

Véhicules utilitaires

Étude sur le pouvoir de récupération associé aux périodes de repos chez les conducteurs



Transports
Canada

Transport
Canada

Canada 

AVIS

Le présent document est diffusé sous l'égide de Transports Canada et de l'Institut canadien de recherche en camionnage afin d'échanger de l'information. Transports Canada et l'Institut canadien de recherche en camionnage n'assument aucune responsabilité quant à son contenu ou à son utilisation. Le contenu de ce rapport reflète les points de vue des auteurs, qui sont responsables des faits et de l'exactitude des données qui y sont présentées. Le contenu ne traduit pas nécessairement la politique de Transports Canada ou de l'Institut canadien de recherche en camionnage.

Transports Canada et l'Institut canadien de recherche en camionnage n'endossent pas les produits ou les fabricants. Les marques de commerce ou les noms des fabricants ne figurent dans ce document que s'ils sont considérés essentiels à son objectif.

Ce rapport ne constitue pas une norme, une spécification ou un règlement.

**ÉTUDE SUR LE POUVOIR DE RÉCUPÉRATION
ASSOCIÉ AUX PÉRIODES DE REPOS
CHEZ LES CONDUCTEURS DE VÉHICULES UTILITAIRES**

Préparée par

Centre de développement des transports
Sécurité et sûreté
Transports Canada

Institut canadien de recherche en camionnage
Association canadienne du camionnage

Avril 1997

Les opinions exprimées dans ce rapport sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles du Centre de développement des transports.

Ce rapport est aussi disponible en anglais à Transports Canada sous le titre «Commercial Motor Vehicle Driver Rest Periods and Recovery of Performance» TP 12850E.

This report is also available in English from Transport Canada under the title “Commercial Motor Vehicle Driver Rest Periods and Recovery of Performance” TP 12850E.



1. N° de la publication de Transports Canada TP 12850F	2. N° de l'étude 8356	3. N° de catalogue du destinataire		
4. Titre et sous-titre Étude sur le pouvoir de récupération associé aux périodes de repos chez les conducteurs de véhicules utilitaires		5. Date de la publication Avril 1997		
		6. N° de document de l'organisme exécutant		
7. Auteur(s) C.D. Wylie, T. Shultz, J.C. Miller, et M.M. Mitler		8. N° de dossier - Transports Canada ZCD1450-110-9		
9. Nom et adresse de l'organisme exécutant Essex Corporation 5775 Dawson Avenue Goleta, CA 93117		10. N° de dossier - TPSGC		
		11. N° de contrat - TPSGC ou Transports Canada T8200-3-3531/01-XSD		
12. Nom et adresse de l'organisme parrain Centre de développement des transports (CDT) 800, boul. René-Lévesque Ouest 6^e étage Montréal (Québec) H3B 1X9		13. Genre de publication et période visée Final		
		14. Agent de projet S. Vespa		
15. Remarques additionnelles (programmes de financement, titres de publications connexes, etc.) Nos remerciements à l'U.S. Federal Highway Administration (FHWA) pour avoir mis à notre disposition une partie du matériel de saisie de données et pour sa collaboration dans ce domaine. Nos remerciements aussi à l'Institut canadien de recherche en camionnage pour son concours financier. Rapports complémentaires : 1) TP 12875E Commercial Motor vehicle Driver Fatigue and Alertness Study (aux États-Unis disponible auprès de la FHWA sous le numéro FHWA-MC-97-002); et TP 12876F Étude sur la fatigue et la vigilance chez les conducteurs de véhicules utilitaires - Sommaire technique (aux États-Unis disponible auprès de la FHWA sous le numéro FHWA-MC-97-001).				
16. Résumé <p>La présente recherche avait pour objet de vérifier l'effet éventuel d'une récupération au bout d'une période de repos d'un ou de deux jours, ou sans repos du tout, sur la fatigue et la vigilance des conducteurs. L'hypothèse retenue au départ était qu'on pourrait observer une certaine récupération se manifestant dans les variables dépendantes mesurées lors de la reprise du travail.</p> <p>Elle a fait appel à 25 des 40 conducteurs canadiens ayant participé aux deux protocoles canadiens faisant partie de l'Étude canado-américaine sur la fatigue et la vigilance au volant chez les conducteurs de véhicules utilitaires. Les données correspondantes avaient été recueillies lors des 55 voyages complémentaires effectués à l'issue de l'étude principale. Cinq autres protocoles ont été mis en oeuvre, comportant un maximum de huit jours de travail, se caractérisant par 12 heures, 36 heures et 48 heures de repos après la quatrième journée travaillée. De ces cinq protocoles, trois comportaient une période de repos de 36 heures, au bout de laquelle les conducteurs selon deux protocoles devaient travailler quatre autres journées consécutives, et ceux selon le troisième n'en travaillaient qu'une seule. Quant aux deux protocoles restant, ils comprenaient une période de repos de 12 heures et de 48 heures, respectivement, au bout de laquelle les conducteurs effectuaient une autre journée de travail.</p> <p>Pour cette étude complémentaire, les procédures et le matériel de saisie de données ont été les mêmes que pour l'étude principale et leur description est donnée dans le rapport final publié à l'issue de cette dernière. Diagrammes électroencéphalographiques, enregistrements des expressions faciales, mesures des déviations de trajectoires et résultats des tests auto-administrés, aidés par ordinateurs, ont été parmi les données analysées. À cause du plus petit nombre de conducteurs ayant participé à l'étude complémentaire, les analyses statistiques n'ont pas réussi à cerner les symptômes de récupération avec autant de précision que durant l'étude principale.</p> <p>Dans le cas des conducteurs ayant eu une période de repos de 36 heures (équivalent à un jour de travail) : 1) aucun symptôme de récupération n'a pu être objectivement observé; 2) une certaine amélioration dans les auto-diagnostics a été constatée sans que l'on puisse déterminer si cette amélioration ne serait pas une simple impression de récupération ressentie par les conducteurs; 3) pour les conducteurs commençant leur quart au milieu de la journée, une légère augmentation dans le nombre d'heures de sommeil durant la période de repos a été observée; 4) pour ceux qui commençaient la nuit, il a été constaté que la période de repos gênait le déroulement normal du cycle travail-repos, les conducteurs finissant par avoir moins d'heures de sommeil durant la période de repos.</p> <p>Dans le cas des conducteurs ayant eu une période de repos de 48 heures (équivalent à 2 jours de travail), aucun symptôme de récupération n'a pu être objectivement observé, les analyses statistiques n'ayant pas réussi non plus à cerner les symptômes de récupération à cause des variations aléatoires résultant du trop petit nombre de participants.</p>				
17. Mots clés Camionneur, fatigue, vigilance, conducteurs de véhicules utilitaires, travail par roulement, performance des camionneurs, récupération, repos, heures de service		18. Diffusion Le Centre de développement des transports dispose d'un nombre limité d'exemplaires.		
19. Classification de sécurité (de cette publication) Non classifiée	20. Classification de sécurité (de cette page) Non classifiée	21. Déclassification (date) —	22. Nombre de pages xv, 28, ann.	23. Prix —



1. Transport Canada Publication No. TP 12850F		2. Project No. 8356		3. Recipient's Catalogue No.	
4. Title and Subtitle Étude sur le pouvoir de récupération associé aux périodes de repos chez les conducteurs de véhicules utilitaires				5. Publication Date April 1997	
				6. Performing Organization Document No.	
7. Author(s) C.D. Wylie, T. Shultz, J.C. Miller, and M.M. Mitler				8. Transport Canada File No. ZCD1450-110-9	
9. Performing Organization Name and Address Essex Corporation 5775 Dawson Avenue Goleta, CA 93117				10. PWGSC File No.	
				11. PWGSC or Transport Canada Contract No. T8200-3-3531/01-XSD	
12. Sponsoring Agency Name and Address Transportation Development Centre (TDC) 800 René Lévesque Blvd. West 6th Floor Montreal, Quebec H3B 1X9				13. Type of Publication and Period Covered Final	
				14. Project Officer S. Vespa	
15. Supplementary Notes (Funding programs, titles of related publications, etc.) The cooperation of the U.S. Federal Highway Administration (FHWA) in making available some of the equipment used in this study and in coordination of data collection schedules was greatly appreciated. The financial contribution of the Canadian Trucking Research Institute is gratefully acknowledged. Companion reports: 1) TP 12875E, Commercial Motor Vehicle Driver Fatigue and Alertness Study (also available from U.S. FHWA as report no. FHWA-MC-97-002); 2) TP 12876E, Commercial Motor Vehicle Driver Fatigue and Alertness Study: Technical Summary (also available from U.S. FHWA as report no. FHWA-MC-97-001).					
16. Abstract <p>The purpose of this study was to assess the "recovery" effect of zero, one and two workdays off on driver fatigue and alertness. It was hypothesized that there would be some level of improvement in dependent measures of driver performance on trips following the time off.</p> <p>The study involved 25 of the 40 drivers who participated in the two Canadian observational Conditions of the joint study by Canada and the U.S. known as the Commercial Motor Vehicle Driver Fatigue and Alertness Study (DFAS). Field data were collected from 55 trips, in addition to those of the DFAS, and resulted in five new observational Conditions that spanned a maximum of eight workdays, nominally with 12 hours, 36 hours and 48 hours of time off after the fourth workday. Three conditions included the 36-hour off-duty period, of which two had drivers do four more workdays following time off while the third had drivers do one more workday. Two conditions included twelve and 48 hours of time off and these had one more workday follow the time off.</p> <p>The data collection equipment and procedures were similar to those of the DFAS study and were described in detail in the final report issued on that project. Measures, which were identical to those used in the DFAS, included EEG, face video recordings, vehicle lane tracking, and computerized surrogate performance tests. Because of the smaller number of drivers who participated in this "recovery" study by comparison with the DFAS, the statistical tests did not have the same power to detect effects.</p> <p>For one workday off (i.e., 36 hours), there was: 1) no objective evidence of driver recovery; 2) some improvement in driver subjective feeling reflected by self-rating, although this could be a reflection of driver expectation of recovery; 3) for day-start drivers, some increase in the amount of sleep obtained during time off; and 4) for night-start drivers, interference with work-rest patterns and less sleep during time off.</p> <p>For two workdays off (i.e., 48 hours), there was no objective evidence of driver recovery although the statistical power of the tests to detect recovery effects was not high because of random variation associated with the smaller number of drivers.</p>					
17. Key Words Truck driver, fatigue, alertness, CMV drivers, vigilance, shiftwork, driver performance, recovery, rest, hours of service				18. Distribution Statement Limited number of copies available from the Transportation Development Centre	
19. Security Classification (of this publication) Unclassified		20. Security Classification (of this page) Unclassified		21. Declassification (date) —	22. No. of Pages xv, 28, apps
					23. Price —

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le transporteur routier et les conducteurs volontaires qui ont participé à la présente étude.

SOMMAIRE

La présente recherche avait pour objet de vérifier l'effet éventuel d'une récupération au bout d'une période de repos d'un ou de deux jours, ou sans repos du tout, sur la fatigue et la vigilance des conducteurs de véhicules utilitaires faisant le nombre maximal d'heures de conduite par semaine selon la loi canadienne, c'est-à-dire 60 heures. L'hypothèse retenue au départ était qu'on pourrait observer une certaine récupération se manifestant dans les variables dépendantes mesurées lors de la reprise du travail.

Elle a fait appel à 25 des 40 conducteurs canadiens ayant participé aux deux protocoles canadiens C3-13débutnuit et C4-13débutjour faisant partie de l'Étude canado-américaine sur la fatigue et la vigilance au volant chez les conducteurs de véhicules utilitaires. Les données correspondantes avaient été recueillies lors des 55 voyages complémentaires effectués à l'issue de l'étude principale. Cinq autres protocoles ont été mis en oeuvre, comportant un maximum de huit jours de travail, se caractérisant par 12 heures, 36 heures et 48 heures de repos après la quatrième journée travaillée. De ces cinq protocoles, trois comportaient une période de repos de 36 heures, au bout de laquelle les conducteurs selon deux protocoles devaient travailler quatre autres journées consécutives, et ceux selon le troisième n'en travaillaient qu'une seule. Quant aux deux protocoles restant, ils comprenaient une période de repos de 12 heures et de 48 heures, respectivement, au bout de laquelle les conducteurs effectuaient une autre journée de travail.

Pour cette étude complémentaire, les procédures et le matériel de saisie de données ont été les mêmes que pour l'étude principale et leur description a été donnée dans le rapport final publié à l'issue de cette dernière. Diagrammes électroencéphalographiques, enregistrements des expressions faciales, mesures des déviations de trajectoires et résultats des tests auto-administrés, aidés par ordinateurs, ont été parmi les données analysées à la recherche de symptômes de fatigue et de symptômes de récupération se manifestant après la période de repos. Aucune récupération n'a pu être observée, quelle que soit la variable analysée, bien que les auto-diagnostics aient indiqué une certaine amélioration et que les conducteurs commençant leur quart au milieu d'une journée aient déclaré avoir eu plus d'heures de sommeil grâce à la période de repos. À cause du plus petit nombre de conducteurs ayant participé à l'étude complémentaire, les analyses statistiques n'ont pas réussi à cerner les symptômes de récupération avec autant de précision que durant l'étude principale. Il a été constaté que la fiabilité statistique des résultats variait selon le protocole analysé, c'est-à-dire selon l'écart dans le nombre de participants et de journées travaillées.

Dans le cas des trois conducteurs n'ayant eu aucune période de repos séparant les cinq jours travaillés, l'écart type dans les déviations de trajectoires a évolué vers des valeurs supérieures. Entre les quatrième et cinquième jours de travail, aucune différence significative n'a été observée dans les tests auto-administrés. Les données tirées de ce protocole ont été celles les plus susceptibles de variations aléatoires en raison du trop petit nombre de participants.

Dans le cas des 16 conducteurs ayant eu une période de repos de 36 heures (équivalant à un jour de travail), aucun symptôme de récupération n'a pu être objectivement observé : l'écart type dans les déviations de trajectoires et un test auto-administré (Test de vigilance simple) ont indiqué une

détérioration progressive de la vigilance, sans aucune récupération après la période de repos de 36 heures. Une certaine amélioration dans les auto-diagnostics a été constatée des tests d'appréciation de l'état de somnolence selon l'échelle Stanford, sans que l'on puisse déterminer si cette amélioration ne serait pas une simple impression de récupération ressentie par les conducteurs. Pour les conducteurs commençant leur quart au milieu de la journée (vers midi), une légère augmentation dans le nombre d'heures de sommeil durant la période de repos a été observée. Pour ceux qui commençaient la nuit (vers minuit), il a été constaté que la période de repos gênait le déroulement normal du cycle travail-repos, les conducteurs finissant par avoir moins d'heures de sommeil durant la période de repos. Les conducteurs selon le protocole débutnuit semblaient retrouver le cycle veille-sommeil du protocole débutjour durant leur période de repos, malgré le peu de temps à leur disposition pour effectuer une transition complète.

Dans le cas des six conducteurs ayant eu une période de repos de 48 heures (équivalant à 2 jours de travail), aucun symptôme de récupération n'a pu être objectivement observé, les analyses statistiques n'ayant pas réussi non plus à cerner les symptômes de récupération à cause des variations aléatoires résultant du trop petit nombre de participants.

Il a été recommandé de reprendre les mêmes méthodes dans le cadre d'une nouvelle étude faisant appel à un nombre plus élevé de participants, de façon à accroître la sensibilité des tests. Et d'en profiter pour étudier l'effet de périodes de repos plus étendues, dans le but de déterminer celle qui permettrait une pleine récupération de la part des conducteurs travaillant selon des protocoles différents : de jour, de nuit, tournants ou irréguliers.

SUMMARY

The purpose of this study was to assess the “recovery” effect of zero, one and two workdays off, after having accumulated the maximum number of hours permitted in a seven-day period by the Canadian hours-of-service regulations (e.g., 60 hours), on driver fatigue and alertness. It was hypothesized that there would be some level of improvement in dependent measures of driver performance on trips following the time off.

The study involved 25 of the 40 drivers who participated in the two Canadian observational conditions (C3-13nightstart and C4-13daystart) of the joint study by Canada and the U.S. known as the Commercial Motor Vehicle Driver Fatigue and Alertness Study (DFAS). Field data was collected during 55 trips made following those of the DFAS, and resulted in five new observational conditions that spanned a maximum of eight workdays, nominally with 12 hours, 36 hours and 48 hours of time off after the fourth workday. Three conditions included the 36-hour off-duty period, of which two had drivers do four more workdays following the time off while the third had drivers do one more workday. Two conditions included 12 and 48 hours of time off and these had one more workday follow the time off.

The data collection equipment and procedures were similar to those of the DFAS and were described in detail in the final report issued on that project. Data collected included EEG, face video recordings, vehicle lane tracking, and computerized surrogate performance tests. The data was examined for evidence of fatigue and any recovery effects due to days off-duty. No evidence of recovery due to time off was seen in any of the measures used in this study, although the drivers’ self-reports improved and drivers working shifts that started during the day got more sleep with time off. Because of the smaller number of drivers who participated in this “recovery” study by comparison with the DFAS, the statistical tests did not have the same power to detect effects. The statistical reliability of results varied by observational condition due to differences in the number of drivers and workdays.

For three drivers taking no workday off, lane tracking standard deviation trended upward (indicating worsening performance) across the five workdays. There were no statistically significant surrogate performance test score changes between Trips 4 and 5. The results from this Condition are the most subject to random variation due to the small number of drivers involved.

For sixteen drivers taking one workday off (e.g., 36 hours off), there was no objective evidence of driver recovery of performance. One measure of driving performance Lane Tracking Standard Deviation (LTSD) and one surrogate performance test (Simple Response Vigilance Test) showed deteriorating performance across trips, with no recovery from the 36-hour off-duty period. Some improvement in driver subjective feeling was observed from their self-rating on the Stanford Sleepiness Scale although it is not known whether this was a reflection of driver expectation of recovery. For drivers working shifts that started during the day (e.g., about noon), there was some increase in the amount of sleep obtained during time off. For drivers working shifts that started during the night (e.g., about midnight), the time off seemed to interfere with work-rest patterns and they appeared to obtain less sleep during the time off. In all likelihood, drivers working the night-starting

shifts resumed day shift sleep-wake patterns on their time off even though the amount of time off was insufficient for accommodation.

For six drivers taking two workdays off (e.g., 48 hours off), there was no objective evidence of driver recovery although the statistical power of the tests to detect recovery effects was not high because of random variation associated with the small number of drivers involved.

It was recommended that the test methodology used in this study be repeated with a larger number of subjects to improve the sensitivity of the tests. The effects of longer off-duty periods should also be investigated, with the objective of establishing the duration required for “full” driver recovery, for day, night, rotating and irregular schedules.

TABLE DES MATIÈRES

PARTIE 1. INTRODUCTION	1
Objectifs de l'étude	1
Contexte	1
Étude sur la fatigue et la vigilance des conducteurs (EFVC)	2
Étude sur la récupérations, méthodologie et démarche d'analyse des données	2
 PARTIE 2. HORAIRES DE TRAVAIL ET PROTOCOLES D'EXPÉRIMENTATION	4
 PARTIE 3. RÉSULTATS DE L'ANALYSE DES DONNÉES	8
EEG et autres mesures prises pendant le sommeil	8
Durée du sommeil et repos d'un jour (36 heures) chez les conducteurs des protocoles 3-5 (débutnuit) et 4-9 (débutjour)	9
Durée du sommeil et repos de zéro, un ou deux jour(s) chez les conducteurs des protocoles 4-6, 4-7 et 4-8	10
Enregistrements vidéo du visage des conducteurs	11
Déviations de trajectoires	11
Tests de performance complémentaires	15
Résultats obtenus au fil des huit voyages et effet d'un jour (36 heures) de repos après quatre voyages	16
Test de substitution (CS)	16
Test de poursuite (CTT)	19
Nombre de pertes de vigilance pendant le test de vigilance simple (SRVT)	19
Scores de vigilance RVS tirés du test de vigilance simple (SRVT)	22
Effet de la durée du repos sur la performance	23
Aucun jour de repos, (protocole 4-6)	24
Un jour de repos (36 heures), protocoles 3-5, 4-7 et 4-9	24
Deux jours de repos (48 heures), protocole 4-8	25
Sommaire des résultats aux tests complémentaires	25
Comparaison des deux séquences de quatre voyages séparées par un jour de repos	25
Effet sur la performance de 0, 1, et 2 jour(s) de repos	26

PARTIE 4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	26
Conclusions.....	26
Un jour (36 heures) de repos.....	26
Prévalence de la somnolence	26
Déviations de trajectoires.....	27
Tests de performance complémentaires	27
Auto-diagnostics	27
Durée du sommeil.....	28
Conclusion globale	28
Aucune période et période de deux jours de repos	28
Recommandations.....	28

ANNEXE 1

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Protocoles et horaires de conduite, étude sur la récupération et EFVC	6
Tableau 2	Résultats de l'analyse de variance appliquée aux résultats au test CS pour les protocoles 3-5 (débutnuit) et 4-9 (débutjour), mettant en parallèle la première et la deuxième séquence de quatre voyages	16
Tableau 3	Heures médianes du début des séances de tests complémentaires	17
Tableau 4	Écarts des résultats aux tests de performance complémentaires entre les voyages 4 et 5 des conducteurs du protocole 4-6 (débutjour), qui n'ont pris aucune période de repos.....	24
Tableau 5	Écarts des résultats aux tests de performance complémentaires entre les voyages 4 et 5 des conducteurs des protocoles 3-5 (débutnuit), 4-7 (débutjour) et 4-9 (débutjour), qui ont pris une journée (36 heures) de repos	24
Tableau 6	Écarts des résultats aux tests de performance complémentaires entre les voyages 4 et 5 des conducteurs du protocole 4-8 (débutjour), qui ont pris deux jours (48 heures) de repos	25

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Programme de saisie de données et démarche d'étude	3
Figure 2a	Horaires de conduite observés pour les protocoles 3-5 (débutnuit), 4-6 (débutjour) et 4-7 (débutjour).....	7
Figure 2b	Horaires de conduite observés pour les protocoles 4-8 (débutjour) et 4-9 (débutjour).	8
Figure 3	Durée du sommeil chez les conducteurs des protocoles 3-5 (débutnuit) et 4-9 (débutjour), avant et après la période de repos de 36 heures.....	9
Figure 4	Durée du sommeil des conducteurs des protocoles 4-6, 4-7 et 4-8, (départ de jour et repos de 12, 36 ou 48 heures, respectivement).....	10
Figure 5a	Proportion des épisodes jugés «somnolents», protocole 3-5 (débutnuit), séquence 1 (voyages 1 à 4), séquence 2 (voyages 5 à 8)	12
Figure 5b	Proportion des épisodes jugés «somnolents» protocole 4-9 (débutjour), séquence 1 (voyages 1 à 4), séquence 2 (voyages 5 à 8)	12
Figure 6	Déviations standard de trajectoire, protocole 3-5 (débutnuit), avec période de repos de 36 heures après le voyage 4.....	13
Figure 7	Déviations standard de trajectoire, protocole 4-9 (débutnuit), avec période de repos de 36 heures après le voyage 4.....	13
Figure 8	Déviations standard de trajectoire, protocole 4-6 (débutjour), sans période de repos après le voyage 4	14
Figure 9	Déviations standard de trajectoire, protocole 4-7 (débutjour), avec période de repos de 36 heures après le voyage 4.....	14
Figure 10	Déviations standard de trajectoire, protocole 4-8 (débutjour), avec période de repos de 48 heures (2 jours) après le voyage 4	15
Figure 11	Scores CS combinés des conducteurs des protocoles 3-5 (débutnuit) et 4-9 (débutjour) montrant une amélioration d'un voyage à l'autre.....	17
Figure 12	Scores Z moyens au test CS des conducteurs du protocole 3-5 (débutnuit), illustrant une amélioration des résultats obtenus le jour, à la séance 4.....	18
Figure 13	Scores Z moyens au test CS des conducteurs du protocole 4-9 (débutjour), indiquant une détérioration des résultats aux séances 2 et 4, qui avaient lieu la nuit.....	18
Figure 14	Résultats au test CTT des conducteurs des protocoles 3-5 (débutnuit) et 4-9 (débutjour), par voyage	19
Figure 15	Pertes de vigilance chez les conducteurs du protocole 3-5 (débutnuit), selon la séance de tests.....	20
Figure 16	Pertes de vigilance chez les conducteurs du protocole 4-9 (débutjour), selon la séance de tests.....	21

Figure 17	Nombre de pertes de vigilance et auto-diagnostics sur l'échelle de Stanford par voyage, pour les conducteurs des protocoles 3-5 (débutnuit) et 4-9 (débutjour).....	21
Figure 18	Résultats RVS à chaque séance de tests des conducteurs des protocoles 3-5 (débutnuit) et 4-9 (débutjour), par numéro d'ordre du voyage	22
Figure 19	Résultats RVS à chaque séance de tests des conducteurs du protocole 3-5 (débutnuit), regroupés par numéro d'ordre du voyage	23

ÉTUDE SUR LE POUVOIR DE RÉCUPÉRATION ASSOCIÉ AUX PÉRIODES DE REPOS CHEZ LES CONDUCTEURS DE VÉHICULES UTILITAIRES

Le présent rapport technique rend compte des travaux menés en marge de l'Étude sur le pouvoir de récupération associé aux périodes de repos chez les conducteurs de véhicules utilitaires (soit l'étude sur la «récupération»), réalisée sous les auspices de Transports Canada. Les données de cette recherche ont été colligées parallèlement à celles de l'étude canado-américaine sur la fatigue et la vigilance chez les conducteurs de véhicules utilitaires (EFVC)¹.

Ce rapport est divisé en quatre parties. L'introduction (partie 1) présente les objectifs de l'étude, situe celle-ci dans son contexte et donne les grandes lignes de la méthodologie utilisée et de la démarche d'analyse des données. La partie 2 décrit les cycles travail-repos qui ont servi de protocoles d'expérimentation. La partie 3 présente les résultats de l'étude, soit les modifications des enregistrements électroencéphalographiques et des autres mesures prises pendant le sommeil; l'état de somnolence des conducteurs tel qu'apprécié à partir d'enregistrements vidéo de leurs expressions faciales; les déviations de trajectoires du véhicule; et les résultats des conducteurs à des tests de performance complémentaires informatisés. La partie 4 présente les conclusions et les recommandations de l'étude.

PARTIE 1. INTRODUCTION

OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Cette étude avait pour objet d'évaluer l'effet «récupérateur» de périodes de repos de zéro, un ou deux jour(s) sur la fatigue et la perte de vigilance, chez des conducteurs ayant accumulé le maximum d'heures au volant en sept jours autorisé par la réglementation canadienne, c'est-à-dire 60 heures. L'hypothèse posée était qu'il y aurait une certaine amélioration des valeurs des variables dépendantes de la performance au volant au cours des voyages postérieurs à la période de repos.

CONTEXTE

En 1993, le Centre de développement des transports (CDT) de Transports Canada attribuait un marché à la Essex Corporation visant la collecte de données sur certains des conducteurs affectés aux deux protocoles canadiens de l'EFVC, au cours de voyages qu'ils effectueraient en sus des trajets

¹ *Étude sur la fatigue et la vigilance chez les conducteurs de véhicules utilitaires.* Wylie, Shultz, Miller, Mitler, et Mackie, octobre 1996. On peut obtenir ce rapport en s'adressant à Transports Canada (TP 12875F) ou à la U.S. Federal Highway Administration (FHWA-MC-97-002).

prévus par l'étude canado-américaine. Transports Canada souhaitait obtenir ainsi des données scientifiques objectives sur la durée du repos nécessaire à un conducteur pour éliminer la fatigue accumulée, en vue de revoir certains aspects des règles sur les heures de service. Cette collecte de données supplémentaires a fait une utilisation efficace de la large gamme d'équipements scientifiques et logistiques déjà à pied d'oeuvre et des procédures établies aux fins de l'étude principale. Le moment était particulièrement bien choisi pour entreprendre cette étude sur la récupération, en raison d'une proposition soumise par l'industrie canadienne aux gouvernements provinciaux et fédéral visant à établir une règle de «remise à zéro» en guise d'élément pivot d'un règlement révisé sur les heures de service. Cette proposition prévoit l'instauration d'une période de repos de 36 heures qui permettrait aux conducteurs de «se remettre à zéro» après avoir atteint le maximum de 60 heures de service.

ÉTUDE SUR LA FATIGUE ET LA VIGILANCE DES CONDUCTEURS (EFVC)

La collecte des données de l'EFVC a duré 16 semaines et a porté sur 80 conducteurs, répartis en quatre groupes de 20 (deux au Canada et deux aux États-Unis), soumis à quatre protocoles d'expérimentation différents. La figure 1 présente le programme global de collecte de données de l'EFVC ainsi que le plan de l'étude. Celle-ci visait à approfondir, en service payant, les facteurs considérés contributifs à l'apparition des symptômes de fatigue, de perte de vigilance et de diminution de la performance au volant chez les conducteurs de véhicules utilitaires. Parmi les facteurs étudiés, mentionnons : le nombre d'heures ininterrompues de conduite par trajet; le nombre de jours de travail consécutifs; le moment de la journée où la conduite a lieu; et la régularité des horaires.

ÉTUDE SUR LA RÉCUPÉRATION, MÉTHODOLOGIE ET DÉMARCHE D'ANALYSE DES DONNÉES

Pour la présente étude sur la récupération, les données sur le terrain ont été colligées auprès de 25 des 40 conducteurs canadiens de l'EFVC, lesquels ont effectué 55 voyages supplémentaires, après leurs trajets de l'EFVC. Cinq nouveaux protocoles ont ainsi été établis (voir le tableau 1). Tous comportaient une période maximale de huit jours de travail, interrompue par 12 heures, 36 heures ou 48 heures de repos après le quatrième jour. Trois protocoles comportaient une période de repos de 36 heures suivie, dans deux cas, de quatre autres jours de travail, et, dans l'autre cas, d'un seul jour en service. Les deux protocoles restants prévoyaient respectivement des repos de 12 heures et de 48 heures, suivis d'un jour de travail. Le matériel et les procédures de collecte de données étaient similaires à ceux de l'EFVC, dont le rapport final donne la description détaillée.

Les horaires de travail utilisés pour cette étude sur la récupération ont été établis par Transports Canada et fournis à Essex. Les horaires ont été aménagés de manière à tirer parti du fait

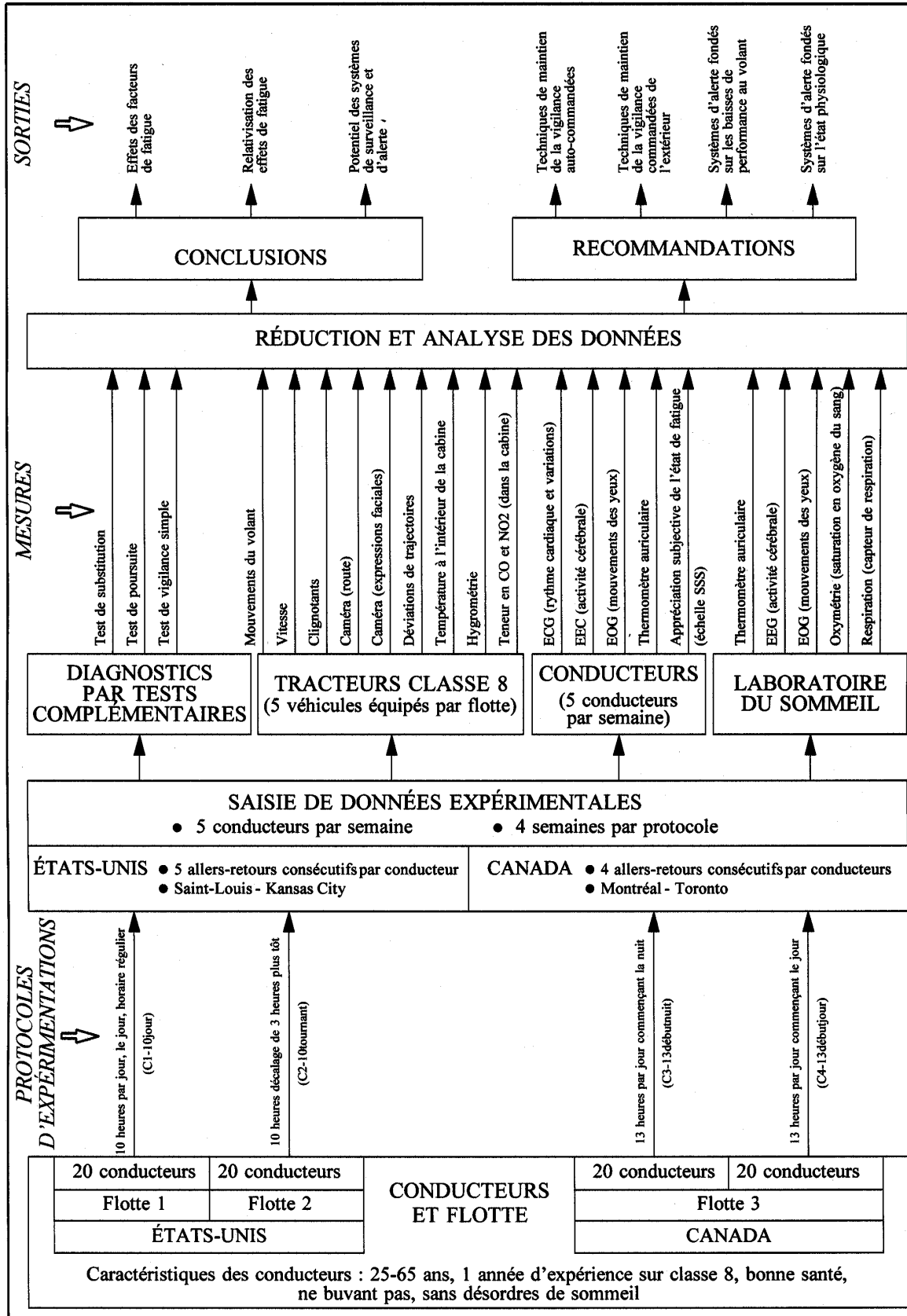


Figure 1. Programme de saisie de données et démarche d'étude

que chaque groupe de cinq conducteurs participant à l'EFVC atteignait normalement le maximum d'heures au volant autorisé par la réglementation canadienne (60 heures sur sept jours) à la fin du quatrième jour de travail. Ils devaient alors quitter l'étude, laissant les cinq tracteurs instrumentés inexploités pendant trois jours, soit jusqu'à l'arrivée du groupe suivant de cinq conducteurs. Or, les dispositions de la réglementation canadienne sur les heures de service concernant les cycles de 14 jours (lesquelles autorisent 120 heures de service sur une période de 14 jours consécutifs, pour autant qu'un repos de 24 heures soit pris avant la soixante-quinzième heure), permettaient de garder les conducteurs en service pendant les trois autres jours de chaque semaine. De plus, à la fin de la collecte des données au terme de la quatrième semaine de chacun des deux protocoles canadiens, la participation de chaque groupe de cinq conducteurs a été prolongée de quatre jours par le report du début de la collecte de données associées au protocole subséquent de l'EFVC. Comme les travaux de l'EFVC étaient déjà en cours lorsque la décision de mener la présente étude sur la récupération a été prise, et en raison du temps nécessaire pour établir la méthodologie et pour acheter le matériel supplémentaire, les quinze premiers conducteurs du protocole 3 (C3-13débutnuit) n'ont pu être intégrés à l'étude.

Les données recueillies aux fins de l'étude sur la récupération ressemblent à celles de l'EFVC, mais elles ont été soumises à une analyse différente, qui visait principalement à mettre en évidence les changements dans les variables dépendantes de la performance au volant, avant et après diverses périodes de repos. De plus, on a profité de l'expérience acquise lors de l'EFVC, ne retenant que les mesures qui se sont avérées les plus utiles pour évaluer la performance au volant. C'est ainsi qu'a été éliminée l'analyse polysomnographique des données électroencéphalographiques recueillies pendant la conduite. Les résultats de l'EFVC laissaient en effet envisager une faible fréquence d'épisodes «somnolence - PSG au volant», qui n'aurait pas permis des comparaisons valables du degré de récupération des conducteurs à la suite de périodes de repos de durées différentes.

PARTIE 2. HORAIRES DE TRAVAIL ET PROTOCOLES D'EXPÉRIMENTATION

Cinq conducteurs participant au protocole 3 (C3-13débutnuit) de l'EFVC ont été évalués pendant quatre périodes de 24 heures supplémentaires, après une période de repos de 36 heures. Les mesures prises à la suite du protocole 3 constituent le protocole 5, aux fins du présent rapport. De même, les conducteurs du protocole 4 (C4-13débutjour) de l'EFVC ont été évalués pendant quatre autres périodes de 24 heures, après un repos de 36 heures. Ces mesures subséquentes sont désignées protocole 9 aux fins de la présente étude. La combinaison des données recueillies sous les protocoles 3 et 4 avec celles des protocoles 5 et 9 respectivement donne, aux fins de l'étude sur la récupération, les protocoles 3-5 (débutnuit) et 4-9 (débutjour).

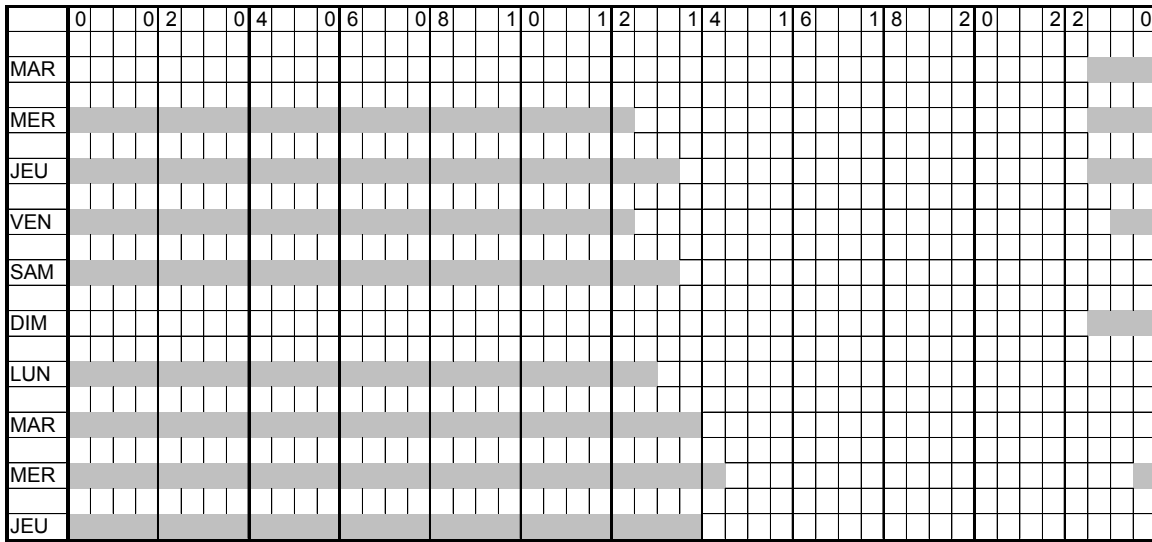
Les conducteurs du protocole 4 de l'EFVC ont été évalués pendant un jour de travail supplémentaire à la suite de la première séquence de quatre jours de service : trois d'entre eux n'avaient pas eu de jour de repos après le quatrième jour de travail (protocole 6), six avaient eu un jour de repos (protocole 7) et six autres avaient eu deux jours de repos (protocole 8). En combinant les données recueillies au cours du protocole 4 avec celles des protocoles 6, 7, et 8, on obtient, pour l'étude sur la récupération, les protocoles 4-6, 4-7, et 4-8, tous des protocoles «débutjour».

Le tableau 1 récapitule les protocoles de saisie des données du présent rapport. La première colonne donne la désignation des protocoles (3-5, 4-6, 4-7, 4-8 et 4-9) qui ont servi à regrouper les données. Chaque protocole comporte zéro, un, ou deux jour(s) de repos après le quatrième jour de travail. Un jour de repos nominal s'étend sur 36 heures entre le quatrième et le cinquième jour de travail. Deux jours de repos comprennent 48 heures. Enfin, par «aucun jour de repos», on doit comprendre un repos de 12 heures. Pour des raisons opérationnelles, la durée observée des heures de repos différait quelque peu des durées nominales prescrites. Les figures 2a et 2b illustrent les horaires de conduite effectivement observés, les temps de repos moyens ayant été établis à partir de la durée enregistrée des voyages.

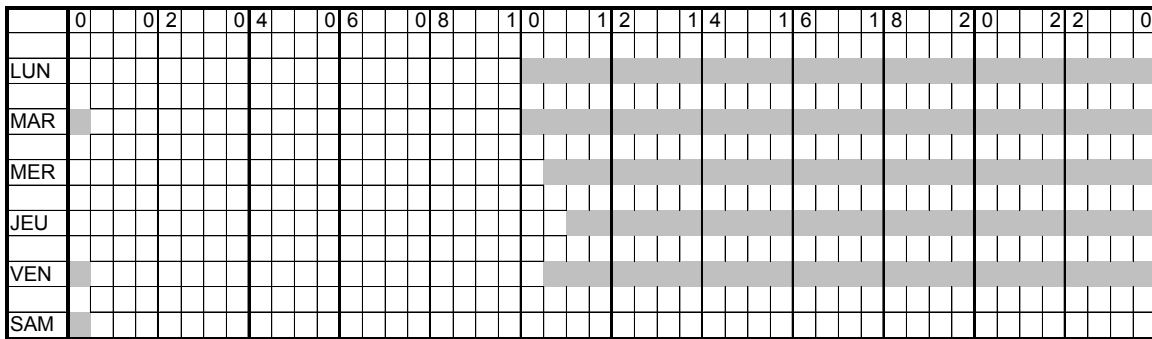
Tableau 1. Protocoles et horaires de conduite, étude sur la récupération et EFVC.

Protocole	Nombre de conducteurs	Jours de travail									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	20	X	X	X	X	X	Conducteurs américains - protocoles 1 et 2 de l'EFVC : 5 allers-retours chacun.				
2	20	X	X	X	X	X					
3	20	X	X	X	X		Conducteurs canadiens - protocoles 3 et 4 de l'EFVC : 4 allers-retours chacun.				
4	20	X	X	X	X						
3-5	5	X	X	X	X		X	X	X	X	
4-6	3	X	X	X	X	X					
4-7	6	X	X	X	X		X				
4-8	6	X	X	X	X			X			
4-9	5	X	X	X	X		X	X	X	X	
PROTOCOLES D'EXPÉRIMENTATION DE L'EFVC											
Protocole 1 (C1-10jour)		10 heures de conduite - départ essentiellement à la même heure chaque matin.									
Protocole 2 (C2-10tourant)		10 heures de conduite - départ 3 heures plus tôt chaque jour.									
Protocole 3 (C3-13débutnuit)		13 heures de conduite commençant vers minuit à Toronto.									
Protocole 4 (C4-13débutjour)		13 heures de conduite commençant vers midi à Montréal.									
ÉTUDE SUR LA RÉCUPÉRATION - PROTOCOLES D'EXPÉRIMENTATION											
Protocole 3-5 (débutnuit)		Conducteurs du protocole 3 qui prennent un jour (36 heures) de repos après le quatrième jour de travail, puis travaillent quatre autres jours selon le même horaire.									
Protocole 4-6 (débutjour)		Conducteurs du protocole 4 qui travaillent un cinquième jour, sans jour de repos après le quatrième jour de travail.									
Protocole 4-7 (débutjour)		Conducteurs du protocole 4 qui travaillent un cinquième jour après un jour (36 heures) de repos.									
Protocole 4-8 (débutjour)		Conducteurs du protocole 4 qui travaillent un cinquième jour après une période de repos de 48 heures.									
Protocole 4-9 (débutjour)		Conducteurs du protocole 4 qui prennent un jour (36 heures) de repos après le quatrième jour de travail, puis travaillent quatre autres jours selon le même horaire.									

Protocole 3-5 (début nuit)



Protocole 4-6 (début jour)



Protocole 4-7 (début jour)

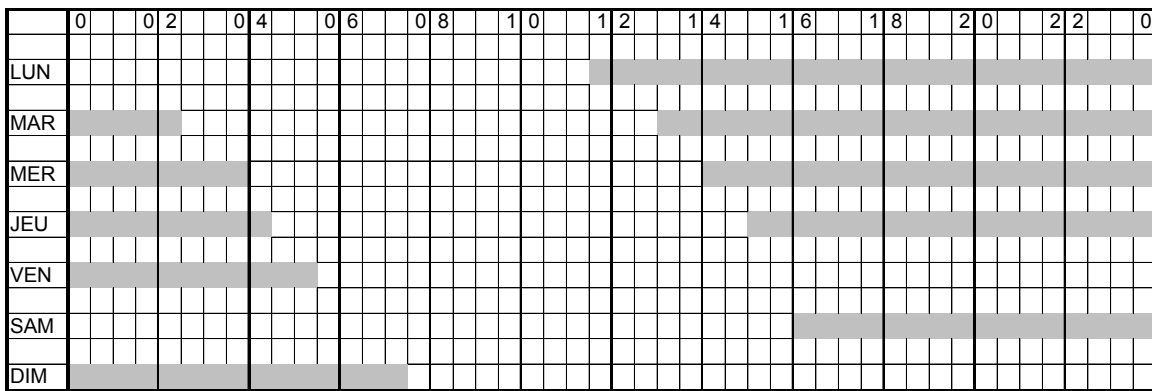


Figure 2a. Horaires de conduite observés pour les protocoles 3-5 (début nuit), 4-6 (début jour) et 4-7 (début jour). Les bandes ombrées correspondent aux intervalles entre les heures de départ et d'arrivée moyennes.

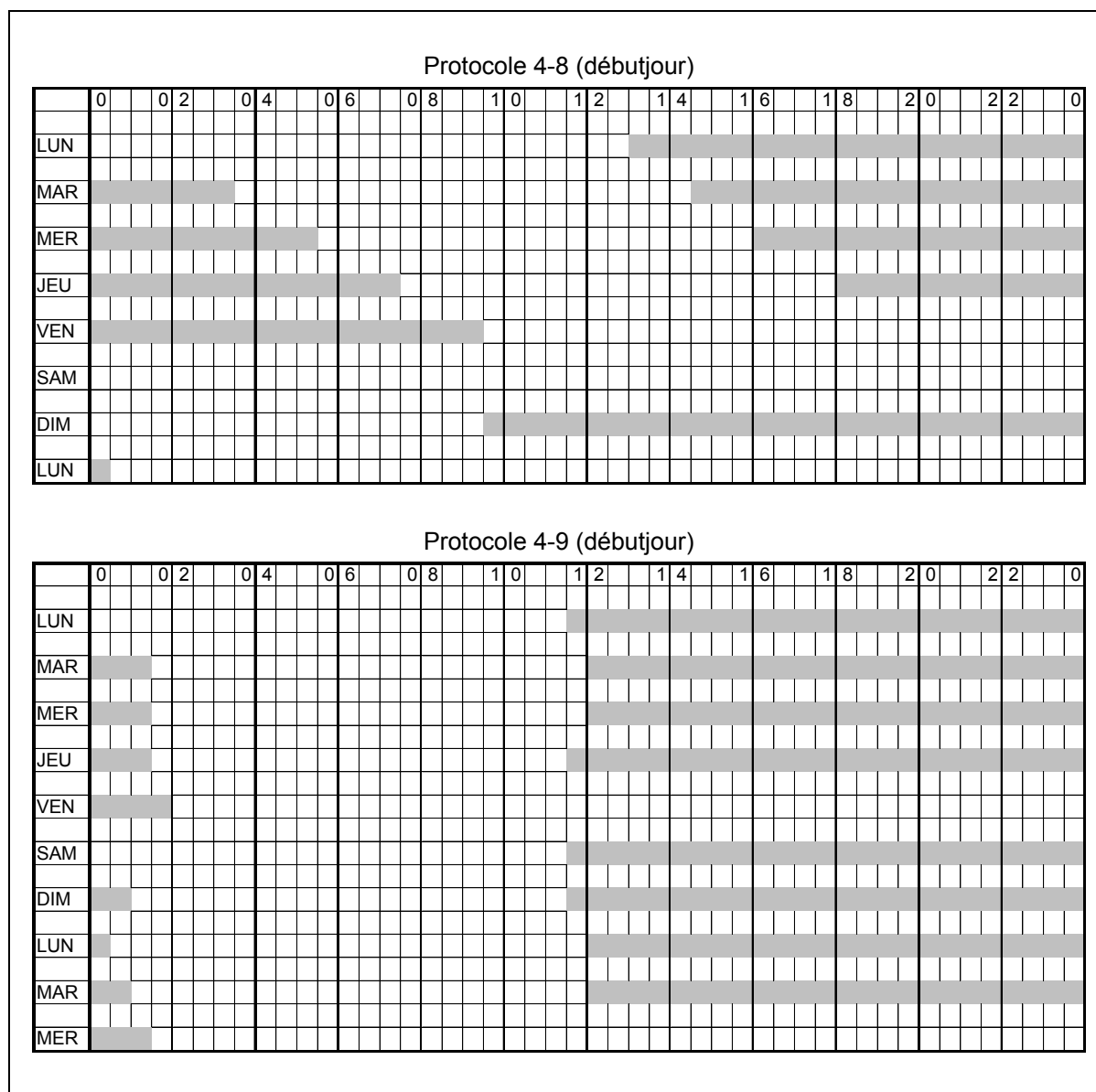


Figure 2b. Horaires de conduite observés pour les protocoles 4-8 (débutjour) et 4-9 (débutjour). Les bandes ombrées correspondent aux intervalles entre les heures de départ et d'arrivée moyennes.

PARTIE 3. RÉSULTATS DE L'ANALYSE DES DONNÉES

EEG ET AUTRES MESURES PRISES PENDANT LE SOMMEIL

Pour leur repos d'un jour (36 heures) ou de deux jours (48 heures) au retour de leur quatrième jour de travail, les conducteurs des protocoles 3-5, 4-9, 4-7 et 4-8 avaient reçu la directive de retourner chez eux et d'agir selon leurs habitudes. Comme le sommeil des conducteurs n'était pas mesuré à leur domicile, on leur avait demandé de se présenter au laboratoire de sommeil pour leurs

périodes de sommeil principales. Ils y étaient préparés pour la prise des mesures courantes associées à l'étude du sommeil. Les temps de sommeil consignés ici concernent seulement le sommeil pris au laboratoire et sont fondés sur les données électroencéphalographiques.

L'annexe 1 donne un relevé détaillé des données reliées au sommeil des conducteurs des protocoles 3-5, 4-6, 4-7, 4-8 et 4-9 pendant leurs périodes de repos. Le nombre limité de sujets ne permettait pas de faire une analyse statistique plus détaillée que celle touchant la durée totale du sommeil.

DURÉE DU SOMMEIL ET REPOS D'UN JOUR (36 HEURES) CHEZ LES CONDUCTEURS DES PROTOCOLES 3-5 (DÉBUTNUIT) ET 4-9 (DÉBUTJOUR)

La figure 3 montre la durée moyenne du sommeil pris par les deux groupes de cinq conducteurs des protocoles 3-5 (débutnuit) et 4-9 (débutjour) pendant toutes leurs périodes de sommeil principales. Les cinq premières périodes de sommeil sont celles que les conducteurs ont prises pendant qu'ils participaient aux protocoles 3 et 4, respectivement, de l'EFVC. Les conducteurs du protocole 3-5 ont eu cinq périodes subséquentes de sommeil, et ceux du protocole 4-9, quatre autres. Tous ces conducteurs ont bénéficié d'une période de repos nominale de 36 heures (soit un jour) entre les périodes de sommeil 5 et 6, pendant laquelle ils n'étaient astreints à aucune tâche professionnelle. La période de sommeil 1 a eu lieu avant le premier trajet. Les conducteurs ont donc effectué le voyage 1 entre les périodes de sommeil 1 et 2, le voyage 2 entre les périodes de

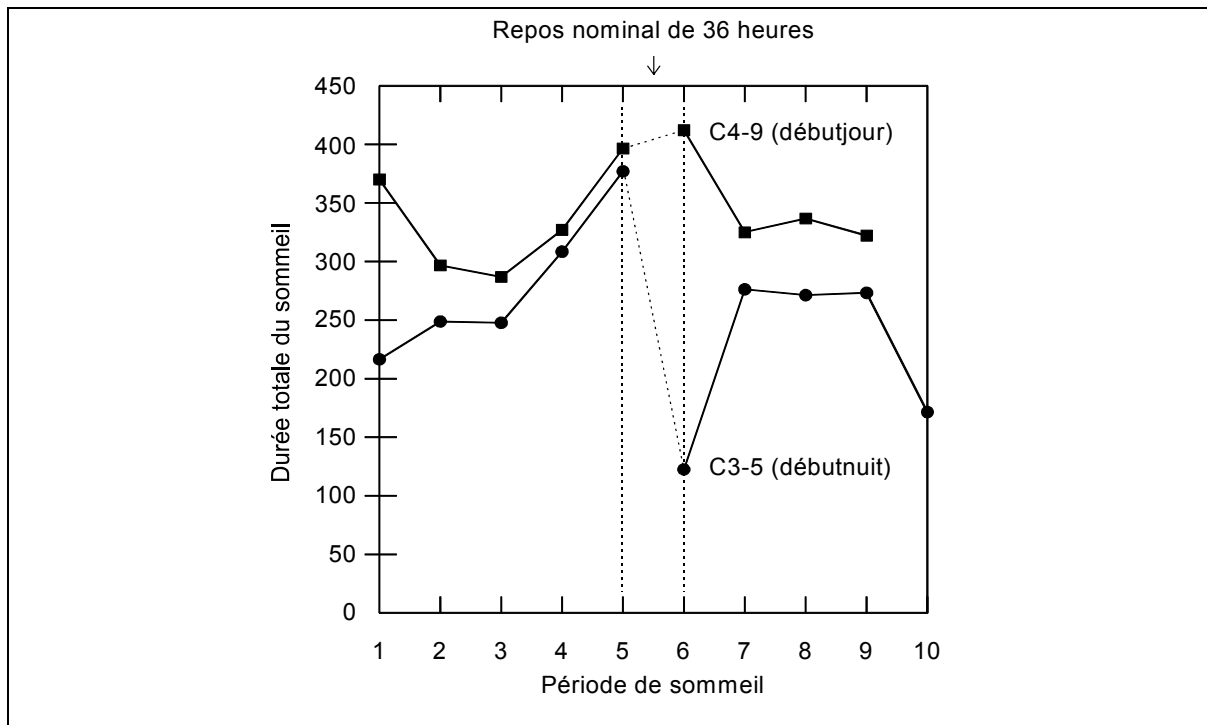


Figure 3. Durée du sommeil chez les conducteurs des protocoles 3-5 (débutnuit) et 4-9 (débutjour), avant et après la période de repos de 36 heures.

sommeil 2 et 3, et ainsi de suite, pour toute la durée de leur participation à l'étude. On compte seulement neuf périodes de sommeil principales pour les conducteurs du protocole 4-9, car leur participation à l'étude a pris fin à leur retour du voyage suivant leur neuvième période de sommeil principale.

La durée du sommeil des conducteurs du protocole 4-9 (débutjour) est significativement plus longue que celle des conducteurs du protocole 3-5 (débutnuit). Cet écart s'est maintenu pendant toute la durée de la participation des conducteurs à l'étude. La baisse marquée du temps de sommeil chez les conducteurs du protocole 3-5 (débutnuit) après leur période de repos de 36 heures est statistiquement significative et révèle une récupération incomplète. À l'inverse, on observe chez les conducteurs du protocole 4-9 (débutjour) une meilleure récupération, la durée de leur sixième période de sommeil étant plus longue. L'annexe 1 résume les données recueillies sur le sommeil et présente les résultats détaillés des analyses statistiques appliquées à ces données.

L'examen des paramètres reliés à la continuité et à la structure du sommeil n'a pas révélé d'écarts systématiques par rapport aux données des protocoles 1 à 4 de l'EFVC.

DURÉE DU SOMMEIL ET REPOS DE ZÉRO, UN OU DEUX JOUR(S) CHEZ LES CONDUCTEURS DES PROTOCOLES 4-6, 4-7 ET 4-8

La figure 4 présente la durée moyenne des périodes principales de sommeil des 15 conducteurs assujettis aux protocoles 4-6, 4-7 et 4-8, qui commencent tous leur quart de travail le jour.

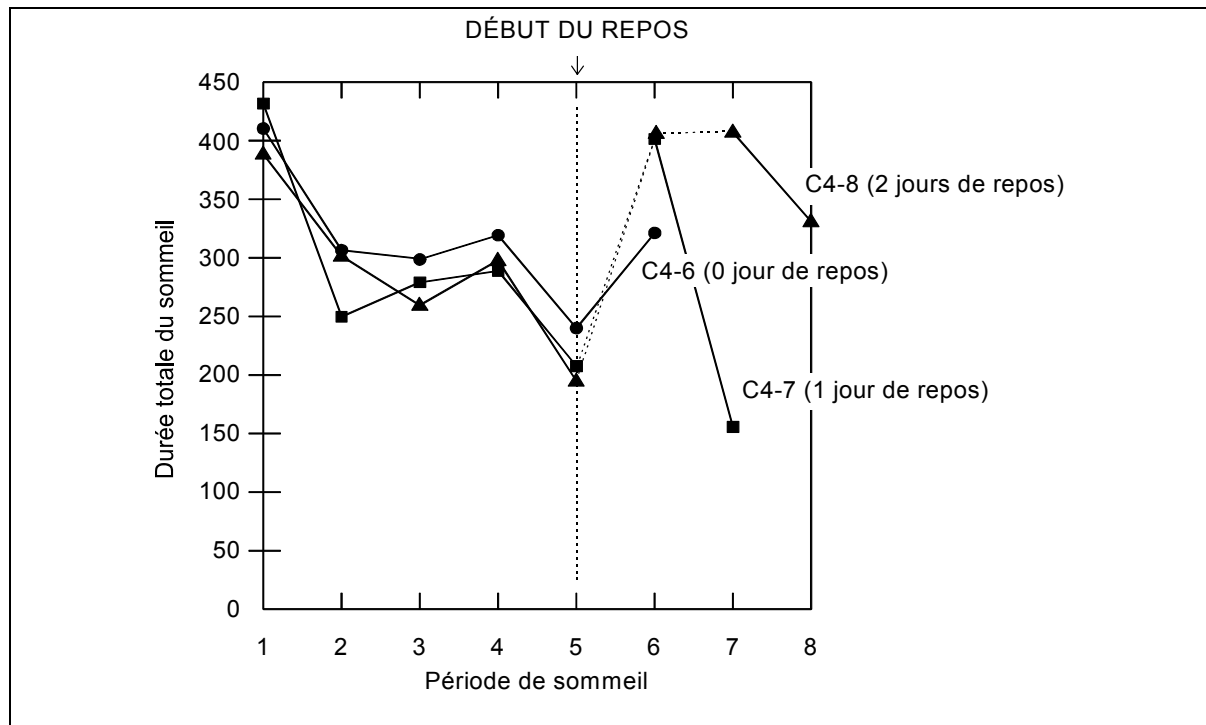


Figure 4. Durée du sommeil des conducteurs des protocoles 4-6, 4-7 et 4-8, (départ de jour et repos de 12, 36 ou 48 heures, respectivement).

On ne note dans l'ensemble aucun écart statistiquement significatif entre les trois groupes. Cependant, dans le groupe qui prenait une journée de repos (protocole 4-7), la durée de la sixième période de sommeil était manifestement plus longue que celle des périodes 1 à 5. De même, la durée du sommeil au cours des sixième et septième périodes de sommeil, est manifestement plus longue qu'au cours des périodes 1 à 5, dans le groupe prenant deux jours de repos (protocole 4-8).

L'examen des paramètres reliés à la continuité et à la structure du sommeil n'a pas révélé d'écarts systématiques par rapport aux données des protocoles 1 à 4 de l'EFVC.

ENREGISTREMENTS VIDÉO DU VISAGE DES CONDUCTEURS

Le test U de Mann-Whitney a été utilisé pour comparer les proportions moyennes des épisodes jugés «somnolents» de tous les protocoles de l'étude (3-5, 4-6, 4-7, 4-8, 4-9), agrégés par protocole et par demi-voyage. Le test n'a pas révélé d'écart statistiquement significatif dans la prévalence des épisodes de somnolence entre la première séquence de quatre voyages et la deuxième, postérieure aux périodes de récupération prescrites.

Les conducteurs des protocoles symétriques 3-5 (débutnuit) et 4-9 (débutjour) ont effectué quatre voyages puis ont eu une période de repos de 36 heures, avant d'entreprendre une série de quatre autres voyages. L'analyse de covariance à mesures répétées de la transformée arc sinus de la proportion des épisodes jugés «somnolents», étant donné les facteurs inter-sujets «Protocole» (= 3-5, 4-9) et «Âge» (covariable) et les facteurs intra-sujets «Voyage» (= 1^{er}, 2^e, 3^e, 4^e) et «Séquence» (= 1^{re} séquence de quatre voyages, 2^e séquence de quatre voyages), n'a révélé aucun effet significatif des facteurs Protocole ou Séquence, mais une interaction significative des variables Séquence, Voyage et Protocole, $F(3,21)=5,0$, $p<0,009$. Les moyennes sont illustrées aux figures 5a et 5b. On peut constater une proportion relativement élevée d'épisodes de somnolence pendant les voyages 2 et 3 (séquence 1) des conducteurs du protocole 4-9 (débutjour), mais cela ne semble pas avoir d'incidence sur la question de la récupération. En effet, une comparaison des voyages effectués immédiatement avant et après la période de repos de 36 heures n'a révélé aucune différence significative en ce qui a trait aux épisodes de somnolence, tant chez les conducteurs du protocole 3-5 que chez ceux du protocole 4-9.

Bref, l'effet «récupérateur» du repos de 36 heures n'a pu être mis en évidence par l'examen de la prévalence des épisodes de somnolence.

DÉVIATIONS DE TRAJECTOIRES

Les figures 6, 7, 8, 9 et 10 présentent les déviations standard de trajectoires (LTSD) par voyage chez les conducteurs des protocoles 3-5, 4-9, 4-6, 4-7 et 4-8, respectivement.

Les points représentent des moyennes et les barres verticales associées à chacun de ces points indiquent l'écart-type de la moyenne. L'examen de ces figures permet de constater que la LTSD

moyenne correspondant au cinquième voyage est égale ou supérieure au maximum atteint lors des voyages précédents. Dans le cas des protocoles comportant deux cycles de quatre jours séparés par une journée de congé, soit les protocoles 3-5 (débutnuit) et 4-9 (débutjour), la LTSD moyenne enregistrée pendant la deuxième séquence de voyages ne donne aucun indice de récupération, comparativement à celle de la première séquence.

En bref, on n'a pu constater un rétablissement de la performance en ce qui a trait aux déviations de trajectoires après 0, 1 ou 2 jour(s) de repos.

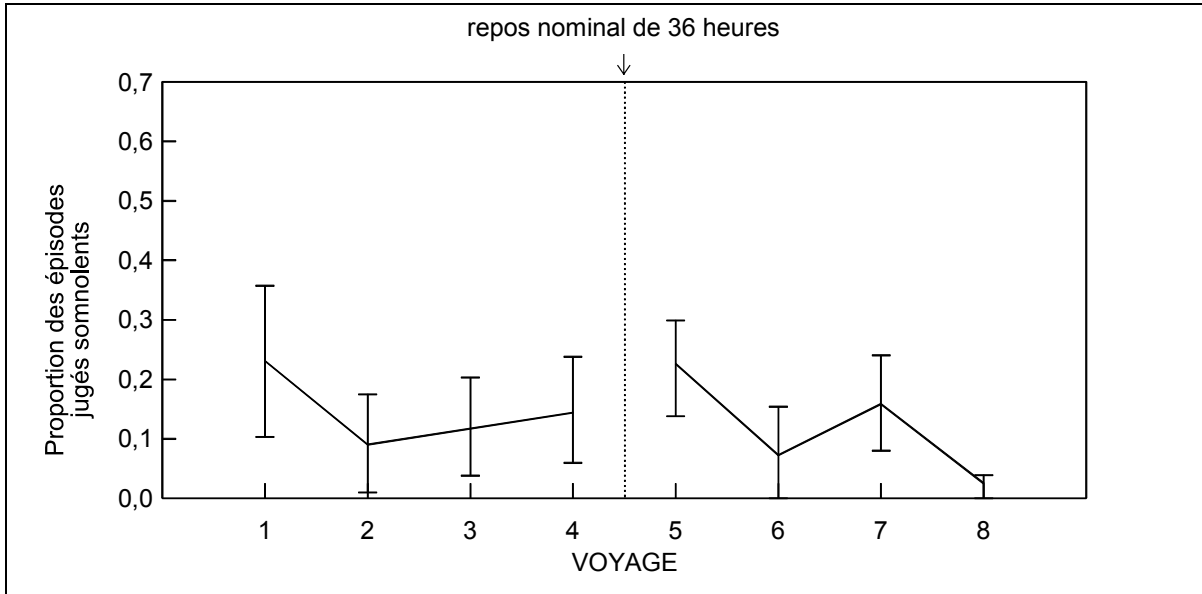


Figure 5a. Proportion des épisodes jugés «somnolents», protocole 3-5 (débutnuit), séquence 1 (voyages 1 à 4), séquence 2 (voyages 5 à 8).

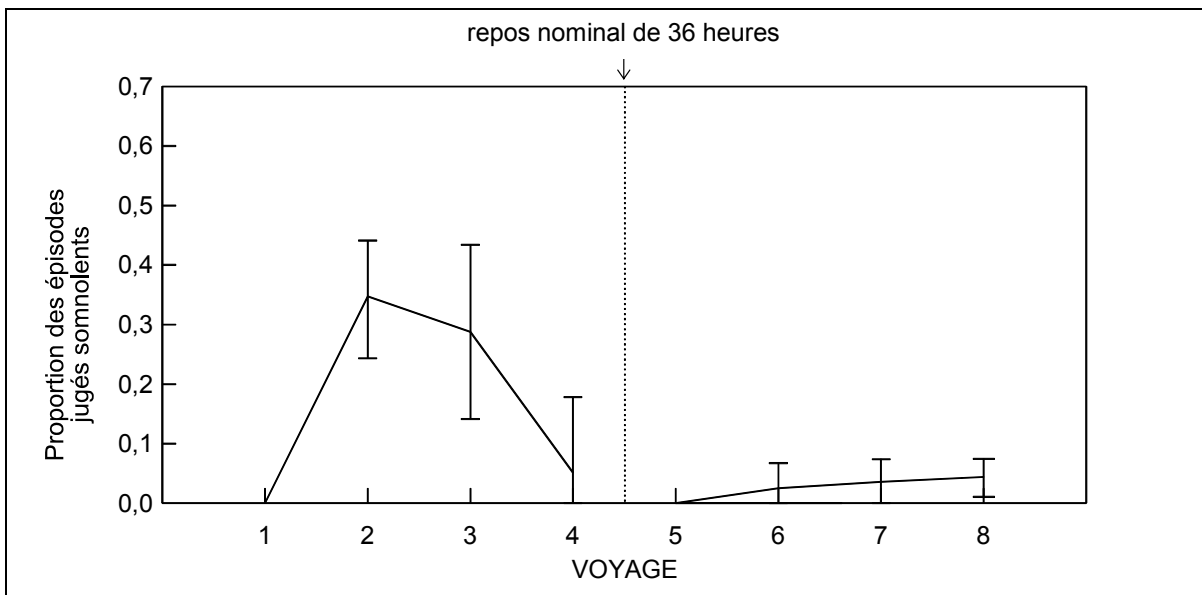


Figure 5b. Proportion des épisodes jugés «somnolents» protocole 4-9 (débutjour), séquence 1 (voyages 1 à 4), séquence 2 (voyages 5 à 8).

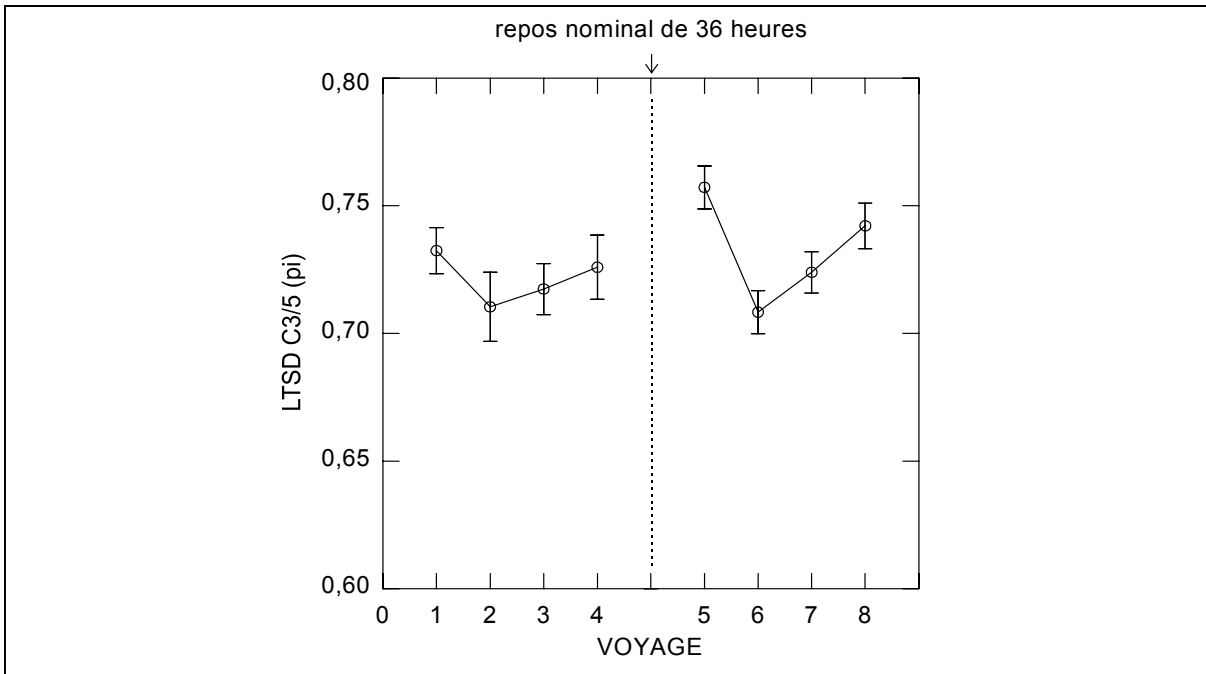


Figure 6. Déviation standard de trajectoire, protocole 3-5 (débutnuit), avec période de repos de 36 heures après le voyage 4.

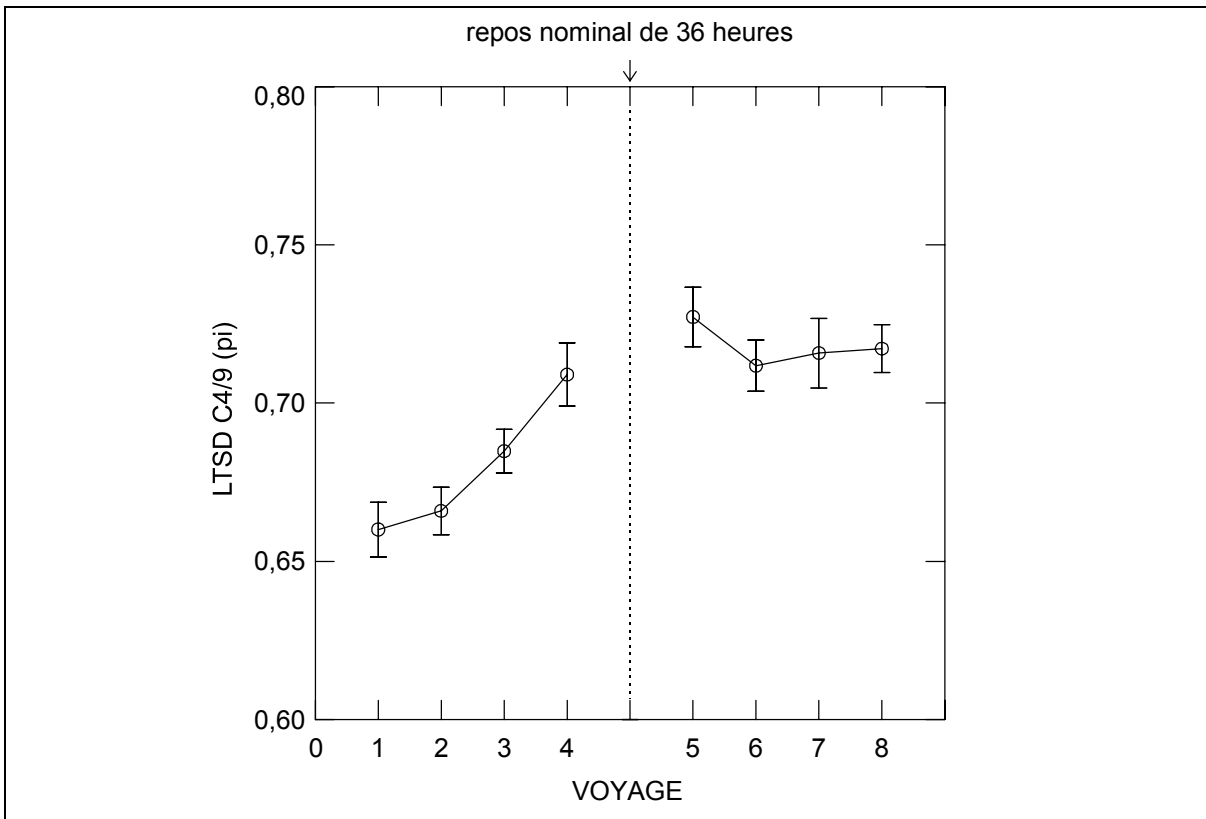


Figure 7. Déviation standard de trajectoire, protocole 4-9 (débutnuit), avec période de repos de 36 heures après le voyage 4.

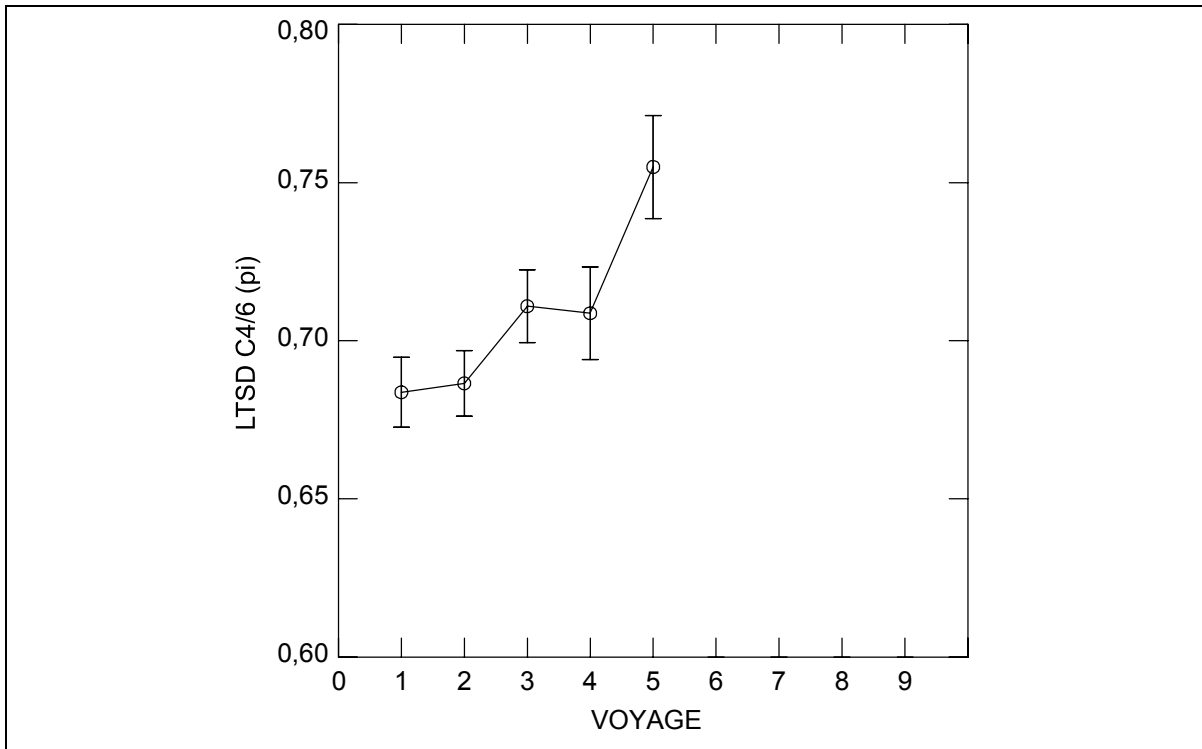


Figure 8. Déviation standard de trajectoire, protocole 4-6 (débutjour), sans période de repos après le voyage 4.

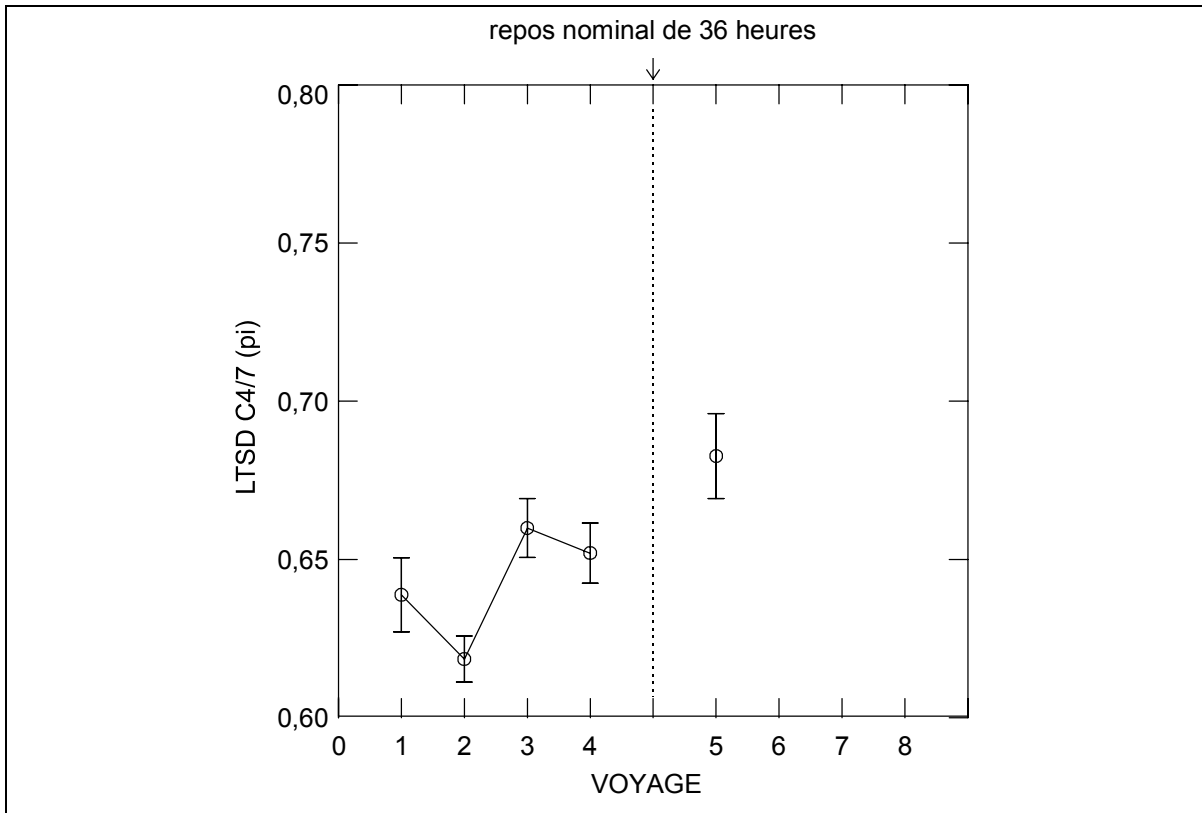


Figure 9. Déviation standard de trajectoire, protocole 4-7 (débutjour), avec période de repos de 36 heures après le voyage 4.

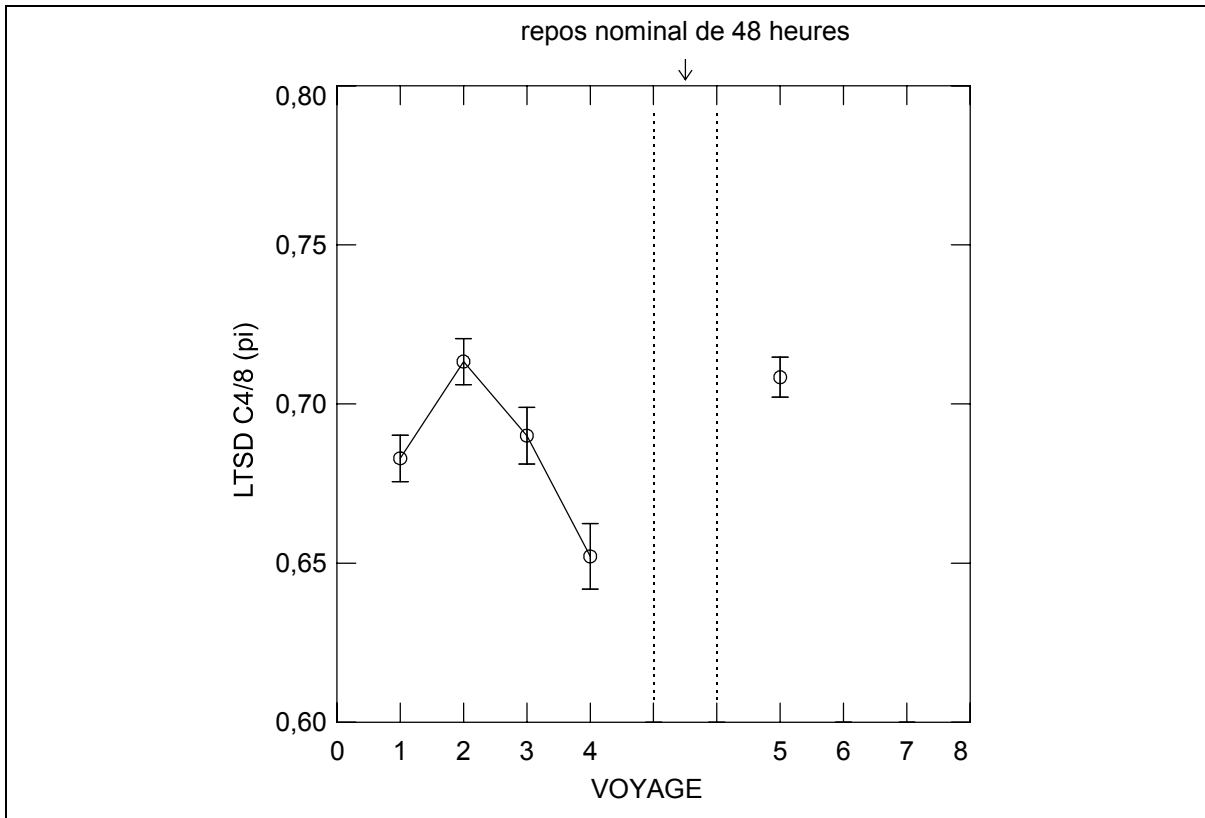


Figure 10. Déviation standard de trajectoire, protocole 4-8 (débutjour), avec période de repos de 48 heures (2 jours) après le voyage 4.

TESTS DE PERFORMANCE COMPLÉMENTAIRES

Cette partie rend compte des analyses effectuées sur les résultats aux tests de performance complémentaires des conducteurs des protocoles de 13 heures (C3 et C4) après leurs quatre premiers voyages, lesquels ont été comparés avec les résultats obtenus au terme de leurs quatre voyages supplémentaires. Comme le sens du changement (détérioration ou amélioration) n'avait pas été établi au préalable, l'ensemble des résultats a été soumis à des tests de signification bilatéraux. (La définition de chaque mesure, la forme de la distribution et la corrélation entre les variables indépendantes autres que l'intervalle temporel entre le quatrième voyage et les voyages subséquents sont abordées dans le rapport de l'EFVC). On mettra ici l'accent sur la modification de la performance des conducteurs entre le quatrième voyage et les voyages subséquents, entre lesquels s'est intercalée la période de repos prescrite. Les analyses de variance effectuées peuvent être regroupées en deux grandes catégories :

- celles qui comparent la deuxième séquence de quatre voyages avec la première, les deux étant séparées par une période de repos d'un jour (36 heures) (protocoles 3-5 et 4-9; N = 10);
- celles qui comparent le cinquième voyage avec le quatrième, selon trois conditions :
 - sans période de repos entre les deux (protocole 4-6; N = 3);

- séparés par un jour de repos (protocoles 3-5, 4-7 et 4-9; N = 16);
- séparés par deux jours de repos (protocole 4-8; N = 6).

Les résultats présentés ci-après proviennent de trois séances d'administration de la batterie de tests. Contrairement aux conducteurs des protocoles C1 et C2 de l'EFVC, qui passaient les tests quatre fois par voyage, ceux des protocoles C3 et C4 se les administraient trois fois seulement. La quatrième séance (la troisième chez les conducteurs des protocoles C1 et C2, qui avait lieu à mi-voyage, au point de retour) a dû être éliminée car elle aurait entraîné un dépassement du nombre maximal d'heures de service autorisé par la réglementation canadienne sur les heures de service.

RÉSULTATS OBTENUS AU FIL DES HUIT VOYAGES ET EFFET D'UN JOUR (36 HEURES) DE REPOS APRÈS QUATRE VOYAGES

Cinq conducteurs qui commençaient leur quart de travail la nuit (protocole 3-5) et cinq dont le quart débutait le jour (protocole 4-9) ont pris une journée de repos (36 heures) après leur quatrième voyage, puis ont effectué une deuxième série de quatre voyages. Les résultats de ces conducteurs aux tests de performance ne diffèrent pas de façon marquée de ceux obtenus par les autres conducteurs des protocoles 3 et 4. Dans la discussion qui suit, la variable «Séquence» prend deux valeurs, soit la séquence 1 (première séquence de quatre voyages) et la séquence 2 (deuxième séquence de quatre voyages). Des analyses de variance à mesures répétées ont été effectuées pour chacune des mesures de performance (CS, CTT, Pertes de vigilance, RVS), regroupées par protocole (deux valeurs), par séquence (deux valeurs), par voyage (quatre valeurs) et par séance de tests (trois valeurs). Les variables Séquence, Voyage et Séance sont des variables intra-sujets, ayant donné lieu à des mesures répétées prises à différents moments chez un même sujet.

Test de substitution (CS)

Les résultats de l'analyse de variance des scores au test de substitution (CS) sont présentés au tableau 2. L'interaction des variables Séance et Protocole se révèle statistiquement significative, ce qui n'est pas surprenant, lorsqu'on sait l'effet considérable de la période du jour travaillée sur la performance. Ainsi, les résultats obtenus la nuit sont inférieurs à ceux obtenus le jour. La figure 11

Tableau 2. Résultats de l'analyse de variance appliquée aux résultats au test CS pour les protocoles 3-5 (débutnuit) et 4-9 (débutjour), mettant en parallèle la première et la deuxième séquence de quatre voyages.

Facteur	Rapport F	d.l. 1	d.l. 2	Probabilité
Protocole	0,968	1	8	0,354
Séquence	21,641	1	8	0,002
Voyage	4,419	3	24	0,013
Séance	4,459	2	16	0,029
Séance * Protocole	6,552	2	16	0,008

donne les moyennes des scores au test CS pour chacune des 24 séances (3 séances à chacun des huit voyages). T1, T2, T3 et T4 représentent la série des quatre premiers voyages, et T5, T6, T7 et T8 la deuxième série. On peut difficilement attribuer l'amélioration entre les voyages 4 et 5 à une récupération fonctionnelle, car une récupération suppose d'abord une détérioration de la performance, ce qui n'est manifestement pas le cas ici. L'effet statistiquement significatif des variables Séquence et Voyage semble découler d'un apprentissage. L'interaction des facteurs Séance et Protocole est présentée aux figures 12 et 13. Les deux figures indiquent de meilleurs scores pendant le jour.

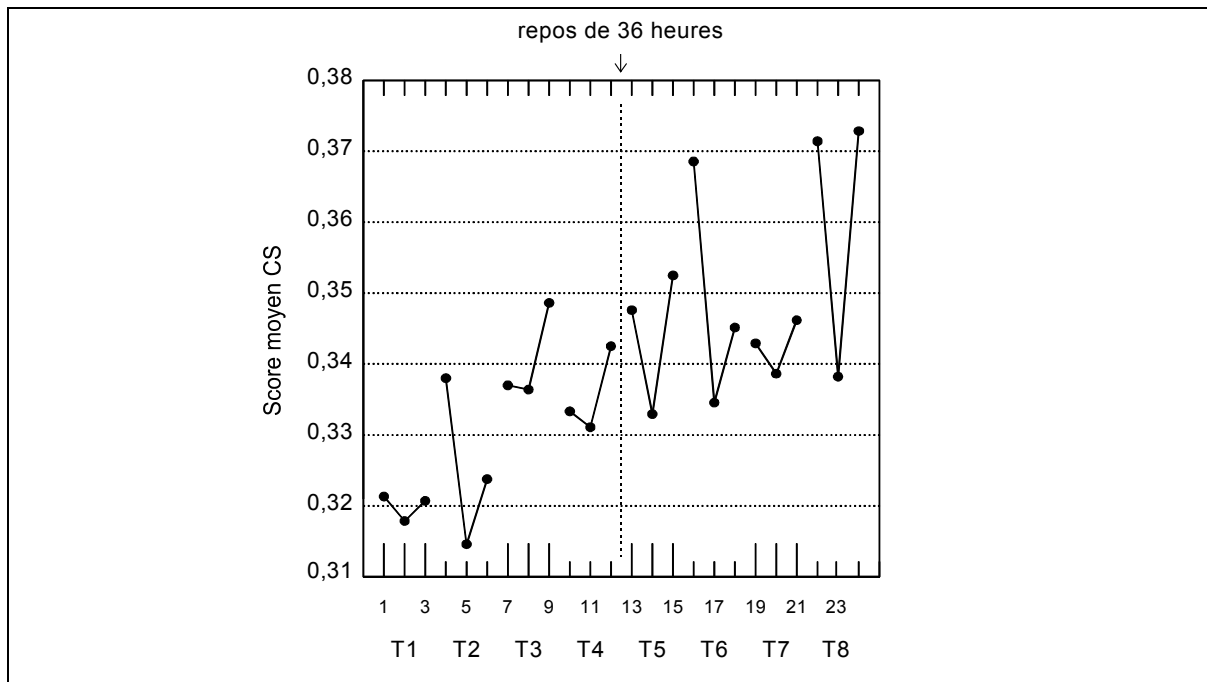


Figure 11. Scores CS combinés des conducteurs des protocoles 3-5 (débutnuit) et 4-9 (débutjour) montrant une amélioration d'un voyage à l'autre.

Le tableau 3 donne l'heure médiane du début de chaque séance de tests pour les conducteurs de tous les protocoles (3-5 à 4-9). Les heures médianes reflètent mieux les tendances générales observées que les moyennes, ces dernières étant fortement influencées par un petit nombre de conducteurs qui n'ont pas respecté l'horaire prévu.

Tableau 3. Heures médianes du début des séances de tests complémentaires. (Note : ces protocoles ne comportaient pas de séance 3.)

Protocole	Séance		
	1	2	4
3-5	22 h 51	6 h 09	13 h 27
4-6	10 h 24	17 h 48	1 h 06
4-7	13 h 00	20 h 06	4 h 09
4-8	13 h 27	21 h 06	5 h 03
4-9	11 h 18	18 h 27	1 h 36

Les conducteurs qui commençaient leur quart la nuit (protocole 3-5) ont obtenu de meilleurs résultats à la séance 4, qui avait lieu au début de l'après-midi (figure 12). Quant aux conducteurs dont le quart débutait le jour, leurs résultats ont été meilleurs à la séance 1, qui avait lieu chaque jour vers midi (figure 13).

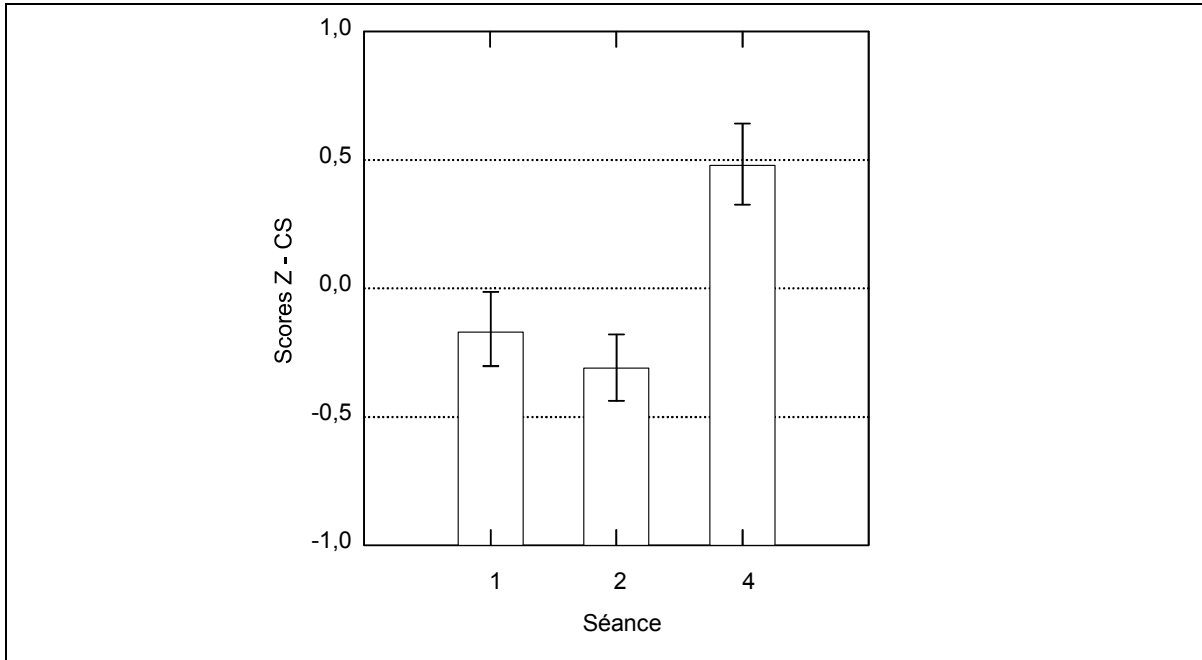


Figure 12. Scores Z moyens au test CS des conducteurs du protocole 3-5 (débutnuit), illustrant une amélioration des résultats obtenus le jour, à la séance 4. (Note : ce protocole ne comportait pas de séance 3.)

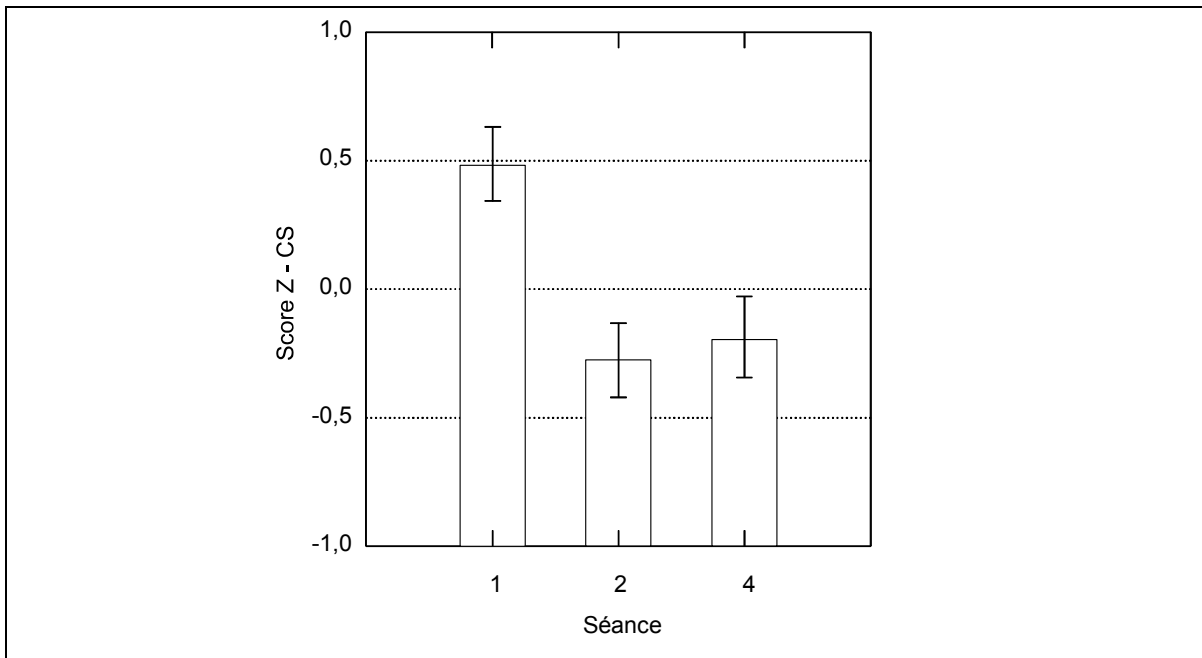


Figure 13. Scores Z moyens au test CS des conducteurs du protocole 4-9 (débutjour), indiquant une détérioration des résultats aux séances 2 et 4, qui avaient lieu la nuit. (Note : ce protocole ne comportait pas de séance 3.)

Test de poursuite (CTT)

L'analyse de variance unidimensionnelle à mesures répétées appliquée aux résultats du test de poursuite (CTT) n'a pas révélé d'interaction ni d'effet principal statistiquement significatif. Les faibles écarts observés entre les résultats des conducteurs de jour et de nuit des protocoles de 13 heures ne sont pas significatifs sur le plan statistique. La figure 14 montre les résultats CTT, selon le voyage, des conducteurs des protocoles 3-5 et 4-9, qui ont pris 36 heures de repos entre les voyages 4 et 5. On peut noter une légère amélioration de la performance pendant les trois premiers voyages de l'une et l'autre séquence, suivie d'une détérioration au quatrième voyage. La mince amélioration observée du voyage 4 au voyage 5, entre lesquels fut intercalé un repos de 36 heures, n'est pas statistiquement significative.

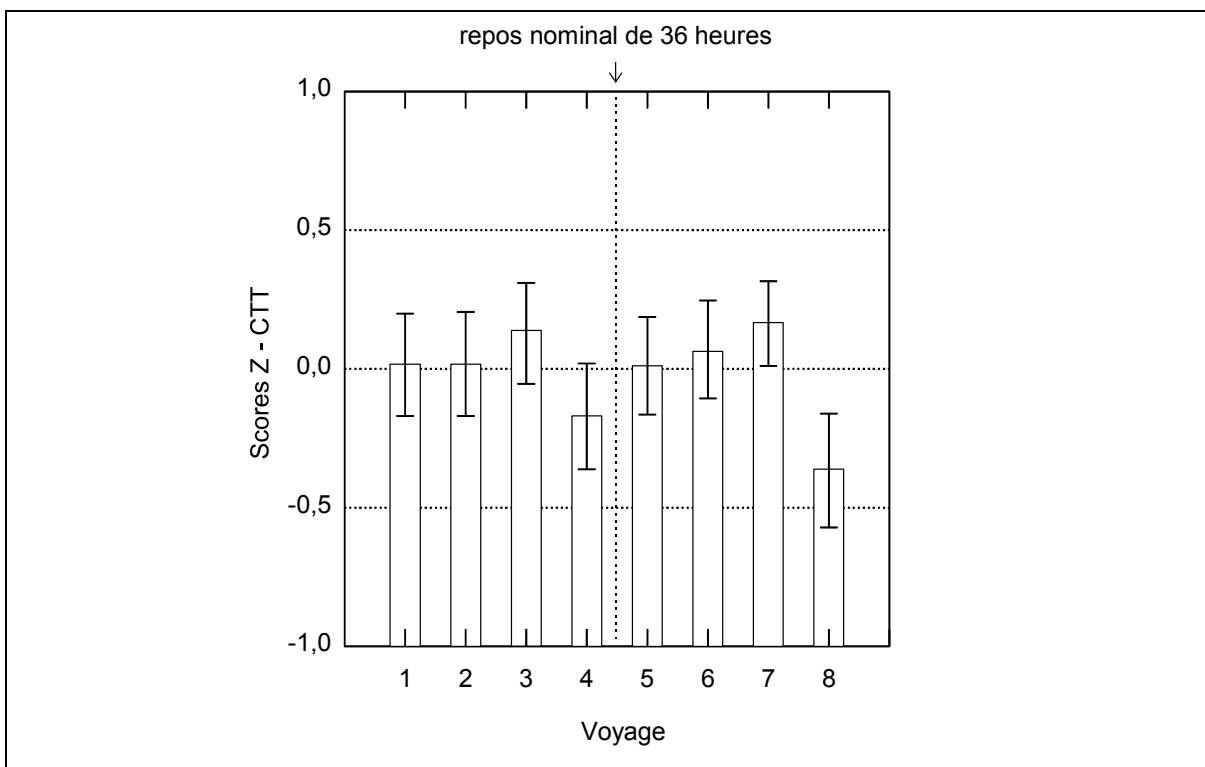


Figure 14. Résultats au test CTT des conducteurs des protocoles 3-5 (débutnuit) et 4-9 (débutjour), par voyage.

Nombre de pertes de vigilance pendant le test de vigilance simple (SRVT)

L'analyse de variance effectuée sur les pertes de vigilance normalisées n'a révélé aucune différence statistiquement significative entre les protocoles 3-5 et 4-9, entre les deux séquences de quatre voyages, ni entre les quatre voyages de chaque séquence. La seule variable qui a produit un effet statistiquement significatif, soit la détérioration de la performance (mesurée par le nombre accru de pertes de vigilance) est la Séance, $F(2,14) = 9,452$, $p = 0,003$. Cet effet a été observé tant chez les conducteurs dont le quart débute le jour (protocole 4-9) que chez ceux qui entament leur période de travail la nuit (protocole 3-5). Les figures 15 et 16 illustrent la tendance à la hausse du nombre de

pertes de vigilance au fil des voyages. La figure 15 montre les résultats obtenus pendant les voyages qui débutent la nuit (protocole 3-5), et la figure 16, ceux obtenus pendant les voyages débutant le jour (protocole 4-9). Il convient de rappeler que les résultats tirés du test de vigilance simple (les pertes de vigilance, c'est-à-dire le nombre d'absences mentales d'une durée supérieure à 500 millisecondes, et la vigilance RVS, qui est la réciproque du temps de latence médian) semblent varier en fonction des niveaux d'éclairage ambiant, qui influent sur l'intensité des stimulus lumineux présentés sur l'écran cathodique. Les niveaux d'éclairage n'étaient pas contrôlés pendant les tests, mais ils semblent avoir eu moins d'effet sur les conducteurs des protocoles de 13 heures que sur ceux des protocoles de 10 heures. Pour plus de détails sur l'effet des niveaux d'éclairage, on se reportera à la partie Résultats du rapport principal de l'EFVC.

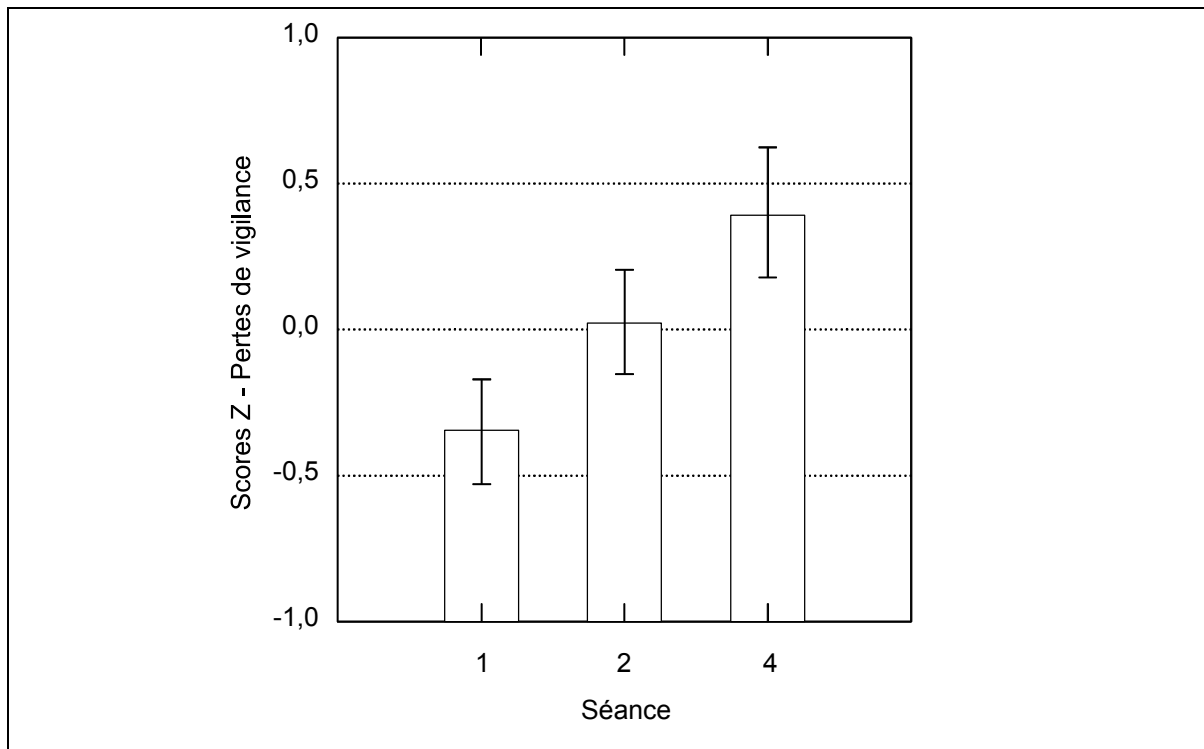


Figure 15. Pertes de vigilance chez les conducteurs du protocole 3-5 (débutnuit), selon la séance de tests. (Note : ce protocole ne comportait pas de séance 3.)

La structure de l'analyse de variance a occulté une tendance à l'augmentation du nombre des pertes de vigilance à chaque voyage successif, après le voyage 3. Cet effet, qui n'est pas statistiquement significatif, est illustré à la figure 17, qui montre aussi les auto-diagnostics de fatigue des conducteurs sur l'échelle Stanford. Fait intéressant, les auto-diagnostics inclinent vers une récupération après le repos de 36 heures pris entre les voyages 4 et 5, bien que le nombre de pertes de vigilance n'ait pas diminué, au contraire : le nombre des pertes de vigilance était plus élevé le premier jour du deuxième cycle de travail.

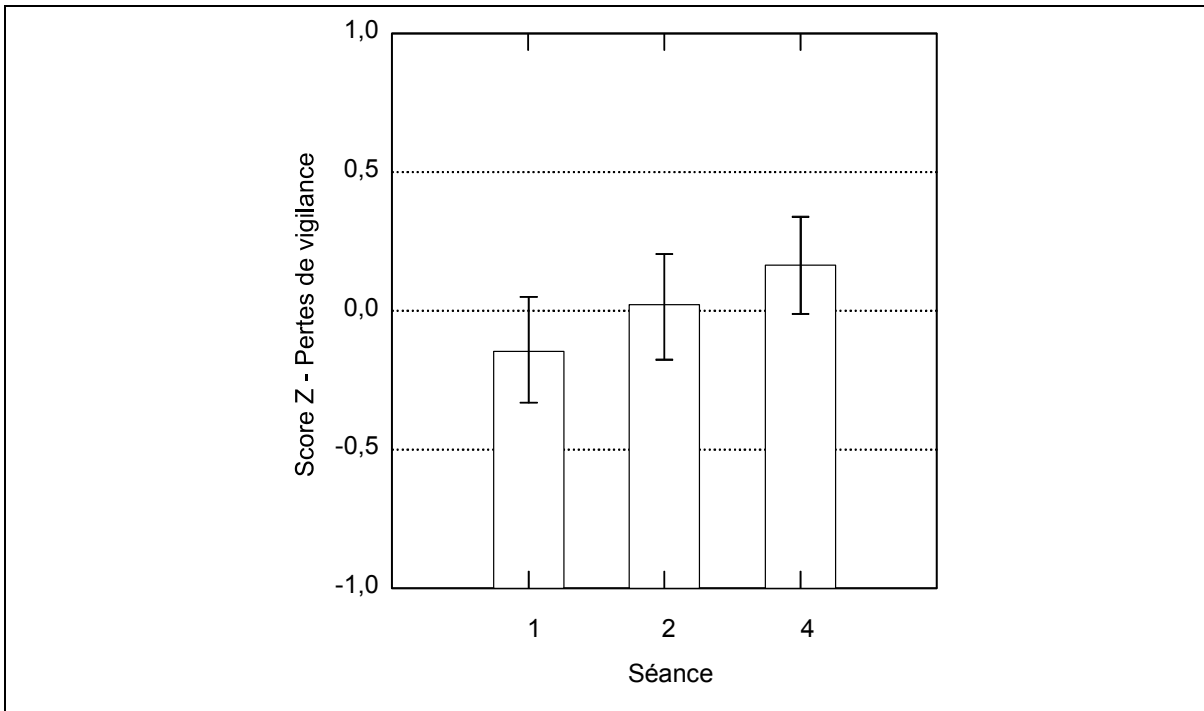


Figure 16. Pertes de vigilance chez les conducteurs du protocole 4-9 (débutjour), selon la séance de tests. (Note : ce protocole ne comportait pas de séance 3.)

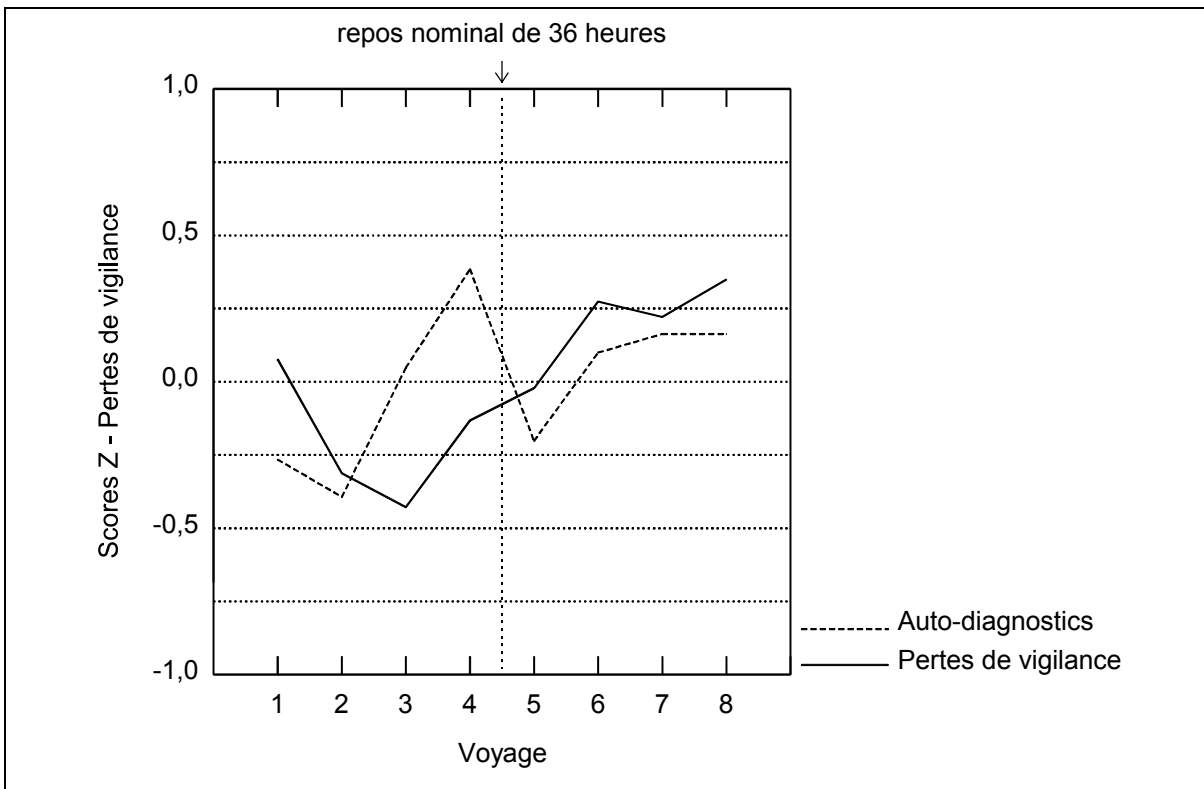


Figure 17. Nombre de pertes de vigilance et auto-diagnostics sur l'échelle de Stanford par voyage, pour les conducteurs des protocoles 3-5 (débutnuit) et 4-9 (débutjour).

Scores de vigilance RVS tirés du test de vigilance simple (SRVT)

L'analyse de variance des scores RVS (temps de latence) n'a révélé aucun écart statistiquement significatif entre les deux protocoles (départ de jour et de nuit), entre les deux séquences de quatre voyages, ni entre les quatre voyages de chaque séquence. On a bien noté une tendance à la détérioration de la performance vers la fin des voyages commencés tant de jour que de nuit, mais cette tendance ne s'est pas révélée statistiquement significative. Le seul effet statistiquement significatif mis en lumière par l'analyse de variance appliquée aux résultats RVS est une interaction des facteurs Séance et Voyage, $F(6,42) = 2,607$, $p = 0,031$ (voir les figures 18 et 19). La détérioration de la performance entre le début et la fin d'un voyage s'est atténuée d'un voyage à l'autre, mais cet effet est peu fiable statistiquement, étant donné le nombre d'analyses de variance effectuées sur ces données.

La structure et les résultats de l'analyse de variance ont occulté une détérioration des résultats RVS, que l'on peut observer dans la totalité des huit voyages des conducteurs des protocoles 3-5 (débutnuit) et 4-9 (débutjour) - voir les figures 18 et 19. La figure 18 montre les résultats RVS combinés des protocoles 3-5 et 4-9 pour chaque séance de tests, regroupés par numéro d'ordre du voyage. La baisse des résultats RVS (indiquant une augmentation du temps de latence) du premier au huitième voyage, chez les conducteurs des deux protocoles, est statistiquement significative,

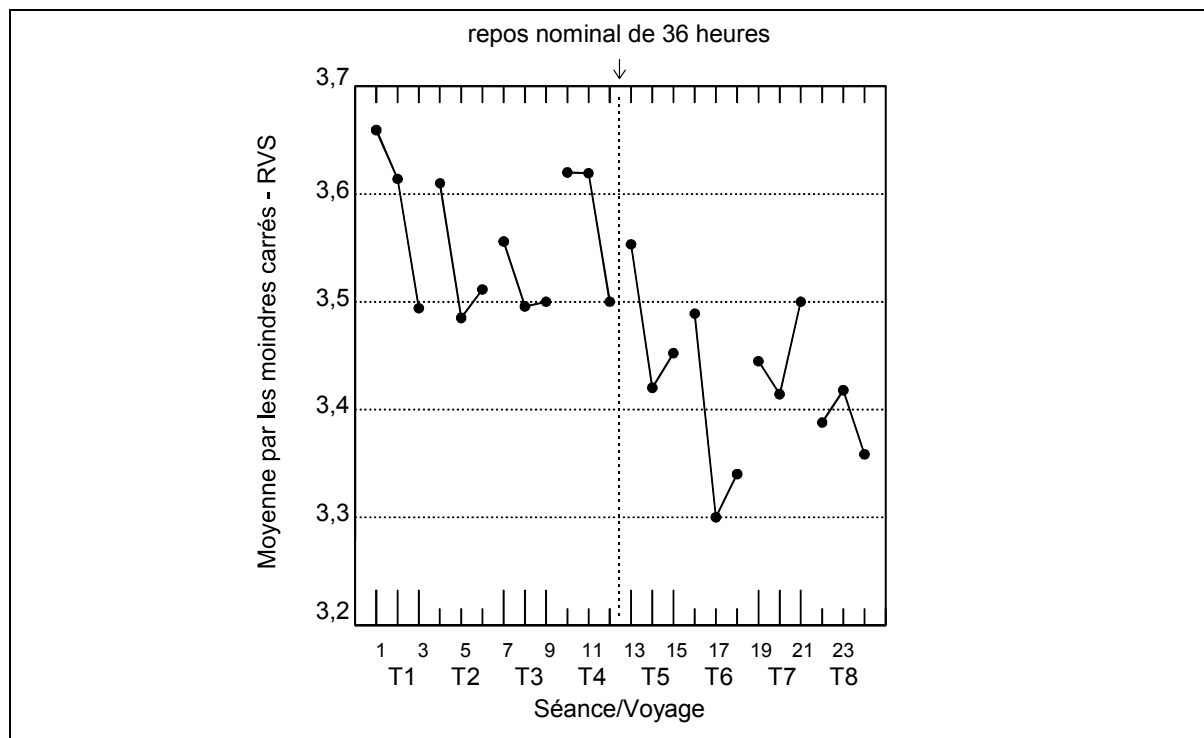


Figure 18. Résultats RVS à chaque séance de tests des conducteurs des protocoles 3-5 (débutnuit) et 4-9 (débutjour), par numéro d'ordre du voyage.

$F(7,49) = 3,57, p = 0,003$. Il est particulièrement remarquable que les conducteurs ont obtenu de moins bons résultats RVS après leur repos de 36 heures, pris entre les voyages T4 et T5. La figure 19 illustre en effet la piètre performance des conducteurs dont le quart débute la nuit, pendant les voyages T5 et T6. Les résultats les plus faibles ont été enregistrés à la deuxième séance de tests, pendant les deux premiers voyages effectués à la suite du repos de 36 heures. Ces séances avaient lieu à 5 h 50 (T5) et à 6 h 43 (T6), après environ sept heures en service.

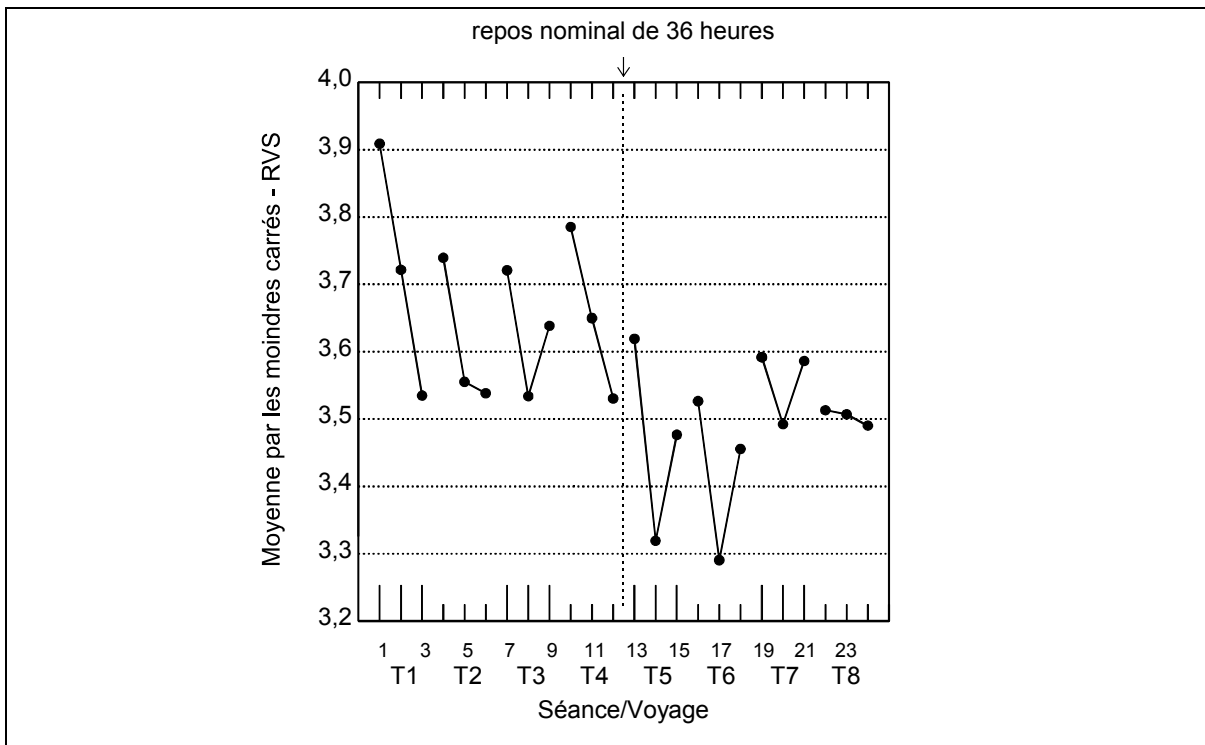


Figure 19. Résultats RVS à chaque séance de tests des conducteurs du protocole 3-5 (début nuit), regroupés par numéro d'ordre du voyage.

La courbe des résultats RVS correspond à celle des auto-diagnostics de fatigue des conducteurs sur l'échelle Stanford. Le coefficient de corrélation entre ces deux ensembles de données est de $-0,29$ ($p < 0,0005$), ce qui donne à penser que les conducteurs étaient, jusqu'à un certain point, conscients de leur diminution de capacité telle que mesurée par le test SRVT.

EFFET DE LA DURÉE DU REPOS SUR LA PERFORMANCE

Une autre série d'analyses de variance avait pour objet de quantifier les changements associés à la durée du repos entre le quatrième voyage et le cinquième. Trois conducteurs n'ont pris aucun jour de repos entre ces deux voyages (protocole 4-6), seize ont pris un jour (36 heures) de repos (protocoles 3-5, 4-7, et 4-9), et six ont pris un repos de deux jours (protocole 4-8).

Aucun jour de repos, (protocole 4-6)

Les résultats des trois conducteurs du protocole 4-6 (débutjour) ont été soumis à des analyses de variance à mesures répétées, étant donné une variable Voyage à cinq valeurs et une variable Séance à trois valeurs. Les données du voyage 5 ont ensuite été comparées avec celles du voyage 4. La faible dimension de l'échantillon limite grandement la capacité d'établir des estimations fiables des effets observés. Aucune différence significative sur le plan statistique n'a été observée entre le quatrième voyage et le cinquième. Le tableau 4 donne les résultats de l'analyse comparative de ces deux ensembles de données.

Tableau 4. Écarts des résultats aux tests de performance complémentaires entre les voyages 4 et 5 des conducteurs du protocole 4-6 (débutjour), qui n'ont pris aucune période de repos. (Comme seulement trois conducteurs composent l'échantillon, il est difficile d'établir des estimations fiables des changements.)

Mesure	Rapport F	d.l. 1	d.l. 2	Probabilité	Résultats - Voyages 5 - 4
CS	0,455	1	2	0,570	aucun écart significatif
CTT	0,044	1	2	0,854	aucun écart significatif
Pertes de vigilance	0,002	1	2	0,967	aucun écart significatif
RVS	0,563	1	2	0,531	aucun écart significatif

Un jour de repos (36 heures), protocoles 3-5, 4-7 et 4-9

Seize conducteurs ont effectué quatre voyages de 13 heures et ont pris un repos de 36 heures avant d'effectuer un cinquième voyage. Du nombre, 5 commençaient leur quart de travail la nuit (protocole 3-5) et 11, le jour (protocoles 4-7 et 4-9). Le plus grand nombre d'observations faites dans ce groupe que dans les groupes du protocole 4-6 autorise des estimations presque aussi fiables que celles de l'EFVC (qui comportait 20 sujets). Le seul résultat statistiquement significatif est une faible amélioration des résultats au test de substitution. Mais cet effet ne peut, dans le présent contexte, être assimilé à une récupération. Les résultats de la comparaison des scores de ce groupe «repos de 36 heures» entre le quatrième voyage et le cinquième sont présentés au tableau 5.

Tableau 5. Écarts des résultats aux tests de performance complémentaires entre les voyages 4 et 5 des conducteurs des protocoles 3-5 (débutnuit), 4-7 (débutjour) et 4-9 (débutjour), qui ont pris une journée (36 heures) de repos. (Analyses portant sur les résultats de 16 conducteurs.)

Mesure	Rapport F	d.l. 1	d.l. 2	Probabilité	Performance - Voyage 5
CS	0,831	3	13	0,018	supérieurs à ceux du trajet 4
CTT	0,041	1	15	0,842	aucun écart significatif
Pertes de vigilance	0,023	1	13	0,881	aucun écart significatif
RVS	4,345	1	13	0,057	aucun écart significatif

Deux jours de repos (48 heures), protocole 4-8

Six conducteurs participaient au protocole 4-8 (débutjour). Après avoir effectué les quatre trajets de 13 heures (débutjour) prévus par le protocole 4 de l'EFVC, ils ont pris un repos de 48 heures, avant d'entreprendre un autre voyage. On n'a observé aucune amélioration statistiquement significative des résultats obtenus lors du quatrième et du cinquième voyage. Le tableau 6 donne les résultats de la comparaison entre les quatrième et cinquième voyages. Comme seulement six conducteurs faisaient partie de ce groupe, il est difficile de se prononcer avec quelque fiabilité sur les différences observées.

Tableau 6. Écarts des résultats aux tests de performance complémentaires entre les voyages 4 et 5 des conducteurs du protocole 4-8 (débutjour), qui ont pris deux jours (48 heures) de repos. (Analyses portant sur les résultats de 6 conducteurs.)

Mesure	Rapport F	d.l. 1	d.l. 2	Probabilité	Trip 5 performance
CS	1,411	1	5	0,288	aucun écart significatif
CTT	0,514	1	5	0,506	aucun écart significatif
Pertes de vigilance	0,975	1	4	0,379	aucun écart significatif
RVS	2,847	1	4	0,167	aucun écart significatif

SOMMAIRE DES RÉSULTATS AUX TESTS COMPLÉMENTAIRES

Comparaison des deux séquences de quatre voyages séparées par un jour de repos

La comparaison de la première série de quatre voyages avec la deuxième, effectuée après un jour de repos (protocoles 3-5 et 4-9), a montré une amélioration graduelle, avec la pratique, des résultats au test CS, entre le début et la fin de l'étude (voir la figure 11). Les scores au test CTT étaient plus faibles au dernier voyage de chaque séquence (voir la figure 14), mais il ne faut pas voir là un effet statistiquement significatif. Les mesures tirées du SRVT (pertes de vigilance et RVS) ont révélé une détérioration graduelle de la performance au fil des huit voyages (voir les figures 17, 18 et 19), sans amélioration après le repos de 36 heures. La diminution des résultats RVS (indiquant un accroissement du temps de latence) était statistiquement significative, $F(7,49) = 3,57$, $p = 0,003$. Le coefficient de corrélation entre les résultats RVS et les cotations sur l'échelle Stanford (auto-diagnostics de fatigue) s'établissait à $-0,29$ ($p < ,005$), ce qui est plutôt faible, mais il est possible que les conducteurs aient été conscients, jusqu'à un certain point, de leur baisse de rendement dans les tâches évaluées par le SRVT.

Effet sur la performance de 0, 1, et 2 jour(s) de repos

Aucun écart statistiquement significatif n'a été observé entre les résultats aux tests passés pendant les voyages 4 et 5 par les conducteurs du protocole 4-6, soit ceux qui n'ont pris aucun jour de repos. Le nombre des conducteurs de ce protocole est toutefois trop faible (N=3) pour que l'on puisse établir des estimations statistiquement fiables des effets, même de ceux qui sont plutôt marquants.

La taille plus grande de l'échantillon (N=16) des conducteurs qui ont pris une journée de repos (36 heures) entre les voyages 4 et 5 (protocoles 3-5, 4-9, et 4-7) permet une estimation plus fiable du degré de changement attribuable à la période de récupération, la fiabilité statistique de ces estimations atteignant presque celle de l'EFVC (à laquelle ont participé 20 conducteurs). Mais la seule différence statistiquement significative observée concerne les résultats au test de substitution (CS), qui se sont améliorés graduellement, avec la pratique, dans tous les protocoles. Les résultats CS ont été plus élevés pendant le voyage 5 que pendant le voyage 4, mais on peut difficilement parler ici de récupération, car les effets de la pratique avaient empêché la performance de se détériorer pendant les quatre premiers voyages. Or, il ne peut y avoir de récupération s'il n'y a pas eu de détérioration préalable.

Dans le cas des deux jours (48 heures) de repos (protocole 4-8; N = 6), aucun changement statistiquement significatif n'a été observé entre les résultats aux tests de performance associés aux voyages 4 et 5. Tout comme pour le protocole 4-6 (N = 3), qui ne prévoyait aucune période de repos; la taille de l'échantillon du protocole 4-8 rend difficile toute estimation statistiquement fiable des effets, même importants.

PARTIE 4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

CONCLUSIONS

UN JOUR (36 HEURES) DE REPOS

Prévalence de la somnolence

Le test U de Mann-Whitney a été utilisé pour comparer les proportions moyennes des épisodes jugés «somnolents» de tous les protocoles de l'étude (3-5, 4-6, 4-7, 4-8, 4-9), agrégés par protocole et par demi-voyage. Le test n'a pas révélé d'écart statistiquement significatif dans la prévalence des épisodes de somnolence entre la première séquence de quatre voyages et la deuxième, postérieure aux périodes de récupération prescrites.

Les conducteurs des protocoles symétriques 3-5 (débutnuit) et 4-9 (débutjour) ont effectué quatre voyages puis ont eu une période de repos de 36 heures, avant d'entreprendre une série de quatre autres voyages. L'analyse de covariance à mesures répétées de la transformée arc sinus de la proportion des épisodes jugés «somnolents», étant donné les facteurs inter-sujets «Protocole»

(= 3-5, 4-9) et «Âge» (covariable) et les facteurs intra-sujets «Voyage» (= 1^{er}, 2^e, 3^e, 4^e) et «Séquence» (= 1^{re} séquence de quatre voyages, 2^e séquence de quatre voyages), n'a révélé aucun effet significatif des facteurs Protocole ou Séquence, mais une interaction significative des variables Séquence, Voyage et Protocole, $F(3,21)=5,0$, $p<0,009$. Les moyennes sont illustrées aux figures 5a et 5b. On peut constater une proportion relativement élevée d'épisodes de somnolence pendant les voyages 2 et 3 (séquence 1) des conducteurs du protocole 4-9 (débutjour), mais cela ne semble pas avoir d'incidence sur la question de la récupération. En effet, une comparaison des voyages effectués immédiatement avant et après la période de repos de 36 heures n'a révélé aucune différence significative, tant chez les conducteurs du protocole 3-5 que chez ceux du protocole 4-9.

Bref, l'effet «récupérateur» du repos de 36 heures n'a pu être mis en évidence par l'examen de la prévalence des épisodes de somnolence.

Déviations de trajectoires

À l'intérieur du protocole 4-9 (débutjour), on note une hausse de la déviation standard de trajectoire (LTSD), qui indique une détérioration de la performance entre le premier et le quatrième voyage, puis une stabilisation de cette valeur à un niveau relativement élevé, pendant la deuxième série de voyages, postérieure au repos de 36 heures.

Dans le protocole 3-5 (débutnuit), la LTSD affichait une valeur relativement élevée dès le début de l'étude, et celle-ci est demeurée quasi constante pendant les huit voyages, si l'on excepte une pointe pendant le voyage consécutif au repos de 36 heures.

Bref, on n'a observé aucun signe d'amélioration de la performance au volant telle que mesurée par la LTSD, à la suite d'une période de repos de 36 heures.

Tests de performance complémentaires

Les mesures tirées du SRVT (pertes de vigilance et RVS) ont révélé une tendance constante à la détérioration de la performance au fil des huit voyages (voir les figures 17, 18, et 19), sans amélioration après le repos de 36 heures. La baisse des résultats RVS (indiquant un accroissement du temps de latence) était statistiquement significative. Les résultats aux tests de substitution et de poursuite n'ont révélé aucune corrélation significative entre la récupération et le temps de repos.

Auto-diagnostics

Les cotes des auto-diagnostics ont connu une certaine hausse après la période de repos de 36 heures, même si elles ne cadraient avec les mesures objectives de la performance. Il se peut que les conducteurs se soient véritablement sentis plus reposés; mais on peut également penser qu'ils ont coté leur fatigue de façon à répondre à l'attente d'une amélioration de leur état à la suite d'une période de repos.

Durée du sommeil

On a observé que les conducteurs qui entament leur quart de travail le jour prennent davantage de sommeil durant leur période de repos de 36 heures. À l'inverse, il semble que les conducteurs dont le quart de travail débute la nuit obtiennent moins de sommeil durant leur repos de 36 heures. Selon toute vraisemblance, ces conducteurs reprenaient, pendant leur période de congé, le cycle veille-sommeil caractéristique de leur période de travail de jour, même si leur période de congé n'était pas assez longue pour une adaptation naturelle.

Conclusion globale

Aucune preuve objective de récupération n'a pu être établie chez seize conducteurs après une période d'un jour (36 heures) de repos.

AUCUNE PÉRIODE ET PÉRIODE DE DEUX JOURS DE REPOS

Un nombre moindre de conducteurs étaient soumis à ces protocoles, d'où une plus grande sensibilité des résultats à des variations aléatoires. Aucun signe objectif de récupération n'a pu être observé chez les six conducteurs qui ont eu un repos de deux jours (48 heures), soit les sujets du protocole 4-8 (débutjour). Les valeurs de la LTSD étaient en dents de scie, indice possible de variations aléatoires. En tout état de cause, la LTSD mesurée pendant le voyage effectué après la période de repos est élevée, comparativement à celle associée aux autres voyages. Les résultats aux tests de performance n'ont pas révélé d'effet de récupération. Chez les trois conducteurs qui n'ont pris aucun jour de repos, soit ceux du protocole 4-6 (débutjour), les valeurs de la LTSD étaient à la hausse d'un voyage à l'autre, pendant les cinq jours de travail. On n'a observé aucun écart statistiquement significatif entre les scores aux tests de performance complémentaires passés pendant les voyages 4 et 5. En raison de la taille restreinte de l'échantillon de ces protocoles, les données relatives à la prévalence des épisodes de somnolence n'ont pas été analysées.

RECOMMANDATIONS

Étant donné le petit nombre de conducteurs évalués sous les divers protocoles de l'étude sur la récupération, par rapport à ceux de l'EFVC, les tests statistiques n'étaient pas aussi efficaces pour déceler les effets des variables. La méthodologie étant maintenant éprouvée, cette étude pourrait être reprise avec un nombre plus grand de sujets, ce qui améliorerait la sensibilité des tests. Il y aurait lieu de se pencher sur l'effet de périodes de service plus longues que celles étudiées, afin que l'on puisse établir la durée nécessaire pour permettre une récupération totale de la part des conducteurs affectés à des horaires diurnes, nocturnes, tournants et irréguliers.

ANNEXE 1

DONNÉES SUR LE SOMMEIL DES CONDUCTEURS DES PROTOCOLES 3-5, 4-6, 4-7, 4-8 ET 4-9

(Non disponible en fichier électronique)