

Simulation Immersive du Mouvement (2)

Dr Andras KEMENY
Centre Technique de Simulation, Renault
ENSAM, Chalons-sur-Saône

Centre Technique de Simulation | Vendredi 22 novembre 2008 | Simulation Immersive du Mouvement (3)

Plan

- I. Introduction
- II. Perception et restitution visuelle
- III. Simulateurs et perception multimodale
- IV. Technologie et réalité virtuelle immersive
- V. Applications industrielles
- VI. Projets collaboratifs
- VII. Perception de l'espace en environnement virtuel
- VIII. Conclusion

Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008 | Simulation immersive de mouvement (2) | 2

Plan de la présentation Simulation immersive 2

1. Simulateurs de véhicule
 - Perception vestibulaire du mouvement
 - Description d'un simulateur de conduite
2. Applications industrielles automobile
 - Simulateurs de conduite
 - Applications
 - Projets européens
3. La réalité virtuelle dans l'industrie automobile
 - Technologies de réalité virtuelle
 - Applications automobile

Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008 | Simulation immersive de mouvement (2) | 3

Restitution des mouvements

Linéaire

latéral, longitudinal
mouvements transitoires
ex: Daimler Benz, NADS, VTI, Renault Ultimate

Rotationnel

roulis, tangage, lacet
mouvements soutenus
ex: TRaCS, VTI, PSA, Renault CARD2

Vibrotaire

vertical
contact au sol
ex: TRI, CARDS

Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008 | Simulation immersive de mouvement (2) | 4

Plate-forme mobile



Plate-forme électromécanique 6 axes
4 axes opérationnels (vertical, roulis, tangage,
longitudinal)
Vibrations 0 - 10 Hz

Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008 | Simulation immersive de mouvement (2) | 5

Description d'un simulateur de véhicule

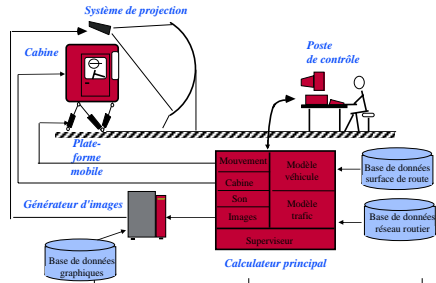
Définition : fidélité (conduite) paramétrée (variable)

- Un véhicule et un calculateur pour générer l'environnement :
 - Visuel (frontal et rétrovision, ou casque de réalité virtuelle).
 - Kinesthésique (volant, pédalier, levier de vitesses, mouvements).
 - Sonore (véhicule et environnement).
- Un outil pour l'expérimentation et la mise au point :
 - Entrée : Mesures véhicule, base de données scène.
 - Traitement : Modélisations: dynamique de véhicule, trafic routier, confort.
 - Sortie : Enregistrement : mesures véhicule (virtuel), environnement (virtuel), conducteur (réel).
 - Synthèse des divers résultats de calcul.

Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008 | Simulation immersive de mouvement (2) | 6

Description d'un simulateur de véhicule

Architecture d'un simulateur de véhicule



Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2) | 7

Description d'un simulateur de véhicule

Composants principaux d'un simulateur

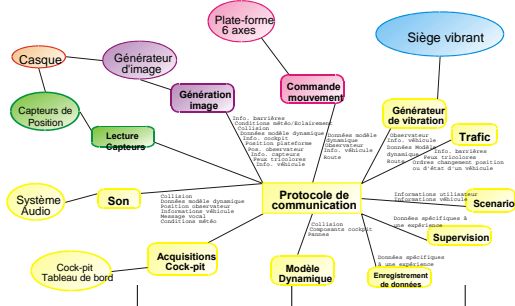
- Une cabine instrumentée
 - Voiture (VL) ou Poids-lourd (PL).
 - Capteurs, voyants, restituuteurs d'efforts...
- Un système visuel composé de :
 - Un générateur d'images (1 à 5 canaux typiquement).
 - Un système d'affichage.
 - Projection directe ou rétroprojection, ou projection dans un casque,
 - ou projection collimatée ou à l'infini (>3 mètres).
- Un système de restitution kinesthésique composé de :
 - Une réponse volant, un pédalier et une boîte de vitesses.
 - Une plate-forme mobile: électro-mécanique ou hydraulique, 3 à 6 axes.

Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2) | 8

Réalité virtuelle appliquée à la simulation de conduite

Schéma de communication inter-modulaire



Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2) | 9

Description d'un simulateur de véhicule

Importance de la cohérence spatio-temporelle

- Intégration proprioceptive
 - Le corps humain est sensible aux retards et incohérences de perception. (indice de profondeur, de mouvement, et comptage vestibulo-oculaire)
 - Peut introduire des malaises ou des maux de tête.
- Notion de temps de réponse (transport delay)
 - Spécificité en fonction de la tâche: simulateur de vol = 150 ms
 - Conduite de véhicule
 - Réflexe vestibulo-oculaire = 10 ms
- Fréquences de calcul
 - Image : 30 Hz à 60 Hz.
 - Acquisition : 100 Hz à 500 Hz.
 - Modèle dynamique : 100 Hz à 1000 Hz.
 - Mouvement : 0 Hz à 30 Hz.

Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2) | 10

2 - Applications Industrielles automobile

- Les simulateurs de conduite

1. Richesse visuelle
2. Scénarios de trafic
3. Variations de vecteurs d'accélération
4. Conduite banalisée

Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2) | 11

Simulateurs automobile

AGC	INRETS	NISSAN
AITEC	IOWA	OERLICON-CONTRAVES
AUDI	KRAUSS-MAFFEI	PSA-PEUGEOT-CITROEN
BMW	KRISTIANSTADT	RENAULT
CHRYSLER	KRUPP-ATLAS	RENAULT TRUCKS
CODES ROUSSEAU(FAROS)	UNIV LEEDS	ROWER
DAIMLER-BENZ	LOCKHEED-MARTIN	LOCKHEED-MARTIN
FAAC	MAZDA	UNIV SHANGAI
FIAT	UNIV MINNEAPOLIS	STORSIM (TRACS)
FORD	MIT	THALES (TTS)
GENERAL MOTORS	MITI	TNO
HITACHI	MITSUBISHI	TOYOTA
HUGHES	NADS	TRL
ILLUSION TECHNOLOGIES	UNIV NAPLE	VOLVO
	NIPPONDENSO	VII
		VW

Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2) | 12

Applications

Principaux simulateurs d'étude en France

- RENAULT 4 simulateurs dont 2 dynamiques
- PSA Sherpa, 2 simulateurs statiques
- INRETS Arcueil et Bron (statiques + 1 dynamique)
- CNRS PAVCAS (Strasbourg)
- Université de Valenciennes dynamique, en coopération avec PSA
- Renault Trucks SCOOP, simulateur dynamique

Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2)

13



Les principaux simulateurs



"Cabin de simulateur 'Cité Éclairée du Japon' SCOP de Renault - Liban 1998 - Renault"

Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2)

14



Les principaux simulateurs

Configuration du simulateur SCOOP



Image du simulateur SCOOP



Cabine du simulateur SCOOP

Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2)

15



ULTIMATE (Renault)



Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2)

16



INRETS mini simulateur dynamique



Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2)

17



Systèmes comparables à ULTIMATE

Réalisations	Budget	Mise en service
Daimler Chrysler	60M€	1990 (+ 3M€ en 2004)
FORD	10M€	2001
BMW	idem	2005 - 06
RENAULT	2M€	2004
NADS	80M€	2000

- Projets de simulateurs avec table XY

TOYOTA	25M€	2005
Univ. Leeds	1M€	2006
PSA	2M€	2007
Min. Edu Chine	1M€	2009

Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2)

18



Projets Eurêka terminés: TRaCS

- TRaCS (Truck and Coach Simulator)
 - Objectif
 - Améliorer la sécurité routière en développant un simulateur de conduite pour la formation des conducteurs de poids lourds
 - Partenaires
 - Renault, Thomson TT&S, AFT, VT&L, Autosim, Clarus
 - Bilan
 - Produit vendu à une quarantaine d'exemplaires par TT&S
 - Contribution à la sécurité routière par une formation plus efficace des conducteurs de PL, notamment en situations dangereuses, grâce au simulateur
 - Délais et budget respectés
 - Une cinquantaine de produits vendus par TT&S

Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2) | 19



Projet CARDS

- CARDS (Comprehensive Automobile Research and Development Simulator) Σ11924 (1998 à 2001)
 - Objectif
 - Définition et développement d'un simulateur de conduite pour la R&D automobile, la conception des véhicules jusqu'à l'étude des facteurs humains :
 - Outil de conception et d'étude en situation de conduite
 - Réduction des coûts et des délais du cycle de conception
 - Bilan
 - Prototype opérationnel
 - Validation technique et scientifique
 - Réutilisation sur ULTIMATE



Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2) | 20



Projet ULTIMATE

- ULTIMATE (Universal Land-based Transport display and Motion Advanced Enveloppe) Σ11493 (2001 à 2004)
 - Objectifs
 - Simulateur dynamique haute performance
 - 7x7m, 0.7g, XY + hexapode
 - Cockpit et écran ultra légers
 - Applications d'ingénierie véhicule
 - Prototypage virtuel de nouveaux véhicules
 - Conception de systèmes d'aide à la conduite
 - Développement de l'innovation
 - Partenaires
 - Renault, Hydrauldyne, SEOS, LPPA
 - Applications
 - Pédale Active (PA), Direction Intelligente, Electronic Stability (ESP)



Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2) | 21



Centre Technique de Simulation RENAULT



Simulateur dynamique à hautes performances ULTIMATE



Simulateur éclairage et logiciel SCANr II



Salle Réalité virtuelle et logiciel P2V©



Simulateur de vision MOER



Salle Stanley Kubrick à échelle 1 et p2V



Simulateur MV21 de tableau de bord

Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2) | 22



Centre Technique de Simulation RENAULT



Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2) | 23



Centre Technique de Simulation RENAULT

Simulation de conduite à Réalité Augmenté pour l'étude d'architecture de véhicule chez Renault



Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2) | 24



Simulation de conduite à Réalité Augmentée : étude d'architecture de véhicule chez Renault

- Extension: visualisation numérique de maquettes de véhicules
 - Mise en place de phases "numériques" pour prototypage
 - Point de départ Chaîne de numérisation (Alias, Euclid).
 - Résultat Visualisation temps-réel en relief, appréciation des volumes, couleurs et matières.
 - Objectif Réduction de coûts et de délais.
 - Etapes à mettre en œuvre
 - Récupération des fichiers de numérisation (Alias, Euclid).
 - Conversion à un format "simulation" (triangulation).
 - Génération des niveaux de détail (et/ou réduction polygonale).
 - Application des couleurs et textures.
 - Intégration finale dans l'outil de visualisation.

Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2)

25



Réalité augmentée pour l'architecture véhicule



Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2)

26



Réalité augmentée pour l'architecture véhicule



Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2)

27



La réalité virtuelle

- Une extension de la simulation temps-réel
- Des techniques « immersives »
 - Casque de visualisation.
 - Capteur de position pour détecter les mouvements.
 - Périphériques de saisie 3D: souris 3D, poignée, gant, volant,...
- Résultat: une interface utilisateur simplifiée et naturelle

Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2)

28



La réalité virtuelle

Apports de la réalité virtuelle

- Interactivité avec l'utilisateur
 - Déplacement aisé et naturel dans l'espace de visualisation
- Image stéréoscopique pour le relief, les volumes
 - Meilleure appréciation des volumes en relief
- Immersion dans l'espace d'observation
 - Casque, capteur de position, outil de pointage 3D.
 - L'image suit le regard de l'utilisateur positionné avec ses références habituelles
- Animations visuelles sans limite

Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2)

29



La réalité virtuelle

Quelques entreprises françaises utilisatrices de la VR

- **Aérospatiale** Visualisation d'un intérieur d'Airbus.
- **CEA** Etudes d'intégration de la robotique dans le nucléaire.
- **CNES** Maquettage virtuel de satellites.
- **DGA** Etudes de comportement des navires dans la houle.
- **EDF** Formation des opérateurs de salle de commande de centrales nucléaires.
- **RENAULT** Etudes d'architecture et de design de poste de conduite virtuel, outil de vente virtuel.
- **SNCF** Etudes d'accessibilité et feux de gare, station d'arrêt.

Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2)

30



La réalité virtuelle

Dans l'industrie automobile, en Europe

- **BMW**
Centre de réalité virtuelle à Munich pour les crash-test.
- **DAIMLER BENZ**
Visualisation de tableau de bord pour le design.
- **VOLVO**
Simulateur de conduite à base de réalité virtuelle pour l'ergonomie.
- **VOLKSWAGEN**
Conception de l'intérieur et extérieur de véhicule, étude ergonomique et assemblage virtuel pour la production et service après-vente.

Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2) | 31



La réalité virtuelle

Dans l'industrie automobile, aux USA

- **GENERAL MOTORS**
Centre de recherche et développement: cycle de prototypage.
CAVE (Cave Automatic Virtual Environment).
- **CHRYSLER**
Centre Technologique: logiciel CATIA + CDV (Crysler Data Visualizer) intégrés dans le process DMA (Digital Model Assembly), depuis 3 ans.
- **FORD**
Centre de réalité virtuelle à Détroit pour le design.

Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2) | 32



Casque de visualisation (Kaiser Proview 60)

XGA	1999
VGA	1997
NTSC	1995
CGA	1993

Autres HMD : SEOS 120x60
Kaiser Simeye XL100, SL100

Nouveautés HMP (UCL)

émetteur et récepteur
électromagnétique
Polhemus Fastrak

•Autres capteurs :
Ascension, Laserbird
(optique)

Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2) | 33



La réalité virtuelle

Réalité virtuelle appliquée à la simulation de conduite

- **En simulation classique, existence de contraintes fortes :**
 - Encombrement du système d'affichage
 - Contraintes inertielles plate-forme mobile/cabine
- **Apports des techniques de réalité virtuelle :**
 - Immersion visuelle par un casque
 - Cabine modélisée numériquement
 - Modularité et transportabilité
- **Exemples applications :**
 - Simulateur statique avec maquette physique
 - Simulateur statique avec HMD see-through
 - Véhicule roulant avec HMD
 - Simulateur Ultimate avec HMD

Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2) | 34



Réalité virtuelle appliquée à la simulation de conduite

- **Visualisation VR avec HMD SEOS et restitution de mouvement**
 - **Ergonomie et performances nécessaires**
 - poids du casque réduit (<0,8 kg)
 - ergonomie, résistance aux vibrations
 - champs de vision 120°, stéréo en champ frontal
 - **Délais de réponse**
 - limites physiologiques : 10 ms
 - délai brut à 60 Hz : 30-40 ms
 - délai effectif : 10 ms par compensation
 - **Couplage visuel-mouvement**
 - réduction des conflits visuo-vestibulaires
 - intégration des capteurs de mouvement compatibles
 - prise en compte de la simulation des sensations kinesthésiques

Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2) | 35



Réalité virtuelle appliquée à la simulation de conduite

Immersion visuelle dans le poste de conduite

- **Contrainte : visualisation de**
 - l'intérieur du véhicule simulé
 - corps du conducteur
- **Technologie d'immersion vs. réalité augmentée**
 - casque semi-transparent
 - casque immersif et caméra vidéo

Centre Technique de Simulation | Vendredi 21 novembre 2008

Simulation immersive de mouvement (2) | 36

