



The doctoral grant relative to the project is part-funded by the European Regional Development Fund (ERDF).



$$\xi_d = \begin{cases} [0 \ 0 \ 1]^T & \forall t < 5s \\ \begin{bmatrix} -r \cos(t-5) + r \\ -r \sin(t-5) \\ 0 \end{bmatrix} & \forall t > 5s \end{cases}$$

$$K_r = \begin{bmatrix} K_{prx} & 0 & 0 & K_{drx} & 0 & 0 \\ 0 & K_{pry} & 0 & 0 & K_{dry} & 0 \\ 0 & 0 & K_{prz} & 0 & 0 & K_{drz} \end{bmatrix}$$

Retours adaptatif en réalité augmentée basés sur l'état du conducteur de véhicule hautement automatisé lors de la reprise de contrôle, variations sur le modèle AMI

Mercredi 9 mars 2022



Baptiste Wojtkowski,
baptiste.wojtkowski@hds.utc.fr

Indira Thouvenin,
indira.thouvenin@hds.utc.fr

Veronica Teichrieb
vt@cin.ufpe.br





Baptiste Wojtkowski
bwojtkow@hds.utc.fr



Indira Thouvenin
indira.thouvenin@hds.utc.fr

Remerciements au Feder



Veronica Teichrieb
vt@cin.ufpe.br



Véhicule autonome — Reprise de contrôle

Véhicule autonome — Reprise de contrôle

SAE level	Name
<i>Human driver monitoring</i>	
0	No Automation
1	Driver Assistance
2	Partial Automation
<i>Automated driving systems</i>	
3	Conditional Automation
4	High Automation
5	Full Automation

- Automatisation conditionnelle
- Niveau 3
- Reprise de contrôle [Mc Call, 2019]:
 - Rendre le contrôle
 - Informer le conducteur
 - Comprendre ses capacités

Véhicule autonome — Reprise de contrôle

SAE level	Name
<i>Human driver monitoring</i>	
0	No Automation
1	Driver Assistance
2	Partial Automation
<i>Automated driving</i>	
3	Conditional Automation
4	High Automation
5	Full Automation

- Automatisation conditionnelle
- Niveau 3
- Reprise de contrôle [Mc Call, 2019]:
 - Rendre le contrôle
 - Informer le conducteur
 - Comprendre ses capacités

Véhicule autonome — Reprise de contrôle

SAE level	Name
Human driver monitoring	
0	No Automation
1	Driver Assistance
2	Partial Automation
Automated driving	
3	Conditional Automation
4	High Automation
5	Full Automation

- Automatisation conditionnelle
- Niveau 3
- Reprise de contrôle [Mc Call, 2019]:
 - Rendre le contrôle
 - Informer le conducteur
 - Comprendre ses capacités

Vieux problème :

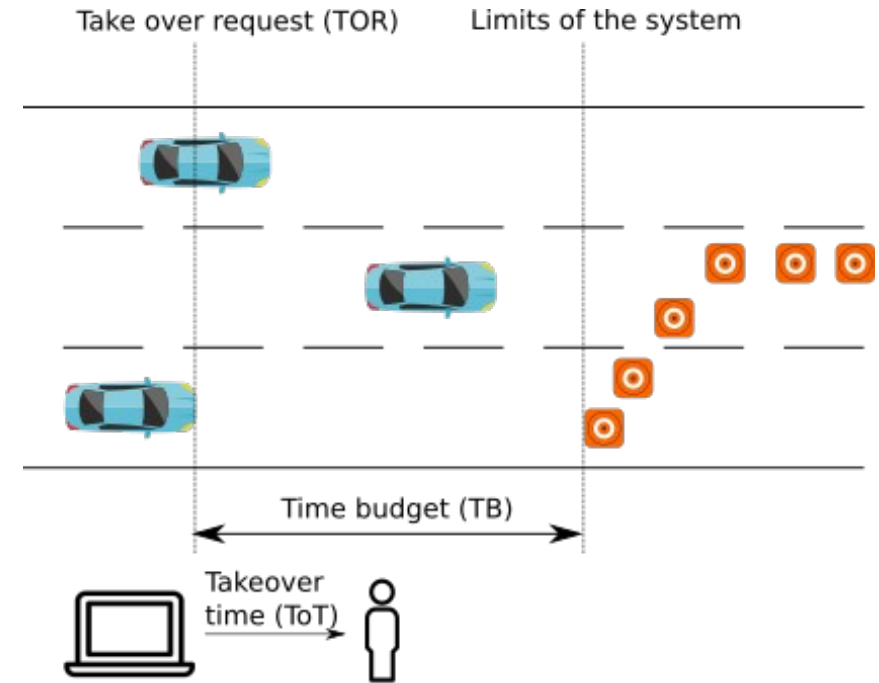
- Performances « hors de la boucle »
- Niveaux d'automatisation

[Kaber and Endsley, 1998]

Véhicule autonome — Reprise de contrôle

SAE level	Name
Human driver monitored	
0	No Automation
1	Driver Assistance
2	Partial Automation
Automated driving system	
3	Conditional Automation
4	High Automation
5	Full Automation

- Automatisation conditionnelle
- Niveau 3
- Reprise de contrôle [Mc Call, 2019]:
 - Rendre le contrôle
 - Informer le conducteur
 - Comprendre ses capacités



[Hayashi et al., 2019 ; Zeeb et al. 2015]

Vieux problème :

- Performances « hors de la boucle »
- Niveaux d'automatisation

[Kaber and Endsley, 1998]



The doctoral grant relative to the project is part-funded by the European Regional Development Fund (ERDF).



$$\xi_d = \begin{cases} [0 \ 0 \ 1]^T & \forall t < 5s \\ \begin{bmatrix} -r \cos(t-5) + r \\ -r \sin(t-5) \\ 0 \end{bmatrix} & \forall t > 5s \end{cases}$$

$$\dot{K}_r = \begin{bmatrix} K_{prx} & 0 & 0 & K_{drx} & 0 & 0 \\ 0 & K_{pry} & 0 & 0 & K_{dry} & 0 \\ 0 & 0 & K_{prz} & 0 & 0 & K_{drz} \end{bmatrix}$$

Travaux connexes



Interfaces de reprise de contrôle

Interfaces de reprise de contrôle

Audio
(Notification)



[Roche, 2018]

Roche and Brandenburg, « Should the urgency of auditory-tactile takeover requests match the criticality of takeover situations? », *IEEE 21th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2018*

Interfaces de reprise de contrôle

Audio
(Notification)



[Roche, 2018]

Visual
(Information)



[Lorenz, 2014]

Roche and Brandenburg, « Should the urgency of auditory-tactile takeover requests match the criticality of takeover situations? », *IEEE 21th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2018*

Lorenz et Al. « Designing take over scenarios for automated driving: How does augmented reality support the driver to get back into the loop? », *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 2014*

Interfaces de reprise de contrôle

Audio
(Notification)



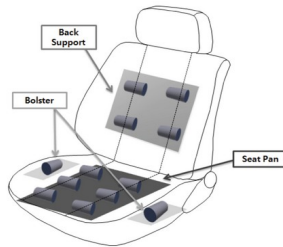
[Roche, 2018]

Visual
(Information)



[Lorenz, 2014]

Vibrotactile
(Incertitude/
notification)



[Schwalk, 2015]

Roche and Brandenburg, « Should the urgency of auditory-tactile takeover requests match the criticality of takeover situations? », *IEEE 21th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 2018

Lorenz et Al. « Designing take over scenarios for automated driving: How does augmented reality support the driver to get back into the loop? », *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 2014

Schwalk et Al. « Driver Support by a Vibrotactile Seat Matrix – Recognition, Adequacy and Workload of Tactile Patterns in Take-over Scenarios During Automated Driving », *Procedia Manufacturing*, 2015

Interfaces de reprise de contrôle

Audio
(Notification)



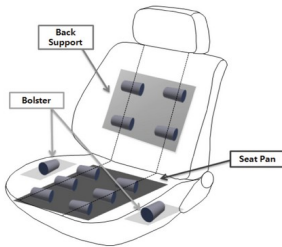
[Roche, 2018]

Visual
(Information)



[Lorenz, 2014]

Vibrotactile
(Incertitude/
notification)



[Schwalk, 2015]

Tendance aux interfaces *multimodales* [Yoon, 2019]

- En particulier audio et vibrotactile

Roche and Brandenburg, « Should the urgency of auditory-tactile takeover requests match the criticality of takeover situations? », *IEEE 21th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 2018

Lorenz et Al. « Designing take over scenarios for automated driving: How does augmented reality support the driver to get back into the loop? », *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 2014

Schwalk et Al. « Driver Support by a Vibrotactile Seat Matrix – Recognition, Adequacy and Workload of Tactile Patterns in Take-over Scenarios During Automated Driving », *Procedia Manufacturing*, 2015

Yoon et Al. « The effects of takeover request modalities on highly automated car control transitions », *Accident Analysis & Prevention*, 2018

Pretto et Al., « Fluid Interface Concept for Automated Driving », *HCI in Mobility, Transport, and Automotive Systems*, 2020

Interfaces de reprise de contrôle

Audio
(Notification)



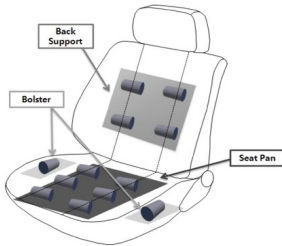
[Roche, 2018]

Visual
(Information)



[Lorenz, 2014]

Vibrotactile
(Incertitude/
notification)



[Schwalk, 2015]

Tendance aux interfaces *multimodales* [Yoon, 2019]

- En particulier audio et vibrotactile

L'information dans un cockpit est *déjà* multimodale

- Besoin d'une stratégie pour avertir le conducteur [Pretto, 2020]
- Besoin d'une communication pour avertir le conducteur [Bengler, 2020]

Roche and Brandenburg, « Should the urgency of auditory-tactile takeover requests match the criticality of takeover situations? », *IEEE 21th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 2018

Lorenz et Al. « Designing take over scenarios for automated driving: How does augmented reality support the driver to get back into the loop? », *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 2014

Schwalk et Al. « Driver Support by a Vibrotactile Seat Matrix – Recognition, Adequacy and Workload of Tactile Patterns in Take-over Scenarios During Automated Driving », *Procedia Manufacturing*, 2015

Yoon et Al. « The effects of takeover request modalities on highly automated car control transitions », *Accident Analysis & Prevention*, 2018

Pretto et Al., « Fluid Interface Concept for Automated Driving », *HCI in Mobility, Transport, and Automotive Systems*, 2020

Bengler et Al. « From HMI to HMIs: Towards an HMI Framework for Automated Driving », *Information*, 2020

Reprise de contrôle avec AR

Reprise de contrôle avec AR

Quel impact ?

Impact positif sur les performances [Langlois 2016]



AR-HUD



HUD classique

Langlois and Soualmi, « Augmented reality versus classical HUD to take over from automated driving: An aid to smooth reactions and to anticipate maneuvers », *IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2016*

Reprise de contrôle avec AR

Quel impact ?

Impact positif sur les performances [Langlois 2016]



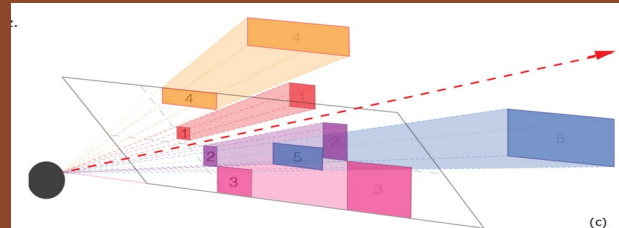
AR-HUD



HUD classique

Où ?

View management (proxémique) [Haeuslschmid, 2016]



[Haeuslschmid, 2016]

Langlois and Soualmi, « Augmented reality versus classical HUD to take over from automated driving: An aid to smooth reactions and to anticipate maneuvers », *IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2016*

Haeuslschmid et al., « First Steps towards a View Management Concept for Large-sized Head-up Displays with Continuous Depth », *Proceedings of the 8th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications - Automotive'UI 16, 2016*

Reprise de contrôle avec AR

Quel impact ?

Impact positif sur les performances [Langlois 2016]



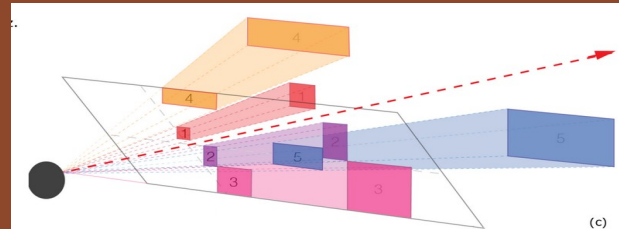
AR-HUD



HUD classique

Où ?

View management (proxémique) [Haeuslschmid, 2016]

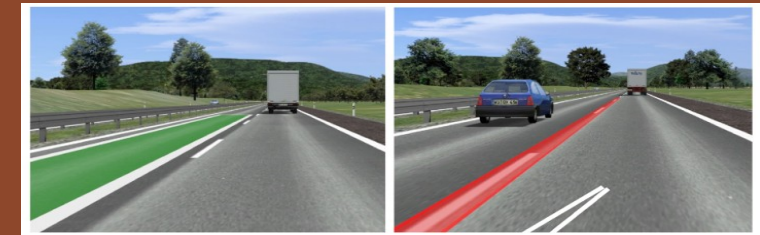


[Haeuslschmid, 2016]

Comment ?

Retours fixés monde/fixés écran [Gabbard, 2014]

Les scénarios devraient améliorer la reprise de contrôle [Eriksson, 2019]



[Eriksson, 2019]

Langlois and Soualmi, « Augmented reality versus classical HUD to take over from automated driving: An aid to smooth reactions and to anticipate maneuvers », *IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2016*

Haeuslschmid et Al., « First Steps towards a View Management Concept for Large-sized Head-up Displays with Continuous Depth », *Proceedings of the 8th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications - Automotive'UI 16, 2016*

Gabbard et Al., « Behind the Glass: Driver Challenges and Opportunities for AR Automotive Applications », *Behind the Glass: Driver Challenges and Opportunities for AR Automotive Applications, 2014*

Eriksson et Al., « Rolling Out the Red (and Green) Carpet: Supporting Driver Decision Making in Automation-to-Manual Transitions », *IEEE transactions on human-machine systems, 2019*

Interfaces adaptatives

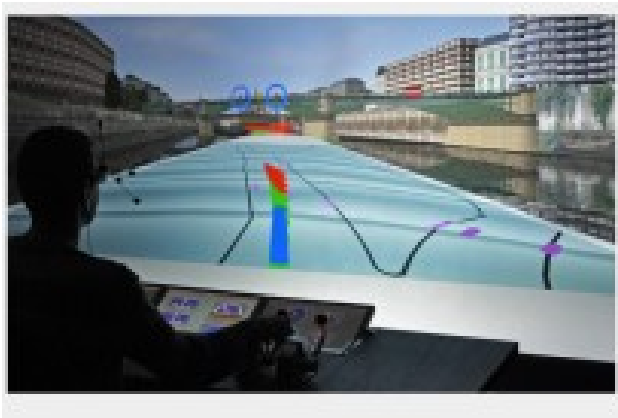
Interfaces adaptatives

- Adaptation à la criticité de la situation [Roche, 2019]

Roche and Brandenburg, « Should the urgency of auditory-tactile takeover requests match the criticality of takeover situations? », *IEEE 21th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2018*

Interfaces adaptatives

- Adaptation à la criticité de la situation [Roche, 2019]
- Adaptation pour l'apprentissage de la conduite de bateau [Fricoteaux, 2014]

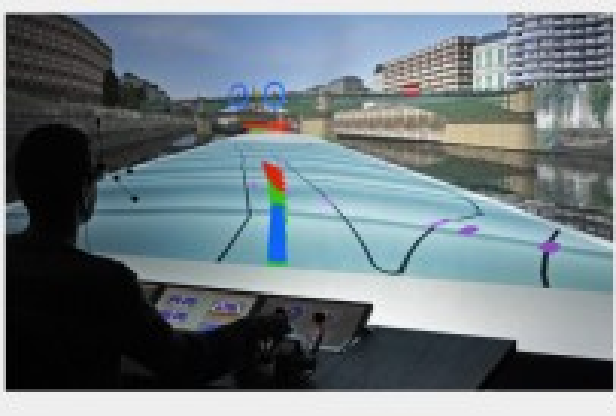


Roche and Brandenburg, « Should the urgency of auditory-tactile takeover requests match the criticality of takeover situations? », *IEEE 21th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2018*

Fricoteaux et Al., « GULLIVER: A decision-making system based on user observation for an adaptive training in informed virtual environments », *Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2014*

Interfaces adaptatives

- Adaptation à la criticité de la situation [Roche, 2019]
- Adaptation pour l'apprentissage de la conduite de bateau [Fricoteaux, 2014]
- Devrait être étudiée dans le cadres HAV [Pretto, 2020]



Roche and Brandenburg, « Should the urgency of auditory-tactile takeover requests match the criticality of takeover situations? », *IEEE 21th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2018*

Fricoteaux et Al., « GULLIVER: A decision-making system based on user observation for an adaptive training in informed virtual environments », *Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2014*

Pretto et Al., « Fluid Interface Concept for Automated Driving », *HCI in Mobility, Transport, and Automotive Systems, 2020*

À quoi pourrait-on adapter une interface ?

- Il faut adapter ces interfaces à un état cognitif...

À quoi pourrait-on adapter une interface ?

- Il faut adapter ces interfaces à un état cognitif...
 - Lié à la distribution de regards ? [Zeeb, 2015]

Zeeb et Al., « What determines the take-over time? An integrated model approach of driver take-over after automated driving », *Accident Analysis & Prevention*, 2015

À quoi pourrait-on adapter une interface ?

- Il faut adapter ces interfaces à un état cognitif...
 - Lié à la distribution de regards ? [Zeeb, 2015]
 - À l'attention, inférée depuis une séquence de regards ? [Fridman, 2016]

Zeeb et Al., « What determines the take-over time? An integrated model approach of driver take-over after automated driving », *Accident Analysis & Prevention*, 2015

Fridman et Al. , « What Can Be Predicted from Six Seconds of Driver Glances? », *CHI '17: Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2017

À quoi pourrait-on adapter une interface ?

- Il faut adapter ces interfaces à un état cognitif...
 - Lié à la distribution de regards ? [Zeeb, 2015]
 - À l'attention, inférée depuis une séquence de regards ? [Fridman, 2016]
 - À la disponibilité du conducteur ? [Deo and Trivedi, 2020]

Zeeb et Al., « What determines the take-over time? An integrated model approach of driver take-over after automated driving », *Accident Analysis & Prevention*, 2015

Fridman et Al. , « What Can Be Predicted from Six Seconds of Driver Glances? », *CHI '17: Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2017

Deo and Trivedi, «Looking at the Driver/Rider in Autonomous Vehicles to Predict Take-Over Readiness », *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, 2020

À quoi pourrait-on adapter une interface ?

- Il faut adapter ces interfaces à un état cognitif...
 - Lié à la distribution de regards ? [Zeeb, 2015]
 - À l'attention, inférée depuis une séquence de regards ? [Fridman, 2016]
 - À la disponibilité du conducteur ? [Deo and Trivedi, 2020]
 - À sa connaissance de la situation inférée depuis la qualification de son comportement de recherche visuelle ? [Hayashi, 2019]
 - À sa connaissance de la situation inférée depuis ses performances attendues [Hayashi, 2019]

Zeeb et Al., « What determines the take-over time? An integrated model approach of driver take-over after automated driving », *Accident Analysis & Prevention*, 2015

Fridman et Al. , « What Can Be Predicted from Six Seconds of Driver Glances? », *CHI '17: Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2017

Deo and Trivedi, «Looking at the Driver/Rider in Autonomous Vehicles to Predict Take-Over Readiness », *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, 2020

Hayashi et Al. « A Driver Situational Awareness Estimation System Based on Standard Glance Model for Unscheduled Takeover Situations », *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, 2019

Performances de conduite

- Un dispositif de reprise de contrôle est performant si :
 - Il amène à moins de collisions avec le décor lors des simulations
 - Les comportements induits sont moins dangereux
 - Le TTC enregistré est moins grand (en moyenne, en minimal)
 - L'angle au volant varie moins (ecart type), est en général moins haut (moyenne, max)
 - Le freinage est moins grand (utilisation ou non du frein,)
 - L'accélération est moins grande (moyenne, max)
 - La primo-réaction implique un changement immédiat de comportement du véhicule
 - On mesure des variables subjectives (charge cognitive, workload) plus basses

Prédiction des performances de conduite

- Variables pouvant être utilisées pour anticiper les performances de conduite
 - Données Physiologiques (EEG, ECG, température)
 - Données Comportementales (Regard, pose de la tête, position du corps...)
 - Données Sociologiques (Genre, âge, expérience de conduite...)
 - Données de la situation de conduite (vitesse, ligne, densité du trafic...)

Positionnement

Positionnement

- La reprise de contrôle est un instant critique puisqu'il s'agit d'un transfert de connaissance de la situation depuis l'automate vers le conducteur.

Positionnement

- La reprise de contrôle est un instant critique puisqu'il s'agit d'un transfert de connaissance de la situation depuis l'automate vers le conducteur.
- Les interfaces adaptatives en utilisant de la réalité augmentée

Positionnement

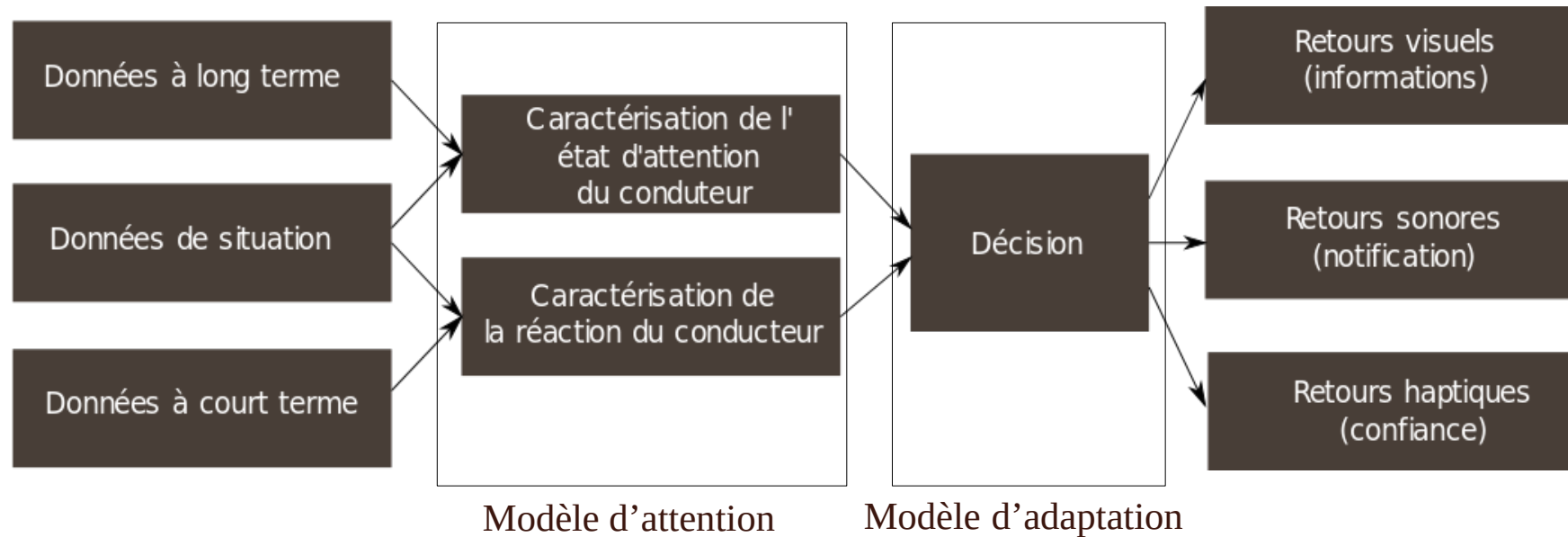
- La reprise de contrôle est un instant critique puisqu'il s'agit d'un transfert de connaissance de la situation depuis l'automate vers le conducteur.
- Les interfaces adaptatives en utilisant de la réalité augmentée
- Pourrait-on utiliser des interfaces adaptatives pour améliorer les performances ?

Research question



RQ : Un modèle d'adaptation simple, basé sur un modèle d'attention simple, permet-il d'améliorer les performances de reprise de contrôle ?

Modèle général proposé



- **Données à long terme**
 - Dispersion du regard [Zeeb, 2015]
 - Attitude générale [Trivedi, 2020]
 - Collection d'éléments vus [Herzberger, 2018]

- **Données de situation**
 - Collection d'éléments [Herzberger, 2020]
 - Vitesse, type d'environnement [Gold, 2018]

- **Données à court terme**
 - Comportement visuel [Hayashi, 2019]
 - Réactions
 - Mains
 - Pieds



The doctoral grant relative to the project is part-funded by the European Regional Development Fund (ERDF).



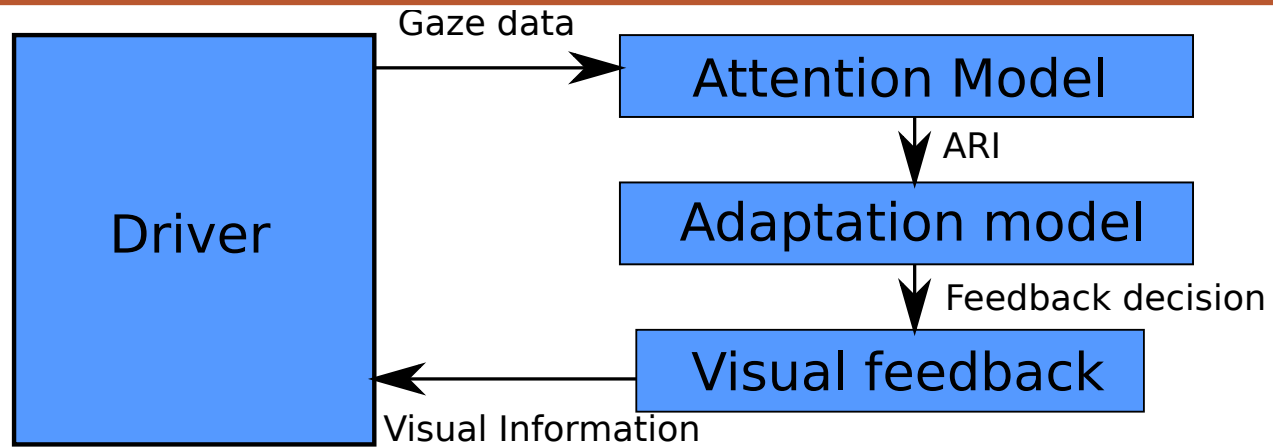
$$\xi_d = \begin{cases} [0 \ 0 \ 1]^T & \forall t < 5s \\ \begin{bmatrix} -r \cos(t-5) + r \\ -r \sin(t-5) \\ 0 \end{bmatrix} & \forall t > 5s \end{cases}$$

$$K_r = \begin{bmatrix} K_{prx} & 0 & 0 & K_{drx} & 0 & 0 \\ 0 & K_{pry} & 0 & 0 & K_{dry} & 0 \\ 0 & 0 & K_{prz} & 0 & 0 & K_{drz} \end{bmatrix}$$

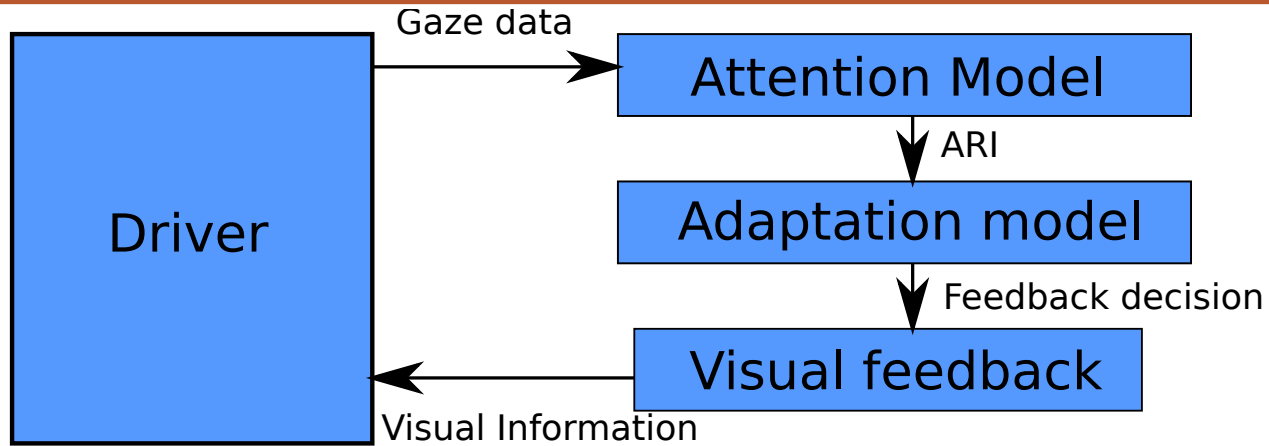
Étude d'un modèle naïf



Le modèle AMI



Le modèle AMI

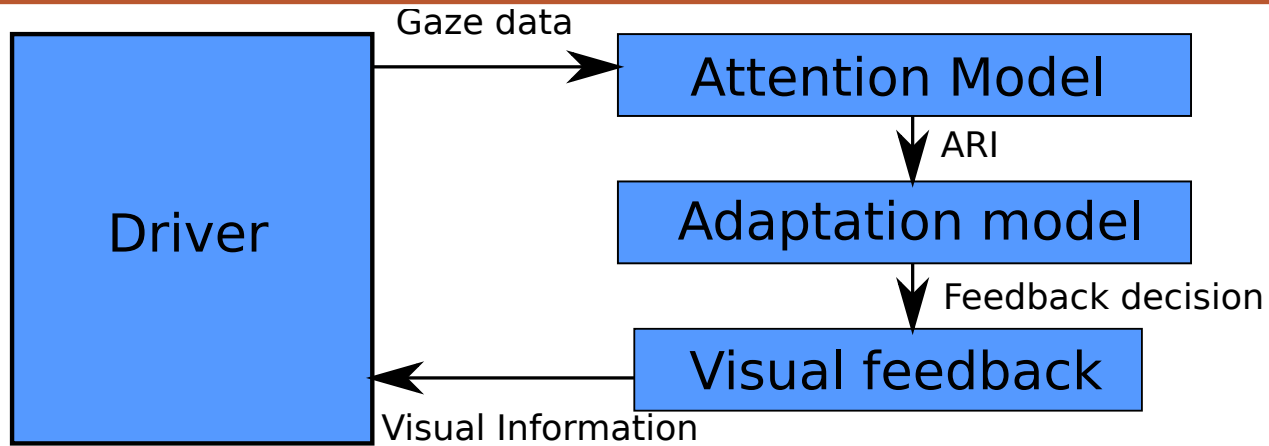


ARI de Herzberger [Herzberger, 2018] :

$$ARI(t) = \sum_{k=t-N}^t \mathbb{1}_{f(k)} \cdot \theta_1 + (1 - \mathbb{1}_{f(k)}) \cdot \theta_2$$

Herbeger et Al., « Derivation of a Model of Safety Critical Transitions between Driver and Vehicle in Automated Driving », *Advances in Human Aspects of Transportation*, 2018

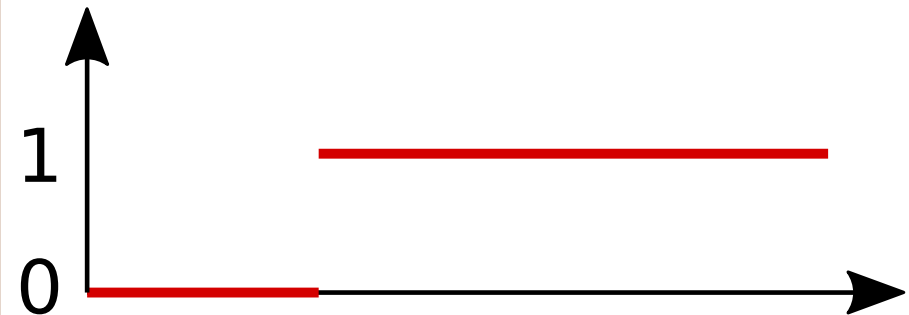
Le modèle AMI



ARI de Herzberger [Herzberger, 2018] :

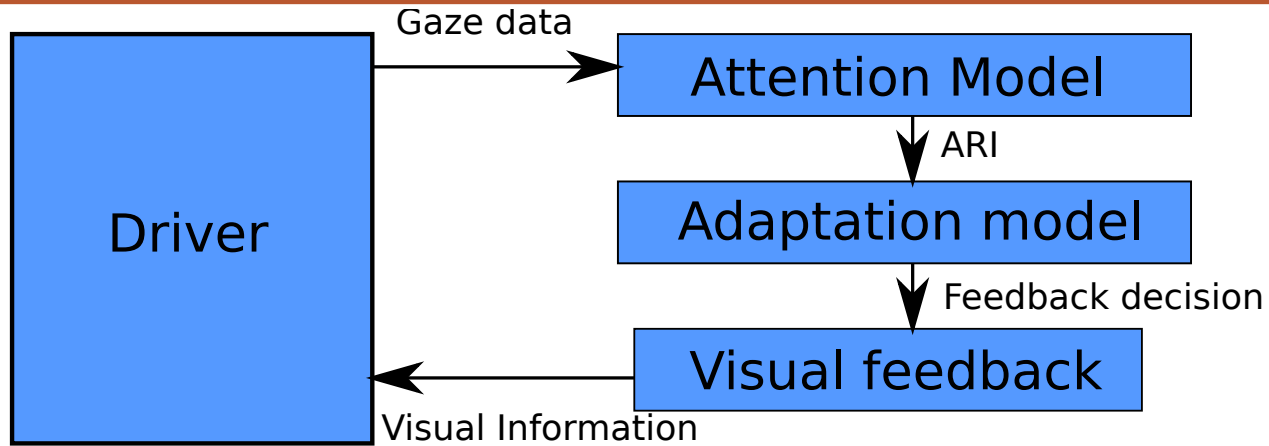
$$ARI(t) = \sum_{k=t-N}^t \mathbb{1}_{f(k)} \cdot \theta_1 + (1 - \mathbb{1}_{f(k)}) \cdot \theta_2$$

Modèle d'adaptation : seul de criticité



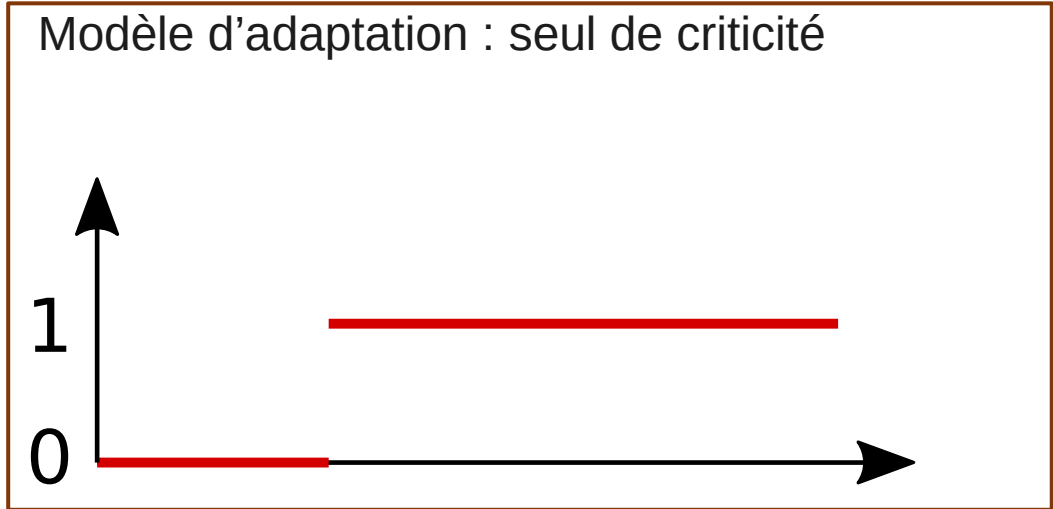
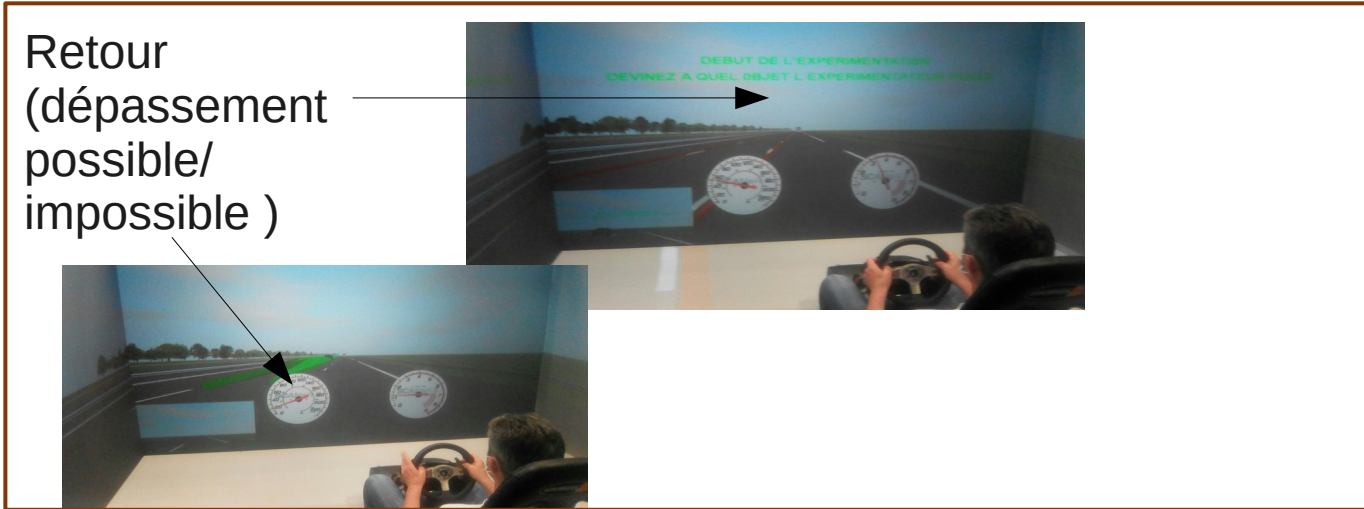
Herbeger et Al., « Derivation of a Model of Safety Critical Transitions between Driver and Vehicle in Automated Driving», *Advances in Human Aspects of Transportation*, 2018

Le modèle AMI



ARI de Herzberger [Herzberger, 2018] :

$$ARI(t) = \sum_{k=t-N}^t \mathbb{1}_{f(k)} \cdot \theta_1 + (1 - \mathbb{1}_{f(k)}) \cdot \theta_2$$



Herbeger et Al., « Derivation of a Model of Safety Critical Transitions between Driver and Vehicle in Automated Driving», *Advances in Human Aspects of Transportation*, 2018



The doctoral grant relative to the project is part-funded by the European Regional Development Fund (ERDF).



$$\xi_d = \begin{cases} [0 \ 0 \ 1]^T & \forall t < 5s \\ \begin{bmatrix} -r \cos(t-5) + r \\ -r \sin(t-5) \\ 0 \end{bmatrix} & \forall t > 5s \end{cases}$$

$$\dot{K}_r = \begin{bmatrix} K_{prx} & 0 & 0 & K_{drx} & 0 & 0 \\ 0 & K_{pry} & 0 & 0 & K_{dry} & 0 \\ 0 & 0 & K_{prz} & 0 & 0 & K_{drz} \end{bmatrix}$$

Materiels et méthodes



Hypothèse

3 Scenario:

- Autoroute, 100km/h
- Conducteur distrait par un TQT
- 10 secondes de budget temporel

Hypothèse

H1: Les retours adaptatifs réduisent la charge cognitive

3 Scenario:

- Autoroute, 100km/h
- Conducteur distrait par un TQT
- 10 secondes de budget temporel

Hypothèse

H1: Les retours adaptatifs réduisent la charge cognitive

Variable indépendante (A):

- **A1:** retour Adaptatif
- **A0:** retour Non-Adaptatif

3 Scenarios:

- Autoroute, 100km/h
- Conducteur distrait par un TQT
- 10 secondes de budget temporel

Hypothèse

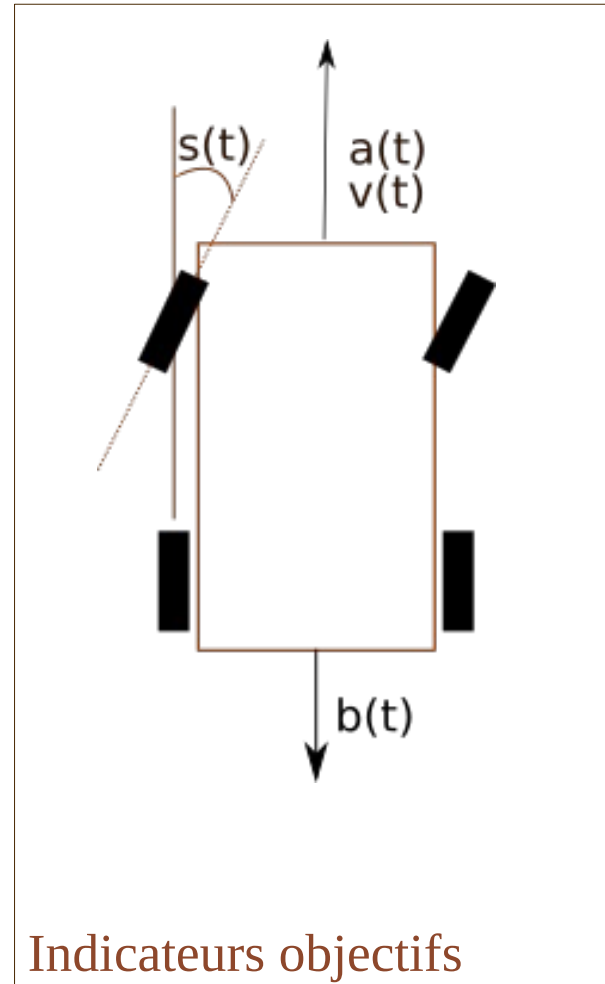
H1: Les retours adaptatifs réduisent la charge cognitive

Variable indépendante (A):

- **A1:** retour Adaptatif
- **A0:** retour Non-Adaptatif

Données collectées:

- Indicateurs objectifs:
 - $a_{\max}(t)$, $b_{\max}(t)$, $s_{\max}(t)$, $nb_{\text{collisions}}$
 - Temps de ARI insuffisant
- Indicateurs subjectifs (NASA-TLX)



3 Scenario:

- Autoroute, 100km/h
- Conducteur distrait par un TQT
- 10 secondes de budget temporel

Hypothèse

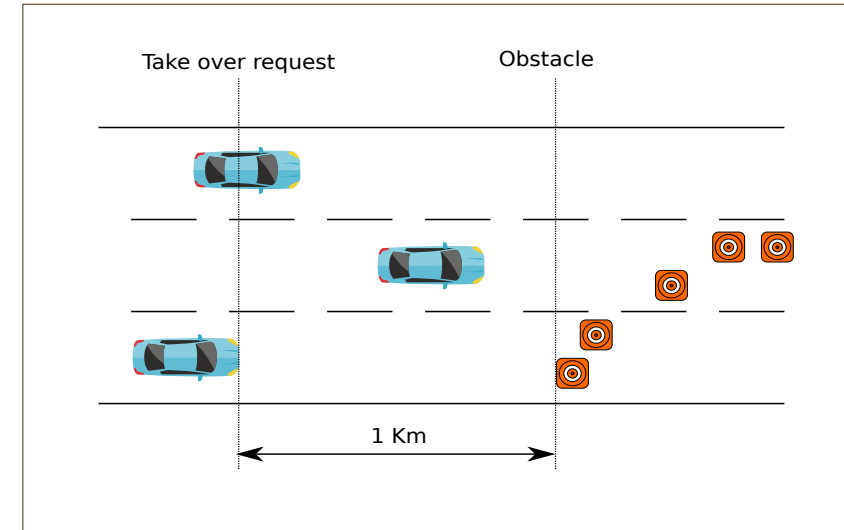
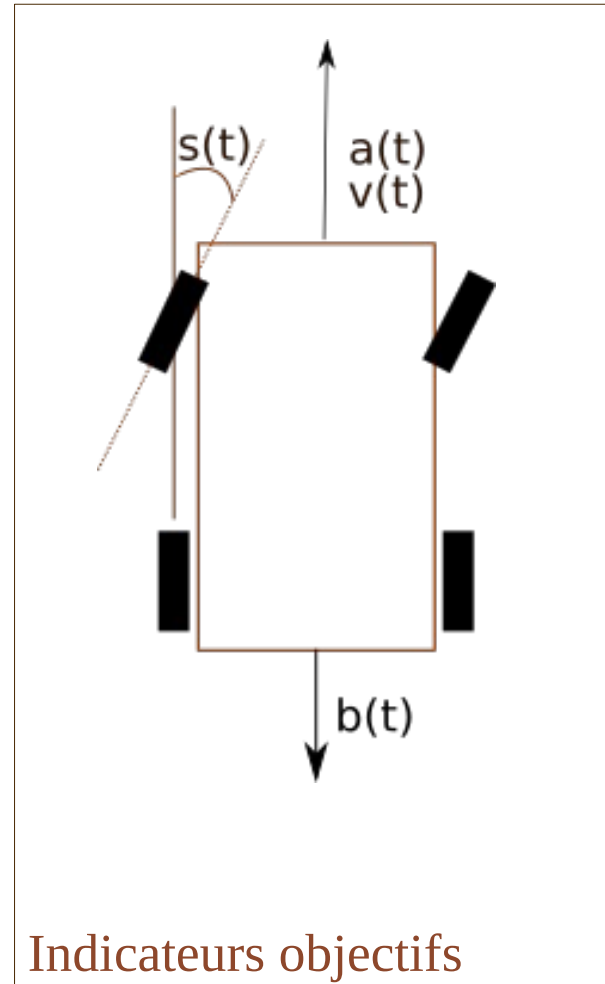
H1: Les retours adaptatifs réduisent la charge cognitive

Variable indépendante (A):

- **A1:** retour Adaptatif
- **A0:** retour Non-Adaptatif

Données collectées:

- Indicateurs objectifs:
 - $a_{\max}(t)$, $b_{\max}(t)$, $s_{\max}(t)$, $nb_{\text{collisions}}$
 - Temps de ARI insuffisant
- Indicateurs subjectifs (NASA-TLX)



3 Scenario:

- Autoroute, 100km/h
- Conducteur distrait par un TQT
- 10 secondes de budget temporel

Simulateur de conduite

Simulateur de conduite

CAVE



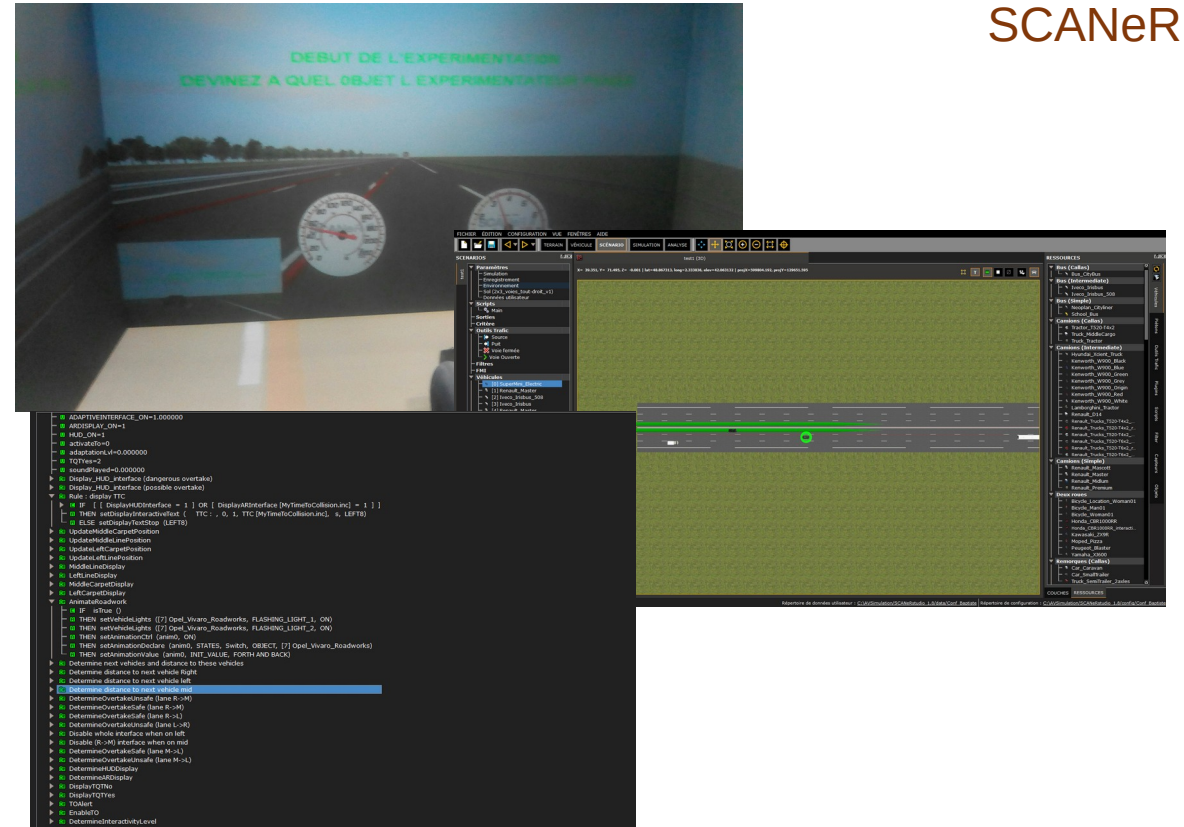
Driving simulator hardware

Simulateur de conduite



Driving simulator hardware

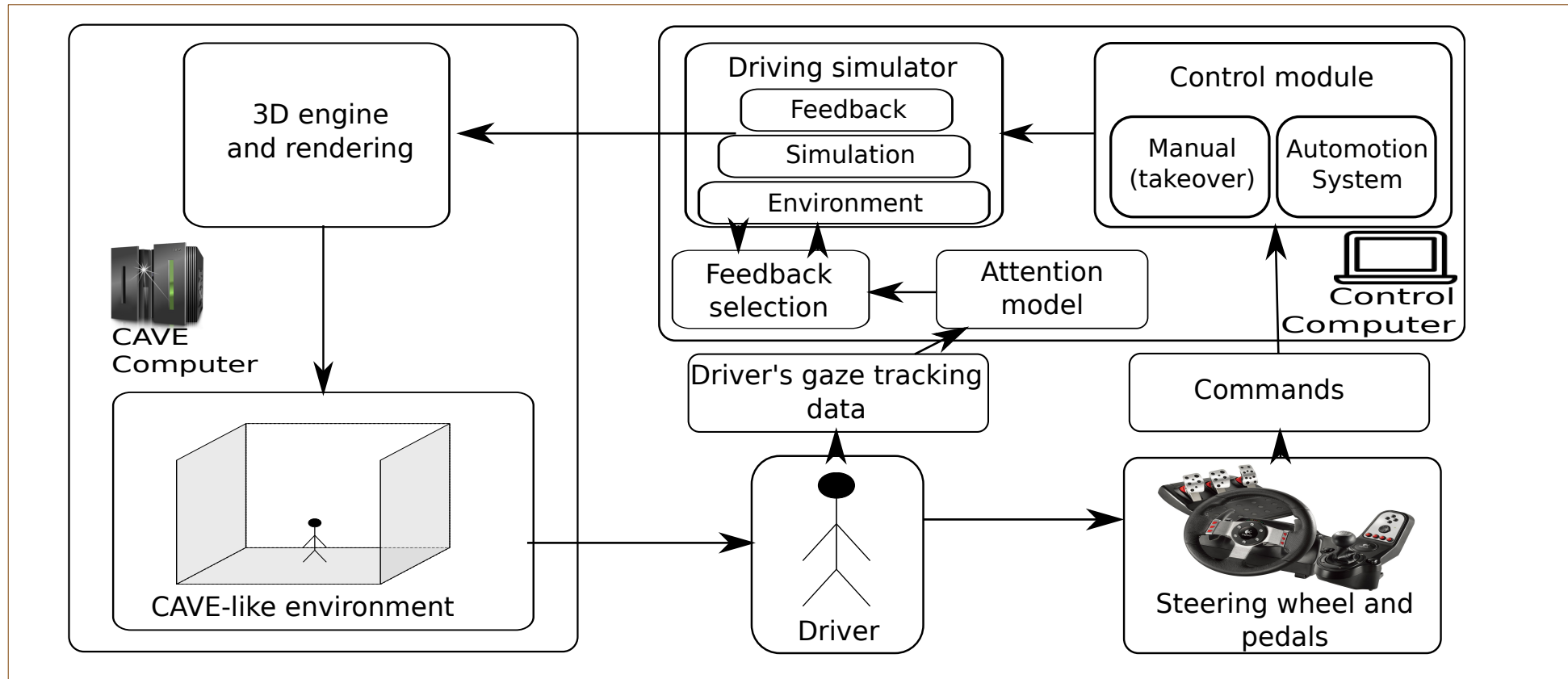
CAVE



Driving simulator hardware

SCANeR

Aperçu du système



System used in this study

Protocole expérimental

Protocole expérimental

Entrainement Simu

- Cinq minutes of conduite libre
- Familiarisation avec les commandes

Entrainement Simu

Protocole expérimental

Entrainement Simu

Entrainement
reprise de contrôle

- Cinq minutes of conduite libre
- Familiarisation avec les commandes

Entrainement Simu

- Comprendre la tâche principale
- Comprendre la tâche secondaire

*Entrainement à la
reprise de contrôle*

Protocole expérimental

Entraînement Simu

Entraînement
reprise de contrôle

Session de reprise de
contrôle

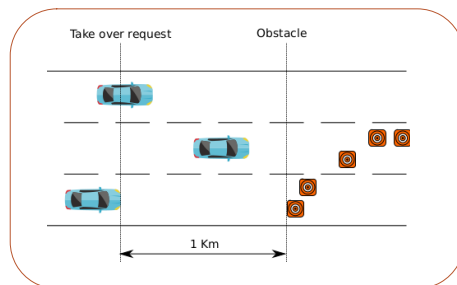
- Cinq minutes of conduite libre
- Familiarisation avec les commandes

Entraînement Simu

- Comprendre la tâche principale
- Comprendre la tâche secondaire

*Entraînement à la
reprise de contrôle*

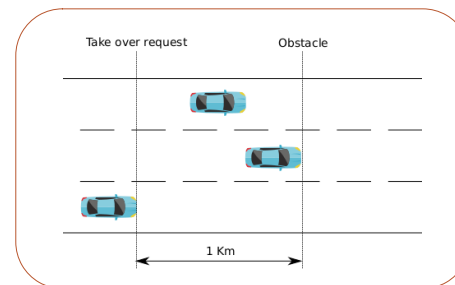
7 mins TQT



Accident

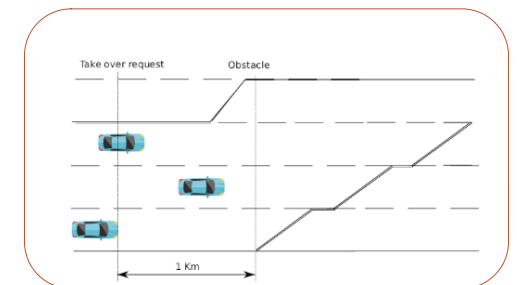
Session de takeover

7 mins TQT



Capteurs défailnants

7 mins TQT



Travaux

Protocole expérimental

Entrainement Simu

Entrainement
reprise de contrôle

Session de reprise de
contrôle

Questionnaires et
Debrief

- Cinq minutes of conduite libre
- Familiarisation avec les commandes

Entrainement Simu

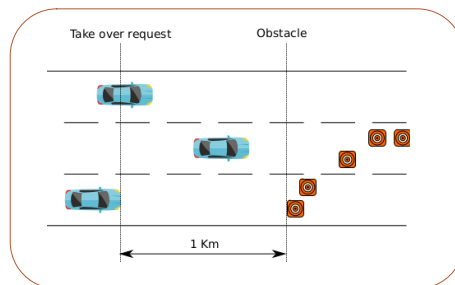
- Comprendre la tâche principale
- Comprendre la tâche secondaire

*Entrainement à la
reprise de contrôle*

- Déterminer la charge mentale
- Répondre aux questions de l'utilisateur

Questionnaires

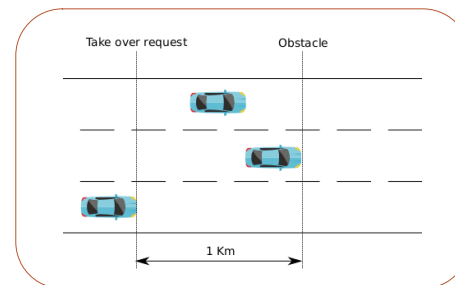
7 mins TQT



Accident

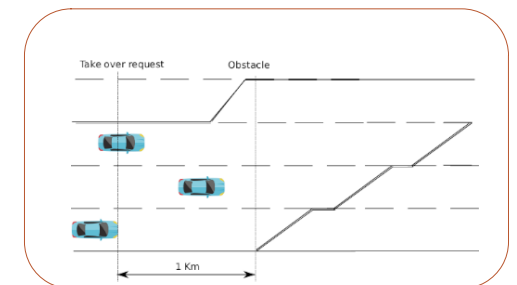
Session de takeover

7 mins TQT



Capteurs défaillants

7 mins TQT



Travaux



The doctoral grant relative to the project is part-funded by the European Regional Development Fund (ERDF).



$$\xi_d = \begin{cases} [0 \ 0 \ 1]^T & \forall t < 5s \\ \begin{bmatrix} -r \cos(t-5) + r \\ -r \sin(t-5) \\ 0 \end{bmatrix} & \forall t > 5s \end{cases}$$

$$\dot{K}_r = \begin{bmatrix} K_{prx} & 0 & 0 & K_{drx} & 0 & 0 \\ 0 & K_{pry} & 0 & 0 & K_{dry} & 0 \\ 0 & 0 & K_{prz} & 0 & 0 & K_{drz} \end{bmatrix}$$

Resultats et discussion



Experimental conditions

Experimental conditions

- 19 sujet, 3 abandons (motions sickness), 1 retiré pour problèmes techniques

Experimental conditions

- 19 sujet, 3 abandons (motions sickness), 1 retiré pour problèmes techniques
 - **Agés de** 23 à 44 ans

Experimental conditions

- 19 sujet, 3 abandons (motions sickness), 1 retiré pour problèmes techniques
 - Agés de 23 à 44 ans
 - 13 hommes and 2 femmes (initially 13 men and 6 women)

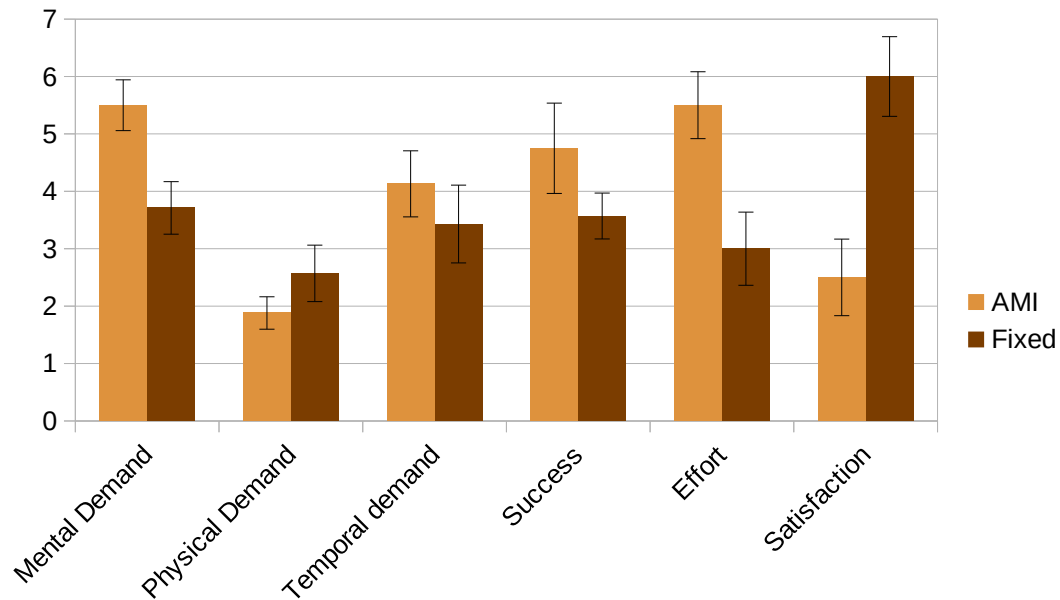
Experimental conditions

- 19 sujet, 3 abandons (motions sickness), 1 retiré pour problèmes techniques
 - Agés de 23 à 44 ans
 - 13 hommes and 2 femmes (initially 13 men and 6 women)
 - Toutes avaient le permis de conduire

Experimental conditions

- 19 sujet, 3 abandons (motions sickness), 1 retiré pour problèmes techniques
 - Agés de 23 à 44 ans
 - 13 hommes and 2 femmes (initially 13 men and 6 women)
 - Toutes avaient le permis de conduire
 - Aucune n'était déjà entrée dans un environnement CAVE-like
 - Aucun n'avait déjà conduit dans un simulateur

Résultats subjectifs



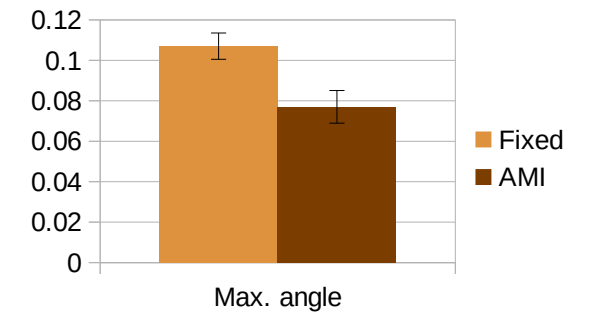
Demande mentale légèrement meilleure pour l'interface utilisant l'AMI

Des résultats sensiblement meilleurs concernant l'effort

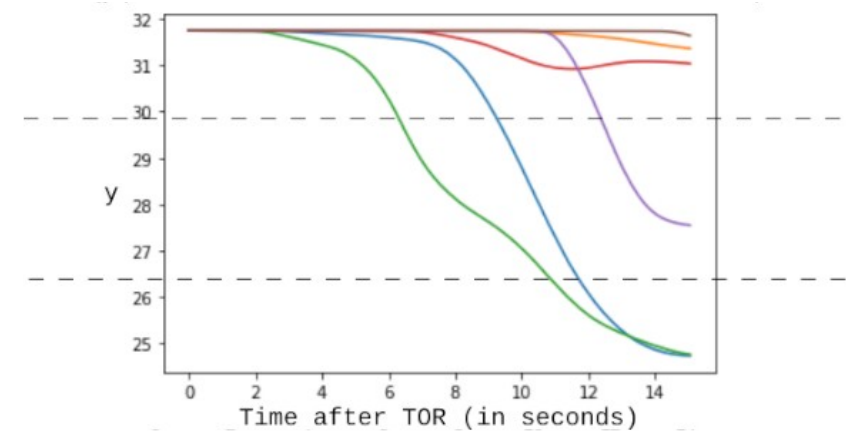
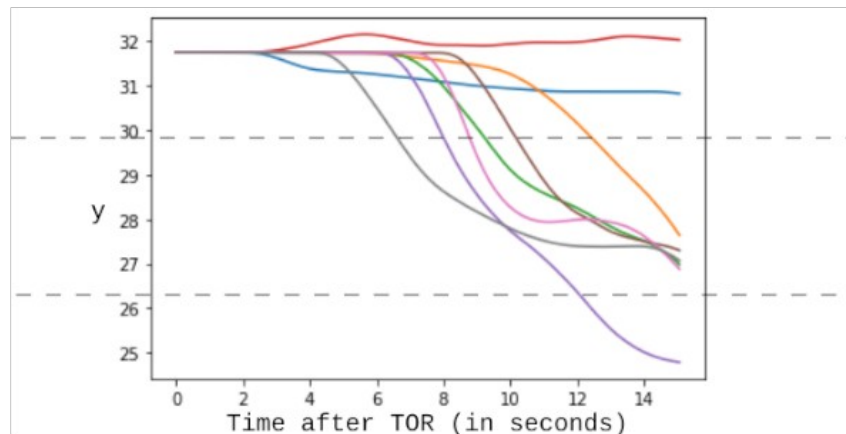
Satisfaction plus basse avec l'interface adaptative

Variable	Test	Statistic	p-value
Mental demand	Welch's t	2.48	0.061
Physical demand	Welch's t	-0.914	0.382
Temporal Demand	Welch's t	0.576	0.575
Success	Welch's t	0.956	0.362
Effort	Welch's t	1.213	0.247
Satisfaction	Welch's t	-1.301	0.216

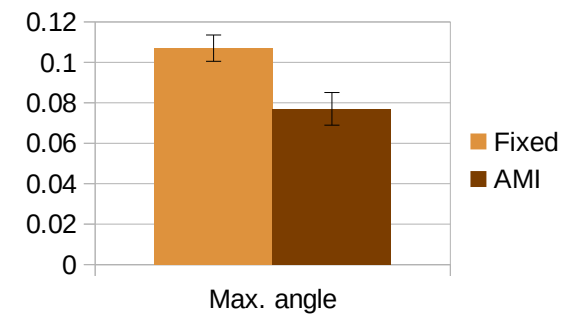
Résultats objectifs



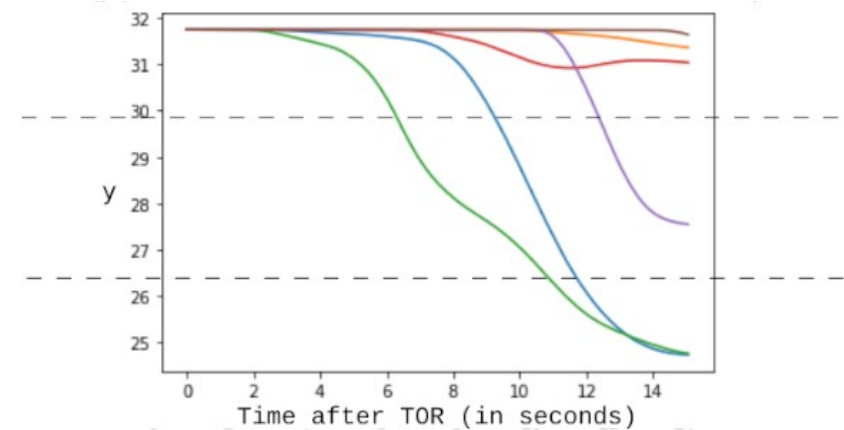
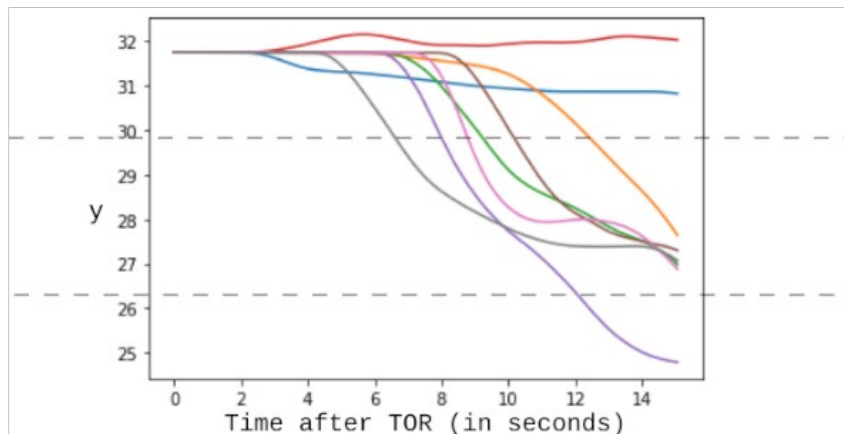
Résultats objectifs



Comportement enregistré dans le 3^e scénario sans AMI (haut) et avec AMI (bas)



Résultats objectifs

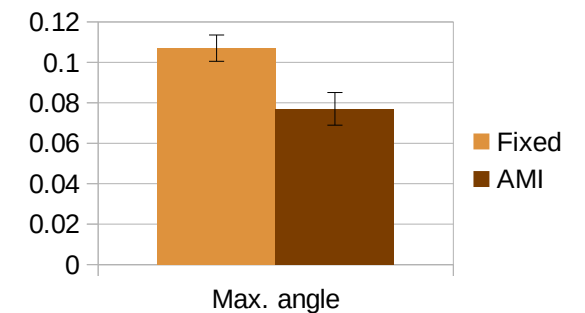


Comportement enregistré dans le 3^e scénario sans AMI (haut) et avec AMI (bas)

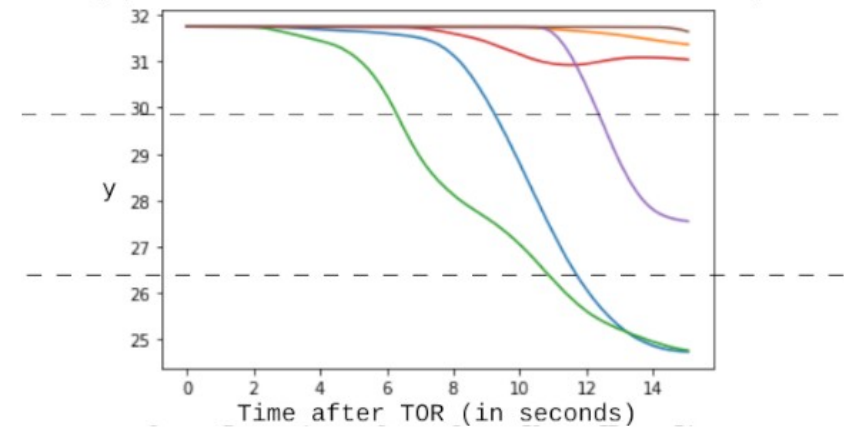
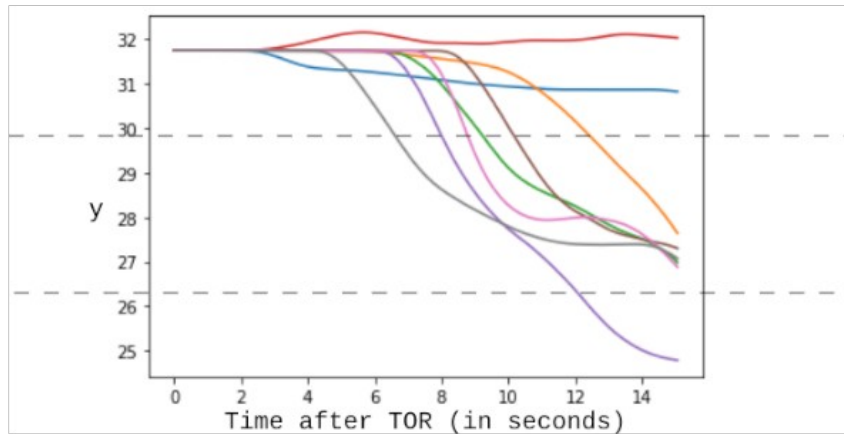
Accélération maximale et temps de freinage légèrement plus faible sur le modèle AMI

Les conducteurs réagissent de manière plus prévisible plus prévisible quand ils utilisent le modèle AMI

L'angle maximal enregistré est significativement plus haut avec un affichage statique



Résultats objectifs

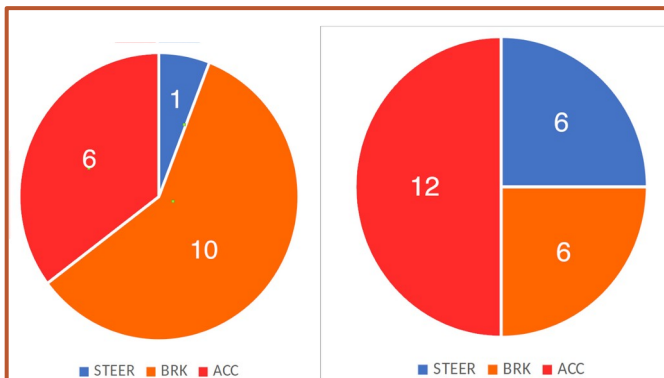


Comportement enregistré dans le 3^e scénario sans AMI (haut) et avec AMI (bas)

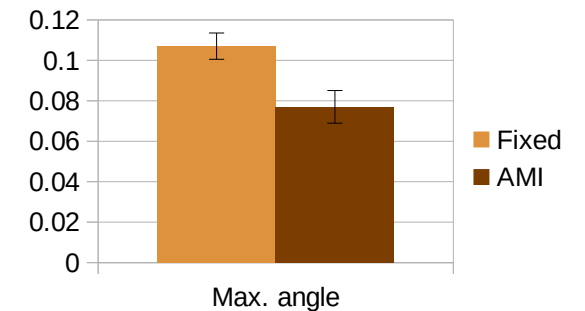
Accélération maximale et temps de freinage légèrement plus faible sur le modèle AMI

Les conducteurs réagissent de manière plus prévisible plus prévisible quand ils utilisent le modèle AMI

L'angle maximal enregistré est significativement plus haut avec un affichage statique



Primo-réaction enregistrée (AMI (gauche), pas d'AMI (droite))



Angle maximal observé dans le 3e scénario

Discussion

Discussion

- L'hypothèse semble validée

Discussion

- L'hypothèse semble validée
- La faible satisfaction devrait être corrigée facilement

Discussion

- L'hypothèse semble validée
- La faible satisfaction devrait être corrigée facilement
- Les conducteurs semblent réagir de manière plus prévisible

Discussion

- L'hypothèse semble validée
- La faible satisfaction devrait être corrigée facilement
- Les conducteurs semblent réagir de manière plus prévisible
- L'angle maximal enregistré est significativement plus haut dans le cas du retour statique

Discussion

- L'hypothèse semble validée
- La faible satisfaction devrait être corrigée facilement
- Les conducteurs semblent réagir de manière plus prévisible
- L'angle maximal enregistré est significativement plus haut dans le cas du retour statique
- C'est une étude préliminaire
- Il faut améliorer le modèle d'adaptation

Publication associée : B. Wojtkowski, I. Thouvenin, V. Teichrieb, “AMI: Attention based Adaptive Feedback with Augmented Reality to Improve Takeover Performances in Highly Automated Vehicles”, *Proceedings of the 17th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications, HUCAPP, 2022*

→ Best student paper award

Perspectives

- Amélioration du système de détection d'attention
 - Travaux en cours sur la catégorisation comportements de recherche visuelles/performances
 - Travaux en cours sur un modèle de décision multi-retours
- Etude de la multimodalité



Baptiste Wojtkowski
bwojtkow@hds.utc.fr



Indira Thouvenin
indira.thouvenin@hds.utc.fr

Merci pour votre attention

Special thanks to the FEDER



Veronica Teichrieb
vt@cin.ufpe.br

