



Programme de recherche  
et d'innovation dans les transports terrestres

# PREDIT Go4 « Technologies pour la sécurité »

## D A C O T A

Défauts d'Attention et COnduiTe Automobile

Rapport synthétique  
Convention ANR-05-PDIT-004

Date : juin 2009

## **DACOTA : Défaut d'Attention en CONduiTe Automobile**

Coordinateurs : A. Chapon, C. Gabaude & A. Fort (INRETS)

Responsables des actions de recherche : P. Denise (UNiv. Caen), C. Lemerrier (Univ Toulouse 2), R. Martin (Univ Lyon 2), L. Paire-Ficout (INRETS), C. Tijus (Univ Paris 8)

Projet financé dans le programme ANR-VTT 2005 (notifié le 27 décembre 2005, d'une durée de 36 mois + 6 mois de prolongation, fin de projet au 31 juin 2009).

## **Contexte et enjeu**

La diminution de l'insécurité routière représente un enjeu majeur dans notre société, tant sur le plan humain, que sociétal et économique. L'objectif de ce projet, vaste et novateur, était de regrouper en France un ensemble de compétences, pour étudier l'effet des défauts d'attention sur la conduite automobile et leurs conséquences sur l'accidentalité, car il y a là un nouveau gisement de sécurité routière.

Les causes de défauts d'attention sont multiples : les technologies de l'information et de la communication, et plus particulièrement les assistances à la conduite, placent le conducteur en situation de double tâche, ce qui implique un partage de son attention. En outre, les ressources d'attention nécessaires aux conducteurs varient selon qu'il est novice, adulte expérimenté ou senior. D'autres populations exposées à des défauts d'attention peuvent être identifiées : personnes soumises à des addictions (alcool, drogues), consommatrices de certains médicaments, sujettes à des pathologies susceptibles de perturber l'attention ou tout simplement présentant des traits de personnalité favorables à la survenue de distractions. Afin de progresser sur ces questions relatives à la santé et les facteurs psychophysologiques les partenaires de ce projet ont souhaité adopter une démarche structurante en discutant les approches théoriques et méthodologiques à disposition pour aborder ces différentes questions.

## **Problématique générale**

Une approche multidisciplinaire a été mise en place pour accéder à une meilleure compréhension des dégradations de la performance en conduite automobile sous l'influence de différents facteurs ayant un impact sur les fonctions cognitives supérieures.

Nous avons cherché à explorer les conséquences des « défauts d'attention » non seulement sur l'activité de conduite mais aussi sur les processus cognitifs et conatifs sous-jacents (traitement de l'information, prise de décision, réactions émotionnelles) en étudiant comment les routines se modifient lorsque la charge d'attention croît et en abordant la problématique du contrôle de l'attention et de ses liens avec la conscience.

Des choix méthodologiques ont été fixés en début de projet :

- Evaluer les effets distractifs des nouvelles technologies à l'aide de méthodes adaptées
- Aborder les relations entre les facteurs cognitifs, conatifs et affectifs en vue d'individualiser leurs effets
- Recruter des participants exposés aux défauts d'attention (personnes âgées, TDAH).

## **Clarification des concepts**

Afin de clarifier le dialogue entre les partenaires DACOTA, il a été nécessaire de préciser différents concepts. Un travail sur leurs définitions a été opéré.

L'attention a été définie comme une fonction cérébrale supérieure qui s'applique à un objet ou à une partie de l'espace pour participer à un traitement subséquent (prise d'information, prise de décision, action). Elle permet de contrôler et moduler la quasi-totalité de nos

processus psychologiques en s'appuyant sur des représentations perceptives, conceptuelles ou motrices. Elle peut être exogène (déclenchée par un stimulus externe, dans ce cas l'attention est dite passive) ou endogène (déclenchée par le participant, elle est alors dite active).

Les partenaires du projet DACOTA s'accordent à dire que l'attention sélective est le processus d'intérêt principal au regard des différentes tâches que le conducteur doit mener. Il s'agit d'un processus lent et séquentiel qui permet la sélection de l'information pertinente et l'inhibition des distracteurs.

Trois concepts ont été définis au sein du projet pour étudier la charge cognitive des conducteurs. L'individualisation de ces trois derniers concepts devrait permettre de favoriser le développement de contre-mesures spécifiques plus adaptées à chaque défaut d'attention :

1. *La distraction* implique de la part du conducteur une réorientation transitoire de l'attention de la tâche de conduite vers un objet ou un événement situé à l'intérieur ou à l'extérieur du véhicule (facteurs exogènes). Elle induit un retard dans le traitement de l'information nécessaire pour effectuer de façon sécuritaire la tâche de conduite.
2. *L'inattention* à la conduite est la conséquence d'une réorientation de l'attention vers des réflexions personnelles (« je suis perdu(e) dans mes pensées »). L'inattention peut donc être considérée comme une distraction endogène car elle n'est pas déclenchée par un élément extérieur. Son impact sur la conduite est potentiellement plus important que celui de la distraction car elle peut s'étendre sur de longues périodes. Elle survient le plus souvent lorsque la tâche à exécuter est routinière.
3. Indépendamment des effets de la distraction ou de l'inattention, certains conducteurs peuvent rencontrer des difficultés à orienter efficacement leur attention vers les éléments pertinents. On parle alors de *troubles spécifiques de la sélectivité* qui peuvent être dus à une mauvaise représentation de la situation ou à un fonctionnement cognitif altéré (pathologies, substances actives).

## Organisation du projet

Le projet a été structuré autour de cinq actions thématiques de recherche, chacune ayant été coordonnées par un porteur différent. Certaines ont été destinées à alimenter un modèle de l'attention, d'autres ont porté sur des populations prédisposées à des défauts d'attention et enfin certaines ont permis le développement de protocoles ou méthodologies novateurs.

Concernant l'animation scientifique, trois séminaires pléniers ont été organisés durant le projet. Le séminaire de lancement a permis de favoriser l'émergence de questions de recherche communes. Les deux séminaires suivants ont permis de discuter un premier modèle de l'attention et de travailler sur les concepts et leurs définitions. Le troisième séminaire a eu pour objectif de discuter les résultats obtenus au sein du projet et de mettre en valeur les convergences entre équipes. Le projet a aussi permis une animation scientifique efficace au sein de l'axe « Attention » du RESAT, les partenaires étant tous membres actifs de ce réseau.

Ce projet a réuni 38 chercheurs provenant de 17 laboratoires de recherche français :



- Laboratoire Dynamique Du Langage (UMR CNRS 5596, changement d'affectation du chercheur initialement EMC) & Laboratoire d'étude et d'analyse de la cognition et des modèles (LEACM/CRIS – EA 647) – Univ. Lyon 2
- Laboratoire «Cellules souches et Cerveau», INSERM U846 (ex U371 INSERM)
- Laboratoire Travail et Cognition (CLLE-LTC) – Univ. Toulouse Le Mirail

- Laboratoire d'Accidentologie, de Biomécanique et d'étude des comportements humains (GIE PSA-Renault)
- Laboratoire de Psychologie labellisé PPI, UPRES EA 2646 – Univ. Angers
- Laboratoire de Psychologie Expérimentale, CRPCC, UPRES EA 1285 – Univ. Rennes 2
- Laboratoire d'Imagerie & Neurosciences Cognitives (LINC – UMR 7191 ex CEPA - UPS 858) - Univ. Strasbourg
- Laboratoire Octogone EA 4156 (ex Laboratoire Jacques LORDAT) – Univ. Toulouse 2
- Laboratoire Mobilités Cognition et temporalité (MCT – INSERM ERI27-UPRES EA3917 (ex UFR Médecine & UFR STAPS) - Univ. Caen
- Laboratoire Cognition et Usages – Univ. Paris VIII
- Laboratoire Parole et Langage - Université de Provence
- Laboratoire d'Imagerie Moléculaire et Fonctionnelle, UMR CNRS 5231 (changement d'affectation du chercheur ex ISPED, U593-INSERM) – Bordeaux
- Laboratoire Physique de la Matière, URM 5511, Microcapteurs, Microsystèmes Biomédicaux – INSA, Univ. Lyon1
- Laboratoire Ergonomie et Sciences Cognitives pour les Transports & Unité Mixte de Recherche en Epidémiologie et de Surveillance Transport Travail et Environnement, INRETS – Bron
- Laboratoire Mécanismes d'Accident, INRETS - Salon de Provence

## **Focalisation, inhibition, distraction et inattention en conduite automobile (responsable C. Lemercier)**

Le principal objectif de cette recherche était de rendre compte des dégradations de la focalisation et de la charge d'attention du conducteur provoquées par son état interne (inattention), par des éléments externes (distraction), ou encore par la réalisation de tâches annexes (inhibition) en convergeant vers un cadre conceptuel commun : le modèle FIDI. Il s'agissait également de contribuer à l'amélioration des méthodes d'évaluation de l'interférence liée à la multi-activité au volant.

Sur la base des implications positives et négatives des caractéristiques du sujet (composantes de l'attention) et des conditions externes de la situation, le modèle FIDI aboutit à quatre conséquences possibles sur la conduite : la Focalisation et l'Inhibition qui améliorent les performances, et la Distraction et l'Inattention, qui sont coûteuses, voire dangereuses.

Cinq expérimentations utilisant deux méthodes d'analyse de la charge mentale ont été conçues. La méthode ANT (Attention Network Test) a été étudiée en laboratoire et sur simulateur pour analyser d'une part l'impact d'une inattention engendrée par des ruminations et d'autre part l'impact de la distraction auditive (sons associés à la conduite). Cette méthode permet d'explorer trois aspects de l'attention : l'alerte, l'orientation et le conflit. La méthode LCT (Lane Change Task) a aussi été utilisée sur simulateur pour examiner la focalisation attentionnelle (auditive, visuelle simple et visuelle complexe) lors de l'utilisation du GPS. La méthode LCT a ici été adaptée afin de la rendre plus écologiques (trafic dense et dépassement de véhicules au lieu des panneaux habituels) et afin de réduire les stratégies individuelles de gestion de la tâche (moins d'anticipation, moins de latitude dans la décision, déviation latérale moins augmentée). Enfin, un indicateur plus solide et plus pertinent que la déviation latérale a été recherché.

Les expériences concernant les inattentions ont permis de mettre en évidence l'efficacité de la procédure employée pour générer des ruminations (dégradation de l'attention par induction d'un état émotionnel négatif et renforcement musical). Seule la fonction d'orientation est altérée par une dégradation générale de l'état émotionnel. En ce qui concerne la distraction, en laboratoire, un effet positif de l'alerte en distraction précoce a pu être observé. Pour les conducteurs âgés, on observe un bénéfice temporel à la présence

des sons ainsi qu'un effet de conflit et un effet facilitateur de l'orientation en présence des sons beaucoup plus marqués. En simulation, l'apparition d'un son entraîne une disparition des trois effets (alerte, orientation, conflit). Il s'agit donc d'une source majeure de distraction en conduite automobile.

Enfin, la version LCT, utilisée ici, semble plus efficace que la méthodologie LCT classique. L'indicateur « position latérale corrélée à la variation de la vitesse » semble plus solide et plus discriminant que l'unique calcul de la déviation latérale, pour déterminer le coût que représente l'utilisation d'une IHM (cf. normalisation).

Il s'agit de la première étude à mettre en évidence l'impact différencié de l'inattention, de la distraction et de l'interférence sur la focalisation de l'attention. Ces travaux ont montré que le type de son distracteur a un impact important sur les fonctions d'attention (alerte, orientation et conflit) et des « distractions » peuvent avoir des effets bénéfiques sur l'attention. Par ailleurs, des modifications des stratégies de conduite peuvent être observées lors de l'utilisation du GPS. En particulier, les amplitudes d'ajustement de la vitesse varient avec la complexité des tâches et le positionnement sur les voies de circulation est modifié (décalage vers le centre de la chaussée).

Il nous semble fondamental de sensibiliser les nouveaux conducteurs mais aussi les conducteurs experts aux conséquences des états d'humeur négatifs, comme la tristesse, susceptibles de modifier négativement le comportement cognitif : cécité à certaines caractéristiques de l'environnement imputable à une altération de la fonction d'orientation de l'attention.

## **Attention, sélection de l'information pertinente et conscience de la situation (responsable C. Tijus)**

Ce travail s'intéresse plus spécifiquement aux mécanismes de l'attention sous l'angle de l'interaction du conducteur avec son environnement de conduite. Cette interaction suppose d'extraire les informations pertinentes de la scène routière afin d'en élaborer une représentation mentale (Conscience de la Situation) qui permette d'engager des actions adaptées au contexte du moment.

L'extraction des informations reposerait à la fois sur des processus de perception bottom-up (propriétés physiques des objets) et sur des processus top-down mettant en jeu nos propres connaissances, nos attentes et le traitement inévitable du contexte entourant l'objet. Selon les modèles analytiques de la perception visuelle, les traits visuels des objets sont codés indépendamment avant d'être intégrés par focalisation attentionnelle. Les phénomènes de détection parallèle (pop-out) ou séquentielle s'expliquent par des modes de répartition différents de l'attention dans le champ visuel. Le modèle basé sur le treillis de Galois propose de rendre compte de ces phénomènes en termes de traitement de la similarité et de la différenciation existant entre les traits des objets, apparaissant soit au premier stade de traitement, soit au second, lors de l'intégration attentionnelle. Par ailleurs, ces treillis de Galois permettent de rendre compte de la complexité de la scène visuelle à traiter.

Dans ce cadre théorique, l'objectif principal était d'analyser la modification de la conscience de la situation en fonction de différents paramètres : la complexité de l'environnement et de la discriminabilité des objets, les buts du sujet, la gestion de tâches concurrentes et les caractéristiques propres aux conducteurs.

Pour cela, 3 sous actions de recherche (SAR) ont été définies pour lesquelles a été développé un outil d'investigation commun : ICARE-Light (Bailly, 2004). Cet outil permet la présentation de 48 séquences vidéo de scènes routières. Leur arrêt imprévu est suivi d'un masque perceptif puis de la présentation de la scène finale (dernière image de la vidéo) qui a pu être modifiée ou non. Les sujets doivent alors indiquer la présence ou non d'une modification, sa nature et sa localisation.

Cet outil a été utilisé dans différentes situations selon les SAR :

- participants se mettant en situation de conducteur, de moniteur d'auto-école ou de passager (but)
- conducteurs expérimentés en simple tâche ou double tâche (de complexité variable) avec possibilité d'accepter ou non la tâche distractive,
- conducteurs infractionnistes
- patients TDA/H

Les résultats préliminaires mettent en évidence des stratégies de partage d'attention et de gestion de la multi-activité au volant. Ainsi le partage d'attention affecte négativement la conscience de la situation qui n'est pas améliorée lorsque les participants sont libres de refuser la double tâche et d'en choisir le niveau de difficulté. Chez les infractionnistes on observe une moins bonne conscience de la situation que chez les témoins (signalisation et éléments proches). Concernant les sujets TDA/H, seuls 11 patients sur 30 recrutés ont accepté de participer à l'expérimentation du fait de la fatigabilité importante chez ces sujets. Ceci œuvre en faveur d'une modification des outils pour une approche clinique. Toutefois, les résultats chez ces sujets révèlent des différences aux tests neuropsychologiques par rapport à des sujets témoins appariés sur l'âge et l'expérience de conduite (inhibition, flexibilité mentale, vigilance et vitesse de traitement) et là encore une moins bonne conscience de la situation que chez les témoins.

## **Difficultés rencontrées par les conducteurs âgés en intersection (responsable L. Paire-Ficout)**

L'objectif de cette recherche était d'une part de mieux renseigner l'accidentalité des conducteurs âgés dans les intersections et notamment dans les manœuvres de « tourne à gauche », connues plus dangereuses pour ces conducteurs et d'autre part de mieux comprendre les processus perceptifs et cognitifs impliqués dans ces manœuvres.

Une première étude épidémiologique a été conduite à partir des données nationales d'accidents (BAAC) afin d'évaluer, dans les situations de conduite les plus affectées par des troubles liés à l'âge, l'éventuelle menace que représentent les conducteurs âgés par rapport aux conducteurs plus jeunes et leurs risques de blessures. Le risque d'être impliqué dans un accident mortel puis le taux d'années de vie perdues pour chaque classe d'âge de conducteurs ont été estimés pour quatre grandes catégories de situations de conduite dont la traversée de voie. Par rapport aux conducteurs de 25-64 ans, ceux de 75 ans ou plus ont un risque ajusté multiplié par 16,7 d'être impliqués dans un accident mortel dans cette dernière situation par rapport au risque d'être impliqués dans un tout autre accident. Toutefois, dans toutes les situations de conduite, le taux d'années de vie perdues des autres impliqués baisse significativement lorsque l'âge du conducteur augmente : les conducteurs âgés représentent une menace plus faible pour les autres usagers que les conducteurs plus jeunes. A partir des données du registre du Rhône, un risque de blessure non mineure au thorax/abdomen plus élevé a été constaté chez les occupants du véhicule âgés de 75 ans ou plus par rapport aux 25-64 ans dans toutes les situations de conduite, et ce risque s'étend à toutes les régions corporelles en traversée de voie(s). Ces résultats justifient que l'on s'intéresse de près à cette manœuvre très complexe qu'est la traversée de voie(s) ou d'une façon plus générale l'intersection chez le conducteur âgé.

Afin de mieux identifier les difficultés rencontrées par les conducteurs âgés en intersections trois expérimentations ont été menées. Une première, exploratoire, a été réalisée en situation réelle de conduite dans le but d'observer les effets de la distraction (conversation téléphonique) sur le comportement de conduite. Lorsqu'il est distrait, le conducteur diminue significativement sa vitesse que ce soit dans la phase de préparation ou d'entrée en dans le « tourne à gauche ». Il utilise des stratégies plus brusques et plus tardives pour le freinage et sa trajectoire est plus instable. Ainsi, une augmentation de la charge cognitive modifie le comportement de conduite en intersection. Il reste cependant à mieux comprendre l'effet de

l'âge sur ces modifications du comportement de conduite. Il était aussi important de comprendre comment la distraction cognitive agit sur le traitement de l'information visuelle et la prise de décision en intersection. Deux séries d'expériences avaient pour but de rechercher la nature des difficultés rencontrées par les conducteurs âgés (difficultés pour identifier un objet dans une scène routière, détecter un changement survenant brutalement dans une scène routière ou pour prendre une décision lors d'un tourne à gauche). Les données analysées permettent de montrer dans tous les cas un ralentissement général chez les participants âgés. Cependant, malgré ce déclin, les capacités de désengagement et d'orientation de l'attention demeurent intactes avec le vieillissement avec tout de même des difficultés à inhiber le traitement de régions non pertinentes de l'espace. La capacité à localiser un objet répond aux mêmes principes stratégiques que ceux des plus jeunes : les stratégies visuelles sont automatiquement guidées par les connaissances de l'environnement routier acquises grâce à l'expérience de conduite mais ce mécanisme est moins efficace lorsque le conducteur est distrait. Une forme originale d'adaptation au vieillissement a été mise en évidence : les participants âgés prennent davantage de décisions correctes sur la base de représentations implicites que les plus jeunes. En effet, ils peuvent décider, à bon escient, de ne pas tourner à gauche sans être en mesure d'énoncer la raison de leur décision. Ces décisions implicites sont associées à de moins bonnes performances au Trail Making Test et au test des Codes. Cette forme d'adaptation limiterait les effets des déclins exécutifs et du ralentissement de la vitesse de traitement des informations visuo-spatiales.

Bien que plutôt de nature fondamentale, ces résultats sont riches d'enseignement et offrent de nombreuses retombées applicatives : les campagnes de sensibilisation doivent annoncer que, contrairement aux jeunes conducteurs, les conducteurs âgés ne provoquent pas plus d'accidents mortels et ce résultat est inchangé dans les situations de conduite complexes. Il convient aussi de mener une véritable réflexion pour savoir comment protéger ces conducteurs, car ils sont plus vulnérables dans les traversées de voies et les tourne à gauche. Il est important de prendre acte de leurs difficultés dans l'aménagement de nouvelles infrastructures. Cette étude a aussi permis la proposition d'outils pouvant être utilisés en clinique afin d'identifier d'éventuelles difficultés d'attention focalisée et de recherche visuelle dans les scènes complexes. Les résultats observés concernant l'impact de la distraction sur la tâche de recherche visuelle permettent de formuler des recommandations pour le développement de systèmes d'assistance : les seuils d'alerte pour la prise en compte de la signalisation routière et pour la détection d'obstacle doivent être ajustés en fonction de l'âge du conducteur et du niveau de la charge d'attention disponible. Des pistes sont aussi données sur la hiérarchisation des alertes, les conducteurs traitant prioritairement les informations liées aux usagers de la route par rapport à celles liées aux éléments d'infrastructure.

## **Effets résiduels des hypnotiques chez les conducteurs âgés (responsables P. Denise et M.-L. Bocca)**

L'objectif principal était d'évaluer, chez la personne « âgée » et sur simulateur, la dégradation de la performance de conduite induite par une prise unique d'hypnotiques non seulement en conduite monotone mais aussi en conduite urbaine. Les effets des médicaments sur certaines composantes attentionnelles ont été évalués à l'aide de tests neuropsychologiques.

Jusqu'à maintenant, les études portant sur les effets des hypnotiques ont été effectuées chez des sujets de moins de 30 ans et les résultats étaient généralisés à l'ensemble de la population. Il était donc important d'investiguer les effets des hypnotiques directement chez les personnes âgées. Pour cela, les effets de 2 médicaments correspondant aux hypnotiques les plus prescrits : Zolpidem (Stilnox®), 50 % des prescriptions, 15 millions de

boîtes/an et Zopiclone (Imovane®) 33 % des prescriptions, 11 millions de boîtes/an ont été étudiés chez des sujets de 55-65 ans.

Deux tâches de conduite sur simulateur étaient proposées aux sujets : une tâche de conduite monotone (1h à vitesse constante, 110 km/h) et une tâche de conduite urbaine utilisant des scénarios-types d'accident. Ces scénarios ont été mis au point à partir des études détaillées d'accident. Cinq scénarios-types ont été implémentés : piéton masqué traversant, arrêt brutal d'un véhicule suivi, véhicule dépassant et se rabattant sur la voie, véhicule quittant son stationnement, véhicule suivi tournant à gauche. Les tests de conduite étaient effectués 10h après la prise du médicament ou un placebo et le dosage des taux résiduels était effectué 10h et 15h après la prise.

Les premiers résultats indiquent un effet résiduel du Zolpidem sur la performance de conduite monotone : les conducteurs âgés sont très sensibles à cet hypnotique contrairement aux conducteurs jeunes. En conduite urbaine, de faibles variations du comportement (position latérale, vitesse et temps pour le premier appui sur la pédale de frein) ont été observées avec un positionnement plus à gauche pour Zolpidem et Zopiclone et un nombre de collisions doublé sous Zolpidem (différence NS). Ces expérimentations sont très lourdes et ont permis d'enregistrer de nombreuses données qui restent à exploiter dans les 2 à 3 années à venir (notamment analyse des liens entre les taux sanguins résiduels et la performance de conduite ainsi que les effets de l'alcool et des antalgiques).

Ces travaux ont permis de mettre en avant la nécessité de tester les effets des médicaments auprès de conducteurs d'âges différents. Ces données doivent permettre une sensibilisation auprès de l'AFSAPS. Par ailleurs, ils ont permis de mettre au point une méthodologie d'étude des effets des médicaments dans des situations de conduite urbaine simulée. Cette réflexion méthodologique doit être poursuivie pour trouver de meilleurs indicateurs de dégradation de la performance de conduite en situations dangereuses.

## **De l'attention à la prise de décision : approche neurophysiologique et neuropsychologique (responsable R. Martin)**

Cette action de recherche visait à examiner les effets d'une modification de la charge d'attention sur les processus d'intégration de percepts complexes et sur les comportements associés d'anticipation et de prise de décision, en situation de conduite automobile simulée. Elle se fonde sur une expérimentation *princeps* en trois volets, associant des analyses de l'activité corticale (SNC : magnétoencéphalographie) et électrodermale (SNA : micro-capteurs biomédicaux non invasifs), à un test de mémoire (reconnaissance visuelle et rappel auditif, sur réponse à des questions), rendant compte de niveaux d'attention et de conscience, face à cet environnement.

Les données ont été recueillies avec des outils spécifiques : système de conduite simulée amagnétique conçu et adapté pour un caisson de MEG (CERMEP, U 280, INSERM), capteurs biomédicaux (INSA-LPM/MMB), un environnement 3D (PRI, ISH, Lyon), sur lequel un ensemble de *scenarii* d'expérimentation ont été tracés et, enfin, une batterie de tests de mémorisation visuelle (reconnaissance d'images) et auditive (rappel de contenu sémantique), en simple et double tâche (ST & DT), accompagné de questionnaires spécifiquement élaborés et adaptés (LEACM),

La synthèse des premiers résultats montre d'abord la faisabilité d'une telle investigation, malgré un protocole complexe, et l'intérêt majeur de l'étude qui couvre, à la fois, les champs de la cognition et de la conation, dans une approche combinée de l'activité du SNC et du SNA, en rapport avec la conscience de la situation.

1) À partir du système *Minimum norm*, en ST & DT, les données MEG montrent l'activation d'un vaste réseau neuronal comprenant les processus d'attention et de traitement des



informations pertinentes pour la conduite (feux / panneaux de direction) : les aires visuelles, un réseau fronto-pariétal impliqué dans l'orientation de l'attention vers des cibles pertinentes (processus *bottom up*) et une large zone d'aires frontales dédiées aux fonctions exécutives : cortex prémoteur et moteur (exécution de la réponse). Par ailleurs, un impact de l'augmentation de la charge mentale sur ces activités a pu être mis en évidence : la DT module le traitement des informations visuelles pertinentes à la conduite dès les étapes sensorielles. D'autres analyses sont nécessaires pour déterminer si les processus d'anticipation sont également modulés par la DT.

2) L'activité électrodermale est sensible à la charge mentale et à ses variations ; elle est plus élevée lors de l'écoute radio avec effort de rétention des informations. Secondairement, cet indice physiologique est également sensible à l'accumulation de charge au fil du temps. Lorsque des tâches effectuées parallèlement à la conduite sont de difficulté équivalente, l'activité électrodermale atteste que la charge cognitive augmente sous l'effet du facteur temps : résultat à rapprocher de l'autoévaluation subjective de « *fatigue perçue* » (*cf. infra*), effet de la durée de l'expérience.

3) Les tests de reconnaissance visuelle et de rappel auditif apportent des informations concordantes avec ce qui précède : les objets peu fréquents dans les scènes routières tendent à être mieux reconnus lorsqu'ils ont été rencontrés dans une situation de simple tâche (ST), attestant d'un engagement de l'attention vers d'autres objets en situation de DT (informations auditives).

Des études plus approfondies seront poursuivies, au vu du nombre important de données collectées dans les trois champs d'investigation : d'autres expérimentations sont prévues, notamment, la mise en correspondance des données devrait étayer et éclairer les premières interprétations exposées dans la présente synthèse.

L'objectif de mieux comprendre les processus cognitifs et conatifs de l'attention, dans le domaine de la conduite automobile et de la sécurité routière est complémentaire des études beaucoup plus nombreuses, consacrées à la vigilance, Il serait intéressant d'établir des corrélations entre ces deux types d'investigations et d'en repérer plus objectivement les éléments de complémentarité et l'impact à plus long terme.

## Rappel des principaux résultats

L'ensemble des travaux menés dans le cadre du projet DACOTA ont permis des avancées importantes dans ce domaine de recherche en plein essor. Des échanges scientifiques entre les équipes autour de la définition des concepts et du partage d'expérience ont permis une assez bonne convergence vers un cadre conceptuel commun. Le niveau de ressources de l'attention (dimension d'intensité), la sélectivité, le mode d'orientation de l'attention (endogène/exogène) sont des dimensions essentielles du contrôle de l'attention.

Des méthodologies novatrices ont été développées pour répondre aux questions posées : calcul des années de vie perdues dans les accidents survenus en situations de conduite exigeantes sur le plan attentionnel, adaptation de tâches de psychologie cognitive à la simulation (Attentional Network Task), amélioration de protocoles expérimentaux utilisés dans les activités de normalisation (Lane Change Task), implémentation de scénarios types d'accidents en conduite simulée, apport des données de neurophysiologie en simulation de conduite. Ces méthodologies ont été appliquées à des conducteurs présentant ou non des caractéristiques particulières (e.g. personnes âgées, conducteurs infractionnistes, patient TDAH). Les résultats différentiels obtenus militent en faveur de recherches plus étendues, prenant en compte les caractéristiques spécifiques des conducteurs. Par ailleurs, ces travaux ont confirmé qu'il est essentiel de prendre en compte les buts poursuivis par le conducteur car ils déterminent les éléments sélectionnés dans la scène, la sélection pouvant s'opérer de manière consciente ou non. Enfin, dans les situations de double tâche, le délai temporel dans le traitement des informations est une composante essentielle.

Dix-sept laboratoires ont conduit ces protocoles expérimentaux grâce au financement ANR. Ce projet a permis au total à plus de 660 participants de prendre part aux expérimentations. Grâce à ces premiers résultats, il sera possible de sensibiliser le public sur les questions de recherche soulevé par ce thème de recherche.

## Perspectives

Les enjeux sociétaux concernant les problèmes d'attention au volant sont tels que l'effort de recherche dans ce domaine doit être poursuivi. La communauté RESAT, à l'initiative de ce projet, continue à se mobiliser pour favoriser les échanges et débats scientifiques entre les équipes du réseau et entre projets. Pour cela, elle vise à pérenniser l'organisation de journées scientifiques avec l'édition d'un numéro spécial dans une revue scientifique. Il s'agira aussi de poursuivre l'incubation de projets de recherche et de mettre en place des collaborations avec des équipes Européennes (*projets transnationaux via ERANET, organisation de séminaires scientifiques via une action COST*)

De nombreux aspects des problèmes d'attention au volant restent à explorer pour mieux comprendre les différentes facettes de ces problèmes et pour s'efforcer de trouver des parades adaptées :

- *L'inattention*

A ce jour, peu de recherches ont été consacrées à l'inattention, ce qui est regrettable face à son implication dans l'accidentologie. Il serait intéressant de déterminer si, à un instant donné, une situation d'inattention est aussi préjudiciable qu'une distraction.

- *Les populations prédisposées à des défauts d'attention*

Le choix d'étudier telles ou telles populations de conducteur doit s'appuyer sur des données démographiques et épidémiologiques afin de déterminer leurs prédispositions aux défauts d'attention et leur impact sur la sécurité routière.

- *Les TIC et leurs effets sur l'attention du conducteur*

Il existe une génération continue de nouvelles technologies dans les voitures. Il nous faut en évaluer les effets distractifs potentiels. Ceci implique de mettre au point des méthodes d'évaluation adaptées qui permettent de comparer les effets de chaque technologie avec un minimum de biais.

## Valorisation des travaux

Le projet DACOTA a déjà donné lieu à 7 publications dans des revues scientifiques et 12 présentations dans des congrès nationaux ou internationaux. D'autres publications et présentations sont attendues.

Par ailleurs, une journée spécialisée (sous la présidence de Mme Merli) sur les « Défauts d'attention au volant : premier bilan et nouvelles perspectives de recherche » au cours de laquelle les principaux résultats du projet seront présentés, est organisée à Lyon le 26 novembre 2009.

### Publications dans des revues scientifiques

1. Jallais, C, Paire-Ficout, L. Gabaude, C. (à soumettre). Objects localization in road scenes: effects of aging and cognitive distraction. Transportation research part F.
2. Lafont, S. Gabaude, C. Paire-Ficout, L. Fabrigoule, C. (accepté). Les conducteurs âgés sont moins dangereux pour les autres usagers dans toutes les situations de conduite : étude des accidents corporels en France entre 1996 et 2005. Le Travail Humain.

3. Lemerrier C., Cellier J-M. (2008). Les défauts de l'attention en conduite automobile: inattention, distraction, et interférence. *Le Travail Humain*, 71, 3, 271-296.
4. Meskali, M. Berthelon, C., Marie, S., Denise, P., Bocca, M.L. (soumis). Residual effects of hypnotics drugs in elderly drivers submitted to simulated scenarios of accidents: an exploratory study. *Psychopharmacology*.
5. Pereira M., Hamama H., Dapzol N., Bruyas M.P., Simões A. (accepté). Simultaneous Interaction with In-Vehicle Systems while Turning Left: Comparison among three groups of drivers, *IET Intelligent Transport Systems journal*.
6. Pêcher C., Lemerrier C., Cellier J.M. (2009). Emotions drive attention: Effects on driver's behaviour. *Safety Science*, DOI :10.1016/J.SSCI.2009.03.011.
7. Pêcher C., Lemerrier C., Cellier J.M., Quaireau C. (soumis). Inattention and Attention Network Test: Sadness affects functions of selective attention. *Applied Cognitive Psychology*.

### **Communications lors de congrès nationaux et internationaux**

1. Bocca, M-L, Marie, S., Berthelon, C., Coquerel, A., Lelong-Boulouard, V., Moessinger, M., Denise, P. (2007). Hypnotics drugs residual effects on monotonous simulated driving in elderly drivers. *International Conference on Alcohol, Drugs and Traffic Safety*, Seattle, WA, 26-31 august.
2. Combe-Pangaud, C., Jacquet, A. (2009). Self assessment: questionnaires and memorizing tests. *First International Conference on Driver Distraction and Inattention*, Göteborg, Sweden, 28-29 September.
3. Fort, A., Delpuech, C. (2009). Attention and processing of relevant visual information while driving: a MEG study. *First International Conference on Driver Distraction and Inattention*, Göteborg, Sweden, 28-29 September.
4. Foliot, G. (2009). Dakota 3D: a simulation environment inspired of the world of videos games. *First International Conference on Driver Distraction and Inattention*, Göteborg, Sweden, 28-29 September.
5. Jacquet, A. (2009). From attention to Decision-making: theoretical Neuropsychological study. *First International Conference on Driver Distraction and Inattention*, Göteborg, Sweden, 28-29 September.
6. Maincent, A., Martin, R. (2009). From attention to Décision: Attention and Modelling. *First International Conference on Driver Distraction and Inattention*, Göteborg, Sweden, 28-29 September.
7. Gabaude, C., Paire-Ficout, L. Lafont, S. Bedoin, N. Knoblauch, K. Bruyas, M.P., Vital-Durand, F (2009). Relationship between change detection and decision making at left-turn intersection: effects of age and distraction. *21st World Congress of the International Transportation Medicine Association*, The Hague, Netherlands, 26-28 April 2009, pp.44-45.
8. Gabaude C., Fort, A., Chapon A (2009). Attentional failures when driving: a French experience to stimulate research community on this road safety issue. *1<sup>st</sup> International Conference on Driver Distraction and Inattention*, Goteborg, Sweden, September 28-29.
9. Lafont, S., Gabaude, C., Paire-Ficout, L., Fabrigoule, C. (2009). Older drivers' threat for other road users at intersection: results from the French database of injury crashes between 1996 and 2005. *International Traffic Medicine Association*, La Haye, Netherlands, 26-28 April pp.98-99.

10. Lafont S. (2009). Effet de l'âge sur la mortalité et la gravité des blessures des occupants de voiture dans les différentes manoeuvres de conduite. *1er Colloque du Registre du Rhône des victimes d'accidents de la circulation : intérêt, résultats et perspectives*, Lyon, Hôtel Dieu.
11. Jallais, C. Paire-Ficout, L. Gabaude, C. (2009). Object localization in jumbled natural road scenes. 21<sup>st</sup> World Congress of the International Transportation Medicine Association, The Hague, Netherlands, 26-28 April, pp.82.
12. Paire-Ficout, L., Gabaude, C. Bruyas, MP., Lafont, S. Bedoin, N, Knoblauch, K, Vital-Durand, F. (2008). The impact of distraction on change detection at intersection: a feasibility study. 4th International Conference on Traffic & Transport Psychology, Washington DC, USA, August 31- September.
13. Paire-Ficout, L., Gabaude, C., Bruyas, MP., Lafont, S., Bedoin, N., Vital-Durand, F., Knoblauch, K. (2009). Rôle de l'expérience sur la prise de décision en intersection chez des conducteurs âgés. Congrès de la Société Française de Psychologie « Psychologie et enjeux de société », Toulouse, 17-19 Juin, pp.73.