

## **Facteurs humains, technologies embarquées et numériques : Quel rôle pour les politiques de sécurité routière ?**

Toute la programmation des EJC :  
[www.centrejacquescartier.com](http://www.centrejacquescartier.com)

#EJC2016



Facteurs humains,  
technologies  
embarquées et  
numériques :  
Quel rôle pour les  
politiques de sécurité  
routière ?



# BELLET Thierry (IFSTTAR-LESCOT)



Conception Virtuelle  
« Centrée sur l'Humain »  
des ADAS du Futur

# 01

## Contexte Général: Conception des aides à la conduite

- Evolution des aides à la conduite au cours des 3 dernières décennies
  - Les **Systèmes d'Informations** (dès le milieu des années 80)
  - Les **ADAS** (« Advanced/Adaptive Driving Aid Systems »): Automatisation progressive du véhicule (des années 90 à aujourd'hui & demain)
  - L'**Automatisation** complète de la conduite
    - Des prototypes de recherche +/- « utopiques » (1990-2005)
    - L'effet « Google (Self-Driving) Car » (2009 & 2014)
    - Un « objectif industriel » désormais jugé « réaliste » (à horizon 2020-2030)



- Etat des recherches et des travaux actuels :
  - Des investissements très importants (programmes de Recherche & Industrie)
  - Des évolutions législatives pour autoriser la circulation des véhicules autonomes: Du Nevada (mars 2012) à la France (loi sur la transition énergétique de 2015 & ordonnance août 2016) et à L'UE (United Nations Economic Commission for Europe: travaux sur modification convention de Vienne)
  - Des prototypes opérationnels (chez la plupart des constructeurs automobiles)
  - Notamment à Lyon (depuis le 5 septembre 2016) : le NAVELY (NAVYA-Lyon/Sytral/Keolis), pour les Transports en Commun



# Le problème : Comment permettre le « Co-Pilotage » ?

- L'Automatisation « Universelle » de la conduite (de partout et pour tous les véhicules) n'est pas pour tout de suite...
  - Automatisation « **Partielle** » (ex: Longitudinal versus Latéral)
  - Automatisation « **Temporaire** » (ex: dans certaines conditions ou pour certaines situations / manoeuvres)
  - Automatisation « **Locale** » (limitée à certains tronçons)
  - Posent le problème du « **Co-Pilotage** » de la voiture de la « Coopération Homme Machine » (ex: partage du contrôle du véhicule & gestion des phases de transitions)
- Modification radicale de l'activité de conduite
  - Activité de conduite « **Partagée** » entre l'Humain et la Machine
  - Le conducteur humain comme « **Superviseur** » des ADAS
  - Le problème de la « **Responsabilité** » de la conduite



# 03

## Les Enjeux : Pour une Conception « Centrée sur l'Humain » des ADAS

- Vers des ADAS de plus en plus « Actifs » (contrôle), « Autonomes » (décision), « Intelligents » (perception & compréhension) et « Adaptatifs » (évolutifs)
- La nécessité d'une « Conception Centrée sur l'Humain », pour :
  - Concevoir des ADAS adaptés aux besoins & caractéristiques des usagers
  - Capables de « coopérer » avec le conducteur humain
  - Capables de « s'adapter » en fonction des besoins & du contexte
- Principaux défis de la « Coopération Homme-Machine » :
  - Ne pas demander à l'humain des tâches dont il est incapable (ex: jusqu'à quel point un humain peut-il « superviser » un automate ?)
  - Concevoir des ADAS intuitifs pour l'utilisateur (nécessitant peu d'apprentissage et permettant d'éviter les mésusages...)
  - Favoriser leur Acceptabilité et leur Appropriation par l'Usager

# 04

## Objectif: vers la *Conception « Virtuelle »* *Centrée sur l'Humain*

- Mieux prendre en compte les besoins et les caractéristiques de l'utilisateur nécessite des expérimentations & tests utilisateurs
- Principales Difficultés:
  - Expérimentations très Coûteuses (temps & argent)
  - Souvent Tardives dans le processus de conception (nécessitent des maquettes, voire des prototypes opérationnels)
  - Problèmes Ethiques (ex: tests en conditions « critiques »)
  - Une Certification suppose une validation +/- exhaustive (en termes de conditions d'usage, par exemple)
  - Problème de la Double Adaptativité (de l'ADAS & du conducteur)
- En termes de certification, ce ne sont pas seulement les ADAS qu'il faut évaluer, mais le « Systeme Homme-Machine » dans son ensemble

**Les « crash tests » ne suffisent plus !**

- Face à ces difficultés, la « **conception virtuelle** », reposant sur la simulation numérique de l'ADAS & du conducteur, peut être une solution

# 05

## Moyens requis: pour la *Conception Virtuelle* centrée sur l'Humain des ADAS du Futur

- Requier de développer une plateforme de simulation intégrant:
  - Un « Environnement Routier » virtuel
  - Un modèle de simulation du « Véhicule »
  - Des futurs « ADAS Virtuels » (que l'on veut concevoir et évaluer)
  - Un modèle du « Conducteur Humain » (capable de conduire un véhicule virtuel équipé des futurs ADAS, comme l'utilisateur final)
- Objectif de procéder à des simulations numériques intégrées pour pouvoir « appréhender le futur » :
  - Comment ces futurs ADAS seront-ils utilisés par les humains ?
  - Répondent-ils aux besoins effectifs des conducteurs (par exemple, en évitant les erreurs actuelles et les accidents d'aujourd'hui) ?
  - Que seront-ils capables de faire et dans quelles conditions (évaluer leur « robustesse » & enjeux de certification de ces ADAS)
  - Pourront-ils garantir la sécurité en toutes circonstances (évaluation de leurs « limites »), quelques soient les comportements humains ?

# 06

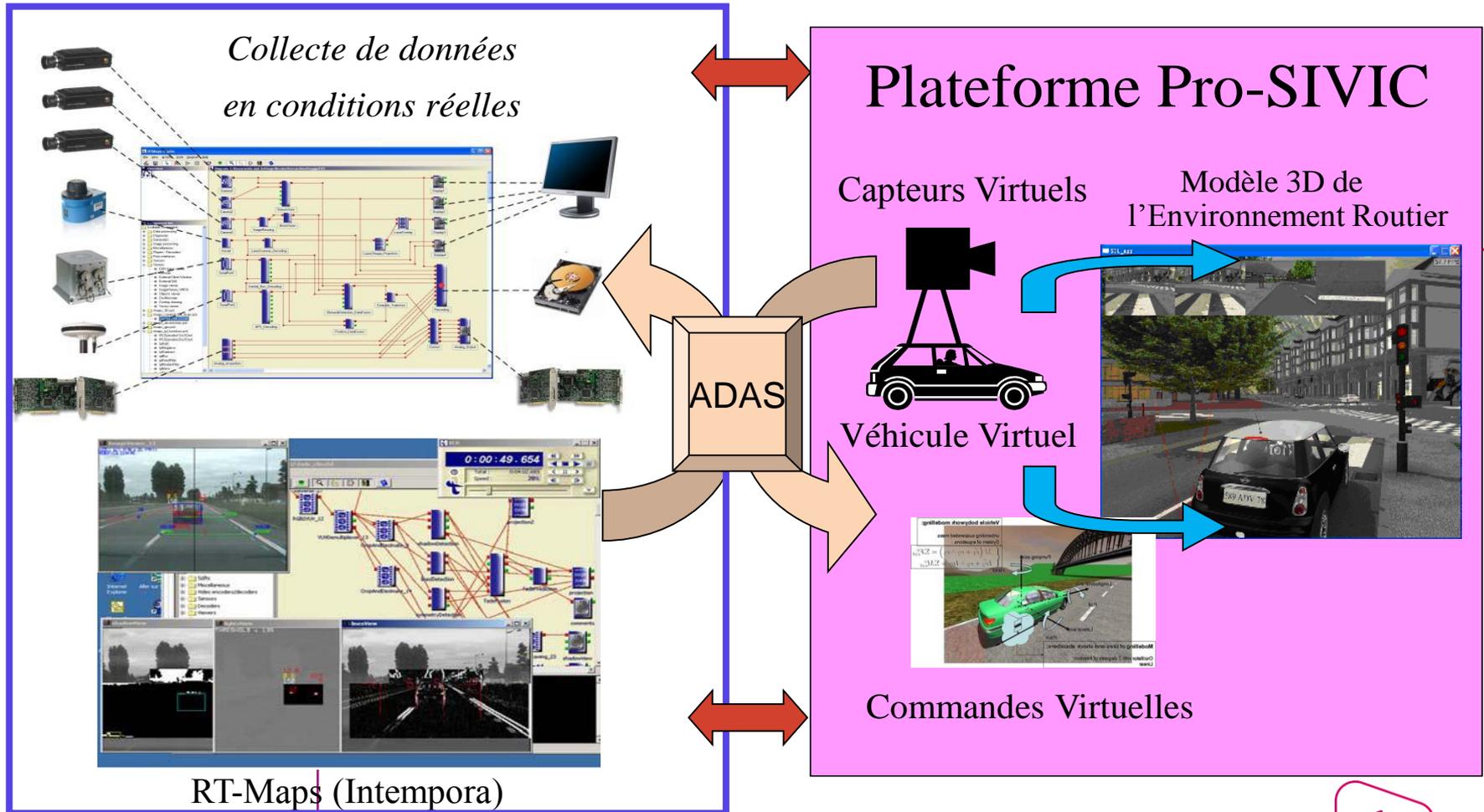
## Méthode: La *Conception Virtuelle Centrée sur l'Humain* à l'IFSTTAR

- La plateforme logicielle « **Pro-SIVIC** » de l'IFSTTAR-LIVIC (ESI-CIVITEC):
  - Simulation de l'Environnement Routier, du Véhicule & des Capteurs
  - Une plateforme de **Prototypage Virtuel** des ADAS
  - Une plateforme pour l'**Evaluation Virtuelle** des ADAS sur le plan **Technologique** (ex: certification de capteurs et d'algorithmes)
- Le modèle du conducteur « **COSMODRIVE** » de l'IFSTTAR-LESCOT :
  - Un modèle de **simulation numérique** du conducteur humain
  - De la **Perception** de l'environnement routier jusqu'aux **Comportements** de conduite mise en œuvre pour piloter un véhicule
  - En passant par les **Processus Cognitifs** (comme la « Conscience de la Situation », « l'Anticipation » ou la « Prise de décisions »)
  - Simulation des performances de conduite « normales », mais aussi des « **Erreurs Humaines** »



# 07

## Plateforme logicielle Pro-SIVIC pour le prototypage virtuel des ADAS (LIVIC)



# 08

## La plateforme logicielle Pro-SIVIC: Simulation des ADAS (D. Gruyer)

The image displays the Pro-SIVIC simulation environment, which is used for testing ADAS (Advanced Driver Assistance Systems). The main window shows a 3D rendering of a road with a white car, a truck, and a speed limit sign (70 km/h). The simulation is controlled through a menu bar (Scenario, Simulation, Help) and a toolbar. A list of simulation actors is visible on the left, including various mesh actors and camera components.

Overlaid on the simulation is a system architecture diagram (UML-like) showing the flow of data between components. Key components include:

- TorquesOrdersCar0**: Provides input to **ViewerObserverCar0**.
- ObserverCar0**: Outputs **oData** to **BeaconReceiverCar0**.
- BeaconReceiverCar0**: Provides input to **ViewerBaconReceiverCar0**.
- LaserScannerCar0**: Provides input to **ViewerLaserScannerCar0**.
- OdometerCar0**: Outputs **oDistance**, **oSpeed**, and **oTics**.
- InertialNavigationSystemCar0**: Outputs **oAngle**, **oAngularSpeed**, and **oAcceleration** to a **Devectorizer\_27**.
- Devectorizer\_27**: Outputs **element0**, **element1**, and **element2** to **iIla** and **iIz**.
- CooperativeModuleCar0**: Receives **iComm**, **iReset**, and **iEquipped** signals.
- ViewerSpeedSpeedRefCar0**: A data viewer window showing a table with columns for Data and Value.
- DataViewer\_2** and **ViewerOutputCar0**: Additional data viewer windows.

At the bottom right, a Performance Monitor window shows the status of various components:

Component	Model	State	Usage
Beacor LivicV...		Running	0
Beacor LivicV...		Running	0
Beacor LivicV...		Running	0
Beacor LivicV...		Running	0
Coope System...		Running	0
Coope System...		Running	0
Coope System...		Running	0
Coope System...		Running	0
Devect Devec...		Running	0
Displa Displa...		Running	0

The bottom status bar indicates: Authorized user: IFSTTAR - LVIC 2015 | Valid until 31-jan-2016

# 09

## La plateforme logicielle Pro-SIVIC: Evaluation des ADAS (LIVIC)

The screenshot displays the Pro-SIVIC software interface, which is used for evaluating ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) in a simulation environment. The main window shows a first-person view from the driver's perspective, looking out over a highway with a truck ahead. The interface is divided into several panels:

- Left Panel (Object List):** Lists various objects and their types, including sensors, filters, and observers.
- Top Right (RTMaps):** A control panel for the simulation, showing registered components like Audio video media, Communications, Data conversion, DetectionMultiVoie.pck, Diagnostic, Generators, Image processing, Miscellaneous, and Players - Recorders.
- Bottom Left (Log):** A text-based log window showing simulation parameters and warnings, such as "WARNING: sivicRecordable(c): No simulation >> sampling period".
- Bottom Center (RoadMarkingPrimitivesExtraction2):** A window showing the extraction of road markings from the simulation, with red and purple lines overlaid on the road.
- Bottom Right (DisparityMap):** A window displaying a disparity map, which is a heatmap representing the depth of objects in the scene.
- Top Right (ViewFront...):** A window showing a front view of the truck ahead, with a "Time synchro from SIVIC" label.

The simulation environment includes a road with lane markings, a truck ahead, and a bridge in the background. The interface also features a command prompt at the bottom, showing the execution of various commands related to the simulation setup.

# 10

## Conception Virtuelle Centrées sur l'Humain: le modèle COSMODRIVE\*

(\*COgnitive Simulation Model of the DRIVER)

- Un module de simulation de la « Perception » :
  - Les processus de traitement et d'intégration des informations perceptives (visuelles et auditives)
  - Les stratégies d'exploration visuelles de l'environnement
- Un module de simulation de la « Cognition »
  - La façon dont le conducteur se représente mentalement son environnement (sa « Conscience de la Situation »)
  - La prise de décision (basée sur l'anticipation)
- Un module de simulation de « l'Action » :
  - Actions sur les commandes du véhicule
  - Simulation des comportements & des performances de conduite
- Simulation des « Erreurs Humaines »



# 11

## Le Module « Perception »



- Basé sur un “Oeil Virtuel” (explorant dynamiquement l’environnement) :
- Composé de 3 champs visuels:
  - Vision Fovéale ( $2,5^\circ$  of d’angle solide autour du point de fixation)
  - Vision Para-Fovéale (de  $2,5^\circ$  à  $9^\circ$ )
  - Vision Périphérique (de  $9^\circ$  à  $150^\circ$ )
- Simulation des Stratégies Visuelle: comme une séquence de points de fixation



12

# Simulation des stratégies visuelles (véhicule arrêté)



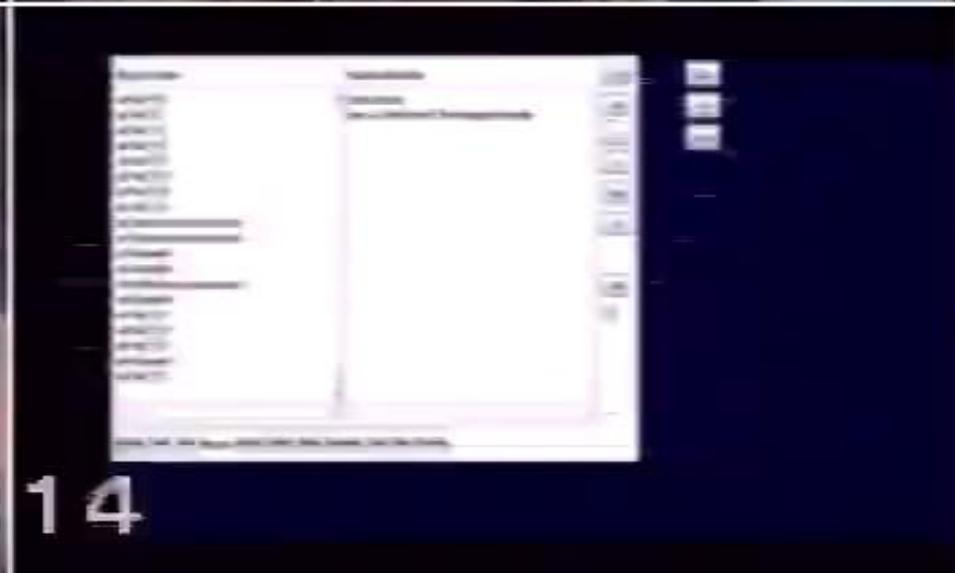
# 13

## Simulation des stratégies visuelles (véhicule en approche de Feux)



14

# Un modèle basé sur l'observation réelle des comportements humains



# 15

## De la mesure oculométrique à la simulation avec un mannequin numérique



# 16

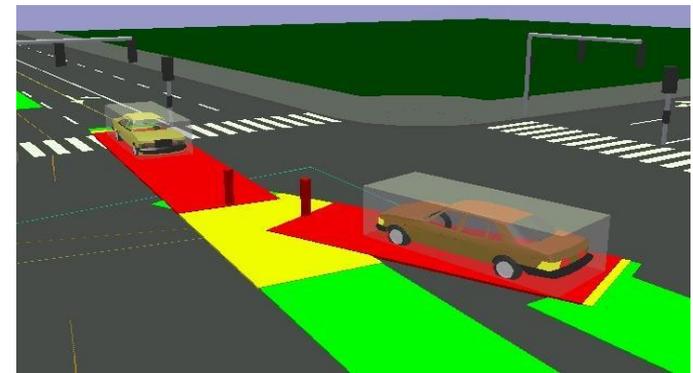
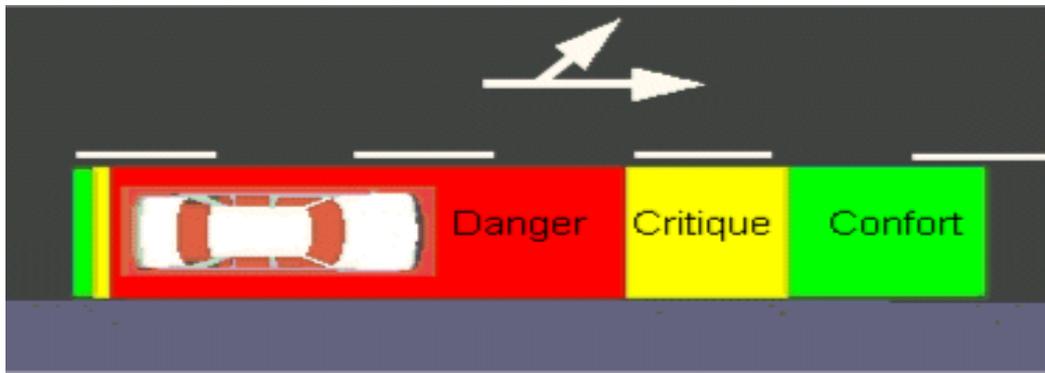
## Simulation avec des stratégies visuelles avec le mannequin numérique



# 17

## Le Module « Cognition »

- La « Conscience de la Situation » :
  - La situation de conduite telle que le conducteur l'a perçue et comprise (« représentation mentale » déformée du réel)
  - Un « modèle mental » dynamique, orienté vers l'action (but)
- La « Prise de Décision » :
  - Repose sur un processus de « déploiement cognitif » pour anticiper mentalement l'évolution de la situation, en fonction des différentes actions alternatives
  - Le processus décisionnel repose sur des « Zones Enveloppes » pour évaluer les risques et gérer les interactions avec autrui



18

# COSMODRIVE: Simulation de la Prise de Décision de dépasser



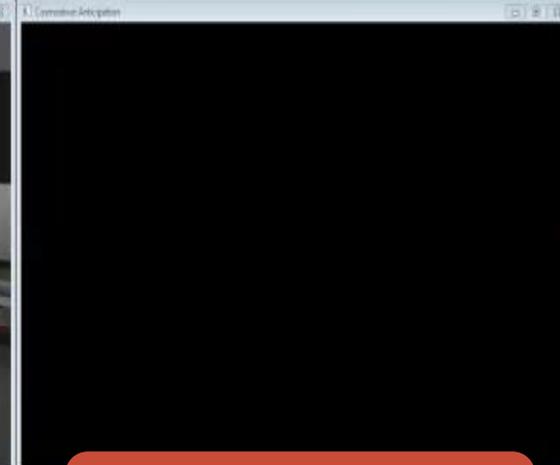
# 19

## COSMODRIVE: simulation de la perception, de la cognition et de l'action (comportements)

Environnement Routier  
(simulé avec Pro-SIVIC)

« Œil Virtuel »  
(point de fixation)

Représentation Cognitive  
(Conscience de la Situation)



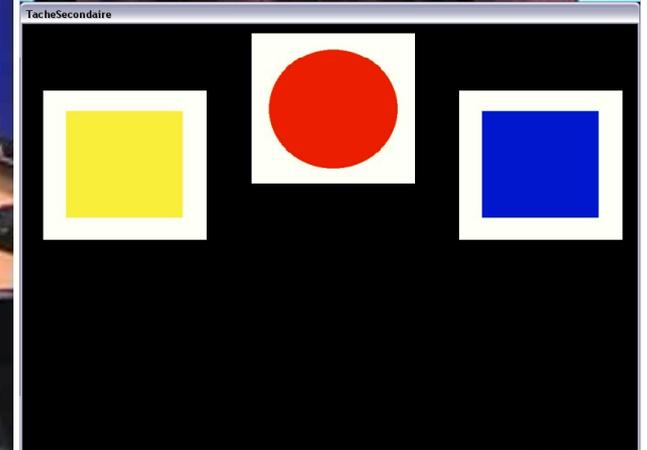
Représentation  
Perceptive

Anticipation pour la  
Prise de Décision



# 20

## Un modèle basé sur des données empiriques (ex: analyse des effets de la distraction au volant)



# 21

## Simulation des effets de la distraction visuelle en conduite et analyse des **Erreurs** humaines

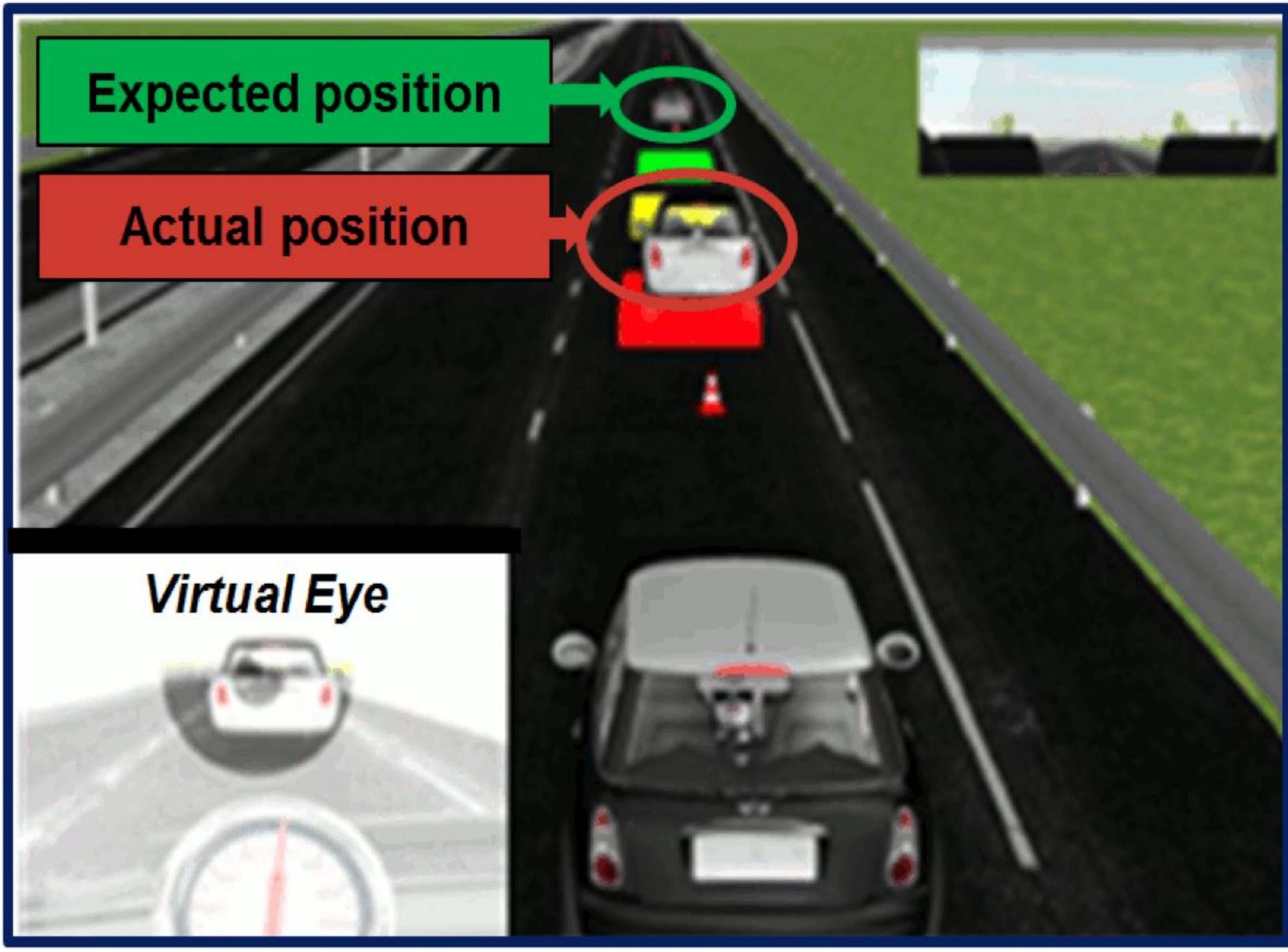
Unregistered HyperCam 2



**Expected position**

**Actual position**

***Virtual Eye***

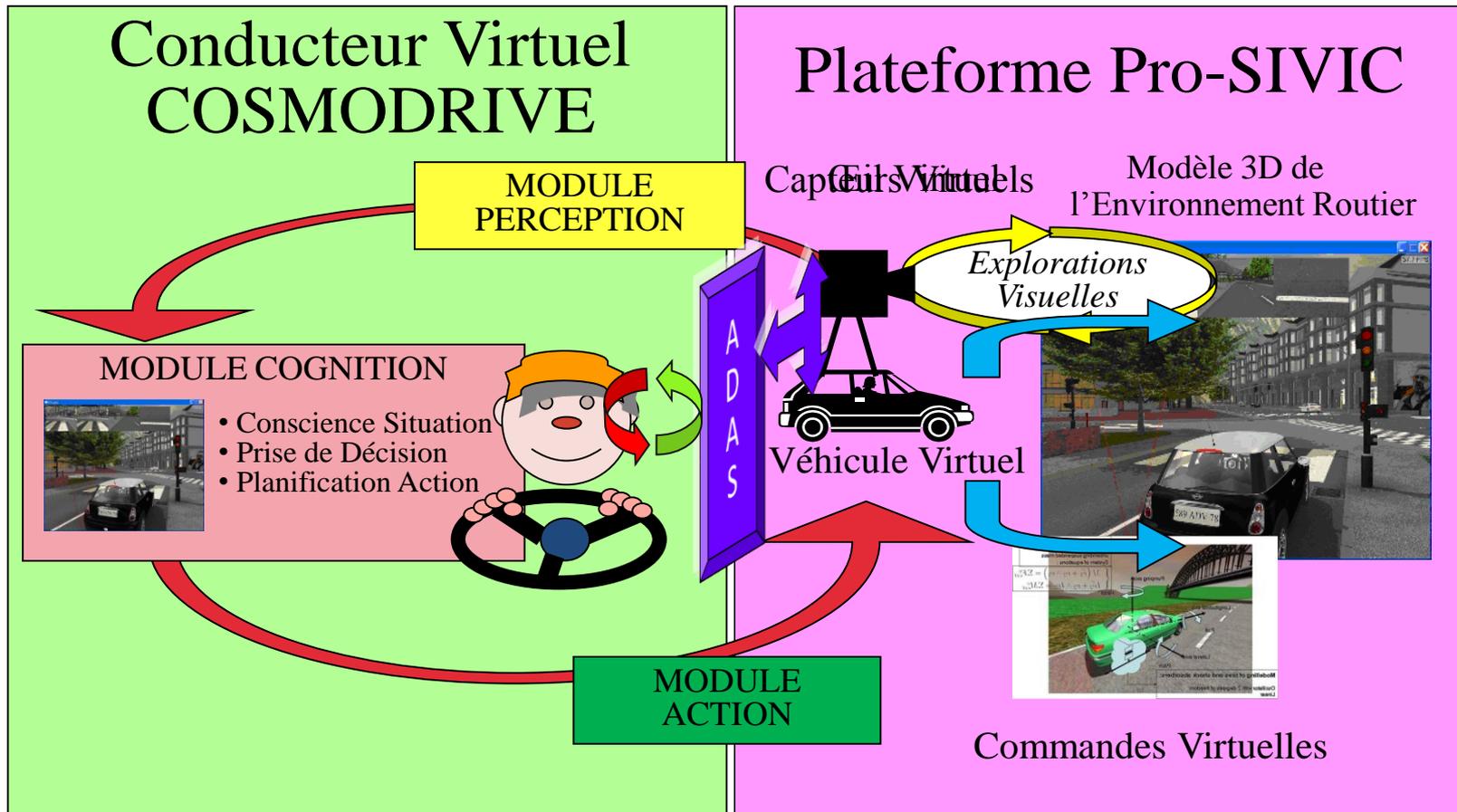


**Une plateforme de simulation numérique  
pour la « Conception Virtuelle Centrée sur  
l'Humain » des futurs ADAS**



# La plateforme « V-HCD\* » pour la Conception Virtuelle des futurs ADAS

(\* Virtual Human Centred Design)



# Méthodologie de Conception Virtuelle avec la « plateforme V-HCD »

- Utilisation de la simulation numérique (basée sur COSMODRIVE) à 2 grandes étapes du processus de conception des ADAS
- **Phase de Conception**: Simulations « COSMODRIVE sans ADAS »  
=> identification des scénarios critiques (pour lesquels humains & COSMODRIVE ont des risques d'accidents)
- **Phase d'Evaluation**: Simulations « COSMODRIVE avec ADAS »  
=> Evaluer l'apport de cet ADAS pour ces scénarios critiques
  - Si ADAS efficace: **développement de prototypes réels** pour procéder à des évaluations auprès d'utilisateurs réels
  - Si ADAS inefficace: nouveau cycle de **conception virtuelle** pour la recherche de solutions plus efficaces

# 26

## Utilisation de la V-HCD pour la Conception d'un ADAS de gestion des risques liés à la distraction visuelle

- **Phases de Conception** : Simulations « COSMODRIVE Seul »  
=> Scénarios critiques en cas de distraction visuelle du conducteur



- **Phases d'Evaluation** : Simulations « COSMODRIVE + ADAS »  
=> Apport de l'ADAS pour la gestion des risques si distraction



**27**

# DEMONSTRATION n°1

**Phase 1: Utilisation de la V-HCD pour  
conception virtuelle des futurs ADAS**

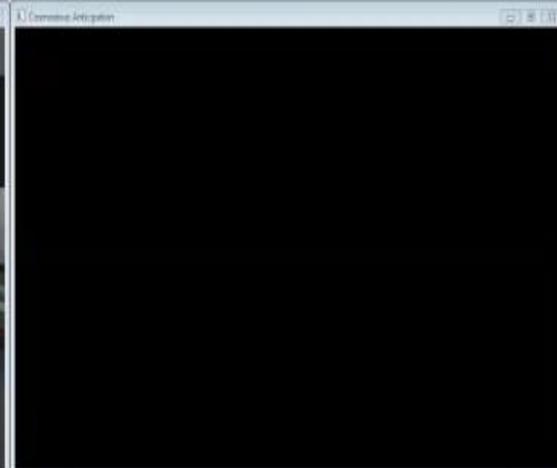


# Démonstration 1: Simulation d'un conducteur Distrait avec COSMODRIVE

Environnement Routier  
(simulé avec Pro-SIVIC)

« Œil Virtuel »  
(point de fixation)

Représentation Cognitive  
(Conscience de la Situation)



Représentation  
Perceptive

Anticipation pour la  
Prise de Décision



IFSTTAR

29

# Conception virtuel d'un ADAS : Gestion adaptative des Risques liés à la Distraction Visuelle en conduite



**30**

**DEMONSTRATION n°2**

## **Phase 2: Utilisation de la V-HCD pour l'évaluation virtuelle des ADAS**



# 31

## Démonstration 3 : Evaluation de l'ADAS (avec Conducteur/COSMODRIVE Distrait)

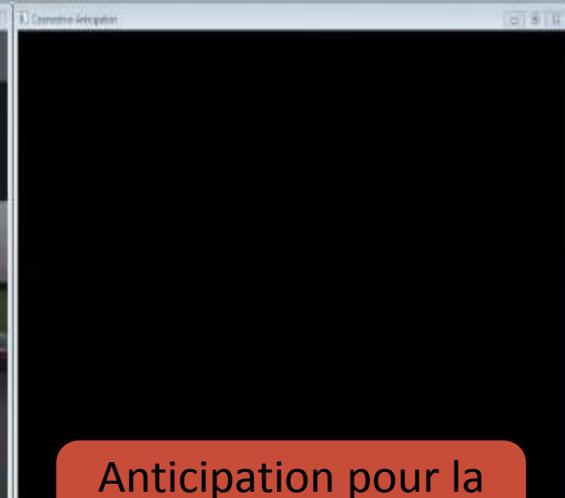
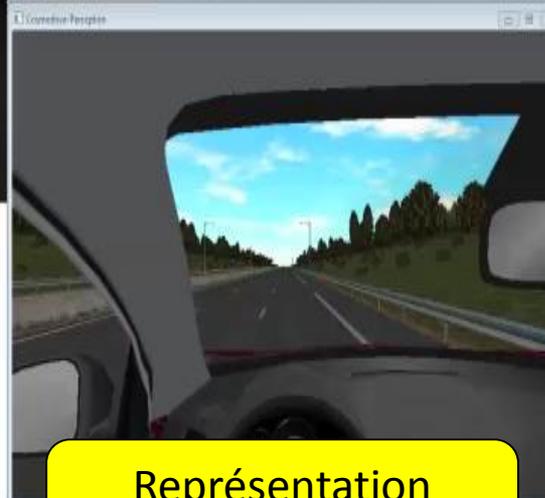
Environnement Routier  
(simulé avec Pro-SIVIC)



« Œil Virtuel »  
(point de fixation)



Représentation Cognitive  
(Conscience de la Situation)



Représentation  
Perceptive

Anticipation pour la  
Prise de Décision



# 32

## Démonstration 4 : Evaluation de l'ADAS => Prise de contrôle par l'Automate

« Œil Virtuel »  
(Point de Fixation)



Représentation Cognitive  
(Conscience de la Situation)



Environnement Routier  
( Vue Extérieure – Vue Intérieure )



**33**

# DEMONSTRATION n°3

## Phase 3: Evaluation des ADAS auprès de conducteurs réels



34

# Pilotage d'un véritable véhicule (simulateur IFSTTAR-LEPSIS) par COSMODRIVE



**35**

# Evaluation de l'ADAS virtuel avec de véritables conducteurs (Evaluation Finale)

**36**

Validation : Comparaisons Modèle versus  
Conducteurs réels sur simulateur IFSTTAR

# Conclusion: les bénéfices de la Conception Virtuelle des ADAS

- Intégrer **très tôt** dans le processus de conception des ADAS les besoins réels de l'Utilisateur final (simulé avec un modèle)
- Concevoir et **prototyper virtuellement les futurs ADAS**, puis les valider « technologiquement » (avec la plateforme Pro-SIVIC)
- **Evaluer** virtuellement ces ADAS avec un « **conducteur virtuel** » (Sont-ils utiles et efficaces **du point de vue de l'utilisateur**)
- Ne **pas s'engager** dans le développement de prototypes réels coûteux sans une validation virtuelle préalable (réduction risques)
- Contribuer – grâce à la simulation numérique - à la **certification** des futurs ADAS: une nécessité pour permettre leur mise sur le marché



**RÉSEAU DE RECHERCHE  
EN SÉCURITÉ ROUTIÈRE**



**CIRRELT**





ENTRETIENS  
JACQUES  
CARTIER



[contact@centrejacquescartier.com](mailto:contact@centrejacquescartier.com)



[www.centrejacquescartier.com](http://www.centrejacquescartier.com)

## Conception Virtuelle Centrées sur l'Humain: le modèle COSMODRIVE\*

(\**CO*gnitive *SI*mulation *MO*del of the *DRIVER*)

