



# Stratégie d'optimisation de la conduite nocturne chez le sujet jeune

## RAPPORT FINAL

Financement :

**Fondation MAIF**

Le Pavois  
50, Avenue Salvador Allende  
79000 Niort

Promoteur :

**Centre Hospitalier Universitaire de Bordeaux**

Direction de la Recherche Clinique et de l'Innovation  
12, Rue Dubernat  
33 404 Talence Cedex

Investigateur Principal :

**Pr Pierre PHILIP**

Groupe Hospitalier Pellegrin  
GENPPHASS – 13<sup>ème</sup> aile 3  
Place Amélie Raba-Léon  
33076 Bordeaux Cedex

## SOMMAIRE

<b>SOMMAIRE</b>	<b>1</b>
<b>1. RESUME SCIENTIFIQUE</b>	<b>2</b>
<b>2. JUSTIFICATION SCIENTIFIQUE ET DESCRIPTION GENERALE</b>	<b>4</b>
<b>3. OBJECTIFS DE LA RECHERCHE</b>	<b>6</b>
3.1. Objectif principal	6
3.2. Objectifs secondaires	6
<b>4. METHODE</b>	<b>7</b>
4.1. Sujets	7
<b>5. PROTOCOLE EXPERIMENTAL</b>	<b>8</b>
<b>6. ANALYSE DES DONNEES</b>	<b>10</b>
<b>7. SCHEMA EXPERIMENTAL</b>	<b>11</b>
7.1. Condition contrôle : conduite de 15h30 à 19h00	11
7.2. Condition debut de nuit : conduite de 21h30 à 01h00	11
7.3. Condition fin de nuit : conduite de 04h00 à 07h30	11
<b>8. RESULTATS</b>	<b>12</b>
8.1. Conduite automobile	12
8.2. Evolution de la puissance spectrale de la bande thêta-alpha de l'EEG	15
8.3. Performances	16
8.4. Somnolence	19
8.5. Corrélacion entre performances, somnolence et aptitude a la conduite	20
<b>9. DISCUSSION</b>	<b>21</b>
<b>10. RESUME DE VULGARISATION</b>	<b>24</b>
<b>11. DISSEMINATION</b>	<b>25</b>
<b>12. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	<b>26</b>

## **1. RESUME SCIENTIFIQUE**

La somnolence au volant liée à la privation de sommeil est reconnue comme un facteur majeur de risque d'accidents de la circulation. Les accidents liés à la somnolence se produisent souvent la nuit, et touchent surtout les jeunes conducteurs.

Il existe des sujets résistants à la privation de sommeil, et la somnolence au lever permettrait d'identifier ces sujets (les sujets s'estimant somnolent au lever, présentaient des performances nocturnes meilleures que les sujets qui s'estiment vigilant au lever).

### *Objectifs*

- Evaluer l'effet de l'heure de la conduite nocturne (début / fin de nuit) sur l'aptitude à la conduite en condition simulée chez les conducteurs jeunes,
- Déterminer si la question : « Etes-vous très vigilant au lever ? » permet de différencier les sujets jeunes sensibles ou résistants à la privation de sommeil dans le cadre de la conduite automobile nocturne.

### *Méthode*

30 volontaires sains masculins (17 sujets sensibles et 13 résistants à la privation de sommeil), âgés de  $22,9 \pm 1,35$  ans, et de chronotype intermédiaire, ont été inclus. Les sujets étaient classés comme sensibles à la privation de sommeil si ils estimaient être vigilants au lever. Tous ont effectués 3 conditions de conduite simulée (2\*90 minutes séparée par une pause de 30 minutes), randomisées et séparées d'au moins une semaine : une condition d'après-midi (15h30-19h00), une condition de début de nuit (21h30-1h00), et une condition de fin de nuit (4h00-7h30). La conduite automobile était effectuée sur un simulateur de conduite automobile de type DASS, et le nombre de franchissements de ligne, ainsi que l'erreur standard de la position moyenne du véhicule, étaient calculés pour chaque trajet. En cas de sortie de route un technicien de recherche replaçait le véhicule dans la voie. Pendant chaque trajet, l'électroencéphalogramme (Dérivation Fz-A2) était enregistré en continu et la puissance spectrale de la bande thêta-alpha de l'EEG d'éveil (somnolence objective) était calculée. Avant, au milieu, et à la fin de la conduite, les performances (Test de Temps de Réaction Simple pendant 10 minutes) et la somnolence subjective (Echelle de Karolinska) étaient mesurées.

### Résultats

Au cours de la session de conduite de fin de nuit, 9 sujets ont été incapables de terminer leur conduite tandis que 12 sujets ont pu terminer le dernier trajet sans aucune intervention du technicien. Pour les 9 autres, le technicien de recherche a été obligé d'intervenir pour les replacer dans la voie.

Pour le nombre de franchissements de ligne, ou pour l'erreur standard de la position moyenne du véhicule, l'ANOVA montre un important effet session ( $F=14,13$ ,  $p<0.005$  ;  $F=17,75$ ,  $p<0.005$ ), mais pas d'effet groupe (sensibles-résistants), ni d'interaction. Les performances de conduite sont fortement dégradées en fin de nuit, surtout pendant le trajet de 6h00-7h30 ( $p<0.05$ ). Les meilleures performances de conduites sont mesurées pendant le trajet de 21h30-23h00.

Pour la puissance spectrale de la bande thêta-alpha de la dérivation Fz-A2, l'ANOVA montre un important effet session ( $F=11,87$ ,  $p<0.005$ ), mais pas d'effet groupe, ni d'interaction groupe\*session. Le niveau de somnolence est plus élevé en fin de nuit surtout pendant le trajet entre 6h00 et 7h30 ( $p<0.05$ ). Le niveau de somnolence objective le plus faible est observé au cours du trajet de 21h30-23h00.

Les performances et la somnolence subjective commencent à se dégrader à partir de 1h00 pour atteindre un maximum à 7h30.

Les performances de conduite ne sont pas corrélées avec les performances mesurées avant le trajet, ou la somnolence estimée avant le trajet, ou la somnolence objective mesurée pendant le trajet.

### Conclusion

Chez les sujets jeunes masculins de chronotype intermédiaire, les performances de conduite sont stables jusqu'à 1h00, et commencent à se dégrader à partir de 4h00 pour atteindre un maximum entre 6h et 7h30. Même s'il existe des différences interindividuelles dans les performances de conduite automobile nocturne, l'item clinique « Êtes-vous vigilant au lever ? » ne permet pas de différencier les sujets jeunes sensibles ou résistants à la privation de sommeil. L'aptitude à la conduite automobile nocturne d'un trajet de 90 minutes ne peut être prédite, ni par les performances et la somnolence subjective mesurées avant le trajet, ni par la somnolence objective mesurée pendant le trajet.

## **2. JUSTIFICATION SCIENTIFIQUE ET DESCRIPTION GENERALE**

La somnolence au volant est reconnue comme un facteur majeur de risque d'accidents de la circulation. En Angleterre, 15 à 20% des accidents sont liés à un endormissement au volant (Horne and Reyner, 1995). En Nouvelle Zélande, 19% des accidents sont attribuables à la somnolence, la privation de sommeil ou la conduite nocturne (Connor et al., 2002). En France, 10% des accidents sont liés à la fatigue seule et 15 à 20% à la fatigue combinée avec l'alcool (Philip et al., 2001). Ces accidents sont beaucoup plus mortels que les autres accidents (Philip et al., 2001). La veille étendue, due à une privation de sommeil altère la vigilance de façon importante : 17 heures de veille (lever 7h00, réalisation du test à minuit) représentent un handicap comparable à 0,5 g d'alcool par litre de sang, 24 heures de veille représentent un handicap de performance comparable à 1 g d'alcool dans le sang (Dawson and Reid, 1997). Si la privation de sommeil est clairement associée à un risque majeur de survenue d'accident, il existe également des périodes nocturnes (entre 2h00 et 5h00 du matin) où la vigilance s'abaisse pour des raisons chronobiologiques et où l'on constate un pic accru d'accidents (Horne and Reyner, 1995; Connor et al., 2002). Les jeunes sont plus souvent victimes d'accidents liés à la somnolence en période nocturne. Ceci peut s'expliquer par une vulnérabilité accrue des jeunes à la privation de sommeil (Philip et al., 2004).

Nous avons montré, en conduite réelle, que des conducteurs non privés de sommeil peuvent conduire 1000 km avec 4 courtes pauses sans présenter de déviations latérales. En revanche, lorsque les mêmes sujets sont en restriction de sommeil, on observe une augmentation des déviations latérales (Philip et al., 2005).

Après une analyse détaillée des données, il est apparu que l'aptitude à la conduite chez certains sujets était considérablement affectée par la privation de sommeil, tandis que celle-ci n'était pas affectée chez d'autres sujets. Cette étude démontre donc que toutes les personnes ne sont pas affectées au même degré par la privation de sommeil, ce qui suggérerait l'existence d'une susceptibilité individuelle à la privation de sommeil dans le cadre de la conduite automobile. Cette vulnérabilité inter-individuelle a déjà été décrite par quelques travaux étudiant l'impact de la privation de sommeil sur les performances cognitives (Leproult et al., 2003; Van Dongen et al., 2004). Ces études ont également montré que la vulnérabilité à la privation de sommeil constituait une caractéristique de l'individu, reproductible dans le temps. En revanche, elles n'ont pas pu mettre en évidence de facteurs prédictifs permettant d'identifier les sujets sensibles et résistants à la privation de sommeil.

Très récemment dans une situation d'éveil prolongé très contrôlée (activité physique, lumière, apport calorique,...) nous avons démontré que chez les sujets jeunes, les dégradations des performances nocturnes pouvaient être prédites par le niveau de la vigilance subjective estimé juste après le réveil et à 13h30 (Taillard et al., 2006). Les sujets dont les performances nocturnes se dégradent fortement sont les sujets qui s'estiment être très vigilants au réveil et somnolents à 13h30. Inversement les sujets dont les performances nocturnes se dégradent faiblement sont les sujets qui s'estiment être somnolents au réveil et vigilants à 13h30. A partir de ces résultats nous avons proposé la question : « Etes-vous très vigilant au lever ? » pour être considérée comme un outil efficace et très simple pour identifier les sujets sensibles à la privation de sommeil. Il reste à vérifier si cet outil peut être utilisable dans le cadre de la conduite automobile.

### **3. OBJECTIFS DE LA RECHERCHE**

#### **3.1. OBJECTIF PRINCIPAL**

- Evaluer l'effet de l'heure de la conduite nocturne (début / fin de nuit) sur l'aptitude à la conduite en condition simulée chez les conducteurs jeunes, avec, pour postulat, de pouvoir débuter une activité (professionnelle ou de loisir) à 8h00 du matin.

#### **3.2. OBJECTIFS SECONDAIRES**

- Evaluer l'effet de l'heure de la conduite nocturne (début / fin de nuit) sur les performances (test de temps de réaction), la somnolence objective (EEG) et subjective (échelle de Karolinska) en condition simulée chez les conducteurs jeunes,

- Déterminer si la question : « Êtes vous très vigilant au lever ? » permet de différencier les sujets jeunes sensibles ou résistants à la privation de sommeil dans le cadre de la conduite automobile nocturne.

## **4. METHODE**

### **4.1. SUJETS**

30 sujets masculins âgés de  $22,9 \pm 1,4$  ans ont été recrutés dans l'étude. Sur ces 30 sujets, 17 sujets ( $22,9 \pm 1,4$  ans) étaient considérés comme sensibles à la privation de sommeil et 13 ( $22,9 \pm 1,3$  ans) comme insensibles à la privation de sommeil.

Le protocole de recherche a été approuvé par le Comité de Protection des Personnes de Bordeaux. Chaque volontaire a donné par écrit son consentement éclairé pour participer à l'étude.

Les sujets devaient être de chronotype intermédiaire (Score au questionnaire de Horne et Ostberg compris entre 42 et 58). Ils ne devaient pas présenter de plainte du sommeil (item du Basic Nordic Sleep questionnaire  $< 4$ ), de somnolence diurne excessive (Echelle d'Epworth  $< 9$ ) ni de dimensions psychopathologiques (scores à la SCL90-R  $< 60$ ).

Une visite avec un médecin spécialisé a permis de vérifier que les sujets ne présentaient pas d'antécédent médical, ni de pathologie évolutive, ni de trouble du sommeil.

Une actimétrie sur 7 jours a permis d'évaluer l'efficacité du sommeil qui doit être supérieure à 85% et de vérifier que les sujets avaient des horaires de vie réguliers 3 jours avant leur entrée dans l'étude.

Un enregistrement polygraphique pendant 1 nuit a permis de vérifier que les sujets ne présentaient pas de troubles du sommeil : ni syndrome d'Apnées/Hypopnées obstructives (IAH inférieur à 5), ni syndrome de Mouvements Périodiques du Sommeil (index de MPS inférieur à 5).

Les participants n'étaient pas des conducteurs professionnels. Ils devaient posséder le permis de conduire depuis au moins 2 ans, et parcourir entre 10000 et 20000 km/an.



## **5. PROTOCOLE EXPERIMENTAL**

Tous les sujets ont effectué 3 conditions de conduite : une condition contrôle d'après-midi (15h30-19h00), une condition début de nuit (21h30-1h00), et une condition fin de nuit (4h00-7h30), avec au moins une semaine entre chaque condition. La distribution des conditions entre les sujets s'est faite de façon randomisée en carré latin.

Pendant les 3 jours avant chaque condition, les sujets se couchaient à 23h00-23h30 et se levaient à 7h00-7h30 chez eux. A l'arrivée des sujets au laboratoire, ils avaient pour consigne de ne pas dormir avant les tests, ni de prendre des substances éveillantes.

A chaque condition, les sujets conduisaient sur le simulateur DASS pendant 3 heures avec une pause de 30 minutes au milieu du trajet. Le DASS consiste en une tâche de poursuite sur une route en 2 dimensions. Il produit sur l'écran de l'ordinateur une image des lignes de rives blanches (en perpétuel mouvement) sur fond noir, comme dans une conduite de nuit. L'image du capot du véhicule se retrouve au centre de la route, cette figure est fixe pendant toute la durée du test. Les sujets utilisent un volant de jeu vidéo (Grandprix 1, Thrusmaster) pour maintenir le plus possible le centre du capot au centre de la route, en mouvement sur l'écran. L'ordinateur prend une mesure de la position sur la route 20 fois par secondes, le tracé idéal ayant été déterminé par avance. Ce simulateur peut identifier la fatigue générée par la conduite, qui nécessite une attention soutenue (Gillberg et al., 1994). En effet, la fréquence de survenue des virages interdit un repos de plus de 15 secondes. Elle génère de fait une fatigue intense qu'il convient de comparer à une activité effectuée en condition réelle.

Un technicien de recherche clinique surveillait le sujet sans lui parler. Lorsque la voiture du sujet sortait de la route et que le sujet était incapable de ramener la voiture dans la route, le technicien appuyait sur un bouton pour remettre la voiture sur la route. Si le technicien intervenait plus de 30 fois, la conduite était arrêtée car le sujet était incapable de maintenir la voiture sur la route.

Le programme du DASS permet de calculer le nombre de franchissements de lignes latérales sur la route simulée. Ce critère permet d'évaluer les dégradations des performances de conduite lors d'une restriction de sommeil : l'augmentation de la somnolence est associée à une augmentation des franchissements de lignes (principale conséquence d'endormissement au volant) (Sagberg, 1999; Philip et al., 2005). Le programme permet également de calculer l'erreur standard de la position moyenne du véhicule sur la route (notée « CES »). La CES permet une bonne évaluation des performances de conduite lors d'une restriction de sommeil (Sagberg, 1999). L'augmentation de la CES sur la route est associée à une augmentation des risques d'accidents au volant (Menzin et al., 2001). Les critères ont été calculés pour chaque trajet.

L'EEG, le tonus musculaire et l'activité des yeux étaient enregistrés en continu à l'aide d'un polysomnographe ambulatoire (Trackit) tout au long des conditions (avant, pendant toute la conduite et les pauses). Cet appareil permet un échantillonnage des données de 256 Hz. Le nombre de micro-sommeils (dérivation Fz-A2, Cz-A2, Oz-A2, intrusion de stade 1 > 3s) a été identifié. Ensuite la puissance de la bande thêta-alpha (6.0–9.0 Hz) de l'électroencéphalogramme (dérivation Fz-A2) a été calculée. Elle est actuellement reconnue comme le marqueur de la pression du sommeil au cours de l'éveil (Aeschbach et al., 1999; Cajochen et al., 2000). Une personne expérimentée dans la lecture de l'EEG et des polysomnographies a individualisé visuellement les micro-sommeils grâce au logiciel Coherence (DELTAMED). Il a sélectionné les portions d'EEG vierge de tout artefact (mouvements oculaires et tonus musculaire) et de microsommeil. Le logiciel PRANA (PHITOOOLS) a analysé l'EEG d'éveil sans artefact et fourni la puissance de la bande thêta-alpha. L'amplification du signal est de 10  $\mu$ V/cm, le filtre passe bas est de 35 Hz et le filtre passe haut de 0,5 Hz. La puissance spectrale de l'EEG était calculée par la méthode de Welch sur des époques consécutives de 4 secondes en appliquant une fenêtre de Hanning, avec une résolution de 0,5 Hz. L'amplitude absolue était calculée pour les fréquences comprises entre 0,25 Hz et 34 Hz. Les valeurs obtenues étaient moyennées toutes les 30 secondes.

Les performances ont été objectivées par un Test de Temps de Réaction Simple qui a été effectué avant l'épisode de conduite, au milieu de l'épisode de conduite et après l'épisode de conduite. Ce test, qui dure 10 minutes, s'effectue sur un ordinateur de poche (Gillberg et al., 1994) et consiste à faire disparaître un carré noir qui apparaît sur l'écran à intervalles irréguliers (2-7 s). Une session comporte en moyenne 100 stimuli. La tâche du sujet consiste à appuyer sur un bouton réponse pour faire disparaître le carré le plus rapidement possible. Si il n'y a pas de réponse en moins de 1.75 s, un nouvel intervalle recommence. Si on appuie sur le bouton avant que le carré n'apparaisse ou en moins de 100 ms, la réponse n'est pas prise en compte. Le programme qui contrôle le temps de réaction a une résolution de 0.01 ms. Le programme calcule la moyenne des 10% de réponses les plus lentes ainsi que le nombre de lapses (temps de réaction > 500 ms). Les sujets se sont familiarisés avec le test pendant 3 fois 10 minutes.

La somnolence subjective a été évaluée par l'échelle de somnolence de Karolinska. Le sujet évaluait sa somnolence avant chaque test de temps de réaction simple.

Pour cela, le sujet devait entourer un numéro allant de 1 (« très éveillé ») à 9 (« très somnolent, avec de grands efforts pour rester éveillé ») qui correspondait le mieux à son état de somnolence instantanée.

## **6. ANALYSE DES DONNEES**

Le nombre de sujets nécessaires pour chaque groupe ( $n = 17$ ) avait été préalablement déterminé par un calcul de puissance statistique.

Le nombre de lapses a été transformé suivant la formule  $\sqrt{x} + \sqrt{x+1}$  afin d'être distribué de façon normale (Graw et al., 2004). Le logiciel SPSS a été utilisé pour toutes les analyses statistiques.

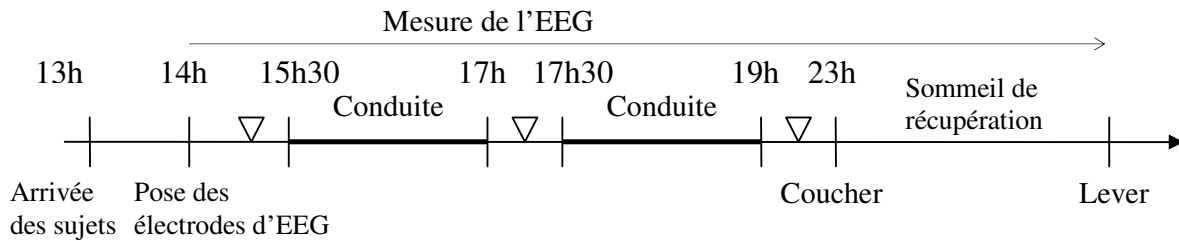
Pour chaque critère étudié, une ANOVA à deux facteurs à mesures répétées (groupe \* session de conduite) est réalisée. Pour corriger la sphéricité, les valeurs de p ont été basées sur les degrés de liberté corrigés de Huynh-Feldt (Philip et al., 2004). Des analyses de contrastes (LSD) ont été réalisées pour comparer deux à deux les différentes sessions.

La liaison entre les critères est vérifiée à l'aide d'un test de corrélation de Pearson.

## 7. SCHEMA EXPERIMENTAL

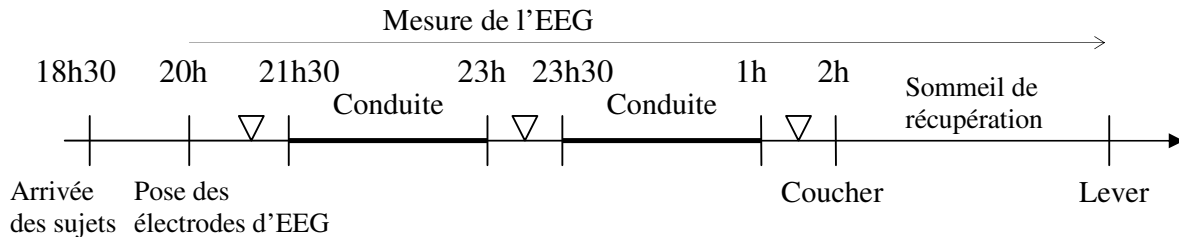
### 7.1. CONDITION CONTROLE : CONDUITE DE 15H30 A 19H00

Les tests de temps de réaction et recueils des scores à l'échelle de Karolinska ( $\nabla$ ) ont été effectués à 15h15, 17h05 et 19h05.



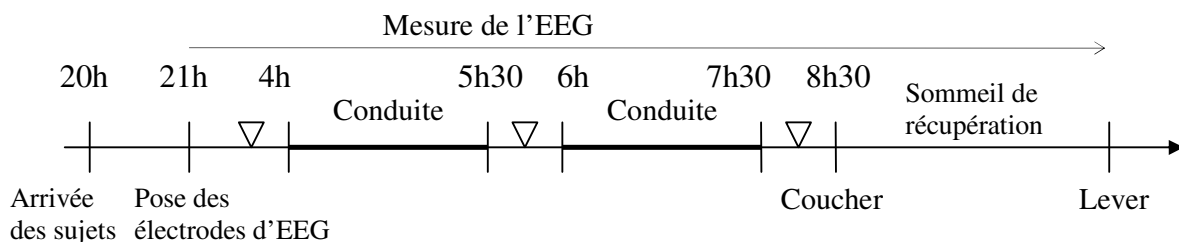
### 7.2. CONDITION DEBUT DE NUIT : CONDUITE DE 21H30 A 01H00

Les tests de temps de réaction et recueils des scores à l'échelle de Karolinska ( $\nabla$ ) ont été effectués à 21h15, 23h05 et 1h05.



### 7.3. CONDITION FIN DE NUIT : CONDUITE DE 04H00 A 07H30

Les tests de temps de réaction et recueils des scores à l'échelle de Karolinska ( $\nabla$ ) ont été effectués à 03h45, 05h35 et 07h35.



## 8. RESULTATS

### 8.1. CONDUITE AUTOMOBILE

Au cours des conditions de conduite de jour et de conduite en début de nuit, tous les sujets ont effectué la totalité du trajet. Au cours de la condition de conduite de fin de nuit, 9 sujets ont été incapables de terminer leur conduite. Quatre n'ont pas pu terminer la conduite de 4h00-5h30 et 5 autres n'ont pas pu terminer la conduite de 6h00-7h30. Douze sujets ont pu terminer la session de conduite de 6h00-7h30 sans que le technicien de recherche n'intervienne (moins de 2 interventions lors de la session). Pour les 9 autres, le technicien de recherche a été obligé d'intervenir pour les replacer dans la voie.

Le nombre de franchissements de ligne et l'erreur standard de la position moyenne du véhicule sur la route de la session de conduite de 15h30-17h00 ne diffèrent pas de ceux de la session de conduite de 17h30-19h00 (Figures 1 et 2). Le nombre de franchissements de ligne et l'erreur standard de la position moyenne du véhicule sur la route ne diffèrent pas entre les deux groupes et il n'existe pas d'interaction entre session de conduite et groupe.

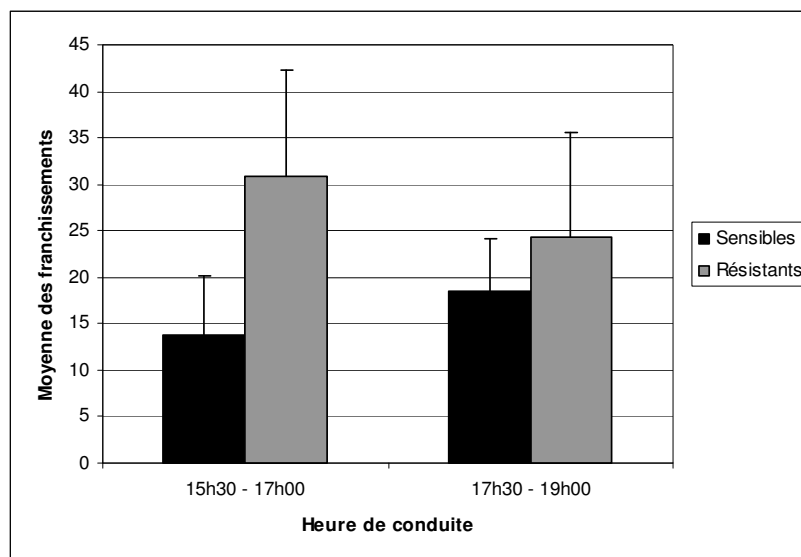


Figure 1 : Nombre de franchissements de ligne (moyenne  $\pm$  erreur standard) des sessions de conduite 15h30-17h00 et 17h30-19h00 chez les sujets sensibles et résistants.

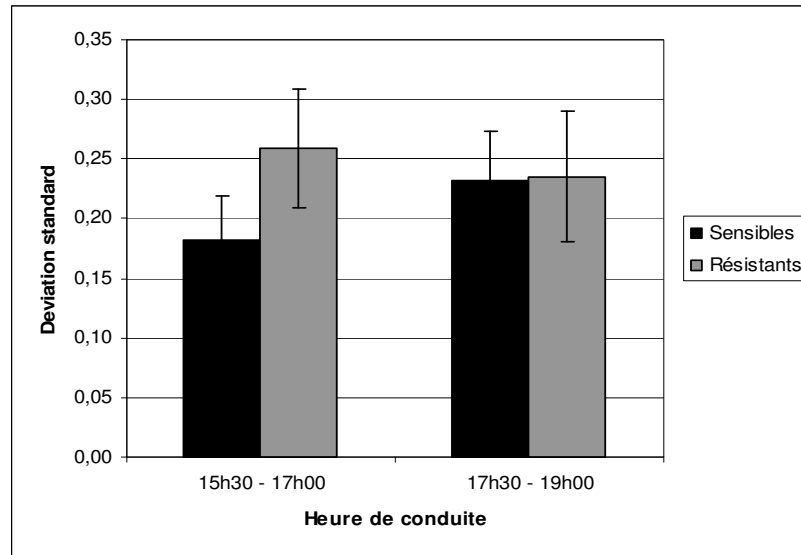


Figure 2 : Erreur standard de la position moyenne du véhicule (moyenne  $\pm$  erreur standard) des sessions de conduite 15h30-17h00 et 17h30-19h00 chez les sujets sensibles et résistants.

Pour le nombre de franchissements de ligne, l'ANOVA montre un important effet session ( $F=14,13$ ,  $p<0.005$ ) mais pas d'effet groupe ni d'interaction groupe\*session.

Le nombre de franchissements de la session de conduite 6h00-7h30 est plus important que pour toutes les autres sessions de conduite (LSD,  $p<0.05$ ). La session de conduite 4h00-5h30 diffère avec toutes les sessions (LSD,  $p<0,05$ ), sauf avec la session 23h30-1h00. La session de conduite 21h30-23h00 présente moins de franchissements de ligne que toutes les autres sessions (LSD,  $p<0.05$ ) (Figure 3).

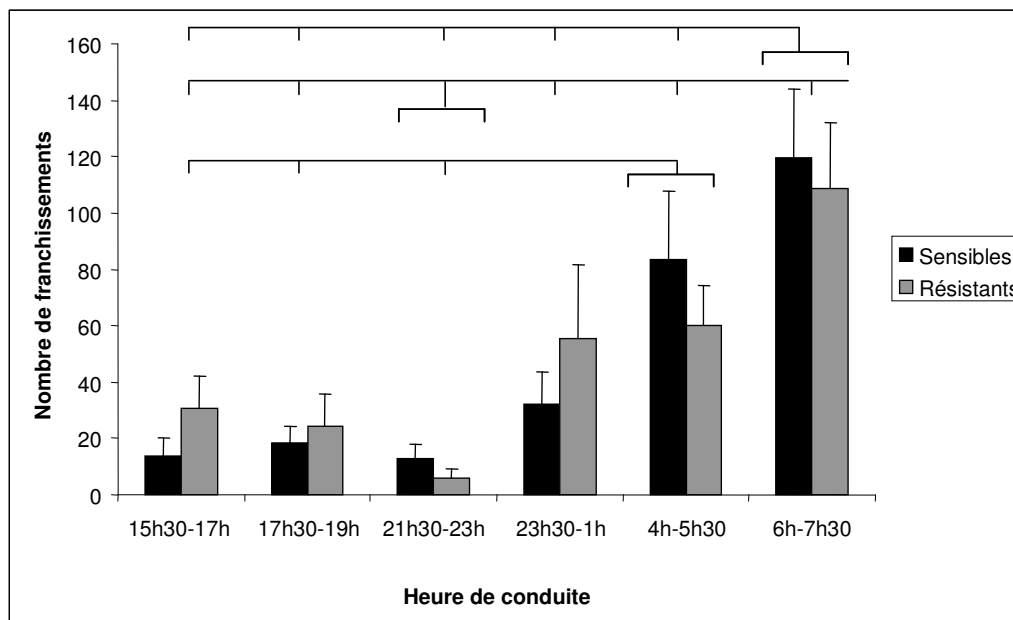


Figure 3 : Nombre de franchissements de ligne (moyenne  $\pm$  erreur standard) pour toutes les sessions de conduite chez les sujets sensibles et résistants. Les barres indiquent les sessions significativement différentes (LSD,  $p<0.05$ ).

Pour l'erreur standard de la position moyenne du véhicule sur la route, l'ANOVA montre un important effet session mais pas d'effet groupe, ni d'interaction groupe\*session.

L'erreur standard de la position moyenne du véhicule sur la route de la session de conduite 6h00-7h30 est plus grande que pour toutes les autres sessions de conduite (LSD,  $p < 0.05$ ). L'erreur standard de la position moyenne du véhicule sur la route de la session de conduite 4h00-5 h30 est plus grande que celle de toutes les autres sessions (LSD,  $p < 0.05$ ), excepté pour la session 23h30-1h00 ( $p = 0.06$ ). L'erreur standard de la position moyenne du véhicule sur la route de la session de conduite 21h30-23h00 est plus petite que celle de toutes les autres sessions (LSD,  $p < 0.05$ ) (Figure 4).

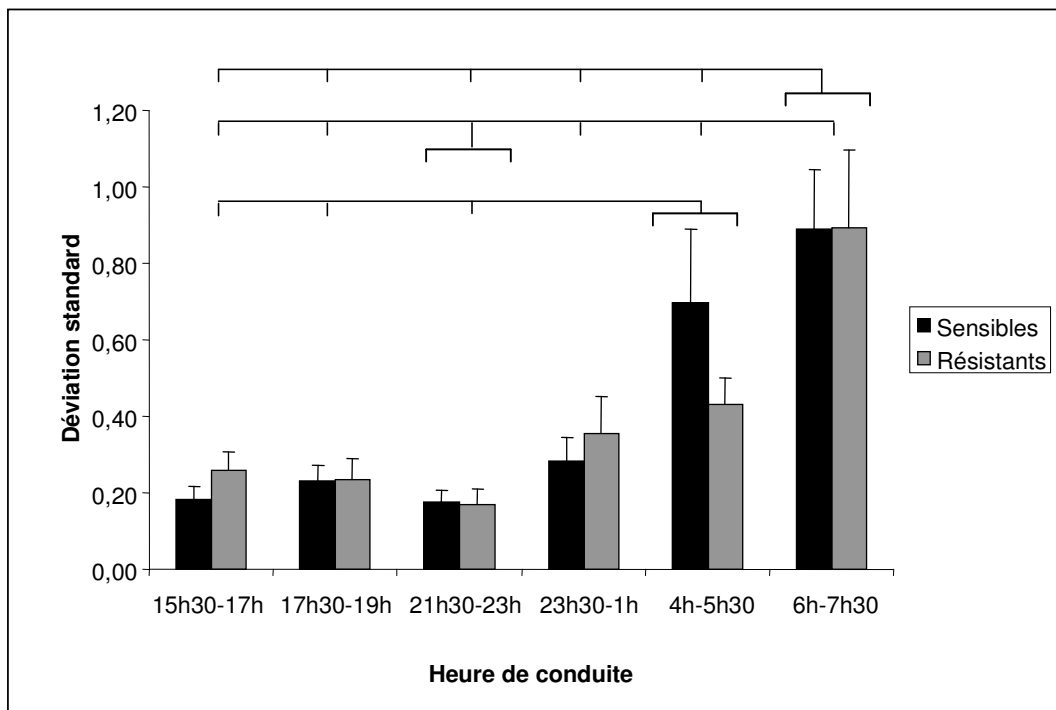


Figure 4 : Erreur standard de la position moyenne du véhicule sur la route (moyenne  $\pm$  erreur standard) pour toutes les sessions de conduite chez les sujets sensibles et résistants. Les barres indiquent les sessions significativement différentes (LSD,  $p < 0.05$ ).

Si on ne prend en compte que les 45 premières minutes de chaque session de conduite automobile, les résultats sont identiques à ceux décrits plus haut.

## 8.2. EVOLUTION DE LA PUISSANCE SPECTRALE DE LA BANDE THETA-ALPHA DE L'EEG

Tous les enregistrements de l'EEG n'ont pas pu être exploités chez 3 sujets. L'enregistrement de l'EEG de la condition de conduite 21h30-1h00, n'a pas pu être exploité chez 1 sujet.

La puissance spectrale de la bande thêta-alpha de la dérivation Fz-A2 de la session de conduite de 15h30-17h00 est moins importante que la session de conduite de 17h30-19h00 ( $F=9,22$ ,  $p=0.006$ ). En revanche, il n'existe pas d'interaction entre session de conduite et groupe, ni d'effet groupe (sensible résistant).

Pour la puissance spectrale de la bande thêta-alpha de la dérivation Fz-A2, l'ANOVA montre un important effet session ( $F=11,87$ ,  $p<0.005$ ) mais pas d'effet groupe, ni d'interaction groupe\*session.

La puissance spectrale de la bande thêta-alpha de la dérivation Fz-A2 de la session de conduite 6h00-7h30 est plus importante que pour toutes les autres sessions de conduite (LSD,  $p<0.05$ ). La session de conduite 4h00-5h30 diffère avec toutes les sessions (LSD,  $p<0,05$ ). La session de conduite 23h30-01h00 ne diffère pas des sessions 15h30-17h00 et 17h30-19h00 (LSD,  $p<0.05$ ). La session 21h30-23h00 présente une puissance spectrale de la bande thêta-alpha plus faible que toutes les autres sessions de conduite (LSD,  $p<0.05$ ), sauf avec la session 15h30-17h00 (Figure 5).

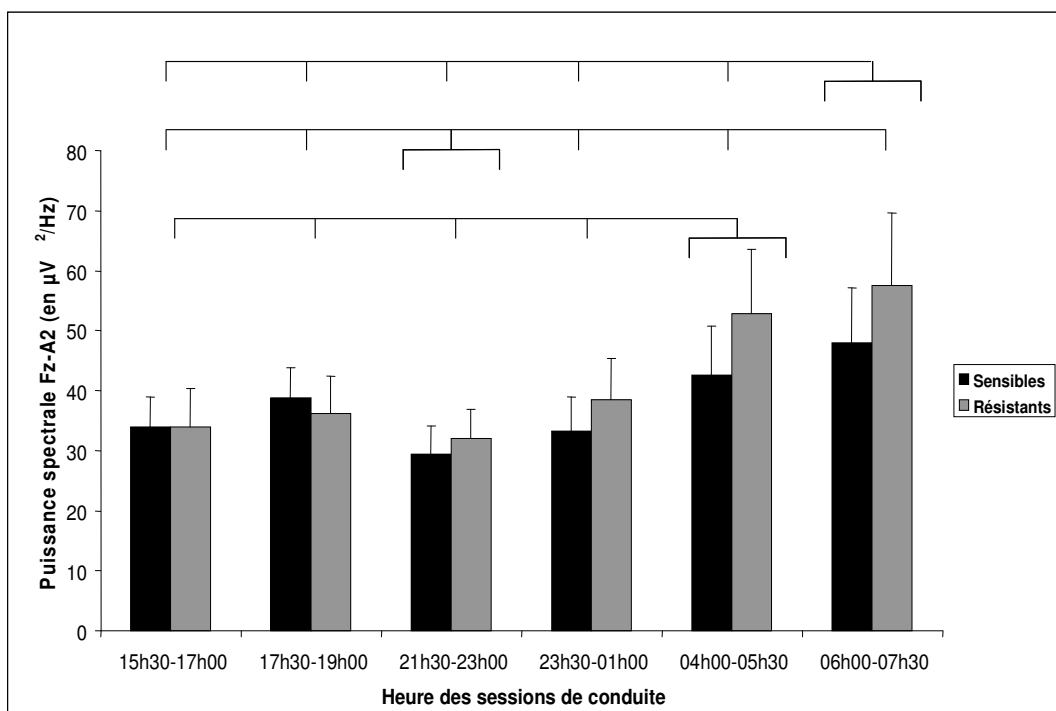


Figure 5 : Puissance absolue de la bande thêta-alpha (moyenne  $\pm$  erreur standard) pour chaque session de conduite. Les barres indiquent les sessions significativement différentes (LSD,  $p<0.05$ ).



### 8.3. PERFORMANCES

Pour la moyenne des 10% des réponses les plus lentes des tests de temps de réaction effectués avant chaque conduite (15h15, 21h15, 3 h45), l'ANOVA montre un effet temps ( $F=6.21$ ,  $p=0.006$ ) mais pas d'effet groupe, ni d'interaction groupe\*session. La moyenne des 10% des réponses les plus lentes du test de 21h15 est plus petite que celle des 2 autres tests ( $p=0.02$  et  $p=0.003$ ) (Figure 6).

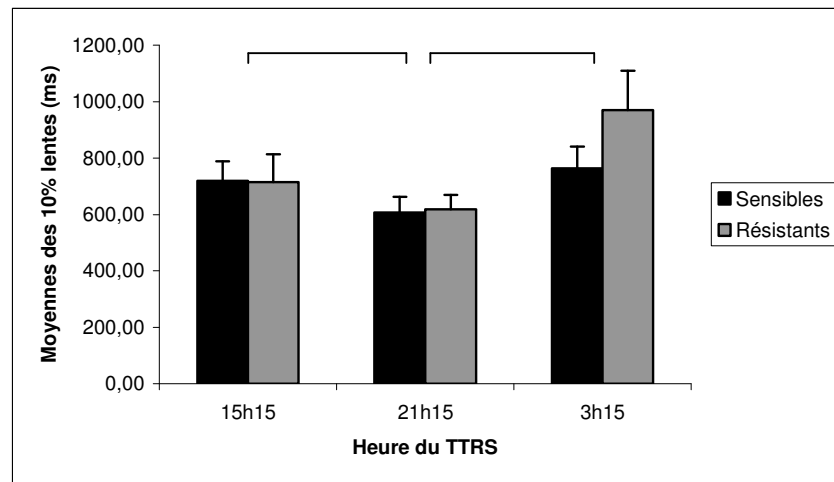


Figure 6 : 10% des réponses les plus lentes du test de temps de réaction (moyenne  $\pm$  erreur standard) effectué avant chaque conduite. Les barres indiquent les valeurs significativement différentes (LSD,  $p<0.05$ ).

Pour la moyenne des 10% des réponses les plus lentes des tests effectués pendant la pause (17h05, 23h05, 5h35), l'ANOVA montre un effet temps ( $F=20.5$ ,  $p<0.0005$ ) mais pas d'effet groupe, ni d'interaction groupe\*session. La moyenne des 10% des réponses les plus lentes du test de 5h35 est plus grande que celle des 2 autres tests ( $p<0.0005$  et  $p<0.0005$ ) (Figure 7).

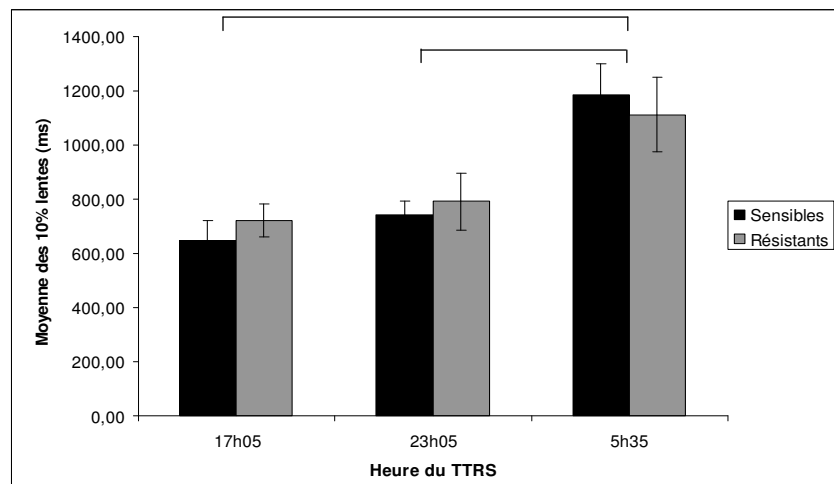


Figure 7 : 10% des réponses les plus lentes du test de temps de réaction (moyenne  $\pm$  erreur standard) effectué pendant chaque pause. Les barres indiquent les valeurs significativement différentes (LSD,  $p<0.05$ ).

Pour la moyenne des 10% des réponses les plus lentes des tests effectués après la conduite (19h05, 1h05, 7h35), l'ANOVA montre un effet temps ( $F=23,76$ ,  $p<0.0005$ ) mais pas d'effet groupe, ni d'interaction groupe\*session. La moyenne des 10% des réponses les plus lentes du test de 7h35 est plus grande que celle des 2 autres tests ( $p=0.0005$  et  $p=0.0005$ ). La moyenne des 10% des réponses les plus lentes du test de 1h05 est plus grande que celle du test de 19h05 ( $p=0.013$ ) (Figure 8).

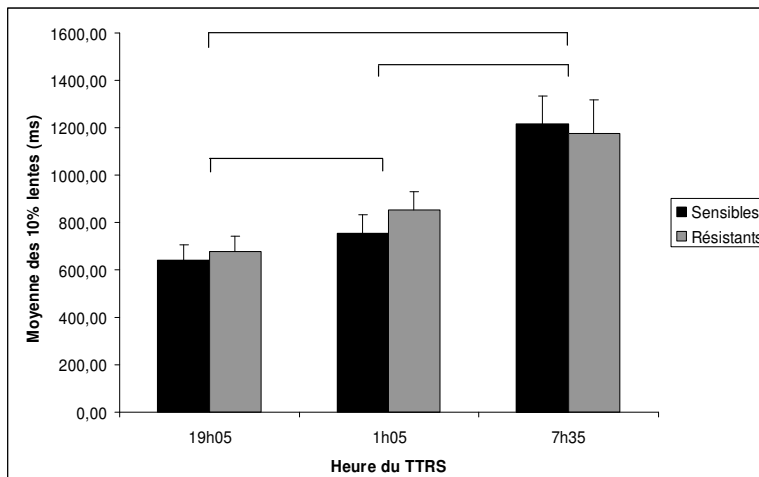


Figure 8 : 10% des réponses les plus lentes du test de temps de réaction (moyenne  $\pm$  erreur standard) effectué après chaque conduite. Les barres indiquent les valeurs significativement différentes (LSD,  $p<0.05$ ).

Pour le nombre de lapses des tests effectués avant chaque conduite (15h15, 21h15, 3 h45), l'ANOVA montre un effet temps ( $F=23.09$ ,  $p=0.009$ ) mais pas d'effet groupe, ni d'interaction groupe\*session. Le nombre de lapses du test de 21h15 est plus petit que celui des 2 autres tests ( $p=0.02$  et  $p=0.003$ ) (Figure 9).

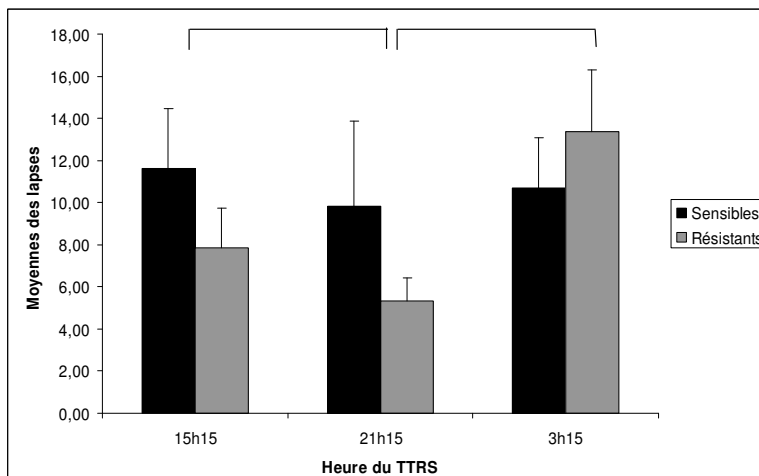


Figure 9 : Nombre de lapses du test de temps de réaction (moyenne  $\pm$  erreur standard) effectuée avant chaque conduite. Les barres indiquent les valeurs significativement différentes (LSD,  $p<0.05$ ).

Pour le nombre de lapses des tests effectués pendant la pause (17h05, 23h05, 5h35), l'ANOVA montre un effet temps ( $F=7.70$ ,  $p=0.001$ ) mais pas d'effet groupe, ni d'interaction groupe\*session. Le nombre de lapses du test de 5h35 est plus grand que ceux des 2 autres tests ( $p=0.001$  et  $p=0.005$ ) (Figure 10).

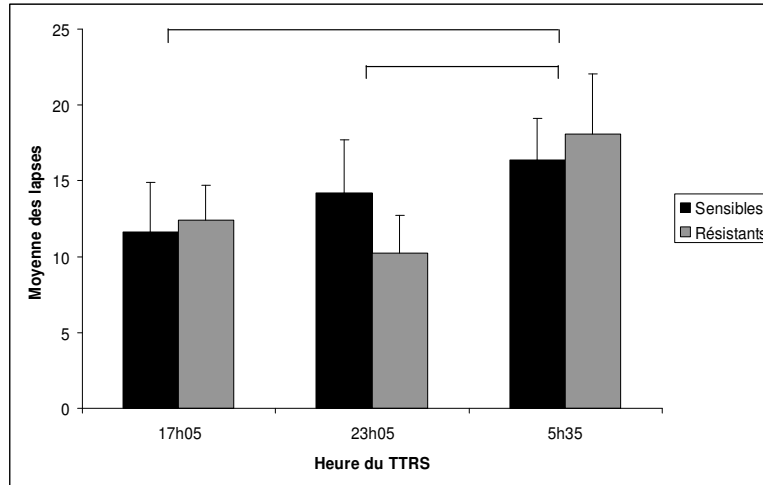


Figure 10 : Nombre de lapses du test de temps de réaction (moyenne  $\pm$  erreur standard) effectué pendant chaque pause. Les barres indiquent les valeurs significativement différentes (LSD,  $p<0.05$ ).

Pour le nombre de lapses des tests effectués après la conduite (19h05, 1h05, 7h35), l'ANOVA montre un effet temps ( $F=8,56$ ,  $p=0.001$ ) mais pas d'effet groupe, ni d'interaction groupe\*session. Le nombre de lapses du test de 7h35 est plus grand que ceux des 2 autres tests ( $p=0.01$  et  $p=0.037$ ). Le nombre de lapses du test de 1h05 est plus grand que celui du test de 19h05 ( $p=0.048$ ) (Figure 11).

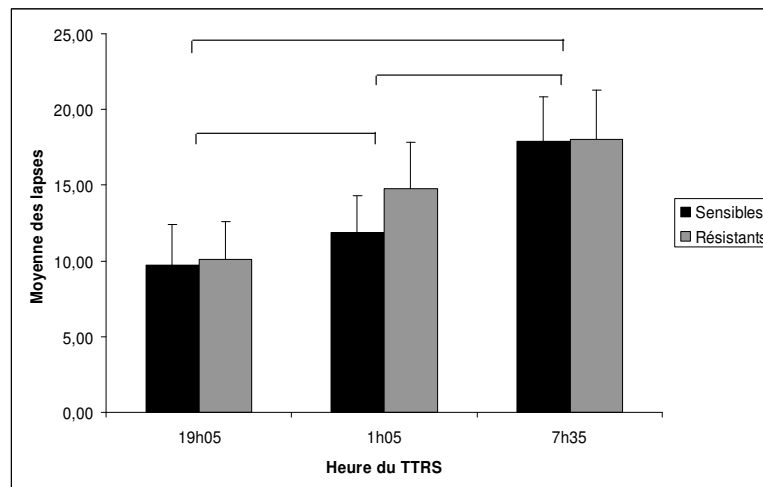


Figure 11 : Nombre de lapses du test de temps de réaction (moyenne  $\pm$  erreur standard) effectué après chaque conduite. Les barres indiquent les valeurs significativement différentes (LSD,  $p<0.05$ ).

#### 8.4. SOMNOLENCE

Pour la somnolence estimée avant chaque conduite (15h30, 21h30, 4h00), l'ANOVA montre un effet temps ( $F=62.95$ ,  $p=0.006$ ) mais pas d'effet groupe, ni d'interaction groupe\*session. Les volontaires sont plus somnolents à 4h00 qu'à 15h30 et 21h30 ( $p<0.0005$  et  $p<0.0005$ , respectivement) (Figure 12).

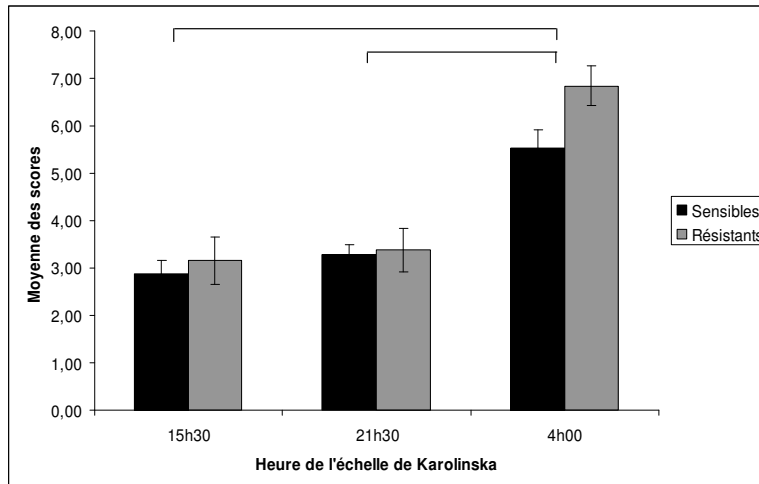


Figure 12 : Somnolence subjective (moyenne  $\pm$  erreur standard) estimée avant chaque conduite. Les barres indiquent les valeurs significativement différentes (LSD,  $p<0.05$ ).

Pour la somnolence estimée pendant la pause (17h00, 23h00, 5h30), l'ANOVA montre un effet temps ( $F=117$ ,  $p<0.0005$ ) mais pas d'effet groupe, ni d'interaction groupe\*session. Les sujets sont plus somnolents à 5h30 qu'à 17h00 et 23h00 ( $p<0.0005$  et  $p<0.0005$  respectivement) (Figure 13).

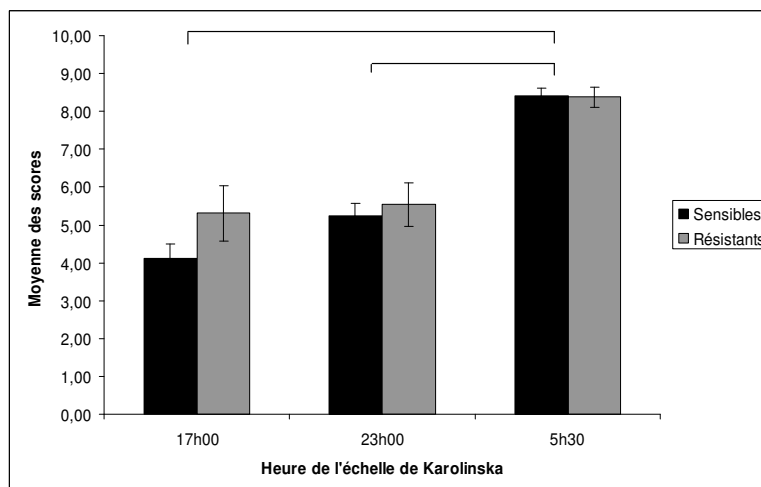


Figure 13 : Somnolence subjective (moyenne  $\pm$  erreur standard) estimée pendant chaque pause. Les barres indiquent les valeurs significativement différentes (LSD,  $p<0.05$ ).

Pour la somnolence estimée après la conduite (19h00, 1h00, 7h30), l'ANOVA montre un effet temps ( $F=65$ ,  $p<0.0005$ ), mais pas d'effet groupe, ni d'interaction groupe\*session. Les sujets sont plus somnolents à 7h30 qu'à 19h00 et 1h00 ( $p<0.0005$  et  $p<0.0005$ , respectivement). Les sujets sont plus somnolents à 1h00 qu'à 19h00 ( $p<0.0005$ ) (Figure 14).

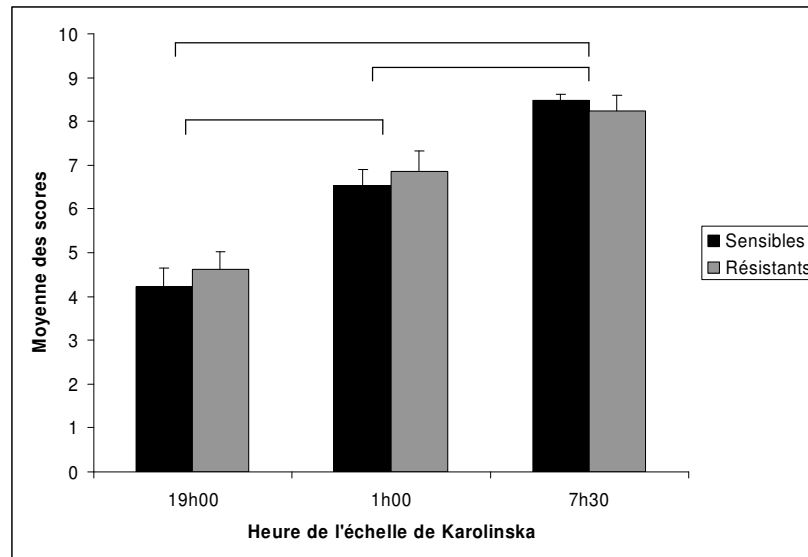


Figure 14 : Somnolence subjective (moyenne  $\pm$  erreur standard) estimée après chaque conduite. Les barres indiquent les valeurs significativement différentes (LSD,  $p<0.05$ ).

### 8.5. CORRELATION ENTRE PERFORMANCES, SOMNOLENCE ET APTITUDE A LA CONDUITE

Il n'existe aucune corrélation entre la puissance de la bande thêta-alpha et l'aptitude à la conduite automobile.

Il n'existe aucune corrélation entre les moyennes des 10% des réponses les plus lentes des tests de temps de réaction effectués avant la conduite et le nombre de franchissements de ligne ou l'erreur standard de la position moyenne du véhicule sur la route.

Il n'existe aucune corrélation entre le nombre de lapses des tests de temps de réaction effectués avant la conduite et le nombre de franchissements de ligne ou l'erreur standard de la position moyenne du véhicule sur la route.

Il n'existe aucune corrélation entre la somnolence subjective avant la conduite et le nombre de franchissements de ligne ou l'erreur standard de la position moyenne du véhicule sur la route.

## 9. DISCUSSION

Cette étude confirme que l'aptitude à la conduite en fin de nuit (entre 4h00 et 7h30) des sujets jeunes est fortement dégradée (Reyner and Horne, 1999; Akerstedt et al., 2005; Sagaspe et al., 2008). Le nombre de franchissements de ligne et l'erreur standard de la position moyenne du véhicule lors du trajet fin de nuit sont significativement plus nombreux et importants que ceux observés lors d'un trajet effectué en journée (15h30 -19h00) et/ou en début de nuit (21h30 -1h00).

La dégradation des performances de conduite est plus importante entre 6h00 et 7h30 qu'entre 4h00 et 5h30.

Comparées à toutes les sessions de conduite, les performances de conduite (nombre de franchissements de ligne et erreur standard de la position moyenne du véhicule) sont meilleures au cours du trajet effectué entre 21h30 et 23h00.

La puissance de la bande thêta-alpha de l'EEG augmente avec la durée de l'éveil, avec un léger infléchissement entre 21h30 et 23h00 comme l'avait démontré Cajochen (Cajochen et al., 1999). En d'autres termes, lors de la conduite fin de nuit, l'EEG des sujets est plus riche en fréquence thêta-alpha qu'en milieu de journée et début de nuit, ce qui signerait un niveau de somnolence plus important en fin de nuit.

Les performances (nombre de lapses et 10% de réponses les plus lentes) mesurées à l'aide d'un test de temps de réaction simple restent stables jusqu'à 23h00. Elles commencent à se dégrader à partir de 1h00 pour atteindre un maximum de dégradation à 7h30. Cette étude confirme les travaux de Van Dijk qui avait déjà démontré que les performances restent stables jusqu'à 16 heures d'éveil pour atteindre un maximum de dégradation autour de 24 heures d'éveil (Dijk et al., 1992).

La somnolence subjective reste stable jusqu'à 23h00. Elle commence à augmenter à partir de 1h00 pour atteindre un maximum à 7h30.

Récemment, nous avons montré que la somnolence estimée juste après le lever permettait de prédire les performances nocturnes mesurées par un test de temps de réaction simple : les performances nocturnes des sujets somnolents au lever étaient meilleures que celles des sujets vigilants au lever (Taillard et al., 2006). A partir de ces résultats, nous avons proposé que l'item clinique « Etes-vous très vigilant au lever ? » permettrait de classer les sujets en sensibles ou résistants à la privation de sommeil.

Dans cette étude nous ne confirmons pas cette hypothèse, les sujets sensibles présentent les mêmes performances nocturnes mesurées par un test de temps de réaction simple que les sujets sensibles. Il en est de même en termes de performances de conduite, les sujets résistants présentant les mêmes performances de conduite nocturne que les sujets sensibles.

Dans l'étude de 2006, nous avons mesuré les performances chez des sujets de chronotypes vespéral ou matinal. Ici, nous mesurons les performances chez des sujets de chronotype intermédiaire, ce qui peut expliquer que nous ne retrouvons pas les mêmes résultats car l'état de vigilance au lever est un des facteurs qui discrimine le mieux les sujets du matin des sujets du soir.

Dans tous les cas, il existe bien des différences interindividuelles dans les performances de conduites lors de la conduite fin de nuit : tandis que 9 sujets n'ont pas pu terminer leur conduite, 12 sujets ont pu terminer leur conduite sans que le technicien de recherche n'intervienne pour remettre le véhicule dans la voie. Il reste donc à déterminer un autre facteur capable d'identifier les sujets sensibles ou résistants à la privation de sommeil dans le cadre de la conduite automobile.

La somnolence estimée avant les trajets automobiles de 90 minutes ne permet pas de prédire les performances de conduite (absence de corrélation entre somnolence subjective et performances de conduite). Ainsi, un sujet qui s'estime vigilant juste avant un trajet automobile de 90 minutes, peut présenter des performances de conduite fortement dégradées et vice versa. Ingre et Coll. avait démontré une liaison entre somnolence subjective et déviation standard de la position latérale du véhicule (Ingre et al., 2006). Dans cette étude, la somnolence était estimée toutes les 5 minutes. Cette somnolence instantanée permettait de prédire les performances de conduite mesurées pendant les 5 minutes qui suivaient l'estimation de la somnolence : plus la somnolence était importante plus l'aptitude à la conduite était dégradée.

Il fallait quand même que la somnolence atteigne des niveaux élevés ( $KSS \geq 7$ ) pour observer une dégradation des performances automobiles. De plus, les auteurs observaient que les performances automobiles présentaient une grande différence interindividuelle indépendante du niveau de somnolence estimée.

Il apparaît que la somnolence subjective ne permet de prédire les performances de conduite qu'au moment précis où la somnolence a été estimée.

Les performances mesurées à l'aide d'un test de temps de réaction simple avant les trajets automobiles de 90 minutes ne permettent pas non plus de prédire les performances de conduite (absence de corrélation entre nombre de lapses ou moyenne des 10% des réponses les plus lentes et performances de conduite). Ainsi, un sujet présentant des performances bonnes avant un trajet automobile peut présenter des performances de conduite fortement dégradées et vice versa.

Il est possible que les performances estimées par un test de temps de réaction ne permettent pas de déterminer les performances de conduites. En effet, une étude avait démontré que la privation du sommeil avait un effet différent sur les performances de plusieurs tests cognitifs (Frey et al., 2004).

La puissance spectrale de la bande thêta-alpha de l'EEG d'éveil mesurée au cours de la conduite automobile ne permet pas de prédire les performances automobiles. Ainsi, un sujet dont l'EEG est riche en ondes thêta-alpha (signe d'une somnolence subjective importante) peut présenter des performances automobiles non dégradées. Anund et coll. ont démontré un lien entre le score de somnolence du test de Karolinska (Karolinska Drowsiness Score (KDS)) et performances automobiles (Anund et al., 2008). Le KDS mesure le pourcentage de temps où l'EEG présente une activité thêta et alpha accompagnée de mouvements oculaires lents (qui signeraient une somnolence physiologique). Lorsque le KDS est supérieur à 20 %, la variabilité de la position latérale augmente significativement et lorsque le KDS est supérieur à 30 %, il y a une augmentation du nombre de franchissement de ligne. Le risque maximum de franchissement de ligne est atteint lorsque le KDS est égal à 40 %. En revanche, lorsque le KDS est supérieur à 50 %, il n'existe plus de liaison avec les performances de conduite confirmant qu'une somnolence très importante n'induit pas forcément de franchissement de ligne « comme si le conducteur serait conscient de son état de somnolence et augmenterait son effort et sa stratégie pour lutter contre le sommeil » (Anund et al., 2008).

Même si la somnolence subjective et objective augmentent lors du trajet de fin de nuit, nous ne trouvons pas de corrélation entre performances de conduite et somnolence subjective estimée avant la conduite et somnolence objective mesurée pendant la conduite contrairement aux études Suédoises (Ingre et al., 2006; Anund et al., 2008). Ces différences s'expliquent entre autres par l'analyse de données utilisées (Cox régression) dans les études Suédoises qui ne prend pas en compte véritablement les différences inter-individuelles.



## **10. RESUME DE VULGARISATION**

La somnolence au volant liée à la privation de sommeil est reconnue comme un facteur majeur de risque d'accidents de la circulation. Les accidents liés à la somnolence se produisent souvent la nuit et touchent surtout les jeunes conducteurs. D'autre part, il existe des sujets résistants à la privation de sommeil, et la somnolence ressentie au lever permettrait d'identifier ces sujets (les sujets s'estimant somnolent au lever, présentaient des performances nocturnes meilleures que les sujets qui s'estiment vigilant au lever). Le but de cette étude est de déterminer les performances de conduite simulée sur des trajets effectués en début (21h30-1h00) et fin de nuit (4h00-7h30) chez des sujets jeunes masculins, et de déterminer si la somnolence subjective estimée avant le trajet, la somnolence objective (Electroencéphalogramme) mesurée pendant le trajet et la somnolence ressentie au lever, permettent de prédire les performances de conduite automobile nocturne. Trente sujets âgés en moyenne de 23 ans ont conduit sur un simulateur automobile pendant 3 heures (2\*90 minutes séparées d'une pause de 30 minutes), en début d'après midi (15h30-19h00), en début de nuit, et en fin de nuit. Les sujets étaient classés comme sensibles à la privation de sommeil s'ils estimaient être vigilants au lever.

L'aptitude à la conduite automobile (franchissement inapproprié de ligne) est fortement dégradée en fin de nuit, augmentant ainsi le risque d'accident, en comparaison à celle mesurée en milieu d'après midi et début de nuit. Certains sujets ont pu terminer leur conduite de fin de nuit sans aucune intervention extérieure tandis que d'autres ont été incapables de terminer cette session de conduite. Nos résultats confirment l'existence de sujets résistants et de sujets sensibles à la privation de sommeil. En revanche, la somnolence ressentie au lever ne permet pas de prédire les performances de conduite automobile nocturne donc de différencier les sujets jeunes sensibles ou résistant à la privation de sommeil. La somnolence subjective estimée avant le trajet, et la somnolence objective (Electroencéphalogramme) mesurée pendant le trajet ne permettent pas, non plus, de prédire à long terme les performances de conduite automobile nocturne. Ainsi, la somnolence subjective avant ou même pendant le trajet ne permet pas d'anticiper les performances de conduite à venir.

## **11. DISSEMINATION**

Poster présenté au 22<sup>ème</sup> meeting of Associated Professionnel Sleep Societies (Baltimore, 7-12 Juin 2008) :

- Taillard J., Chaumet G., Sagaspe P., Boiseau A., Philip P., Espié S. *Time awake and nocturnal driving performances*. 22<sup>ème</sup> congrès APSS, BALTIMORE, 2008.

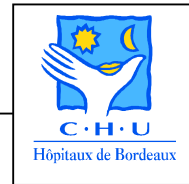
Présentation orale au 23<sup>ème</sup> Congrès de la Société Française de Recherche et de Médecine du Sommeil, (Lille, 20-22 Novembre 2008) :

- Taillard J., Boiseau A., Sagaspe P., Chaumet G., Philip P. *La vigilance moyenne au lever ne prédit pas l'aptitude à la conduite automobile simulée et les performances nocturness*. 23<sup>ème</sup> congrès SFRMS, LILLE, 2008.

Un article scientifique est en cours de préparation et sera publié dans une revue de langue anglaise avec comité de lecture.

## 12. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aeschbach D., Matthews J. R., Postolache T. T., et al. (1999). "Two circadian rhythms in the human electroencephalogram during wakefulness". *Am J Physiol*, **277** (6 Pt 2): R1771-9.
- Akerstedt T., Peters B., Anund A., et al. (2005). "Impaired alertness and performance driving home from the night shift: a driving simulator study". *J Sleep Res*, **14** (1): 17-20.
- Anund A., Kecklund G., Peters B., et al. (2008). "Driver impairment at night and its relation to physiological sleepiness". *Scand J Work Environ Health*, **34** (2): 142-50.
- Cajochen C., Brunner D. P., Krauchi K., et al. (2000). "EEG and subjective sleepiness during extended wakefulness in seasonal affective disorder: circadian and homeostatic influences". *Biol Psychiatry*, **47** (7): 610-7.
- Cajochen C., Khalsa S. B., Wyatt J. K., et al. (1999). "EEG and ocular correlates of circadian melatonin phase and human performance decrements during sleep loss". *Am J Physiol*, **277** (3 Pt 2): R640-9.
- Connor J., Norton R., Ameratunga S., et al. (2002). "Driver sleepiness and risk of serious injury to car occupants: population based case control study". *Bmj*, **324** (7346): 1125.
- Dawson D. and Reid K. (1997). "Fatigue, alcohol and performance impairment". *Nature*, **388** (6639): 235.
- Dijk D. J., Duffy J. F. and Czeisler C. A. (1992). "Circadian and sleep/wake dependent aspects of subjective alertness and cognitive performance". *J Sleep Res*, **1** (2): 112-7.
- Frey D. J., Badia P. and Wright K. P., Jr. (2004). "Inter- and intra-individual variability in performance near the circadian nadir during sleep deprivation". *J Sleep Res*, **13** (4): 305-15.
- Gillberg M., Kecklund G. and Akerstedt T. (1994). "Relations between performance and subjective ratings of sleepiness during a night awake". *Sleep*, **17** (3): 236-41.
- Graw P., Krauchi K., Knoblauch V., et al. (2004). "Circadian and wake-dependent modulation of fastest and slowest reaction times during the psychomotor vigilance task". *Physiol Behav*, **80** (5): 695-701.
- Horne J. A. and Reyner L. A. (1995). "Sleep related vehicle accidents". *Bmj*, **310** (6979): 565-7.
- Ingre M., Akerstedt T., Peters B., et al. (2006). "Subjective sleepiness, simulated driving performance and blink duration: examining individual differences". *J Sleep Res*, **15** (1): 47-53.
- Leproult R., Colecchia E. F., Berardi A. M., et al. (2003). "Individual differences in subjective and objective alertness during sleep deprivation are stable and unrelated". *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, **284** (2): R280-90.



- Menzin J., Lang K. M., Levy P., et al. (2001). "A general model of the effects of sleep medications on the risk and cost of motor vehicle accidents and its application to France". Pharmacoeconomics, **19** (1): 69-78.
- Philip P., Sagaspe P., Moore N., et al. (2005). "Fatigue, sleep restriction and driving performance". Accid Anal Prev, **37** (3): 473-8.
- Philip P., Taillard J., Sagaspe P., et al. (2004). "Age, performance and sleep deprivation". J Sleep Res, **13** (2): 105-10.
- Philip P., Vervialle F., Le Breton P., et al. (2001). "Fatigue, alcohol, and serious road crashes in France: factorial study of national data". Bmj, **322** (7290): 829-30.
- Reyner L. A. and Horne J. A. (1999). "Early morning driver sleepiness: effectiveness of 200 mg caffeine". Psychophysiology, **37**: 1-6.
- Sagaspe P., Taillard J., Akerstedt T., et al. (2008). "Extended driving impairs nocturnal driving performances". PLoS ONE, **3** (10): e3493.
- Sagberg F. (1999). "Road accidents caused by drivers falling asleep". Accid Anal Prev, **31** (6): 639-49.
- Taillard J., Moore N., Claustrat B., et al. (2006). "Nocturnal sustained attention during sleep deprivation can be predicted by specific periods of subjective daytime alertness in normal young humans". J Sleep Res, **15** (1): 41-45.
- Van Dongen H. P., Baynard M. D., Maislin G., et al. (2004). "Systematic interindividual differences in neurobehavioral impairment from sleep loss: evidence of trait-like differential vulnerability". Sleep, **27** (3): 423-33.