dépasse de loin le cadre de l'analyse du sommeil.

À ce titre, toute amélioration des techniques de mesure de l'électroencéphalogramme ou de son analyse est un pas en avant pour la médecine. Responsable du centre informatique de l'hôpital Tivoli et co-initiateur du projet, Étienne Stanus précise: «*Une analyse informatisée ne dispense pas le médecin de tout esprit critique car c'est lui qui conserve la responsabilité légale du diagnostic. Néanmoins, elle permet de l'aider dans sa tâche et lui apporte un gain de temps substantiel.*»

D'autre part, le projet *Dreams* ouvre la porte à d'autres projets de recherche qui pourraient déboucher sur des applications très concrètes. C'est ainsi que certains envisagent la possibilité d'élaborer des systèmes de détection de l'endormissement ou des systèmes plus maniables d'analyse du sommeil pouvant être installés au domicile du patient. Les technologies de l'Internet permettraient alors de suivre le patient à distance.

→ Anne De SMEDT  
Anne.desmedt@fpms.ac.be

*Afin de détecter d'éventuels troubles, le sujet est invité à passer une nuit au laboratoire du sommeil. Des électrodes enregistrent une nuit durant un ensemble d'informations telles que le mouvement des yeux ou les contractions de certains muscles. Le logiciel mis au point dans le cadre du projet Dreams permettra bientôt d'analyser rapidement et de traiter automatiquement ces données afin d'en déduire une information fiable.*

Pour en savoir plus

<http://tcts.fpms.ac.be/projects/dreams/>

- macq@tele.ucl.ac.be
- amouh@tele.ucl.ac.be
- myriam.kerkhofs@chu-charleroi.be
- thierry.dutoit@fpms.ac.be
- etienne.stanus@ieee.org
- meers@multitel.be
- stephanie.devuyt@fpms.ac.be