

Evolution de la température temporelle au décours d'enregistrement  
polysomnographiques

D.Cugy<sup>1,2</sup>, J.Paty<sup>2,1</sup>

1. Réseau Girondin de prise en charge des pathologies du sommeil et de la vigilance,

33000 Bordeaux. didier.cugy@neuf.fr

2. Clinique du sommeil, CHU Pellegrin, 33076 Bordeaux cédex

**Correspondance :**

**Dr Didier Cugy**  
**9, imp Archambeaud**  
**33400 Talence – France**

**tél/fax : (33) 556 241 855**  
**gsm : (33) 615 658 608**  
**e-mail : didier.cugy@neuf.fr**

## Résumé :

A partir de 59 enregistrements polysomnographiques de sommeil , on a pu mettre en évidence des variations significatives de la température temporale, en fonction des niveaux de vigilance.

Ces variations sont associées de façon significative ( $p < 0.005$ ) aux différents niveaux de vigilance (Eveil, Sommeil superficiel, sommeil lent, sommeil paradoxal). Les températures moyennes observées sont comparativement plus élevées durant les phases de sommeil (+0.2°C en sommeil superficiel, +0.5°C en sommeil lent, +0.2°C en sommeil paradoxal : +0.2°C) qu'en éveil.

Ces variations surviennent de façon rapide avec des durées de transition de l'ordre de 8minutes (augmentation de température) et de 3mn (diminution). Les caractéristiques temporelles de ces transitions en font un indicateur à prendre en compte lors d'explorations polysomnographiques du sommeil. Elles peuvent fournir par ailleurs des éléments contributifs aux approches fonctionnelles du sommeil, basées sur les théories du traitement de l'information. En outre, elles remettent en question les méthodes de mesure clinique d'une « des constantes traditionnelles » relevée en routine.

Abstract :

### **Temporal temperature variations evidenced by polysomnographic recordings**

59 polysomnographic recordings have allowed us to reveal significant variations of the temporal temperature in relation to the different sleep stages.

These variations appear to be significantly associated with the different sleep stages, whether waking, drowsiness, light sleep or REM sleep ( $p < 0.005$ ). The observed temperatures in average are higher during the sleep stages than during the waking stage (+0.2 in drowsiness, +0.5 in light sleep, +0.2 in REM).

These variations rapidly occur with transitional durations of the order of 8 minutes (temperature increase) and 2 minutes (temperature decrease). These transitions in temporal characteristics should be taken into account during polysomnographic explorations since they can be useful to functional approaches of sleep disorders based on theories of information processing. More particularly, they question clinical-measures methods of "traditional steady features".

## INTRODUCTION :

La température centrale au décours du nyctémère est habituellement décrite comme évoluant de façon circadienne, avec un minimum vespéral et un maximum diurne. Elle constitue un indicateur chronobiologique utilisable pour le diagnostic des troubles du sommeil liés aux désadaptations des rythmes veille/sommeil.

Nous rapportons ici les observations relatives à 59 enregistrements polysomnographiques comportant une mesure de température temporelle réalisés dans un but de prise en charge diagnostique et thérapeutique de pathologie du sommeil.

## MATERIEL ET METHODES:

Dispositif d'enregistrement et capteur de température :

L'enregistrement polysomnographique est réalisé au moyen d'un enregistreur MS40 de la société MICROMED. Les voies d'acquisition sont réparties en 4 voies EEG (C3, C4, A1, A2), 2 voies EOG, 1 voie EMG mentonnier, 1 voie EMG jambier, 1 voie PNG connectée à un capteur d'effort respiratoire, 1 voie PNG connectée à un capteur de pression relié à une lunette nasale, 1 voie ECG, 3 voies utilisées par l'oxymètre de pouls (PO300) SpO<sub>2</sub>, Wave, Pulse et une voie DC utilisée pour la mesure de la température. L'ensemble des données recueillies sont mémorisées sur une carte mémoire ATA de 80 Mo. Ces données sont ensuite transférées sur micro-ordinateur pour en permettre l'analyse.

La mesure de la température est effectuée au moyen d'une thermistance CTN de précision 1% valeur de référence 50k ohms à 25°C, coefficient KB25/85 = 3950. La thermistance compose une des branches d'un pont de wheastone alimenté au moyen d'une pile de 3volts. Les sorties du pont de wheastone sont reliées aux entrées DC1+/- de l'enregistreur MS40. L'échantillonnage est effectué à la fréquence de 64Hz

Positionnement du capteur de température :

De façon à rester dans le cadre habituel de l'enregistrement polysomnographique, nous avons choisi de placer le capteur de température au niveau temporal à 3 doigts en avant et en haut du conduit auditif externe, au niveau de l'artère temporale.

Protection du capteur :

Comme le capteur est positionné de façon superficielle, il est soumis à l'influence de la température environnementale. De façon à limiter cette influence nous avons recouvert le capteur d'un écran thermique constitué à partir d'une feuille de papier aluminium insérée entre deux plans de tissus adhésifs autocollants (hypafix, urgoderm).

Mise en place du capteur :

La thermistance est positionnée à trois doigts en avant et en haut du conduit auditif externe, recouverte de l'écran thermique sur une surface de 2cmx1cm, l'ensemble est recouvert par de la gaze enduite de collodion.

Calibrage du capteur :

Le calibrage est effectué par mesure des potentiels recueillis au niveau du pont de wheastone pour différentes températures de référence.

Analyse du sommeil:

La détermination des stades de sommeil est réalisée visuellement conformément à la classification de Rechtschaffen et Kales par epoch de 20 secondes. Les évènements relatifs au sommeil (apnées/hypopnées/mouvements périodiques du sommeil/micro-éveils) sont aussi analysés visuellement. Ces données sont associées aux données brutes de l'enregistrement.

Analyse du signal de température :

Analyse quantitative :

Le signal de température est moyenné par epoch de 10 secondes. L'analyse est effectuée en fonction de l'heure puis est rapportée rapporté aux périodes d'éveil, de sommeil superficiel (stades 1, 2), de sommeil lent (stade 3, 4) et de sommeil

paradoxal. Une analyse de variance pour mesures répétées est effectuée d'une part en fonction de l'heure ; d'autre part en fonction des stades de sommeil.

Analyse qualitative :

L'analyse qualitative du signal de température est effectuée de façon visuelle après mise en correspondance avec l'hypnogramme.

Population étudiée :

Patients bénéficiant d'un enregistrement polysomnographique pour la prise en charge diagnostique et thérapeutique d'une pathologie du sommeil sans critère de sélection. 59 observations ont été réalisées. Les diagnostics se répartissent en hypersomnie primaire (Hypersomnie idiopathique, narcolepsie) pour 6 sujets (10%), Syndrome des mouvements périodiques du sommeil pour 11 sujets (19%), Syndrome d'apnées du sommeil pour 26 sujets (44%) et autres chez 16 sujets (27%).

Analyse statistique:

Les analyses statistiques sont effectuées au moyen du logiciel Statview 5.0 sur ordinateur Apple iBook.

La température moyenne et les écarts à la moyenne relatifs aux différents états de vigilance (éveil, sommeil superficiel, sommeil lent, sommeil paradoxal) sont calculés pour chaque sujet.

Une analyse de variance est effectuée sur les écarts de température observés rapportés aux tranches horaires, aux stades de sommeil et aux pathologies diagnostiquées à l'issue de l'enregistrement polysomnographique.

## RESULTATS CLINIQUES :

Les températures rapportées à l'heure de la mesure ne présentent pas de différence significative (ANOVA). La température moyenne varie en fonction de l'heure entre 34°57 et 35°08.

Les températures moyennes mesurées en éveil, sommeil superficiel, sommeil lent et sommeil paradoxal sont respectivement de 34,8°C, 35°C, 35,3°C et 35°C . En ce qui concerne les différents groupes de pathologies Hypersomnies primaires, Mouvements périodiques du sommeil , Syndrome d'Apnées du Sommeil, autres, les températures moyennes sont respectivement de 34,51±0,91°C, 35±1,44°C, 35,29±0,97°C et 34,73±1,79°C

On observe de façon significative ( $p=0.0005$ ) des variations de la température temporelle rapportées aux stades de sommeil. Il n'existe pas de différences significatives rapportées aux pathologies (Tableau 1).

### **Tableau I**

La température est minimale durant les périodes d'éveil puis elle s'accroît de façon parallèle à l'approfondissement du sommeil en stade I, II, III, IV. L'écart moyen des températures, observées entre les périodes d'éveil et de sommeil à ondes lentes dans son ensemble, est de l'ordre de 0,5°C. L'écart de température en sommeil paradoxal est du même ordre que celui mis en évidence en dans les stades I et II de sommeil (Figure 2).

### **Figure 2**

Exemples d'observations individuelles :

L'évolution du signal de température temporelle est reportée graphiquement en correspondance avec l'hypnogramme et l'évolution des densités spectrales d'énergie de l'électro-encéphalogramme dans les bandes delta, theta, alpha et béta.

La Figure 2 correspond à un enregistrement polysomnographique réalisé chez un sujet chez qui l'on suspectait un syndrome d'apnées du sommeil. On observe de façon nette l'accroissement de la température temporelle durant les périodes de sommeil lent puis une décroissance lors des phases de sommeil paradoxal.

### **Figure 3**

DISCUSSION :

Mesure de la température :

Le choix d'une mesure continue de la température, au moyen d'une thermistance positionnée au niveau temporal, est motivé par la précision apportée par le capteur (précision de 1%) . De même la facilité de mise en place de la thermistance et de l'écran thermique associé lors du collage des électrodes destinées au recueil des signaux électro-encéphalographique, sans qu'il ne soit nécessaire de mettre en place une procédure liée à l'usage de capteurs spécifiques, justifie également ce choix.

Enfin, le caractère totalement non invasif comparativement aux dispositifs de mesure par compensation des pertes thermiques par infra-rouge, prône aussi en sa faveur.

Au niveau temporelle les valeurs moyennes des températures mesurées sont du même ordre que celles décrites par Hardy et Dubois (1) et par Kräuchi et Wirz-Justice (2) pour la température frontale  $33^{\circ}23-33^{\circ}89$  sans écran thermique à comparer à  $34^{\circ}57-35^{\circ}08$  dans notre cas.

L'évaluation de la température centrale, au moyen d'une mesure externe de la température de l'artère temporale, constitue une alternative à la mesure de la température tympanique par infra-rouge. L'écart observé est de l'ordre de  $0.3^{\circ}\text{C}$  (3). Toutefois, les mesures de température réalisées au niveau temporelle sont régulièrement remises en question ; d'une part en raison d'un manque de spécificité par rapport à la mesure de la température rectale (4) (en ce qui concerne la mesure au niveau de l'artère temporale) et d'un manque de sensibilité en ce qui concerne la température tympanique (5, 6, 7) d'autre part.

La mesure continue de la température tympanique, effectuée lors de tâches cognitives spécifiques des hémisphères gauche et droits (tâche verbale/tâche visio spatiale), montre une diminution homolatérale de la température en rapport avec l'activation corticale (8).

Ces données sont favorables à l'hypothèse que les fluctuations de température temporale mesurées de façon externe sont en rapport avec une variabilité fonctionnelle de l'activation cérébrale.

Température cérébrale et stades de sommeil :

Les rapports entre température cérébrale et stades de sommeil ont, fait l'objet par ailleurs d'expérimentation animale chez le chat (9) , chez le hamster (10) et le lapin (11). Il est décrit une diminution de la température corticale en sommeil lent et une augmentation de la température corticale en sommeil paradoxal. Deboer & al (12) montrent, chez le hamster, l'existence d'une influence de la privation de sommeil sur la température corticale observée en sommeil paradoxal .

Chez l'homme, des variations de températures en rapport avec l'organisation du sommeil ont été retrouvées chez le prématuré (13).

Des anomalies de la température ont été retrouvées, en sommeil lent, chez les patients atteints de dépression saisonnière (14, 15). Ces anomalies seraient caractérisées par une température cérébrale plus élevée durant les périodes de dépression hivernale.

Des enregistrements intracorticaux, réalisés au niveau du gyrus parahippocampique, chez l'homme (16), ne mettent pas en évidence d'augmentation significative de la température en sommeil paradoxal et d'autre part montrent l'existence de fluctuations en rapport avec les transitions NREM/REM et la synchronisation EEG.

Des fluctuations de la température rectale, en rapport avec le sommeil, sont observées chez le nouveau né (17).

Une corrélation positive entre la quantité de sommeil lent et la température centrale et tympanique (18, 19) est retrouvée chez l'homme.

L'évolution des données de température rapportées aux états de vigilance, qui ont été recueillies dans les conditions de nos observations, sont en accord avec ce qui est décrit chez l'homme. La température temporale étant supérieure pendant le sommeil par rapport à l'éveil et maximale en sommeil lent.

## PERSPECTIVES

La mise en évidence, à l'occasion d'examen polysomnographique de routine, d'évolutions reproductibles de la température temporelle en rapport avec l'état de vigilance montre l'intérêt de l'acquisition de la température à l'occasion de ce type d'exploration.

D'une part, sur le plan clinique il s'agit là d'un indicateur connu comme présentant des anomalies notamment dans le cas de dépressions saisonnières (15), des lymphomes hodgkiniens (20), des dysthyroïdies..

La prise en compte des délais de stabilisation de la température, observés en fonction des états de vigilance, amène à redéfinir les méthodes de prise de température. Ceci concerne principalement les températures mesurées au niveau temporelle (temporal ou tympanique). Un délai de l'ordre de 3 mn étant à respecter entre le réveil des patients et la mesure.

Sur un plan plus fondamental, la prise en compte de l'existence des fluctuations de la température mises en évidence pourraient enrichir les approches théoriques basées sur la modélisation hebbienne de la plasticité neuronale (21, 22). Ces fluctuations pouvant être intégrées dans un processus actifs de traitement de l'information de type «recuit » (23) qui serait alors associé au sommeil et à des processus de consolidation de la mémoire (24).

## CONCLUSION

La température temporelle constitue un paramètre complémentaire pouvant être associé aux autres paramètres quantifiés lors des enregistrements polysomnographiques. La simplicité de

la technique de recueil et son caractère non invasif lui permettent de l'intégrer facilement dans les enregistrements de routine. Il est nécessaire de poursuivre ce travail par l'analyse des fluctuations de température rapportée aux stades de sommeil dans le contexte de pathologies pour lesquelles des anomalies de la température sont déjà identifiées (P.ex dysthyroïdies, dépressions saisonnières).

#### REMERCIEMENTS :

Tout particulièrement à D.Penide pour son aide.

## Bibliographie :

1. Hardy, Dubois. Basal Metabolism radiation, convection and vaporisation at temperatures of 22-35°C. *J Nutrition*, 1938 ; 15 :477
2. Kräuchi K, Wirz-Justice A.. Circadian rhythm of heat production, heart rate, and skin and core temperature under unmasking conditions in men. *Am J Physiol*. 1994 Sep;267(3 Pt 2):R819-29.
3. Greenes DS, Fleisher GR. Accuracy of a noninvasive temporal artery thermometer for use in infants. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 2001 Mar;155(3):376-81.
4. Hay AD, Peters TJ, Wilson A, Fahey T. The use of infrared thermometry for the detection of fever. *Br J Gen Pract*. 2004 Jun;54(503):448-50.
5. Callanan D. Detecting fever in young infants: reliability of perceived, pacifier, and temporal artery temperatures in infants younger than 3 months of age. *Pediatr Emerg Care*. 2003 Aug;19(4):240-3.
6. Fisk J, Arcona S. Tympanic membrane vs. pulmonary artery thermometry. *Nurs Manage*. 2001 Jun;32(6):42, 45-8.
7. Banitalebi H, Bangstad HJ. [Measurement of fever in children--is infrared tympanic thermometry reliable?] *Tidsskr Nor Laegeforen*. 2002 Nov 20;122(28):2700-1.
8. Cherbuin N, Brinkman C. Cognition is cool: Can hemispheric activation be assessed by tympanic membrane thermometry? *Brain Cogn*. 2004 Apr;54(3):228-31.
9. Denoyer M, Sallanon M, Buda C, Delhomme G, Dittmar A, Jouvet M. The posterior hypothalamus is responsible for the increase of brain temperature during paradoxical sleep. *Exp Brain Res*. 1991;84(2):326-34.
10. Deboer T, Tobler I. Vigilance state episodes and cortical temperature in the Djungarian hamster: the influence of photoperiod and ambient temperature. *Pflugers Arch*. 1997 Jan;433(3):230-7.
11. Parmeggiani PL, Azzaroni A, Calasso M. Systemic hemodynamic changes raising brain temperature in REM sleep. *Brain Res*. 2002 Jun 14;940(1-2):55-60.
12. Deboer T, Franken P, Tobler I. Sleep and cortical temperature in the Djungarian hamster under baseline conditions and after sleep deprivation. *J Comp Physiol [A]*. 1994 Feb;174(2):145-55.
13. Scher MS, Dokianakis SG, Sun M, Steppe DA, Guthrie RD, Sclabassi RJ. Rectal temperature changes during sleep state transitions in term and preterm neonates at postconceptional term ages. *Pediatr Neurol*. 1994 May;10(3):191-4.
14. Schwartz PJ, Rosenthal NE, Kajimura N, Han L, Turner EH, Bender C, Wehr TA. Ultradian oscillations in cranial thermoregulation and electroencephalographic slow-wave

activity during sleep are abnormal in humans with annual winter depression. *Brain Res.* 2000 Jun 2;866(1-2):152-67.

15. Schwartz PJ, Rosenthal NE, Wehr TA. Band-specific electroencephalogram and brain cooling abnormalities during NREM sleep in patients with winter depression. *Biol Psychiatry.* 2001 Oct 15;50(8):627-32.

16. Landolt HP, Moser S, Wieser HG, Borbely AA, Dijk DJ. Intracranial temperature across 24-hour sleep-wake cycles in humans. *Neuroreport.* 1995 Apr 19;6(6):913-7.

17. Scher MS, Steppe DA, Salerno DG, Beggarly ME, Banks DL. Temperature differences during sleep between fullterm and preterm neonates at matched post-conceptual ages. *Clin Neurophysiol.* 2003 Jan;114(1):17-22.

18. Berger RJ, Phillips NH. Comparative aspects of energy metabolism, body temperature and sleep. *Acta Physiol Scand Suppl.* 1988;574:21-7.

19. Berger RJ, Palca JW, Walker JM, Phillips NH. Correlations between body temperatures, metabolic rate and slow wave sleep in humans. *Neurosci Lett.* 1988 Mar 31;86(2):230-4.

20. Gobbi PG, Pieresca C, Ricciardi L, Vacchi S, Bertoloni D, Rossi A, Grignani G, Rutigliano L, Ascari E. Night sweats in Hodgkin's disease. A manifestation of preceding minor febrile pulses. *Cancer.* 1990 May 1;65(9):2074-7.

21. Stefan K, Kunesch E, Cohen LG, Benecke R, Classen J. Induction of plasticity in the human motor cortex by paired associative stimulation. *Brain.* 2000 Mar;123 Pt 3:572-84.

22. Wolters A, Sandbrink F, Schlottmann A, Kunesch E, Stefan K, Cohen LG, Benecke R, Classen J. A temporally asymmetric Hebbian rule governing plasticity in the human motor cortex. *J Neurophysiol.* 2003 May;89(5):2339-45. Epub 2003 Jan 22.

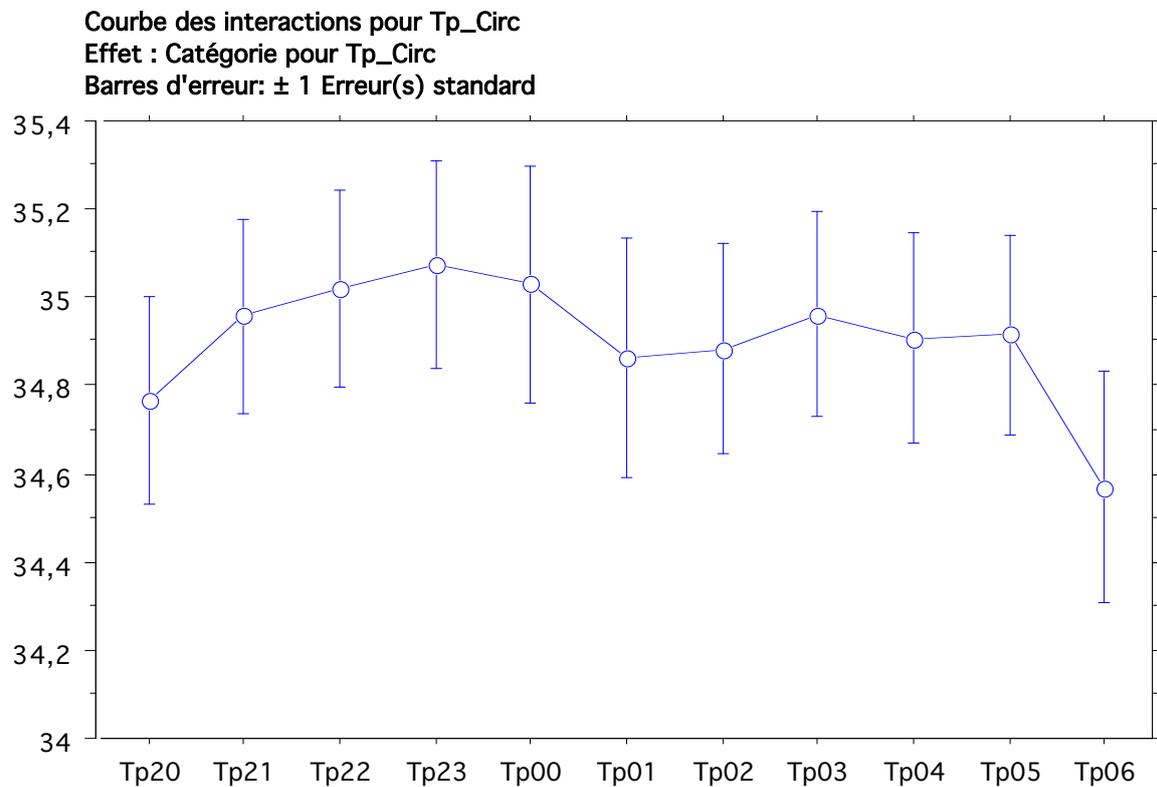
23. Kirkpatrick, CD Gelatt, Jr, and MP Vecchi, Optimization by SimulatedAnnealing *Science*, 220, No. 4598, 671-680 (1983)

24. Ficca G, Salzarulo P. What in sleep is for memory. *Sleep Med.* 2004 May;5(3):225-30.

**Tableau ANOVA pour dTp**

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
PATH	3	8,059E-5	2,686E-5	1,047E-4	>,9999	3,142E-4	,050
Catégorie pour dTp	3	4,738	1,579	6,158	,0005	18,474	,970
PATH * Catégorie pour dTp	9	2,993	,333	1,296	,2401	11,667	,622
Résidu	217	55,659	,256				

**Tableau I : Analyse de variance des écarts de température rapportés aux stades de sommeil (dTp) et aux pathologies diagnostiquées (PATH).**



**Figure 1** Températures moyennes rapportées aux tranches horaires (Tp20 : 20h à 21h, Tp21 : 21h à 22h, ...).

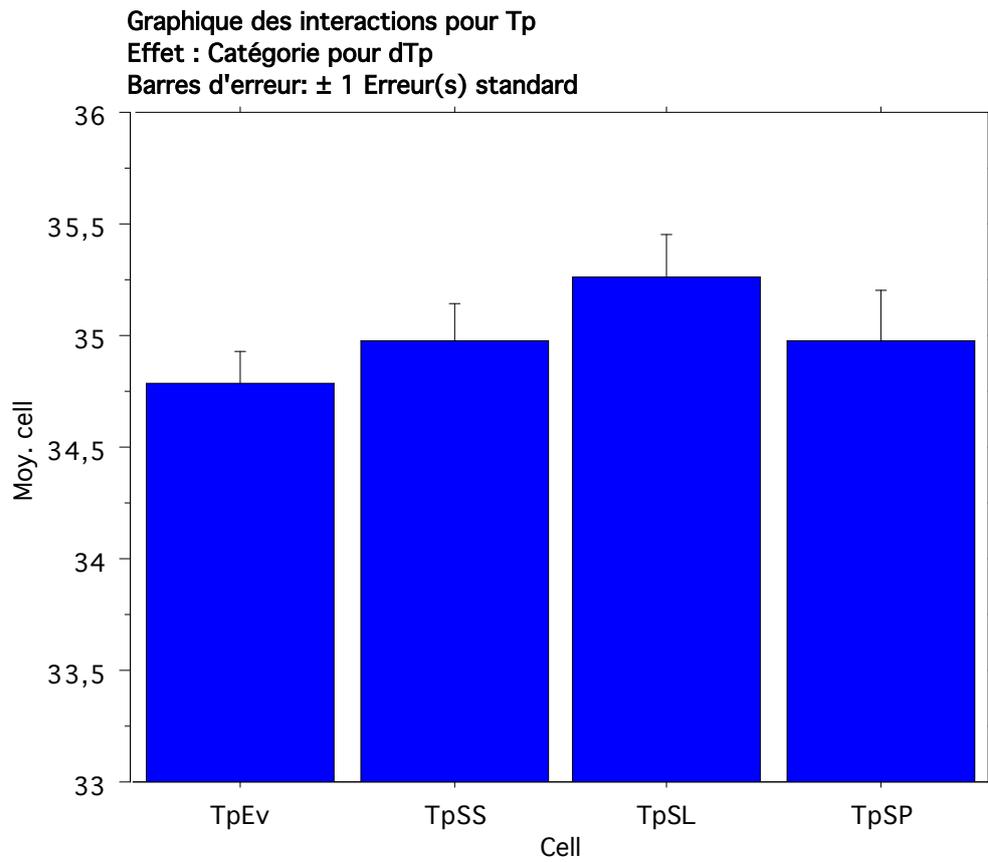


Figure 2 Températures moyennes rapportées aux états de vigilance dTpEv éveil, dTpSS sommeil superficiel, dTpSL sommeil lent, dTpSP sommeil paradoxal.

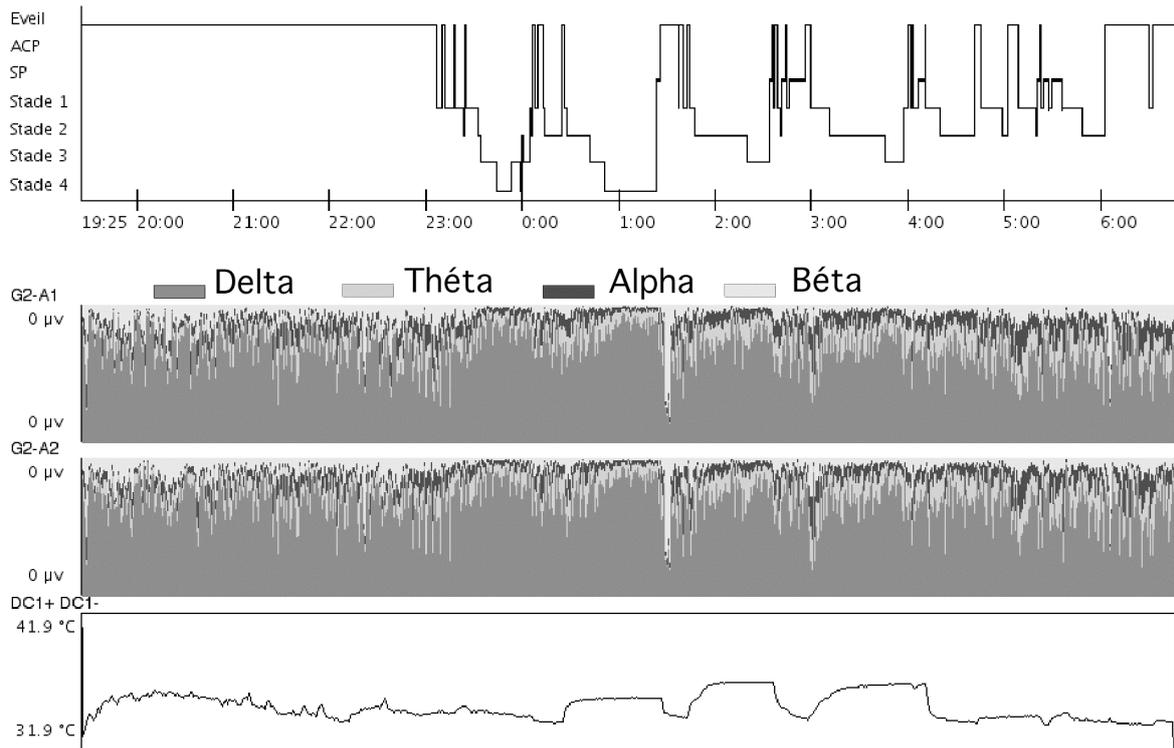


Figure 3 : enregistrement polysomnographique ; mise en correspondance de l'hypnogramme (en haut), des densités spectrales d'énergie de l'électro encéphalogramme et de la température temporelle.