

## Sommeil et course au large en solitaire : comportements des coureurs et étude de faisabilité d'un « agenda interactif de sommeil »

Theunynck D, Hurdiel R, Pezé T, Estruch X, Bui-Xuân G

[denis.theunynck@univ-littoral.fr](mailto:denis.theunynck@univ-littoral.fr)

Laboratoire RELACS

(REcherche Littorale en Activité Corporelle et Sportive)

EA 4110 (ER3S)\*

189b av. Schumann, 59140 Dunkerque France

### Introduction

La course au large en solitaire est une situation exceptionnelle associant une pratique sportive en conditions extrêmes à une privation chronique de sommeil durant des périodes pouvant atteindre cent jours. La performance réalisée par l'individu dans ce sport mécanique ne dépend plus simplement, comme au début du siècle, de ses qualités athlétiques, mais d'une intrication étroite entre la performance physique et la performance cognitive. Dans ce contexte, il nous semble que la connaissance et la gestion des conséquences de la privation chronique de sommeil peuvent devenir des éléments de la performance ainsi que de la sécurité de l'individu. Nous pensons par ailleurs qu'il est possible de proposer un outil permettant à l'individu d'apprendre à réaliser une véritable gestion de son temps de sommeil et à l'appliquer.

Notre travail a pour objet de définir le phénotype de sommeil et d'habitus de vie d'un panel de sujets représentatifs du meilleur niveau dans la spécialité sportive « course au large en solitaire de longue durée » et d'observer le comportement de ces individus matière de gestion de la veille et du repos lors d'une course de longue durée afin de le comparer à leur performance et aux accidents et incidents éventuels.

Nous faisons les hypothèses que, d'une part, les skippers n'ont pas de véritable gestion de leur activité travail/repos compte tenu de leur difficulté à définir et planifier la charge de travail et que, d'autre part, ils pourraient limiter leur dette de sommeil et ses effets délétères si nous leur proposons des solutions en matière d'apprentissage de l'optimisation de la gestion des périodes de veille et de sommeil dans ces conditions extrêmes.

### Matériel et méthode

#### Méthode

L'étude a été réalisée de juin 2004 à juin 2006 et a comporté plusieurs temps.

Une première étape d'observation rétrospective s'est attachée à définir les stratégies de sommeil et habitudes de vie des coureurs avant et pendant leurs courses à l'aide d'un questionnaire basé sur des outils validés.

Une seconde étape, réalisée durant la course autour du monde en solitaire « Le Vendée Globe 2004-2005 », consistait en un recueil d'observations en mer.

Dans un troisième temps, l'analyse des résultats de ces observations avant course et in situ a conduit à proposer l'élaboration d'un outil, l'agenda interactif de sommeil\* (à quoi renvoie cet astérisque?), qui a fait l'objet d'une étude de faisabilité.

## **Sujets**

D'une part, neuf sujets masculins (âge 38 +/- 7) ayant réalisé un podium récent à une course en solitaire ont accepté de participer à la première étape de l'étude en se soumettant à un entretien (questionnaire administré au cours d'un entretien non directif).

D'autre part, six de ces sujets étaient présents au départ du Tour du monde en solitaire sans escale et sans assistance en 2004 (départ et retour en France), deux ont accepté de participer à la deuxième partie de l'étude en étant monitorisés et suivis durant les 90 à 120 jours prévus de cette course.

Un sujet a abandonné l'usage du matériel mis à sa disposition dès le troisième jour de course et n'a rempli qu'incomplètement son journal de bord; nous l'avons exclu de l'étude. Un sujet a suivi le protocole, la durée totale d'observation durant la course est de 104 jours successifs.

## **Matériel**

La première étape de l'étude a recouru à un questionnaire (sommeil à terre et en course, outils de gestion du sommeil utilisés, préparation physique avant la course) regroupant plusieurs sources validées (Questionnaire dit de Pittsburg, de Spiegel, et PAR-Q; Sheppard, 1991; Sallis, 1985; Horne et Ostberg, 1976).

Les questionnaires ont été administrés aux sujets par le même expérimentateur. L'occurrence de cette première partie s'est située à distance de toute compétition et sans contrainte de temps de réponse.

La deuxième étape de l'étude (comportement en course) repose sur les outils suivants :

- Le port d'une montre actimétrique (Actiwatch - fréquence d'acquisition de deux minutes). Cet outil a été utilisé dans des travaux publiés dans ce champ d'étude et dans les mêmes conditions, notamment ceux de Stampi en 1989.
- L'utilisation d'un enregistreur de sommeil (actimètre associé à un électro-oculogramme; Remview, Respironics) durant les phases de repos; l'association des mesures EOG et d'actimétrie permettant de différencier les périodes d'inactivité simple des périodes de sommeil et permettant dans certaines conditions une estimation des phases de sommeil par la mesure des mouvements oculaires.
- La réalisation d'un journal de bord papier débutée une semaine avant le départ (heures de début et fin de repos ainsi que sa qualité perçue, le travail effectué à la manœuvre et à la table à carte, les conditions météorologiques observées, les incidents et accidents, etc.).
- Un suivi bi-journalier, débuté une semaine avant le départ, par une équipe terre (performance sportive, stratégie, conditions météorologiques, contenu des communications avec le public et l'équipe terre relatant les conditions de vie à bord et les difficultés ressenties, etc.). Un entretien portant sur l'ensemble des observations a été réalisé avec le

skipper dans les quinze jours qui ont suivi la fin de la course.

- Les conditions météorologiques sont appréciées en pourcentage, 100 % représentant les conditions les plus difficiles rencontrées par le sujet lors de la course. Cette donnée subjective est modulée par les données objectives mesurées sur la zone (cartes d'observations météorologiques); les conditions dites agitées sont comprises entre 70 et 100 %.
- Le temps total de sommeil exprimé en minutes par jour est déterminé à partir du journal de bord.
- L'état de forme générale est indiqué par le sujet, lors de l'entretien de débriefing postcourse, après consultation de son livre de bord, sur une échelle analogique visuelle de 10 cm; 100 % de forme correspond à une EVA à 10.

## Résultats

### Particularités sportives de la population observée dans l'analyse rétrospective

**Tableau 1 : Caractéristiques générales des coureurs étudiés. n= 9**

Ancienneté de la pratique en course (années)	25+/-8
Ancienneté de la pratique en course en solitaire (années)	10+/-7
Nombre de courses réalisées dans les quatre dernières années	3,44+/-1,42

Les sujets sont experts compte tenu de l'ancienneté de leur pratique en course; ils naviguent en course longue en solitaire en moyenne une fois par an.

### Résultats du recueil rétrospectif par questionnaire des habitudes de sommeil et de l'activité physique hors course

**Tableau 2 : Sommeil en dehors des courses.**

Sommeil nocturne moyen (en minutes)	475 +/- 22
Estimation du temps d'endormissement (en minutes)	7 +/- 6
Nombre de sujets pratiquant le repos post prandial (sieste de début d'après midi)	7
Durée moyenne du repos post prandial (en minutes)	18 +/- 3
Nombre de sujets ayant réalisé une polysomnographie	2

Les sujets estiment leur temps de sommeil nocturne moyen à environ 8 heures et leur endormissement rapide. Le repos post prandial est pratiqué, il est de courte durée.

Deux sujets ont réalisé une étude polysomnographique en vue de se préparer à la privation de sommeil en course.

**Tableau 3 : Activités physiques hebdomadaires en dehors des courses.**

Voile	7h45+/-4h11
Autre sport	3h01+/-2h50

La pratique de la voile est la principale activité physique, mais n'est pas quotidienne. D'autres activités comme les activités à dominante aérobie sont pratiquées et privilégiées. Il en est de même pour les activités de renforcement musculaire. Les résultats rendent compte d'un volume

de pratique physique, mais ne distinguent pas la pratique physique d'entretien à celle de préparation à une compétition.

## Résultats du recueil rétrospectif par questionnaire et entretien des habits en course

**Tableau 4 : Organisation quotidienne du temps à bord (en minutes) selon les conditions de navigation**

	Conditions de navigation dite calmes	Conditions de navigation dite agitées	Différence en fonction des conditions
Travail physique	510	410	100
Travail cognitif	368	353	15
Repas	111	96	15
Sommeil	308	308	-
Temps non estimé par nyctémère	143	273	130
	1440	1440	

Le travail physique et le travail cognitif occupent globalement un même volume de temps. Les conditions de navigation agitées semblent apporter une diminution des temps de travail au profit d'un temps qui n'est pas estimé par les sujets. Ce volume de temps inestimé n'est pas caractérisé par les sujets.

Tous décrivent l'installation d'une organisation spécifique de vie en 48 à 72 heures (+/-24 h) environ après le départ de la course. Les périodes de sommeil que choisit le coureur ne sont pas prédéfinies avant le départ. Ce nouveau rythme est caractérisé par une adaptation relative des temps de sommeil aux conditions météorologiques et tactiques. La dispersion des résultats est importante et variable en fonction des temps de course. Les conditions de navigation ne semblent pas modifier les temps totaux de sommeil (Tableau 4), mais tous les sujets déclarent essayer d'augmenter leur temps de repos durant les périodes plus clémentes ou avant des passages difficiles.

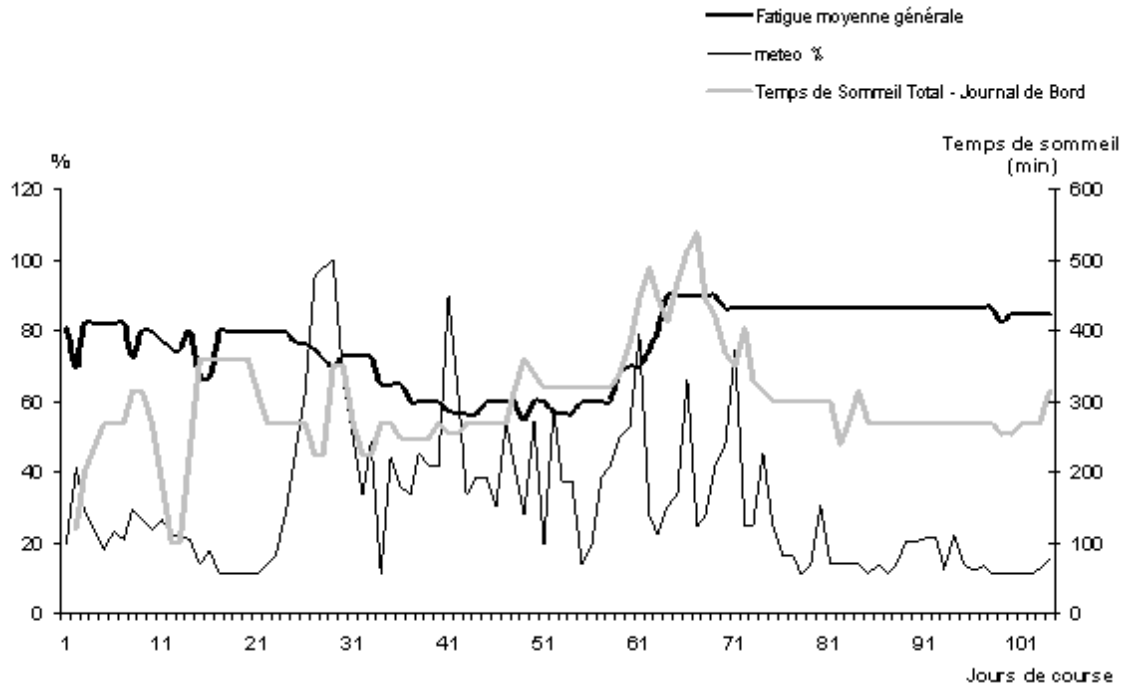
Le sommeil est polyphasique, défini par les sujets en un nombre variable de périodes dédiées allant de 10 minutes à 90 minutes. L'endormissement est jugé rapide, en moins de 10 minutes, voire immédiat. Que les réveils soient spontanés ou provoqués, les sujets rapportent ne connaître qu'une très faible période d'inertie hypnique inférieure à trois minutes.

Tous les sujets déclarent avoir déjà connu de fortes dégradations de leurs performances cognitives attribuées à la privation de sommeil (difficultés d'interprétation des situations météorologiques ou tactiques, mauvaise préparation ou réalisation de manœuvres, accidents matériels imputables à la mise en œuvre d'une action). Ces périodes de dégradation de durées variables se sont traduites par la survenue d'hallucinations touchant la vue et/ou l'audition. Ils les décrivent lors de courses de durées inférieures à 20 jours, mais aussi lors de surcharge de travail dans des épreuves plus longues. Toutes les tâches tactiques et techniques semblent altérées et décrites comme pouvant entraîner des incidents ou accidents, de mauvais choix tactiques et des réglages non optimisés.

Les dégradations physiques (fatigue, petites blessures, manque d'habileté ou de force pour une manœuvre) observées ne sont pas attribuées par les sujets au manque de sommeil, ils les expliquent par une mauvaise gestion des repas ou un surmenage dans la période précédant la course.

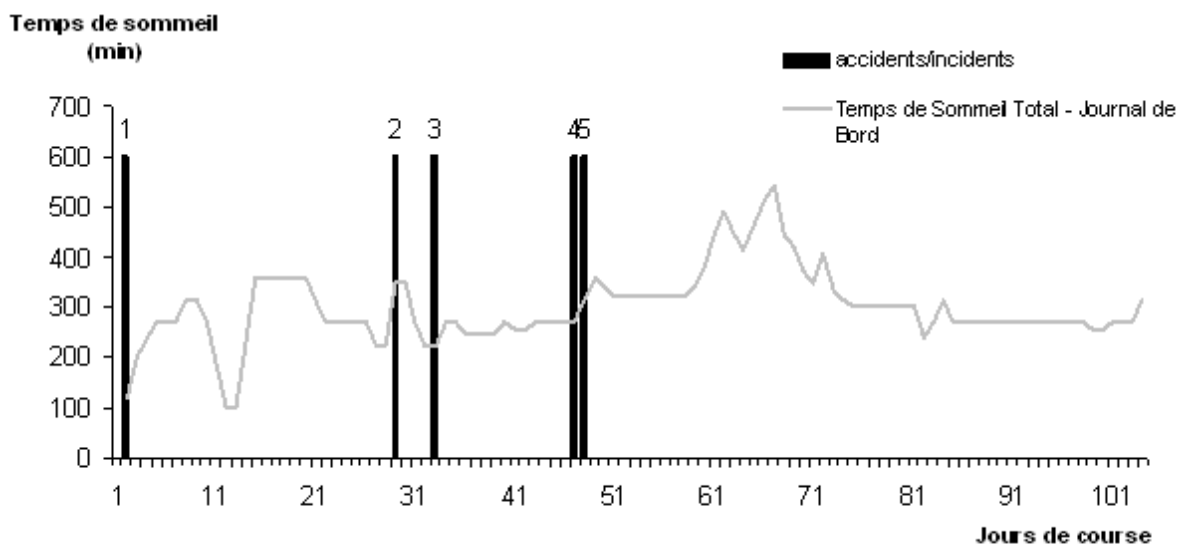
## Résultats du journal de bord, des observations et de l'entretien avec un sujet lors de 104 jours de course

**Figure 1 :** observation globale des sollicitations environnementales (météorologiques).



On observe une longue période de sollicitations intermittentes et soutenues, débutant à l'entrée dans l'océan indien (28ème jour) et diminuant à la sortie du pacifique (73ème jour). Durant cette période de 45 jours, on note un creux sur la courbe de l'état de forme du sujet qui relate durant cette période de très fortes dégradations psychologiques et cognitives.

**Figure 2 :** Temps de sommeil et occurrence d'évènements mettant la sécurité du sujet en jeu.



La figure 2 présente les temps de sommeil quotidien ainsi que les dates des accidents et incidents. Le temps de sommeil total (TST) moyen au terme de la course s'élève à 299 minutes,

soit 5 heures par nycthémère et une diminution de 29 % du TST à terre. Cinq évènements portant préjudice à son intégrité physique et à sa sécurité sont notés (barres noires verticales sur la figure 2). Il s'agit d'une chute entraînant des blessures (3), de casses matérielles survenant à la suite d'une erreur de pilotage (1, 4, 5), d'incapacité à entendre son réveil (110 dB) laissant l'engin livré à lui-même (2). L'évènement 1 se situe le lendemain du départ, alors qu'un rythme polyphasique se met en place. Les événements 2 et 3 surviennent à la suite de deux périodes de sollicitations avec moins de 240 minutes de sommeil. Les événements 4 et 5 se situent dans la période où la dette de sommeil est au plus fort.

### Bilan des enregistrements actimétriques

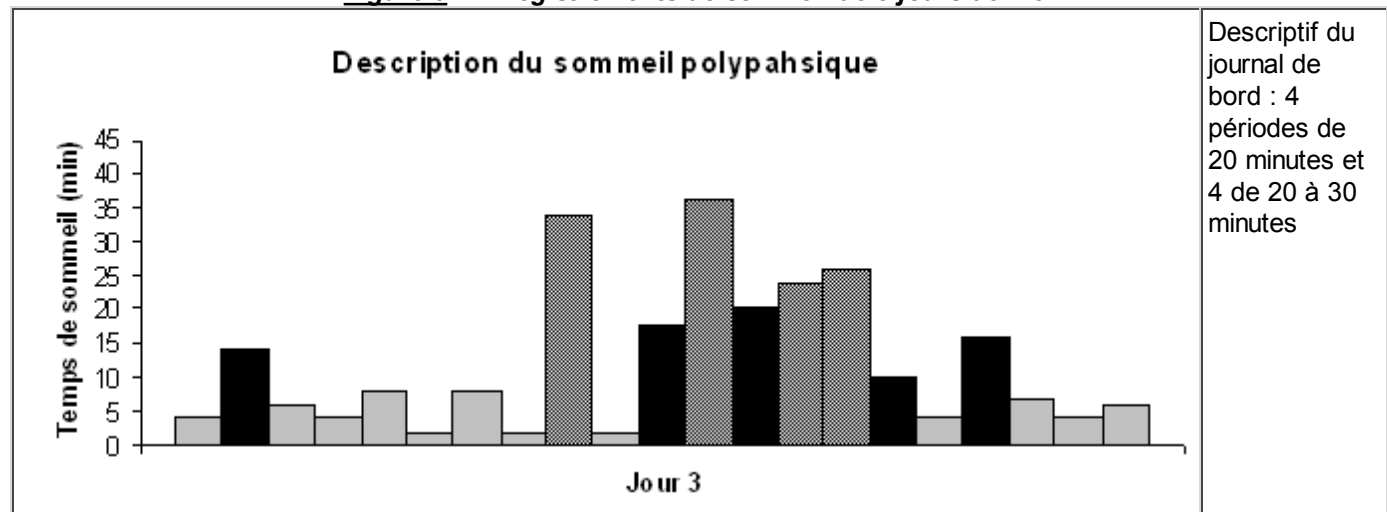
Le sujet a abandonné le port régulier de la montre actimétrique après 50 heures de courses en raison de lésions cutanées secondaires à l'humidité. Elle est demeurée en marche et déposée au centre du navire : ces périodes de stockage fixe en un point connu renseignent donc sur le bruit de fond correspondant aux mouvements du bateau. Il comporte trois types de données :

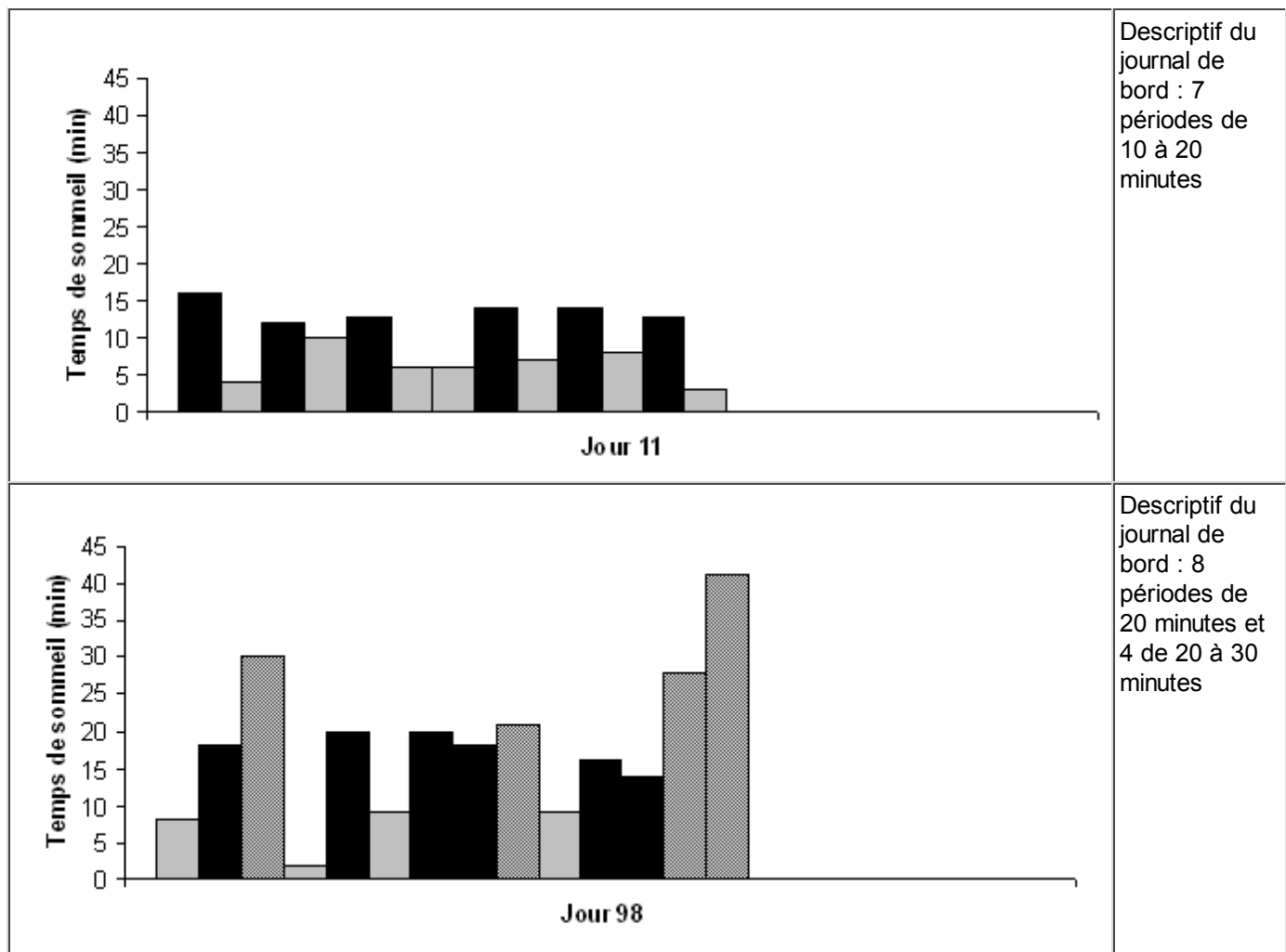
- Un nombre de valeurs très importantes à 0 counts/minute. En effet, sur les 92 jours de course, soit un nombre de 66 240 mesures, nous obtenons 29 349 valeurs nulles (43,4 %).
- L'existence d'un bruit d'une moyenne de  $30,44 \pm 20,38$  counts/minute.
- Deux pics de données : des valeurs supérieures ou égales à 430 counts/minute durant 5 jours et des valeurs entre 100 et 300 counts/minute durant 3 jours. Dans les deux cas, le journal de bord note une succession de phénomènes météorologiques violents.

L'actimètre intégré au Remview donne un bruit de fond constamment supérieur à 20 counts/min qui le rend inexploitable.

### Enregistrement de sommeil par Remview\*, mise en évidence du sommeil polyphasique

*Figure 3 : Enregistrements de sommeil de 3 jours de mer*





Il était demandé au sujet de mettre l'enregistrement en œuvre chaque fois qu'il avait l'intention de se reposer. Il a été utilisé 127 fois sur dix jours différents. Seuls trois jours (J3, 11 et 38) sont présentés ici, car ils semblent les plus complets (plus de dix enregistrements couvrant l'ensemble du nyctémère).

On note un sommeil de type polyphasique quel que soit le jour d'enregistrement et présentant trois types de fractionnement :

- repos inférieurs à 10 minutes (grisés) dont certains très courts,
- de 10 à 20 minutes (noir)
- périodes de repos de plus de 20 minutes (hachuré).

Quand on superpose ces résultats avec les données environnementales et le temps total de sommeil (figures 1 et 2), on observe :

- Le premier enregistrement (J3), début de course, retrouve un TST inférieur à 240 minutes, comporte de très nombreuses périodes ultracourtes, trois courtes et six plus prolongées dont deux supérieures à 30 minutes. Le TST est sous-évalué par le sujet (journal de bord) et les périodes que le sujet retient ne sont que les plus longues.
- L'enregistrement de J11 retrouve un TST de 130 minutes pour une valeur estimée par le sujet entre 70 et 140 minutes. Les périodes retenues par le sujet sont les sept plus longues.
- L'enregistrement de J98 retrouve un TST de 260 minutes; le sujet l'a estimé compris entre

240 et 260 minutes en 12 périodes alors que l'enregistrement en retrouve 14 dont une ultracourte.

## **Discussion**

Notre questionnement portait sur les phénotypes de sommeil et d'habitus de vie de coureurs en solitaire; notre analyse rétrospective et déclarative de leurs pratiques apporte un certain nombre de réponses.

Le suivi plus fin d'un de ces coureurs durant 104 jours en conditions réelles nous permet de compléter et parfois de pondérer ces données déclaratives.

### **Caractéristiques hors compétition des sujets**

La population étudiée était représentative de pratiquants jeunes (moyenne 38 ans) de très haut niveau (17 ans d'ancienneté moyenne dans la pratique, le sex-ratio n'est pas respecté [Tableau 1]).

Les sujets présentent tous les rythmes circadiens classiques décrits par Reilly (1990) avec des horaires de coucher, de lever et de sieste de sujets sportifs sans particularité liée à la discipline (Tableau 2).

### **Installation d'un nouveau rythme de vie de type « marin »**

Tous décrivent les premières heures de course comme une période d'adaptation (48+/-24 heures) parfois difficile, caractérisée par de la fatigue, un stress important, une impression d'être malhabile et, parfois, de naupathie, confirmant la littérature (Foissaud, 1986)<sup>11</sup>.

Dans notre étude, le monitoring d'un coureur durant le Vendée Globe retrouve un TST compris entre 220 et 240 minutes, réparti sur l'ensemble du nycthémère (20 phases), avec 8 périodes sur 23 ultracourtes (inférieures à 5 minutes). Il existe un décalage entre le sommeil évalué (200 vs 220 à 240) par le skipper portant surtout sur le nombre de fois où il pense avoir dormi (8 vs 15 phases supérieures à 5 minutes).

Différentes hypothèses peuvent être émises :

- La navigation des premières 48 heures se déroule souvent dans des conditions techniques difficiles à la fois pour des raisons géographiques (zone de départ) et de pression médiatique et tactique (tous les coureurs sont encore proches les uns des autres, le classement au 3<sup>e</sup> jour est un moment important, la médiatisation est forte en début et fin de course). Les possibilités de repos sont réduites, le travail physique et cognitif est intense. Cette hypothèse est confirmée par Tiberge (1992) qui observe que, durant une course de trois jours, les marins dorment très peu et installent très vite une dette de sommeil. Ils attendent l'épuisement pour se reposer, mais sans vraiment appliquer une stratégie élaborée de gestion de sommeil. C'est le cas de notre sujet qui, de J1 à J3, présente un TST de 320 min/3 jours. La journée est caractérisée par une succession de sommeils très courts et très nombreux, les plus longs sont retrouvés en fin d'après-midi et durant la nuit de J3 à J4.
- De la Giclais (1990), pour sa part, évoque l'adaptation physiologique qui retarde l'adaptation aux nouveaux rythmes. Ce n'est qu'à partir du rebond de sommeil créé par une dette de sommeil que le sommeil fractionné deviendrait efficace, favorisant le sommeil lent profond, ce que par contre Tiberge (1992) n'a pas pu vérifier. Nous avons observé ici

un rebond de sommeil possible, à 72 heures (nuit J3 à J4), sans qu'il soit possible d'en détailler les aspects qualitatifs.

Les sujets interrogés ont tous rapporté l'adoption d'un rythme spécifique non détaillé dès le début de la course, décrivant un changement très brutal entre le mode de vie « terrien » et le mode de vie « marin »; cette phase d'adaptation est subie par le coureur. Il semblerait important d'affiner la préparation à cette première phase afin de tenter de réduire le temps d'adaptation du sujet.

Il est par ailleurs vraisemblable que, tout au long d'une course, les skippers adaptent leur activité de travail (quantitative et qualitative) à la variation de leurs capacités et qu'ils travaillent différemment selon l'horaire, comme le font remarquer Barthe, Quéinnec et Verdier (2004) dans un bilan sur les recherches menées auprès de travailleurs postés. Dans notre étude, les TST demeurent très fluctuants et corrélés aux sollicitations météorologiques (Figure 1). Les enregistrements de J11 puis J98 observent la disparition des périodes ultracourtes (1 à 2 par nycthémère) et une réorganisation polyphasique sur environ 12 périodes.

### **Organisation des temps de vie en course**

Le temps de sommeil en mer, estimé par les sujets, est diminué d'environ un tiers par rapport au temps à terre (5 h 8 vs 7 h 55), ils déclarent le fractionner pour s'adapter aux contraintes de la conduite du voilier. Ils n'ont pas défini un nombre de périodes volontaires de sommeil ou « napping ». Les prises de repos s'étalent au cours du nycthémère avec des éléments déclaratifs fréquemment retrouvés :

- Fragmentation en périodes d'environ 20 minutes.
- Période de repos diurne en matinée et en début d'après-midi .
- Prédominance de repos nocturnes.
- Latence d'endormissement rapide et inertie de sommeil faible.

Ces éléments sont retrouvés dans notre étude en course, avec cependant une discordance relative portant sur leur durée et leur nombre : le sujet semble ne retenir que les périodes perçues comme du sommeil, et non les périodes de repos ultracourtes.

Les périodes de repos ou de sommeil courtes sembleraient limiter le phénomène d'inertie du sommeil (Brooks, 2006; Tietzel, 2001; Dinges, 1988); 20 minutes de « power nap » semblent pouvoir diminuer les effets de plusieurs heures de dette de sommeil en atténuant temporairement le déficit de vigilance (Gillberg et coll., 1996). Tiberge (1992) avait mis en évidence lors de son étude, en enregistrant par électroencéphalogramme le sommeil de navigateurs en solitaire durant une course de trois jours, l'existence de microsommeils involontaires fréquents, très courts (1 à 6 minutes). Les skippers interrogés dans notre étude comme celui que nous avons suivi ne mentionnent pas l'existence de ces microsommeils, mais nos enregistrements sur un sujet en situation réelle mettent en évidence ces phénomènes.

Les sujets interrogés décrivent une latence d'endormissement rapide, mais sont aussi paradoxalement à la recherche d'outils (sophrologie par exemple) pour réduire cette période encore, et l'organisation des temps de repos apparaît spécifique à chaque individu. Nos mesures in situ sur un sujet confirment ces notions et mettent en évidence la subjectivité qualitative d'un recueil par agenda et la nécessité d'un contrôle par des sondages de type EEG dans le cadre d'une étude.

Par ailleurs, Foissaud (1986), étudiant par une méthode subjective des skippers sur une course de trois jours, observe des périodes de sommeil proches de celles décrites par notre panel de skipper (5 h 49). Il note des extrêmes à 3 h 4 et 8 h 22, nous retrouvons sur 104 jours une moyenne plus faible à 5 heures avec des oscillations (maximum 8 h 20 et minimum à 2 h). Il observe que le temps de sommeil est fonction de la longueur de la course et que les skippers arrivant en tête dorment moins que les skippers de la fin du classement. On peut se demander par contre si c'est la durée prévisible de la course qui réduit le temps de sommeil ou l'inverse. Stampi (1989), dans l'étude de trois courses allant de 10 à 20 jours environ, observe un temps total de sommeil de 6 h 33 par jour avec un sommeil d'ancrage idéal de quatre heures. Le modèle militaire de Hursh et coll. (2004), pendant une mission d'exercice d'une semaine, met en exergue un équilibre de la vigilance et de la fatigue proche de quatre heures de sommeil par 24 heures. Il est pour l'instant impossible de savoir si des temps de repos quotidiens courts pourront être poursuivis sans effets secondaires au-delà d'une semaine, ni comment optimiser l'efficacité de très courtes durées de repos.

Enfin, les sujets déclarent des réveils provoqués lors des phases de « napping » et spontanés lors des phases plus longues d'1 h 30 : l'inertie du sommeil est un phénomène que les marins semblent connaître mais qu'ils décrivent comme très faible, systématiquement inférieure à trois minutes. Il est probable que l'inertie perçue soit différente de l'inertie réelle. La motivation semblerait limiter l'inertie du sommeil ou masquer sa perception.

### **Conséquences de la restriction et de la privation de sommeil**

Un tiers de nos sujets déclarent avoir déjà eu des hallucinations ou des délires illusoire. Foissaud (1986) avait pour sa part indiqué que 83 % des skippers qu'il avait interrogés avaient présenté des hallucinations et de très nombreux autres signes cliniques. Ces phénomènes sont plus marqués lors de surcharge de travail dans des courses plus longues et sont concomitants d'une dégradation des performances mentales attribuées à la fatigue, au manque de sommeil ou à une dette de sommeil trop importante. Ils sont précédés et accompagnés d'une baisse de la réactivité, de la faculté de réflexion, de l'analyse et de la prise de décision (Van Dongen et coll., 2005). Seuls des cas exceptionnels favorisés par des repas non pris (souvent accompagnés de troubles de l'humeur) ont été décrits, ce que Postolache (2005) explique dans sa revue.

Nous avons ainsi retrouvé, chez notre sujet plus finement étudié, une corrélation entre la survenue d'incidents et une fatigue intense (Figures 1 et 2). Quatre incidents sur cinq se situent dans une période où le TST est constamment inférieur à 5 heures/jour. Trois des cinq accidents sont retrouvés dans les 72 heures suivant une minoration temporaire du TST survenant lors d'une privation chronique. Deux accidents sont survenus dans une période de 72 heures qui avait été précédée de 23 jours de TST inférieur ou égal à 4 heures. Notre sujet ne décrit pas, lors de ces accidents, de dégradation des performances physiques attribuables à la fatigue et au manque de sommeil. C'est généralement entre le deuxième et le troisième jour de nette restriction de sommeil (réduit à 4 heures/jour) que les performances chutent nettement (Hursh et coll., 2004) et que l'inertie du sommeil suivant un « naps » prend une dimension très importante (Van Dongen, 2005) ne permettant plus de retrouver un niveau correct de performance au cours de la journée, le phénomène s'aggravant au fur et à mesure que la restriction perdure. En effet, les adaptations physiques à la suite d'une privation de sommeil sont très dépendantes du niveau d'entraînement, du type d'exercice et du moment de la journée. Par contre, la fatigue psychomotrice ainsi qu'un état psychologique perturbé prédominent à la suite d'une dette de sommeil majeure (Meney, 1998; Atkinson et Reilly, 1996; Van Dongen et Dingus, 2005). C'est une des hypothèses permettant d'expliquer des oublis techniques de la mauvaise préparation de manœuvres qui sont décrits par nos sujets et qui ont une conséquence directe sur le risque d'incidents et d'accidents.

## **Stratégies d'entraînement au sommeil fractionné**

Aucun des sujets interrogés n'a réalisé de préparation spécifique, certains ont réalisé des bilans en milieu hospitalier (enregistrement de sommeil, actimétrie) afin de connaître leur chronotype et notamment afin de définir leurs portes du sommeil (Lavie, 1986). Plusieurs se disent « intéressés » de façon variable par les techniques d'induction du sommeil ou de relaxation.

Cependant, ces mesures en laboratoire ne permettent pas de faire observer directement au skipper la quantité de sommeil dont il a besoin ni surtout à quel niveau de dette de sommeil il se trouve en course afin d'anticiper les conséquences que cette dette pourrait avoir en matière de performance et de sécurité. De la même façon, la qualité du sommeil, la latence d'endormissement et l'inertie de sommeil ainsi que les variations quantitatives nécessaires en fonction des conditions et de la dépense énergétique n'ont pas été quantifiées.

En ce qui concerne les activités physiques, nos observations ne rapportent pas avoir de préparation spécifique rationalisée par un préparateur attitré. Il s'agit le plus souvent d'un autoentraînement. Or, le lien entre capacité aérobie et adaptation au sommeil atypique a été clairement établi (Mauvieux, 2004) notamment en augmentant chez le sujet entraîné l'amplitude du rythme circadien de la température corporelle (Atkinson et Reilly, 1996). Un couplage de la préparation physique avec l'initiation à la gestion du sommeil fractionné, réalisé dans le contexte d'une prise en charge individuelle, semble nécessaire.

## **Difficultés rencontrées lors du monitoring de longue durée en course au large**

Les sujets acceptent assez facilement le port d'un matériel, à condition qu'il ne nécessite pas ou peu de manipulations et n'entrave pas les manœuvres et la concentration.

Les actimètres sont les plus fréquemment utilisés car ils permettent d'évaluer l'activité physique et les périodes de repos des sujets à partir des mesures mécaniques des mouvements (Shepard, 2002). Les skippers interrogés les accusent de réactions cutanées à l'humidité (montre), ou d'être difficiles à porter et à protéger (ceintures). Les études réalisées avec ce type de matériel, en dehors de la course au large, (Van Helst et coll. 2009; Puyau et coll. 2002) retrouvent lors des phases de sédentarité (repos ou debout), une moyenne à 9,2 counts/minute  $\pm$  6,58. Dans notre suivi d'un sujet en course longue (92 jours mesurés), l'actimètre stocké par défaut d'utilisation nous renseigne sur le bruit de fond observé qui est constamment supérieur ou égal aux valeurs minimales observées par ces auteurs. De plus, nous avons un écart-type relativement important de 20,38 counts/minute. Enfin, les mouvements parfois très importants du bateau ne peuvent être filtrés en raison des temps d'acquisition choisis (1 acquisition/2 min) pour que la capacité d'enregistrement soit de 90 jours. L'accélérométrie semble donc être un outil peu approprié pour mesurer précisément l'activité physique et le repos d'un skipper durant une course très longue, à la fois en raison du bruit de fond, de la durée d'enregistrement nécessaire et de l'impossibilité de distinguer le repos du sommeil. Les appareils de type EEG ambulatoire sont d'une manipulation délicate et demandent du temps. Le recours aux paramètres cardio-respiratoires associe les contraintes matérielles, son application semble limitée au laboratoire (Bruno, 2006)<sup>7</sup>.

Par ailleurs, les sujets suivis ont tous fait remarquer que la participation à une étude scientifique ne leur apportait rien durant la course, mais ils sont demandeurs de conduites à tenir évaluables et adaptables durant la course en fonction des circonstances. C'est d'ailleurs ce souci d'apprendre qui différencie les deux sujets à qui nous avons proposé un monitoring de leur course. Il est probable que le sujet acceptant était à un stade conatif (Bui-Xuan, 1994) suffisant vis-à-vis de la gestion de son sommeil pour s'investir dans cette démarche d'expérimentation consommatrice de temps et d'attention, ce que nous différencions du niveau technique

spécifique.

Enfin, nous n'avons pas pu tenir compte dans cette étude de l'impact des contraintes tactiques et médiatiques de la course. Celles-ci sont en effet très différentes entre les participants, car elles dépendent des caractéristiques techniques du bateau, des conditions météorologiques différentes en fonction des positions géographiques respectives des concurrents, de leur notoriété qui implique une pression médiatique et tactique différente. De plus, à l'échelle des courses très longues comme celle étudiée ici, la contrainte tactique est importante au départ, puis très variable mais essentiellement liée aux conditions météorologiques. Une étude sur des voiliers monotypes, c'est-à-dire tous identiques, lors d'un parcours d'une semaine sans aide extérieure est à réaliser afin d'étudier ces facteurs.

Solutions en matière d'apprentissage de l'optimisation de la gestion des périodes de veille et de sommeil proposées à la suite des observations réalisées durant le Vendée Globe

La succession d'accidents graves et rapprochés à partir du 58<sup>e</sup> jour de la course nous a conduit à demander au sujet de mettre en place une comptabilité journalière de son TST en complément de l'observation qu'il réalisait dans le cadre de notre expérimentation. La réalisation de cette comptabilité l'a conduit à une prise de conscience et au choix d'une augmentation volontaire de son TST entre J58 et J70 se traduisant par une amélioration progressive de son état de forme qui se stabilise à partir de J70 (Figure 1). Cette amélioration du TST n'a pas diminué de façon significative la performance de vitesse du bateau, ce qui nous permet de penser qu'il a simplement mieux géré et pris information de ses temps de repos, comme semble le confirmer l'enregistrement à J98.

On peut donc formuler l'hypothèse qu'un recueil plus systématique et pluriquotidien (comptabilité de sommeil) des temps de repos, à l'aide d'un outil spécifique, devrait permettre au navigateur au long cours :

- de prendre conscience en temps réel de la réalité de son déficit de sommeil;
- de mieux réguler son TST par rapport à un TST idéal à définir suivant le sujet, les conditions et la durée prévisible de course.

Le support de recueil doit être simple et fournir des données immédiatement exploitables pour le coureur.

## **Conclusions et perspectives**

Nos sujets sont habitués au sommeil polyphasique lors d'un travail en conditions extrêmes, mais le mettent en place et le gèrent de façon très empirique et disparate. Il semblerait par ailleurs que la gestion du TST en course puisse avoir des conséquences en matière de sécurité et de performance. Une démarche de formation puis de gestion en course paraît opportune.

Ces constats nous ont amenés à essayer de mettre en place un outil de travail associant un agenda de sommeil classique (modèle clinique) et une comptabilité de type « recette/dépense ».

Le sujet remplit une fiche journalière sur laquelle sont consignées les heures de « lever » et de « coucher » ainsi que les temps de sommeil estimés correspondants. Une valeur idéale de durée de sommeil en course est empiriquement définie préalablement avec le coureur à partir de ses expériences précédentes. Le sujet débute son suivi sept jours avant le départ afin de tenir compte de la charge de travail avant la course. Un calcul itératif lui permet de déterminer quotidiennement son TST par 24 heures ainsi qu'un déficit théorique cumulé de sommeil.

Cet agenda interactif de sommeil a été proposé en étude exploratoire au sujet que nous avons suivi en course lors d'une épreuve transatlantique de 18 jours.

La course était courte (18 jours) et en double. Notre sujet était associé à un passager sans participation active à la conduite du navire. La présence d'un deuxième individu à bord introduit un biais nécessitant de considérer cette première approche comme une étape préliminaire de faisabilité. Le relevé de cet agenda et l'entretien postcourse ont mis en évidence que :

- le sujet a tenu compte d'une dette de sommeil dès le départ;
- cette dette de sommeil s'est majorée de façon progressive, mais on ne retrouve pas de variations importantes du TST qui est demeuré compris entre 5 et 6 heures;
- le sujet décrit une impression de meilleure compréhension et gestion de l'organisation de ses temps de repos, ainsi qu'une diminution de l'impression de fatigue.

L'ensemble de ces données doit être mis en rapport avec le fait qu'aucun incident majeur ne s'est produit durant cette course, mais que sa courte durée (18 jours contre 104) implique une densité de travail plus importante où les erreurs stratégiques ou techniques ne peuvent se compenser entre les concurrents dans la durée. Cependant, ces éléments peuvent avoir été modifiés par la présence d'un deuxième individu, même inactif, à bord.

Cette expérience n'a qu'un caractère préliminaire mais nous incite à penser que le recours systématique à l'utilisation d'un agenda interactif de sommeil pourrait améliorer la gestion du sommeil des coureurs et donc avoir des conséquences significatives sur leur fatigue tant physique que mentale. On peut penser qu'elle améliorerait ainsi les performances générales de course tout en diminuant les avaries et accidents. Il est souhaitable de tester ce dispositif interactif - à la fois outil d'apprentissage et de recueil de données - sur des courses longues en solitaire.

Les bateaux de course sont de fabrication récente, performants et comportent des choix technologiques proches. Dans ces conditions, la préparation de l'individu et sa performance deviennent des éléments discriminants forts; il est vraisemblable qu'une part importante de la performance se tienne dans l'apprentissage de la gestion du sommeil, à terre d'une part, mais surtout en course.

La mise en œuvre d'outils de mesure n'est acceptée que si le coureur en retire un bénéfice immédiat. Celui-ci ne peut qu'être du domaine de la performance et indirectement de la sécurité. Il ne peut s'intégrer dans un processus d'apprentissage que si le cheminement conatif du coureur lui en fait percevoir la nécessité. Il semble donc qu'un agenda interactif de sommeil puisse répondre à ces impératifs, c'est pourquoi nous avons entrepris des travaux afin de le valider sur une plus grande échelle, avec des tailles de voiliers et des supports différents.

## **Bibliographie**

Atkinson G. , Reilly T. (1996), Circadian variation in sport performance. *Sports Med.* Apr ;21 (4) : 292-312

Barthe B., Queinnec Y. et Verdier F.(2004), L'analyse de l'activité de travail en postes de nuit : bilan de 25 ans de recherches et perspectives, *Le travail humain* 2004/1, Volume 67, p. 41-61.

Borbely A.A., (1982). A two process model of sleep regulation. *Hum Neurobiol.* 1: 195-204.

Brooks A., Lack L., (2006) A brief afternoon nap following nocturnal sleep restriction: which nap duration is most recuperative? *Sleep.* 29: 831-40

- Broughton R.J., Dinges D.F. (1989), Napping: a ubiquitous enigma, *Sleep and alertness: chronobiological behavioral and medical aspects of napping*. D.F.Dinges and R.J.Broughton, Raven press Ltd (New York), 1, 1-7
- Bruno S. (2006), Modélisation de signaux physiologiques en vue d'une classification automatique du sommeil, Thèse SPM, Rennes
- Bui-Xuan G. (1994), Une modélisation du procès pédagogique. Enseigner l'Education Physique et sportive In : G. Bui-Xuân et J. Gleyse, AFRAPS, (Clermont-Ferrand): 77-90.
- De La Giclais B., (1991), Etude du sommeil fractionné d'un navigateur en solitaire en course transatlantique à la voile, Thèse de médecine, n°91 TOU3 1015, Toulouse III
- De La Giclais B., Leger D., Tiberge M. (2001). Le Sommeil et la mer. *Le spécialiste de médecine du sport au service des praticiens*. 35 : 13-15
- Dinges D.F., Pack F., Williams K., Gillen K.A., Powell J.W., Ott G.E., Aptowitcz C., Pack A.I. (1997). Cumulative sleepiness, mood disturbance, and psychomotor vigilance performance decrements during a week of sleep restricted to 4-5 hours per night. *Sleep*. Apr;20(4):267-77.
- Dinges D.F., Whitehouse W.G., Orne E.C. & Orne M.T. (1988). The Benefits of a nap during prolonged work and wakefulness. *Work Stress*; 2(2), 139-53.
- Foissaud V. (1986), Stress en mer: incidence sur le comportement des solitaires en course, *Thèse de médecine générale n°334*, Bordeaux II
- Folkard S., Lombardi D.A., Spencer M.B. (2006). Estimating the circadian rhythm in the risk of occupational injuries and accidents. *Chronobiol Int*. 23(6):1181-92.
- Gillberg M., Kecklund G., Axelsson J., et al., (1996), The effect of a short daytime nap after restricted night sleep. *Sleep*. 19: 570-5
- Goldenberg F. (1992). Méthodes subjectives. Exploration du sommeil et de la vigilance chez l'adulte. Editions Médicales Internationales, 18 : 299-310
- Guerrien A., Mansy-Dannay A. (2003). Attention soutenue et Motivation : une approche chronopsychologique. *Psychologie Canadienne*, 44 (4), p. 394-409.
- Guillemot P.Y. (1990), Sommeil et forme physique des solitaires dans une course au large, *Thèse de médecine n°81*, Nantes
- Hebert M., Johns M.W., Dore C. (1976). Factor analysis of analogue scales measuring subjective feelings before and after sleep. *Br J Med Psychol*. 49 : 373-379
- Horne J.A. and Ostberg O. (1976), A self assessment questionnaire to determine morniness-eveningness in human circadian rhythms. *Int J Chronobiology*, 4:97-110
- hurdiel R., Monaca C., Theunynck D. (2008). Influence de la durée de course sur le temps de sommeil et sur la performance de navigateurs en solitaire transatlantique. 40e congrès de la Société Francophone de Chronobiologie. Caen, 04 au 06 Juin 2008
- Hursh S.R., Redmond D.P., Johnson M.L., Thorne D.R., Belenky G., Balkin T.J., Storm W.F., Miller J.C., Eddy D.R., (2004), Fatigue models for applied research in warfighting. *Aviat Space*

Kales A., Tan T.L., Kollar E.J., Naitoh P., Preston T.A., Malmstrom E.J. (1970). Sleep pattern following 205 hours of sleep deprivation. *Psychosom Med*, 32(2):189-200.

Lagarde (1998), Récupération des niveaux de vigilance et de performance après un éveil prolongé, 18ème congrès de la société française de médecine du sport, 113-126.

Lavie P. (1986). Ultrashort sleep-waking schedule. III. 'Gates' and 'forbidden zones' for sleep. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. May;63(5):414-25.

Linn L. (1985). Clinical manifestations of psychiatric disorders. In HI KAPLAN & BJ SADOCK Eds. Comprehensive textbook of Psychiatry. 4th ed Baltimore (USA) : Williams and Wilkins.

Loomis A.L, Harvey E.N., Hobart G.A., (1935). Potential rhythms of the cerebral cortex during sleep. *Science*. Jun 14;81(2111):597-598.

Mauvieux B., Gouthiere L., Sesboue B., Davenne D. (2003). A study comparing circadian rhythm and sleep quality of athletes and sedentary subjects engaged in night work. *Can J Appl Physiol*. Dec;28(6):831-87.

Mauvieux B. (2004), Effets d'un entraînement physique et sportif régulier, chronique ou temporaire, sur les rythmes biologiques du travailleur de nuit, Thèse STAPS, Caen

meney i., waterhouse j., atkinson g., reilly t., davenne d., (1998), The effect of one night sleep deprivation on temperature, mood and physical performance in healthy subjects. *Chronobiol Int*. Jul 15(4): 349- 364

Philip P., Akerstedt T. (2006). Transport and industrial safety, how are they affected by sleepiness and sleep restriction? *Sleep Med Rev*. Oct;10(5):347-56. Epub 2006 Aug 22. Review.

Poirier J.F. (1992), Etude électroencéphalographique du sommeil polyphasique de navigateurs solitaires lors de deux courses semi hauturières, *Thèse de Médecine, n°165*, Rennes

Postolache T.T., Hung T.M., Rosenthal R.N., Soriano J.J., Montes F., Stiller J.W., (2005), Sports Chronobiology consultation: from the lab to the arena, *Clin Sports Med*. 24: 415-456

Puyau Mr, Adolph Al, Vohra Fa, Butte Nf., (2002), Validation and calibration of physical activity monitors in children. *Obes Res*; 10:150-7.

Reilly T. (1990), Human circadian rhythms and exercise, *Crit Rev Biomed Eng*, 18: 165-180

Sallis J.F et al. (1985), Physical assessment methodology in the five-City Project. *Am. J. Epidemiol*, 121:91,

Shepard R.J et al. (1991), The Canadian Home Fitness test : Update. *Sports Med*, 1:359,

Stampi C. And Broughton R. (1989), Application of actigraphs for detection of rest activity patterns in competitive solo-sailors, *sleep research*, b, 18:379

Stampi C. (1989), Ultrashort sleep/wake patterns and sustained performance, *Sleep and alertness: chronobiological behavioral and medical aspects of napping*. D.F.Dinges and R.J.Broughton, Raven press Ltd (New York), 8, 139-169

Theunynck D., Hurdiel R., Vanhelst J., Zunquin G., Peze T., Bui-Xuan G., Estruch X., Mikulovic J. (2007). Etude des comportements et de la préparation aux stratégies de veille/travail/repos rythmant la vie à bord de l'élite de la course au large en solitaire. Congrès de l'ACAPS, Louvain, 31 Octobre- 2 Novembre 2007, pages 576-77.

Theunynck D., Hurdiel R., Vanhelst J., Zunquin G., Peze T., Bui-Xuan G., Estruch X., Mikulovic J. (2007). Analyse de la fatigue et du sommeil d'un coureur en course au large lors d'un tour du monde de 104 jours en solitaire et sans escale. Congrès de l'ACAPS, Louvain, 31 Octobre- 2 Novembre 2007, pages 574-75.

Tiberge M. (1992). Sommeil et performances. Exploration du sommeil et de la vigilance chez l'adulte. Editions Médicales Internationales, 22 : 342-351

Tietzel A.J., Lack, L.C. (2001). The short term benefits of a brief and long naps following nocturnal sleep restriction. *Sleep*, 24, 293-300.

Van Dongen H.P.A., Dinges D.F., (2005), Sleep, circadian rhythms, and psychomotor vigilance. *Clin Sports Med.* 24: 237-24

Vanhelst J, Zunquin G, Theunynck D, Mikulovic J, Bui-Xuan G, Beghin L. Agreement between triaxial accelerometer output data for walking and running : treadmill versus overland. *Journal Sport Sciences*, 2009

