Modélisation par la méthode des fenêtres glissantes des variations dynamiques de la rythmicité circadienne de la température lorsque les synchroniseurs externes de l'horloge interne sont perturbés : jet lag et constant routine.

Mauvieux B (1), Gouthière L (2), Waterhouse J (3), Davenne D (1).

(1) *Centre de Recherches en Activités Physiques et Sportives (CRAPS) -UPRES EA 2131 – Université de Caen, 2, Boulevard Maréchal Juin, F-14032 Caen Cedex, France*
(2) *Laboratoire de Statistiques Appliquées et d'Informatique Biomédicale, Expert Soft Technologie., 7 chemin de la Birotte, F-37320 Esvres, France*
(3) *Research Institute for Sport and Exercise Sciences, Liverpool John Moores University, Henry Cotton Campus, 15 – 21 Webster St. Liverpool L3 2 ET, UK.*

Introduction

La recherche des périodes en chronobiologie est une notion fondamentale (Gouthière et *al.,* 2005). L'objectif est de présenter une méthodologie permettant d'étudier des rythmes biologiques soumis à des situations dont les synchroniseurs sont modifiés comme dans le cas du travail posté, du travail de nuit, du jet-lag, de changements de conditions d'éclairages, dans des protocoles de constantes-routines, de privation de sommeil, etc. On constate que ces nombreuses situations expérimentales présentent des périodes qui ne sont pas exactement de 24 heures.

De ce fait, les paramètres des rythmes (amplitudes, périodes, acrophases et MESOR) présenteront des variabilités *(« Phénomène d'usure »*). Toute la difficulté est de pouvoir déterminer avec le plus de précision possible, la période de ces rythmes pour ensuite en proposer une modélisation permettant de calculer les amplitudes et les acrophases. Cette méthode d'analyse permet alors de mettre en évidence les « *vitesses d'ajustement* » (temps nécessaire pour la *re-synchronisation*) des rythmes avec les synchroniseurs externes. Afin d'illustrer nos propos, nous prendrons l'exemple d'une situation expérimentale simulant un jet-lag et une constante routine.

Principe de la fenêtre glissante ou « *sliding window* »

Le principe de la fenêtre glissante consiste à visualiser la courbe des données et effectuer en parallèle dans une autre fenêtre un périodogramme (Périodogramme de Lomb and Scargle ou le Périodogramme de Jenkins and Watts). On choisi dans la fenêtre principale contenant l'ensemble des données recueillies sur le protocole expérimental au moins deux périodes c'est à dire un échantillonnage d'environ 48 heures. On décale ensuite sur cet intervalle de 48 heures une fenêtre (« *sliding window* ») toutes les 6 heures par exemple et on note les valeurs des périodes calculées avec les différentes méthodes de périodogramme.

Protocole

Le protocole est représenté par la figure 1. Des jours 1 à 7, le sujet reste sur son cycle veille/sommeil (24:00 à 08:00) à l'heure locale de Liverpool. Le 3ème jour, le sujet est en situation de constante-routine durant 26 heures (57 à 83 h). A 16:00 le 7ème jour, l'heure est avancée de 8 heures, simulant un vol transméridien vers l'est (Pékin) depuis Liverpool. Des jours 8 à 12, le sujet est sur un cycle veille/sommeil (00:00 à 08:00) à l'horaire local de Pékin avec de nouveau une constante-routine le 11ème jour.

Tout au long du protocole, la T° rectale est enregistrée en continu (?*t*=6 minutes. *Squirrel 1000 Series, Grant, Barrington; Cambridge; UK*).

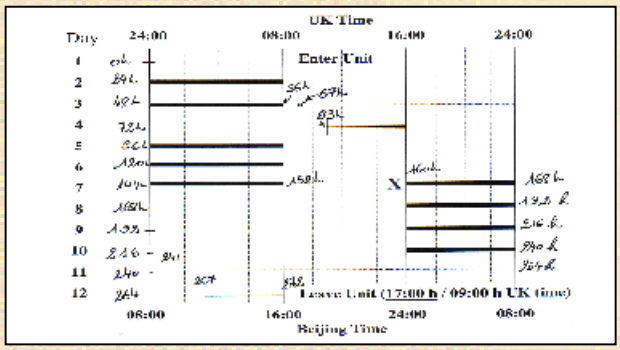


Figure 1 : *Protocole expérimental. En haut, fuseau horaire à Liverpool (UK).* **X** *: Simulation de jet-lag (+ 8 heures) vers Pékin. Traits gras : Sommeil du sujet. Traits fins horizontaux : Constante–routine. Doubles traits : siestes.*

Résultats

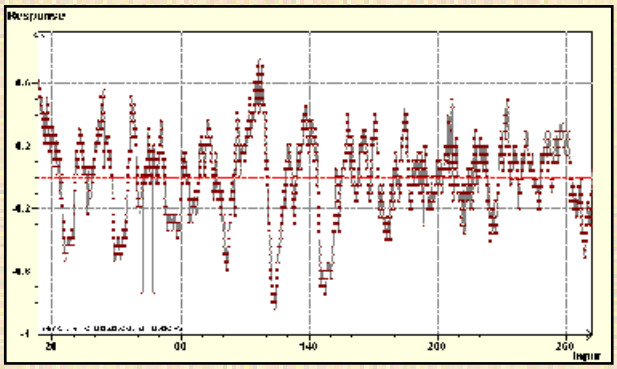


Figure 2 : *Cette figure (Scatter plot) représente le chronogramme de la température enregistrée en continu pour un seul sujet pendant toute la durée du protocole (272 heures d'enregistrement). On peut s'apercevoir « graphiquement » des variations des périodes, des acrophases et des amplitudes de la température pendant ce protocole expérimental comprenant des simulations de jet-lag et des constant-routines, impliquant une méthodologie rigoureuse d'analyse pour réussir à décrire la cinétique de la fluctuation du rythme de la température.*

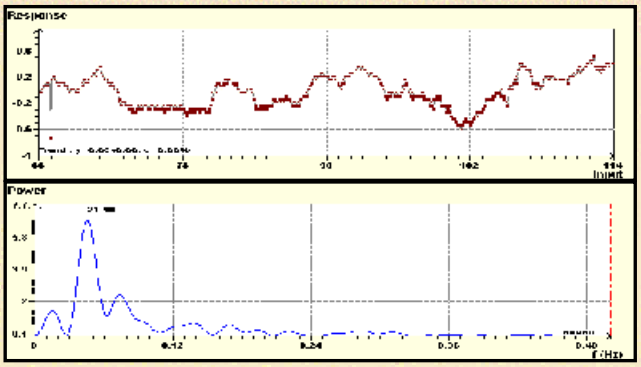
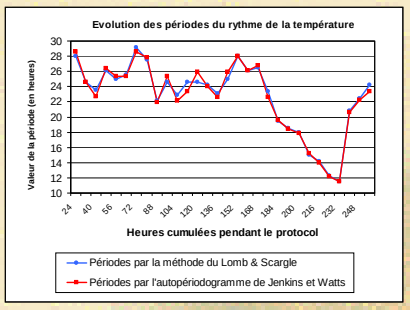


Figure 3 : *La figure du haut est un exemple d'un « sliding window » sur une période de 48 heures entre la 66ème et 114ème heure de protocole. La figure du bas correspond à la recherche de la période du rythme de la température pour ce fenêtrage compris entre la 66e et 114e heure. La méthode du Périodogramme de Jenkins et Watts indique une période de 21.90 heures pour le rythme de la T° à ce moment. Notons que pour cette période de 48 heures, la recherche de la période est effectuée avec un échantillonnage de 480 données de température.*



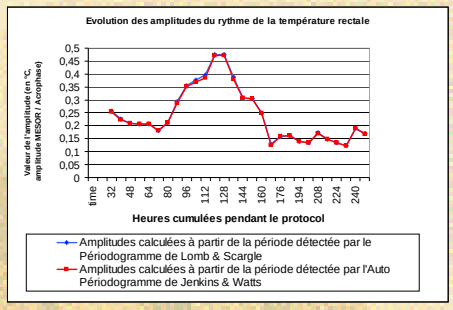


Figure 4 *(gauche)* ***:*** *Evolution des périodes du rythme de la température d'un sujet au cours des 272 heures du protocole. Il faut noter que les deux méthodes pour la recherche des périodes (Periodogramme de Lomb & Scargle et Periodogramme de Jenkins & Watts) donnent sensiblement des périodes équivalentes.*

Figure 5 *(droite)* ***:*** *Evolution de l'amplitude du rythme de la température d'un sujet au cours des 272 heures du protocole. Les amplitudes sont calculées en suivant la modélisation classique du Cosinor sur laquelle nous utilisons les périodes précédemment déterminées. (Les amplitudes correspondent à une amplitude MESOR / Acrophase, soit une demie amplitude).*

Remarques sur le protocole :

Il semble exister tout au long de ce protocole (et pour tous les sujets) une corrélation entre des périodes proches de 24 heures et de grandes amplitudes de la T° rectale.

4 jours à la suite d'un franchissement Ouest-Est, ne suffisent pas au rythme de la T° pour se re-synchroniser avec l'horaire local.

Remarques sur la méthodologie :

La méthodologie des fenêtres glissantes peut aussi s'étendre au travail posté (étude des transitions entre les jours de travail et les jours de repos), à la privation de sommeil, etc. Elle apporte une analyse plus précise d'un phénomène qui resterait inaperçu avec une analyse spectrale classique sur l'ensemble des données du protocole expérimental.

Références

Gouthière L., Mauvieux B., Davenne D., & Waterhouse J. (2005).Complementary Methodology in the Analysis of Rhythmic Data, Using Examples from a Complex Situation, the Rhythmicity of Temperature in Night Shift Workers. *Biol Rhythm Res,* 36(5):203-217.