

Quatrième École Thématique du CNRS sur les EIAH

Simulation, réalités virtuelles et augmentées pour les apprentissages professionnels

Du dimanche 2 au vendredi 7 juillet 2006 à La Grande Motte

Cours 3 Architectures informatiques

3.2. Systèmes multi-agents et simulations pour l'apprentissage

Eric Gouardères, Guy Gouardères, Stéphane Espié



Rôle des Agents dans les Simulateurs Pédagogiques

Guy Gouardères

Laboratoire d'Informatique de l'UPPA

Quatrième École Thématique du CNRS sur les EIAH



Plan de l'exposé



Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de l'agent

Agent guided

Qualification

ASIMIL

Conclusion

1. La simulation (rappel)
2. La Simulation et l'agent logiciel
3. Les SMA et les Simulateurs
4. Le « Rôle » des agents
5. Agent-Guided vs Agent-Directed Simulation
6. La traçabilité et la qualification par Agents
7. L'exemple d'ASIMIL
8. Conclusion



Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de l'agent

Agent guided

Qualification

ASIMIL

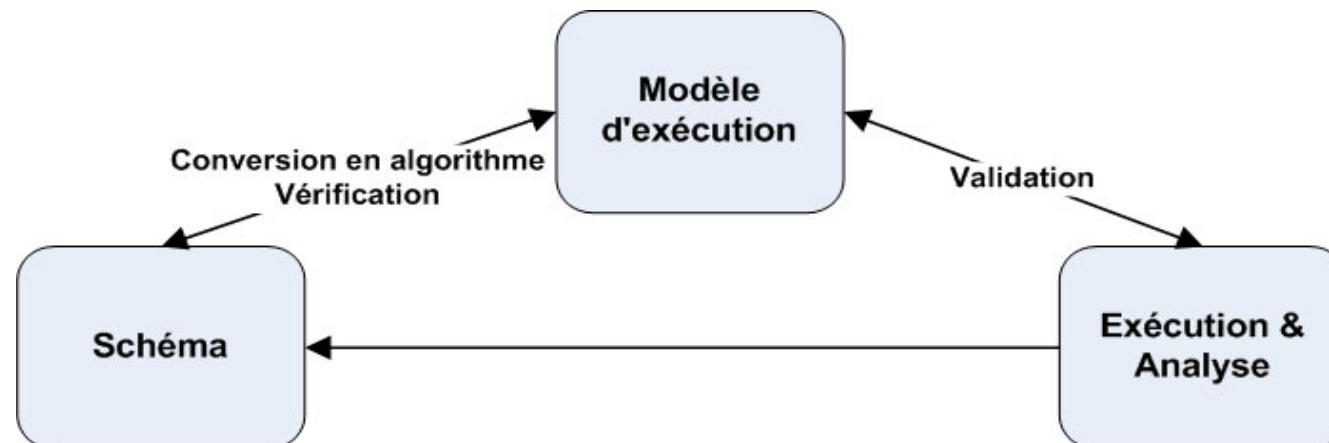
Conclusion

G. Gouardères

3

Vue à travers les trois activités suivantes :

- Conception du modèle d'un système réel ou théorique
- Exécution de ce modèle sur un ordinateur
- Analyse des résultats de cette exécution





Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de l'agent

Agent guided

Qualification

ASIMIL

Conclusion

G. Gouardères

4

Rappel des problématiques du cours 3.1,
Quelques enjeux :

- « spécificité » des simulateurs
 - problème d'échelle et de complexité
 - Adaptation à l'utilisateur
 - différenciation et personnalisation
- ⇒ approche par modélisation / simulation



Problématique

▶ Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de l'agent

Agent guided

Qualification

ASIMIL

Conclusion

G. Gouardères

5

- Au départ,
 - représentation
 - schématique
 - par rapport à un objectif spécifié :
 - Participation/conception collective de simulations
 - Interprétation/ compréhension assistée par agents
 - Adaptation et distribution au niveau du système
 - « Calibration » assistée par agents
- évaluée par « l'expérience »/ simulation
 - expérience scientifique : construction
 - simulation : tests sur un substitut de la situation réelle
 - Qualification (de fait ou de principe)



Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de
l'agent

Agent
guided

Qualification

ASIMIL

Conclusion

G. Gouardères

6

Définitions :

Modèles d'Agents

Comportement & structure

Théorie Agents

Formalismes pour spécifier les modèles

Architecture d'Agent

Structure logicielle pour programmer et gérer.



Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de
l'agent

Agent
guided

Qualification

ASIMIL

Conclusion

G. Gouardères

7

Les agents

« **Intelligents** » :

Apprennent, représentent, raisonnent, infèrent, proposent, conseillent, aident...

Interfacent

perçoivent des actions actions de l 'usager

ils agissent à travers l 'interface Homme-Système

Agents cognitifs

Délégation : un assistant plutôt qu'un outil..!

* **Réactivité** = réflexe par rapport à son environnement

+ **Pro-activité** = téléonomie : génère et satisfait ses buts

+ **Capacités sociales** = interagir avec les autres et coopérer



Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de
l'agent

Agent
guided

Qualification

ASIMIL

Conclusion

G. Gouardères

8

AGENTS Réactifs :

Le comportement réflexe est fondé sur

- des comportements élémentaires (Brooks, Steel 89, Drogoul 93)
- des interactions élémentaires (Demazeau 93)
- des situations élémentaires (Wavish, Parunak, 90)

Le comportement est contraint par

- pas de représentation de l'environnement
- pas d'historique et pas de planification
- interactions directes ou par messages (environnement-objets)

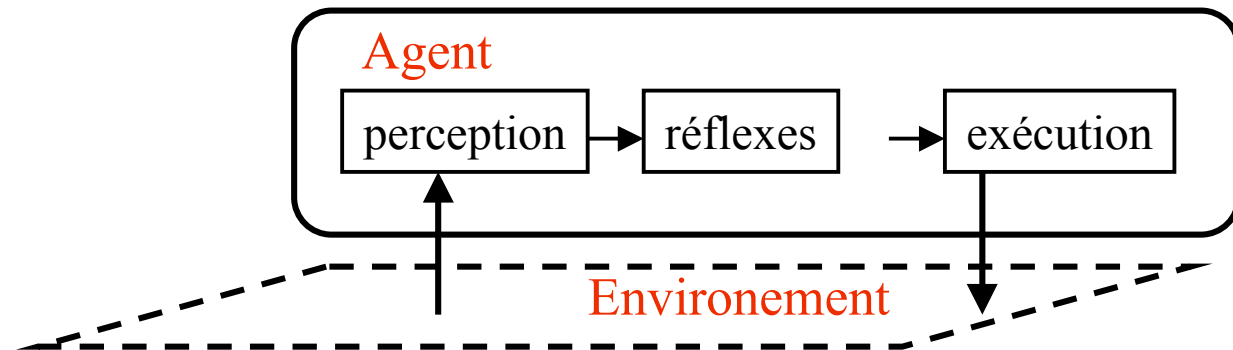


AGENT Réactif (exemple)



AGENT Réactif (exemple) :

Réaction aux états du monde



Le cycle de base

Règles : Evénements-Conditions-Actions (ECA-Agents, G. Joeris

2000)

repeat

state := interpret_input (percept);

rule := match (state, rules);

execute := (*rule*[*action*..]);

forever

Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de

l'agent

Agent

guided

Qualification

ASIMIL

Conclusion

G. Gouardères



AGENT Délibératifs (adaptatifs)



Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de
l'agent

Agent
guided

Qualification

ASIMIL

Conclusion

G. Gouardères

10

Le comportement planifié est fondé sur

- représentation explicites de l'environnement (Bratman 90)
- gestion de l'historique et re-planification(Moore 90)
- contrôle délibératif :
 - Attitudes informationnelles (Croyances, connaissances,..)
 - pro-attitudes (Cohen-Levesque 90, Rao-Georgeff 91)
 - Désirs, préférences,...
 - Intention, obligation, engagement (commitment), choix

Exemple : *s*: état, *eq* : file d'événements (sinon *BDI*)

```
s := initialise();
repeat
    options := option_generator (eq,S);
    selected := deliberate (options, S);
    s := update_state (selected, s);
    execute := (s);
    eq := get_new_events ();
forever
```



Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de
l'agent

Agent
guided

Qualification

ASIMIL

Conclusion

G. Gouardères

11

Utilités des **Agents** : ce que l'on veut en faire

- Simplifier l'informatique distribuée (Agents as intelligent resource managers)
- Résoudre certains problèmes d'interface (Agents as personal assistants)

Classification basée sur 3 paradigmes : [G. Gouardères, H. Kriaa, 99.]

- Modèle individuel/collectif de structuration/conception (Jennings, Kinny,..)
- Moteurs de mécanismes de preuve ou de faisabilité (Durfee, Lesser & al.)
- Langage de programmation (~L. objets) (Hewitt, McCarthy, Agha)

Agents as « ascription », prescription, description



Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de

l'agent

Agent

guided

Qualification

ASIMIL

Conclusion

G. Gouardères

12

- « Agent as ascription » : Modélisation
 - *tester des hypothèses d'une théorie quant aux **explications** de ce phénomène*
 - *prévoir **l'évolution** du phénomène*
- Agent as prescription : Spécification par conception à base d'agents
- Agent as description : Programmation par agent des spécifications

Voir Agent-directed simulation (E. Gouardères)



Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de

l'agent

Agent

guided

Qualification

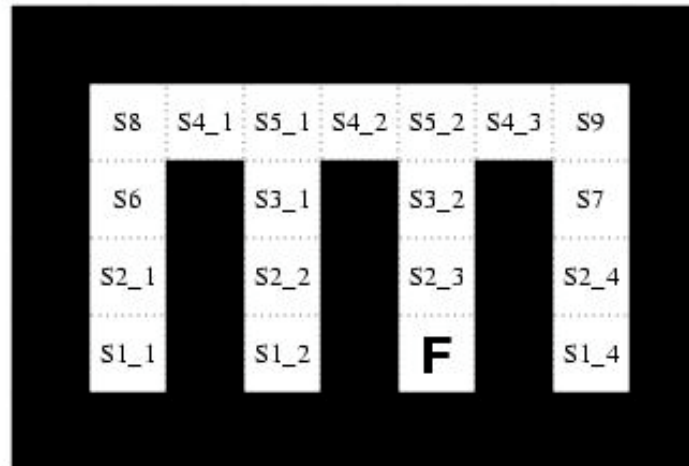
ASIMIL

Conclusion

G. Gouardères

13

Dans une démarche prescriptive: Exemple du labyrinthe



- solutions prédictives = orientée *fins*
ex : réseaux de neurones
- solutions explicatives = orientée *moyens*
ex : base de règles + apprentissage



Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de l'agent

Agent guided

Qualification

ASIMIL

Conclusion

G. Gouardères

14

Construire, en plus des modèles prédictifs, des modèles explicatifs

- compréhension des mécanismes sous-jacents
- formulation de nouvelles hypothèses
- estimation de leur plausibilité
- « laboratoire virtuel »



Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de l'agent

Agent guided

Qualification

ASIMIL

Conclusion

G. Gouardères

15

▶ Aero user-friendly SIMulation-based distance Learning

- 5ème PCRD
- 11 partenaires de 6 pays (Europe, Canada, Suisse)
- objectif - création d'une gamme d'outils pour la formation professionnelle dans le domaine de l'aéronautique (pilotes et mécaniciens de l'aviation civile)





Architecture du simulateur



Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de l'agent

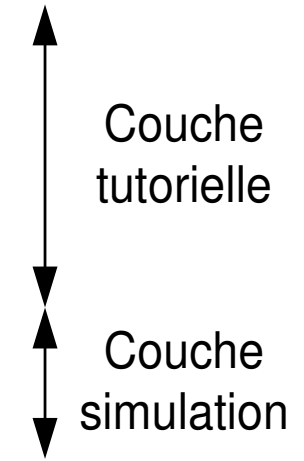
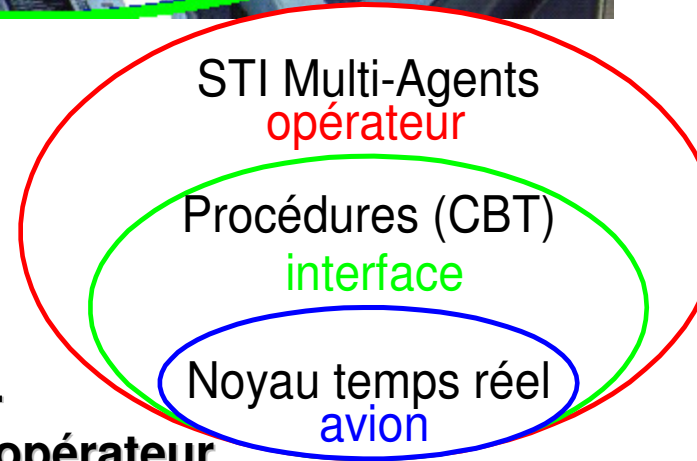
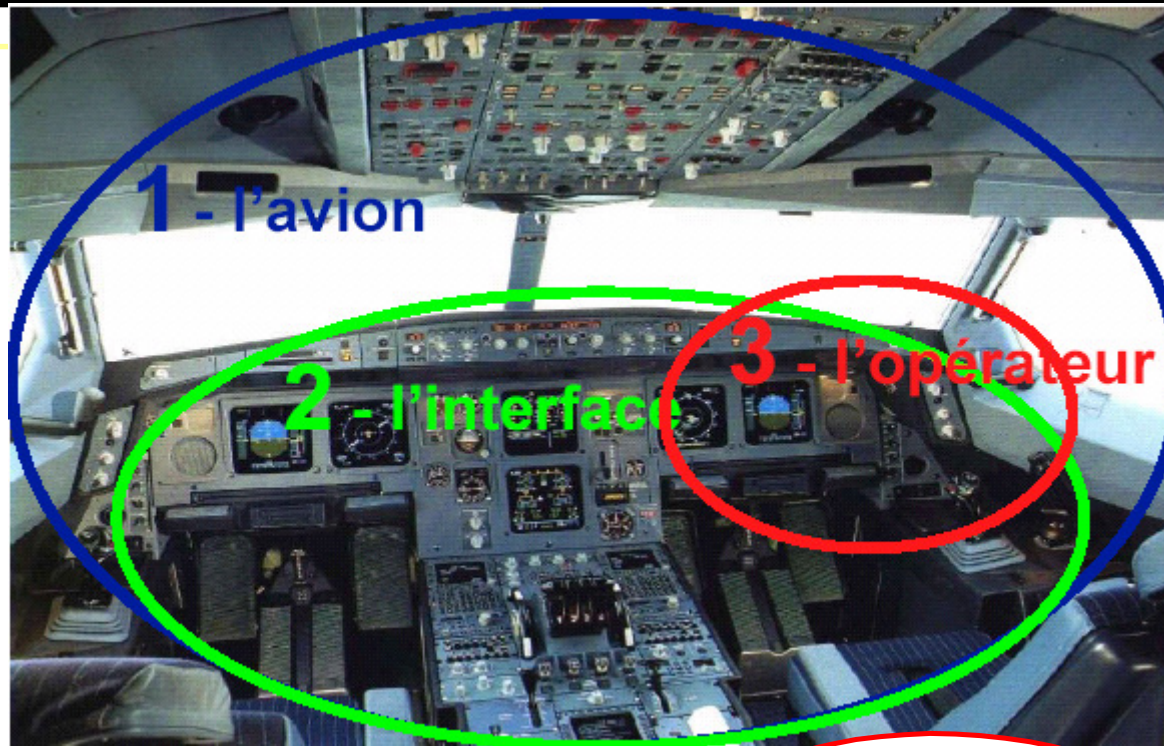
Agent guided

Qualification

ASIMIL

Conclusion

G. Gouardères



3 référentiels du temps - simulateur, procédure, opérateur



Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de

l'agent

Agent

guided

Qualification

ASIMIL

Conclusion

G. Gouardères

17

► Nouveau paradigme de programmation

- **systemes monolithiques** ----> **systemes distribués** (distribution des compétences facilitant la maintenance) rendant possible le raisonnement sur un flux d'information
- **Rapprochement du raisonnement humain**
via les propriétés d'autonomie, indépendance, pro-activité, intelligence, imprédictivité, coopérativité, compétitivité, émergence
- **Intelligence sociale** <----> **intelligence individuelle**
(organisation et émergence)
- **Quels types d'agents?**
 - Actors (Frasson et al. 1996), Pedagogical (L.W. Johnson 1998), Virtual (J. Rickel 2000)
- **Quels types d'architectures?**
 - Planifiée (Gauthier, N'Kambou 1998), collaborative (Frasson et al. 1998), émergente (Gouardères et al. 2000)
- **Apparition de Actors** (Frasson et al., 1996)
- **Emergence de ASITS** - application Actors à la formation (Richard 1999), (Yatchou 2000)



Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de l'agent

Agent guided

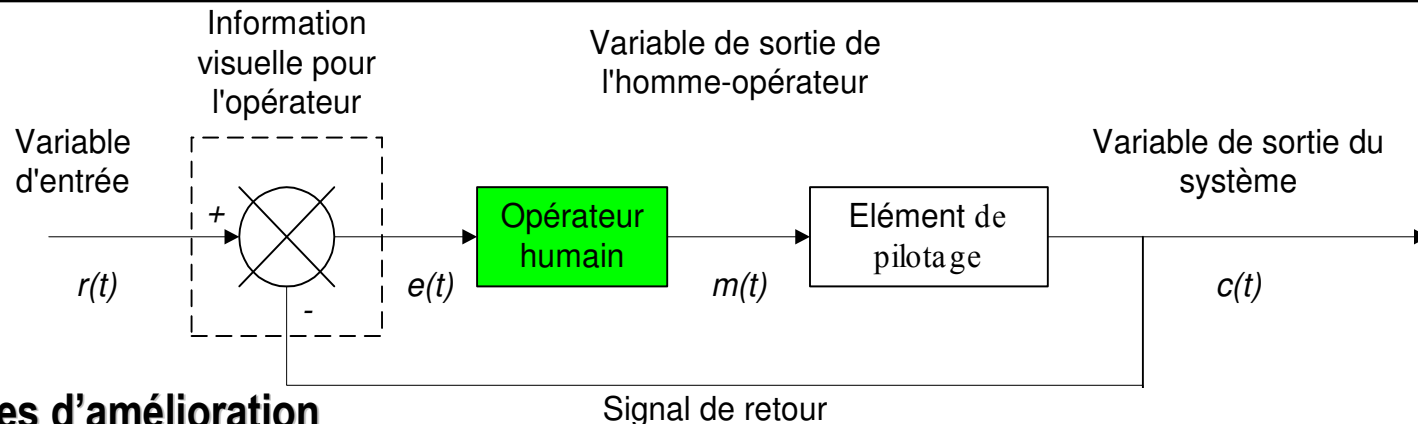
Qualification

ASIMIL

Conclusion

G. Gouardères

18



▶ Voies d'amélioration

- Usager dans la boucle par une meilleure fonctionnalité du profil d'apprenant et de la modélisation des erreurs
- Intégration de l'apport des sciences cognitives

▶ Caractéristiques

- Modèles mathématiques
 - formulation par les (in)équations algébriques
 - absence de ramifications dans le calcul
- Modèles algorithmiques
 - formulation par les conditions logiques

▶ Limites

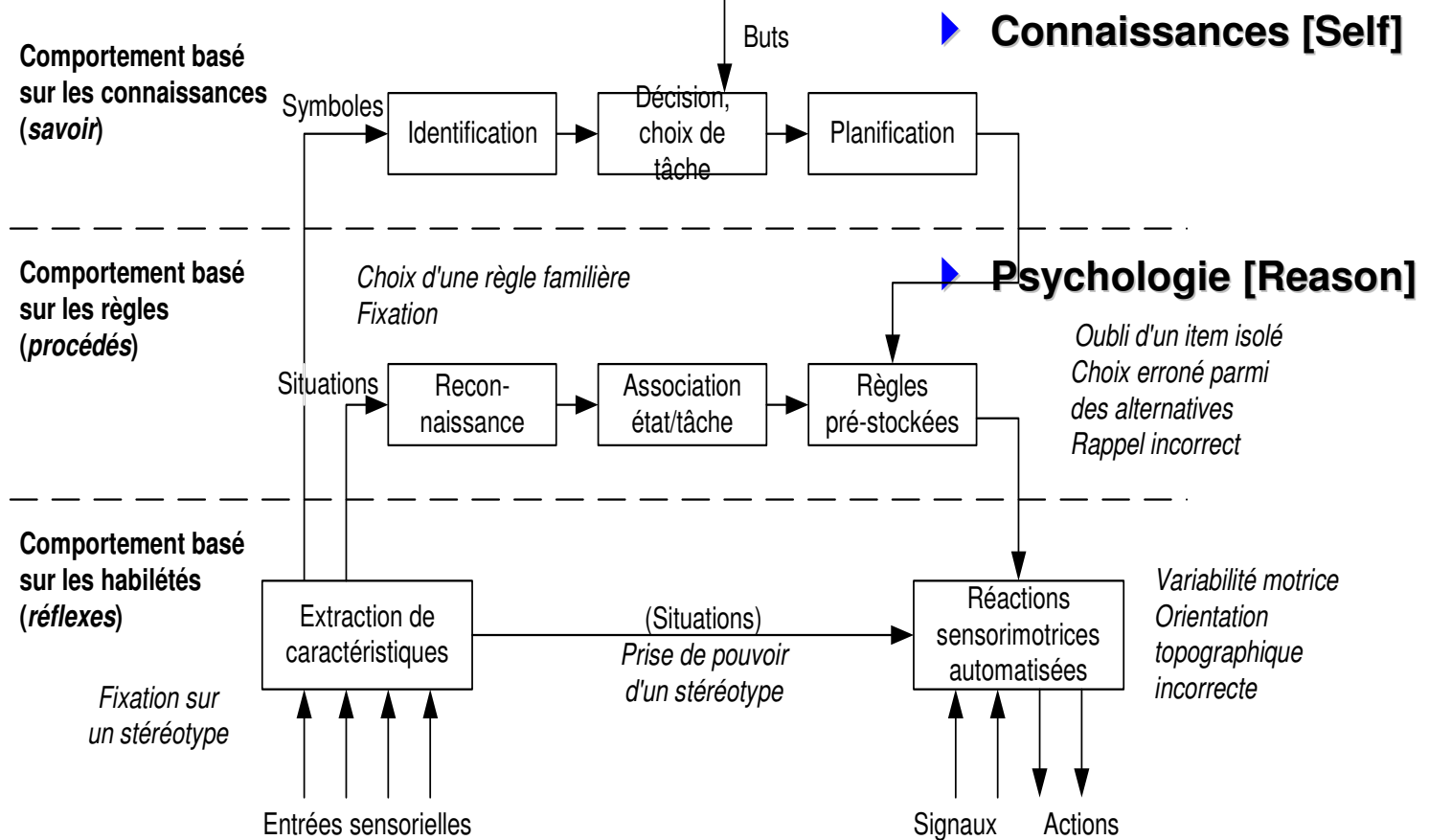
- Modèles mathématiques
 - Conception orientée "système", et non pas "homme"
 - Ignorance des facteurs cognitifs en jeu, rejet du facteur humain
- Modélisation algorithmique
 - difficulté de la maintenance des connaissances stockées



► Reprise à partir des sciences cognitives [Rasmussen]

Effets d'un mode de pensée linéaire dans le réseau causal:

- condition causale non prise en compte
- effets de bord non pris en compte



► **Connaissances [Self]**

► **Psychologie [Reason]**

► **Ergonomie [Norman]**

Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de

l'agent

Agent

guided

Qualification

ASIMIL

Conclusion

G. Gouardères



Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de

l'agent

Agent

guided

Qualification

ASIMIL

Conclusion

G. Gouardères

20

► Niveaux de l'erreur (selon Reason):

- conceptuel
- comportemental
- contextuel

► Mécanismes cognitifs impliqués:

- mémorisation
- planification
- exécution

► Modèle d'erreur

- Modèle de recouvrement (overlay)
- "Model-tracing"
[Anderson], [Weber]
- Bibliothèques d'erreurs
[Johnson], [Payne]



Typologie d'erreurs établie



Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de l'agent

Agent guided

Qualification

ASIMIL

Conclusion

G. Gouardères

Type	Connaissance	Ergonomie	Psychologie	Physiologie
Origine	Conceptuelle	Mode de présentation	Psycho-physiologique	
Classe	Connaissance théorique Connaissance pratique (savoir-faire) Anglais Reconnaissance du contexte	Interface graphique non-familière Primitifs d'interface non-familière Surcharge cognitive Lisibilité Homogénéité	Emotivité Autonomie Concentration Motivation	Etat de santé
Exemple	- Patron d'erreur relevant d'une incompréhension des concepts théoriques sous-jacents - Continuation de la procédure dans le contexte modifié	- Double-clic au lieu d'un simple - Clics disparates sur l'écran	- Précipitation, hésitation - « Tunnel gap »	
Mécanisme cognitif (selon Reason)	Planification Mémorisation	Exécution Mémorisation	Exécution Planification Mémorisation	



Profil de l'apprenant: architecture (1/2)



▶ 3 niveaux: cours, exercice, action

Type de données	Niveau	Table	Contenu
Apprenant	cours	trainee	Données deregistrement sur l'apprenant
Historique	cours, exercice, action	pedagogie, traineeAction	Historique de toutes les actions dans tous les exercices réalisés
Stratégie	cours	strategie	Différentes stratégies pédagogiques, règles de changement de stratégie
Curriculum	cours	curriculum	Organisation logique du cours de formation
Exercice	exercice	exercice, procedure, action	Exercices à réaliser (décomposés en procédures et actions)
Erreurs	cours, exercice, action	errorOrigin, errorQualif...	Patrons d'erreurs (selon 3 types - connaissances, ergo, psycho)
Tolérances	exercice	debriefVariable threshold, phraseType	Tolérances à ne pas dépasser concernant les paramètres de l'avion

Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de l'agent

Agent guided

Qualification

ASIMIL

Conclusion

G. Gouardères



Prise en compte du comportement:



Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de l'agent

Agent guided

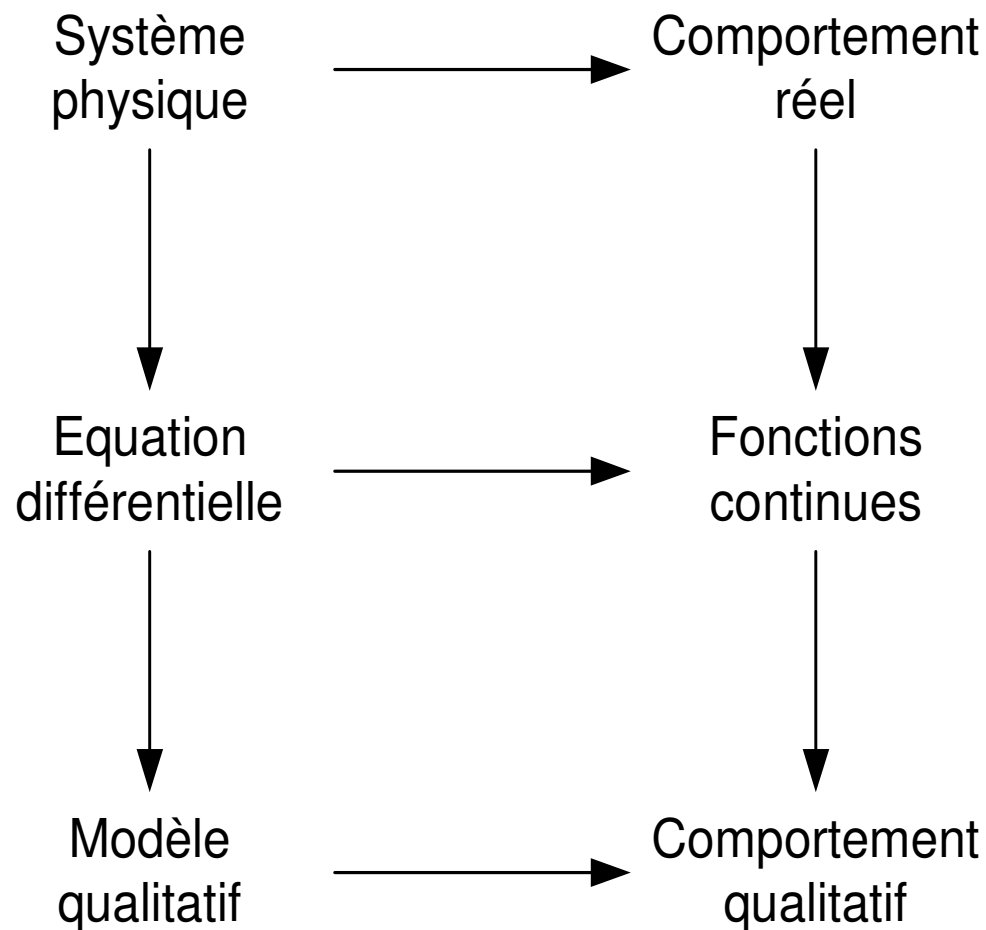
Qualification

ASIMIL

Conclusion

G. Gouardères

23





► Vue qualitative

avant la session

Niveau et mode de l'apprenant

pendant la session

Exercice à réaliser

Evolution et score de l'exercice

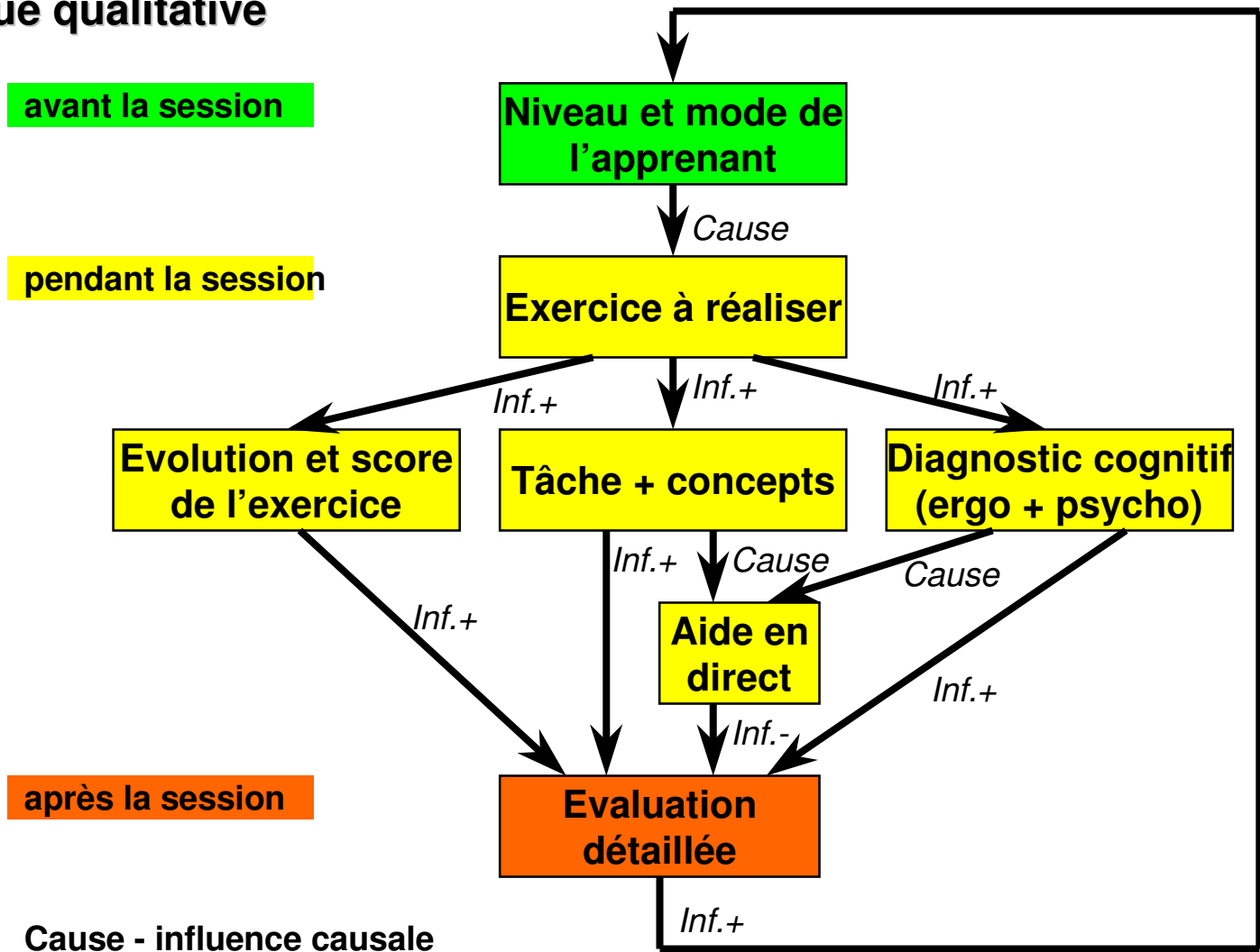
Tâche + concepts

Diagnostic cognitif (ergo + psycho)

après la session

Evaluation détaillée

Cause - influence causale
 Inf.+ - influence croissante
 Inf.- - influence décroissante



Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de l'agent

Agent guided

Qualification

ASIMIL

Conclusion

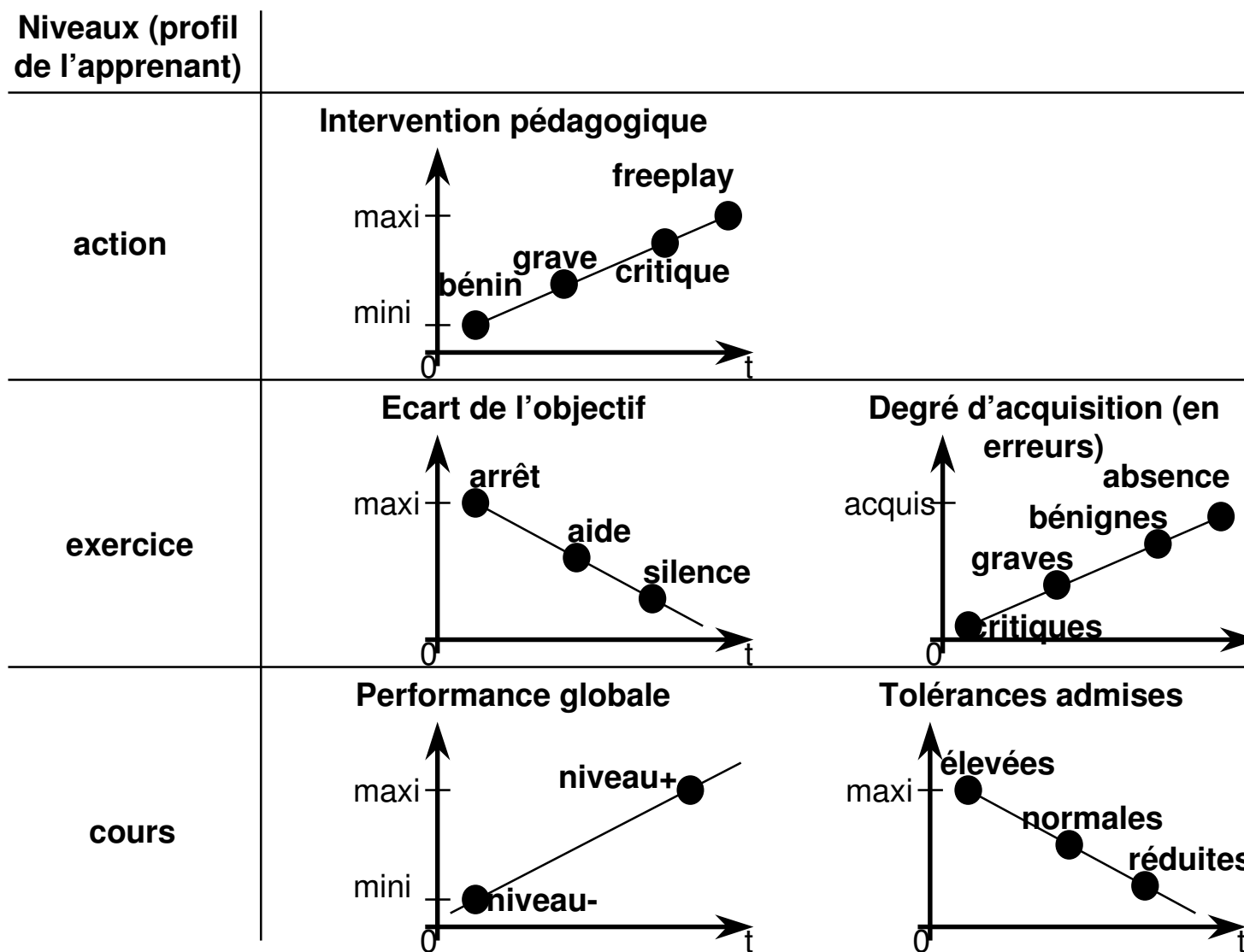


Niveaux de prise de décision tutorielle



► Jalons (landmarks - angl.) qualitatifs et tendances

- Problématique
- Simulateurs
- Agent Logiciel
- Tuteur Intelligent
- Modèle qualitatif
- Rôle de l'agent
- Agent guided
- Qualification
- ASIMIL
- Conclusion
- G. Gouardères
- 25





Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de

l'agent

Agent

guided

Qualification

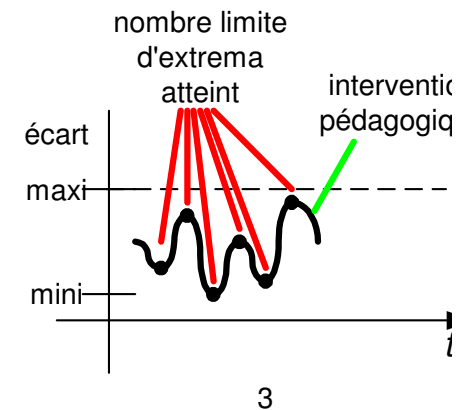
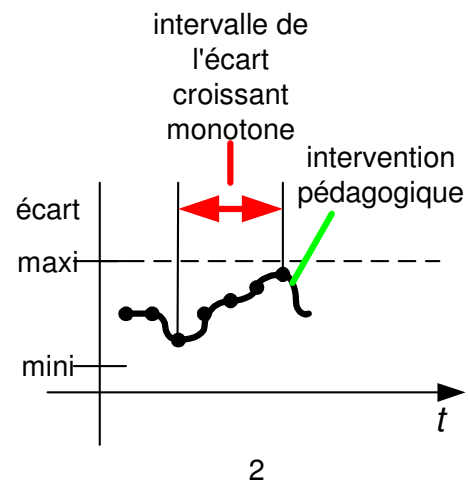
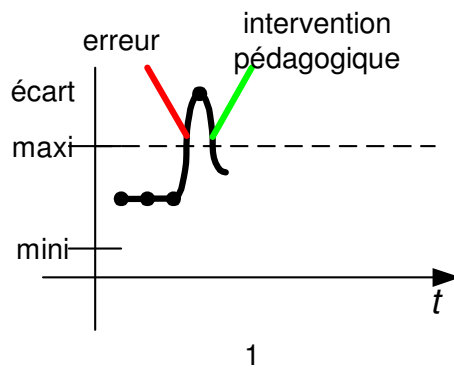
ASIMIL

Conclusion

G. Gouardères

Intervention en fonction de:

- 1 - variation du score
- 2 - variation de sa première dérivée
- 3 - variation de sa deuxième dérivée





Coefficients de performance



Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de l'agent

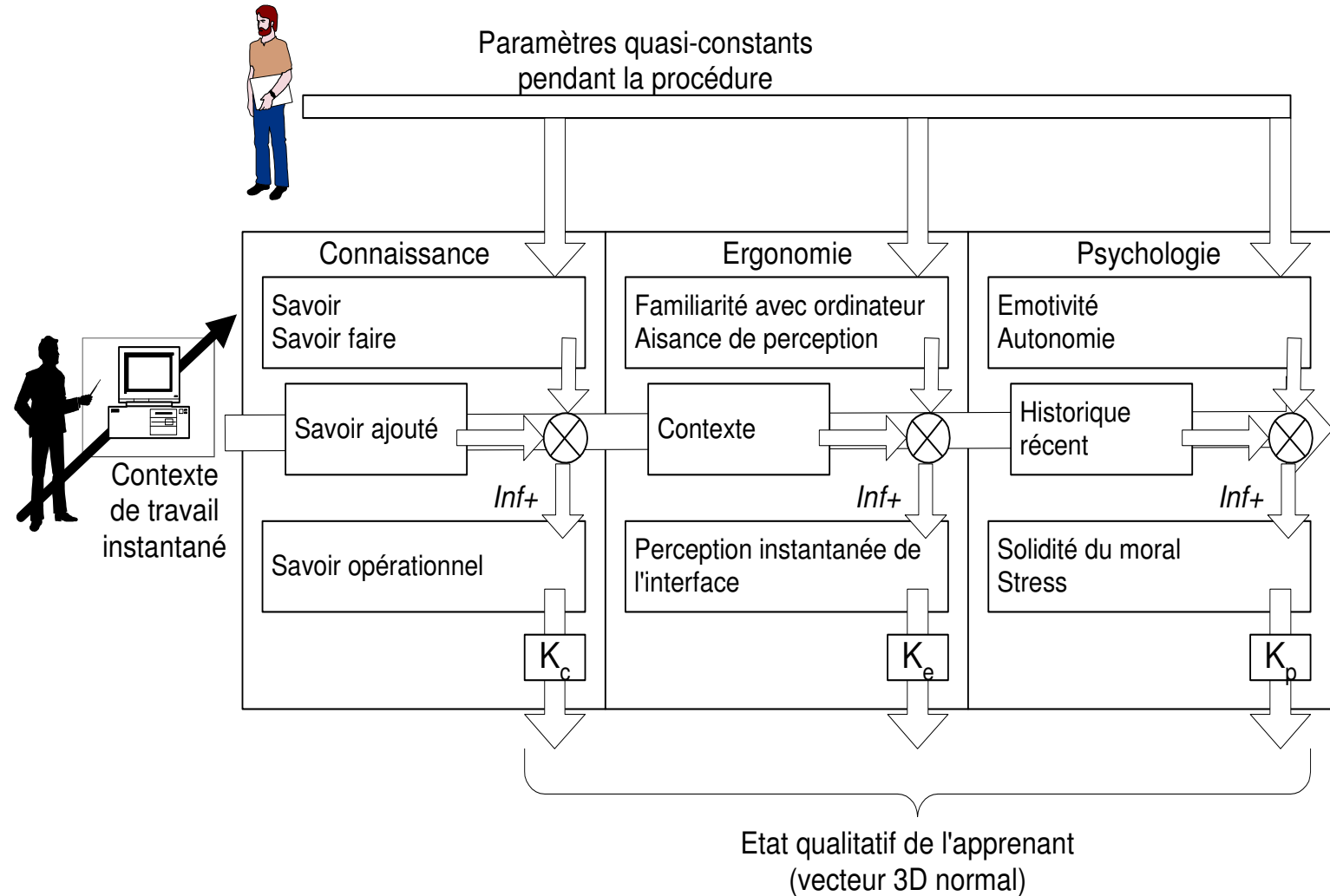
Agent guided

Qualification

ASIMIL

Conclusion

G. Gouardères





Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de

l'agent

Agent

guided

Qualification

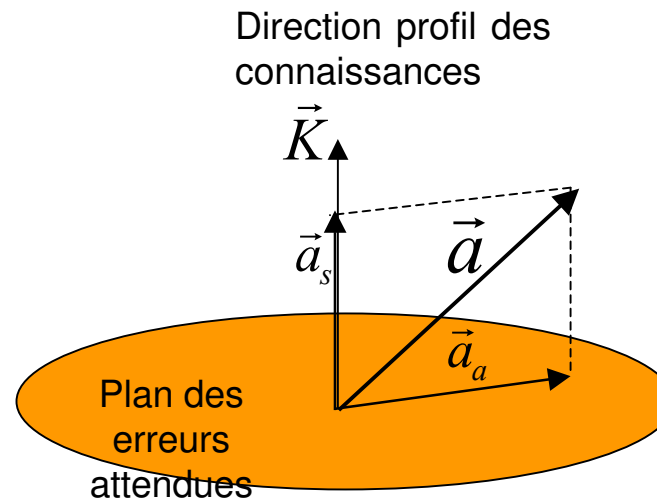
ASIMIL

Conclusion

G. Gouardères

28

- ▶ Vecteur \vec{K} composé de coefficients de performance K_c, K_e, K_p



- ▶ Erreur surprise et erreur attendue

$$\vec{a}_s = \vec{K} \cdot \vec{a} \quad \vec{a}_a = \vec{a} - \vec{a}_s$$

$$\vec{E} = \begin{pmatrix} \sum_{j \in \xi} G_j \cdot f_j \cdot a_{scj} & \sum_{j \in \xi} G_j \cdot f_j \cdot a_{sej} & \sum_{j \in \xi} G_j \cdot f_j \cdot a_{spj} \\ \sum_{j \in \xi} G_j \cdot f_j \cdot a_{acj} & \sum_{j \in \xi} G_j \cdot f_j \cdot a_{aej} & \sum_{j \in \xi} G_j \cdot f_j \cdot a_{apj} \end{pmatrix} \begin{matrix} G_j - \text{gravité de l'erreur} \\ f_j - \text{répétition} \\ a_{scj} - \text{composante de l'erreur} \end{matrix}$$



Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de l'agent

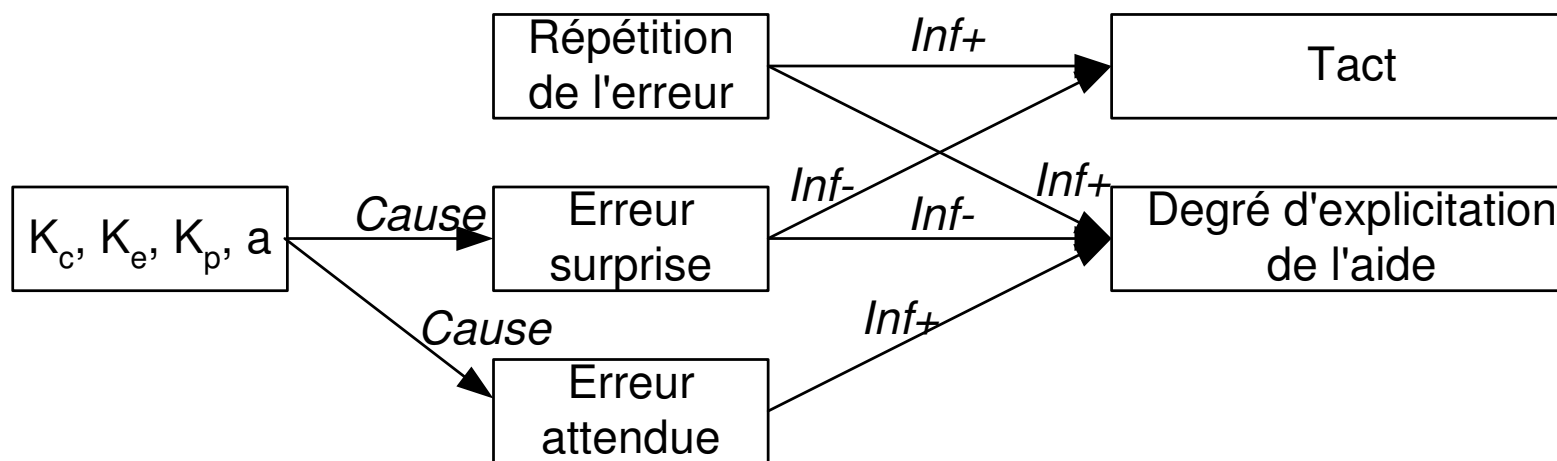
Agent guided

Qualification

ASIMIL

Conclusion

G. Gouardères



► Réaction en fonction de la stratégie pédagogique

	Taux de surprise			Répétition de l'erreur		
	c	e	p	c	e	p
Explicitation de l'aide	-	-	-	+	+	+
Tact	0	0	0	+	+	+



Effet mémoire



Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de l'agent

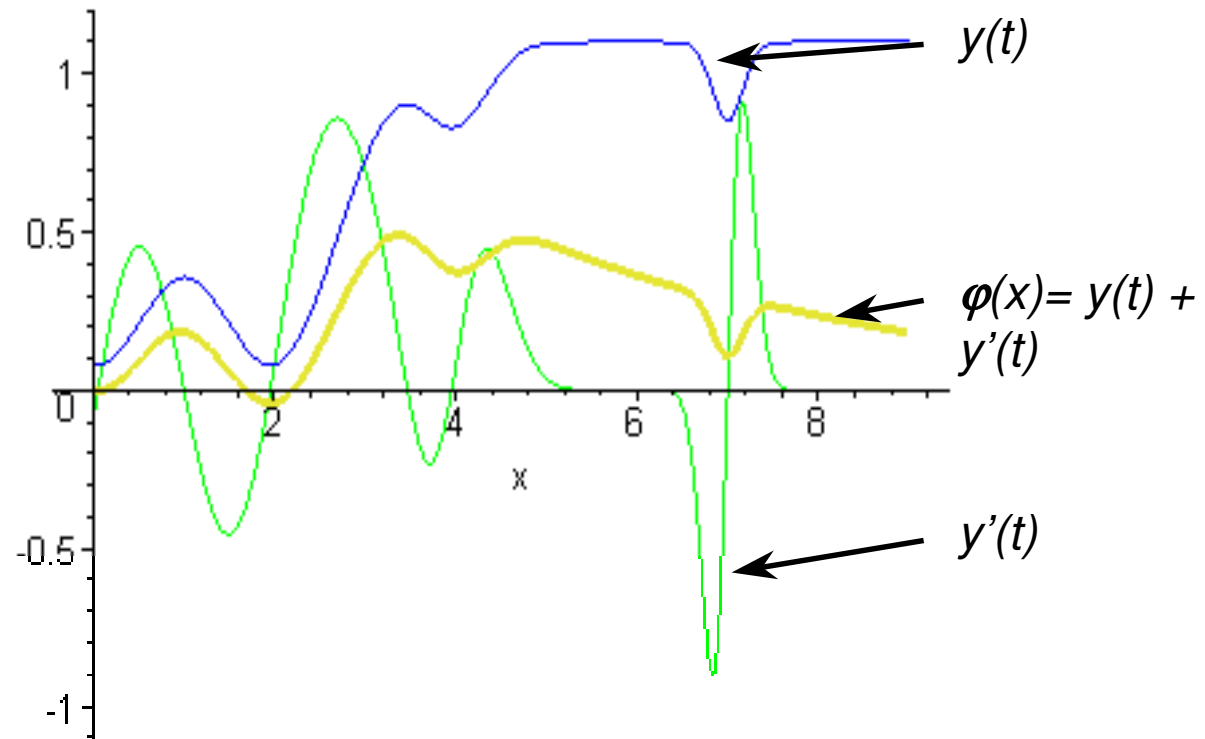
Agent guided

Qualification

ASIMIL

Conclusion

G. Gouardères





Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de l'agent

Agent guided

Qualification

ASIMIL

Conclusion

G. Gouardères

▶ Réactions du tuteur

- 1 - silence
- 2 - message d'erreur
- 3 - message d'erreur + conséquences probables
- 4 - message d'erreur + moyen d'y remédier
- 5 - arrêt de l'exercice

Niveau de l'apprenant	Mode d'apprentissage	Tolérances	Erreur bénigne	Erreur grave	Erreur critique
Novice	Guidé	Réduites	3	4	5
	Libre	Réduites	3	3	5
	Mental	Réduites	2	3	4
Intermédiaire	Guidé	Normales	3	3	4
	Libre	Normales	2	2	3
	Mental	Normales	1	2	3
Expert	Guidé	Elevées	3	3	3
	Libre	Elevées	1	1	2
	Mental	Elevées	1	1	1



Interface apprenant



Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de l'agent

Agent guided

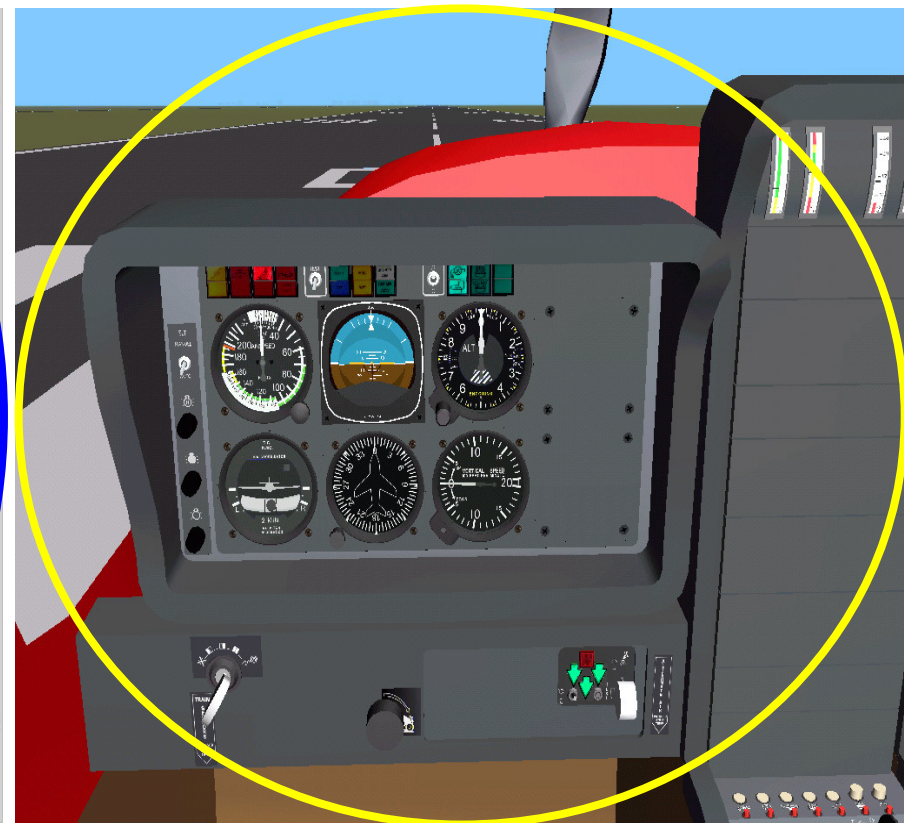
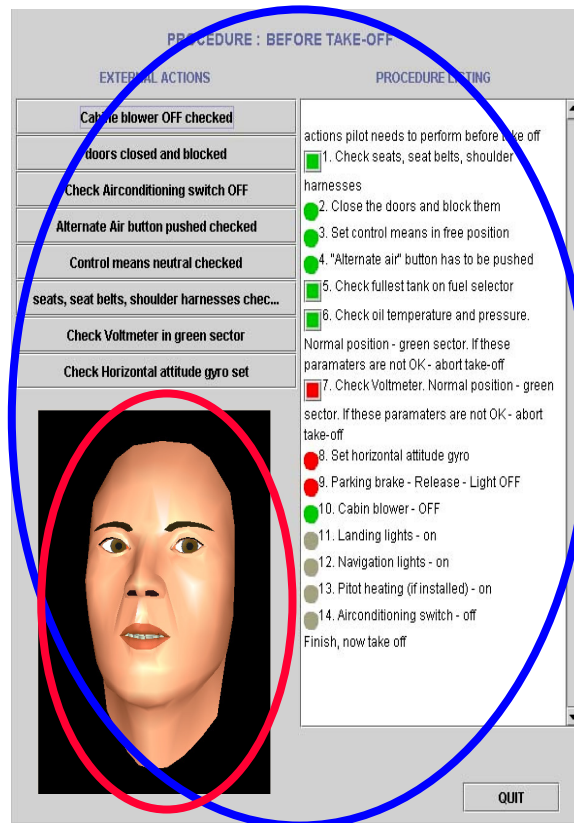
Qualification

ASIMIL

Conclusion

G. Gouardères

- ▶ 1 - Simulateur de vol (SOCATA TB 20)
- ▶ 2 - Procédures (PFC)
- ▶ 3 - Agent Pédagogique (Baldi, « talking head »)



les images représentent les interfaces des logiciels réalisés par le Consortium ASIMIL

3.2 SMA & Simulation

5 Juillet 2006



Interface instructeur



Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de

l'agent

Agent

guided

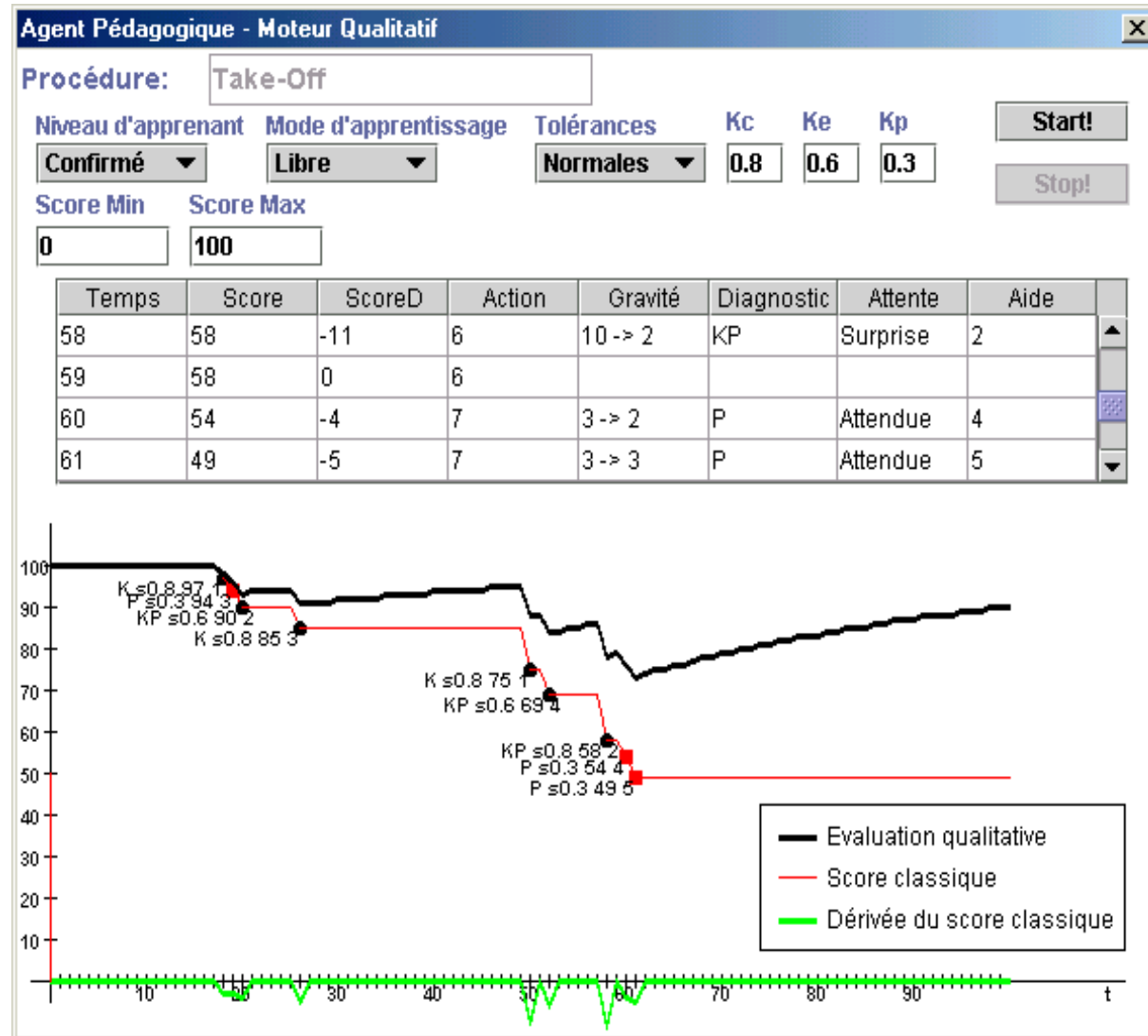
Qualification

ASIMIL

Conclusion

G. Gouardères

33





Problématique

Simulateurs

Agent Logiciel

Rôle de

l'agent

Agent

guided

Qualification

ASIMIL

Conclusion

G. Gouardères

34

▶ Analyse de l'erreur

- prise en compte des facteurs cognitifs
- classification en trois classes (connaissances, ergonomie, psychologie)

▶ Modélisation du comportement de l'apprenant et évaluation

- maîtrise des variables environnementales difficilement observables grâce à la simulation qualitative
- méthode d'évaluation capable d'aider le tuteur humain

▶ Nouveau modèle de formation (délocalisation de l'apprenant) offrant:

- qualification des erreurs et intervention tutorielle à la volée
- exploitation de la trace (historique) de session d'apprentissage
- possibilité de délivrer une certification grâce à la traçabilité "totale"



Agent-Directed Simulation : la simulation dirigée *par et pour* les agents

Eric Gouardères

Quatrième École Thématique du CNRS sur les EIAH

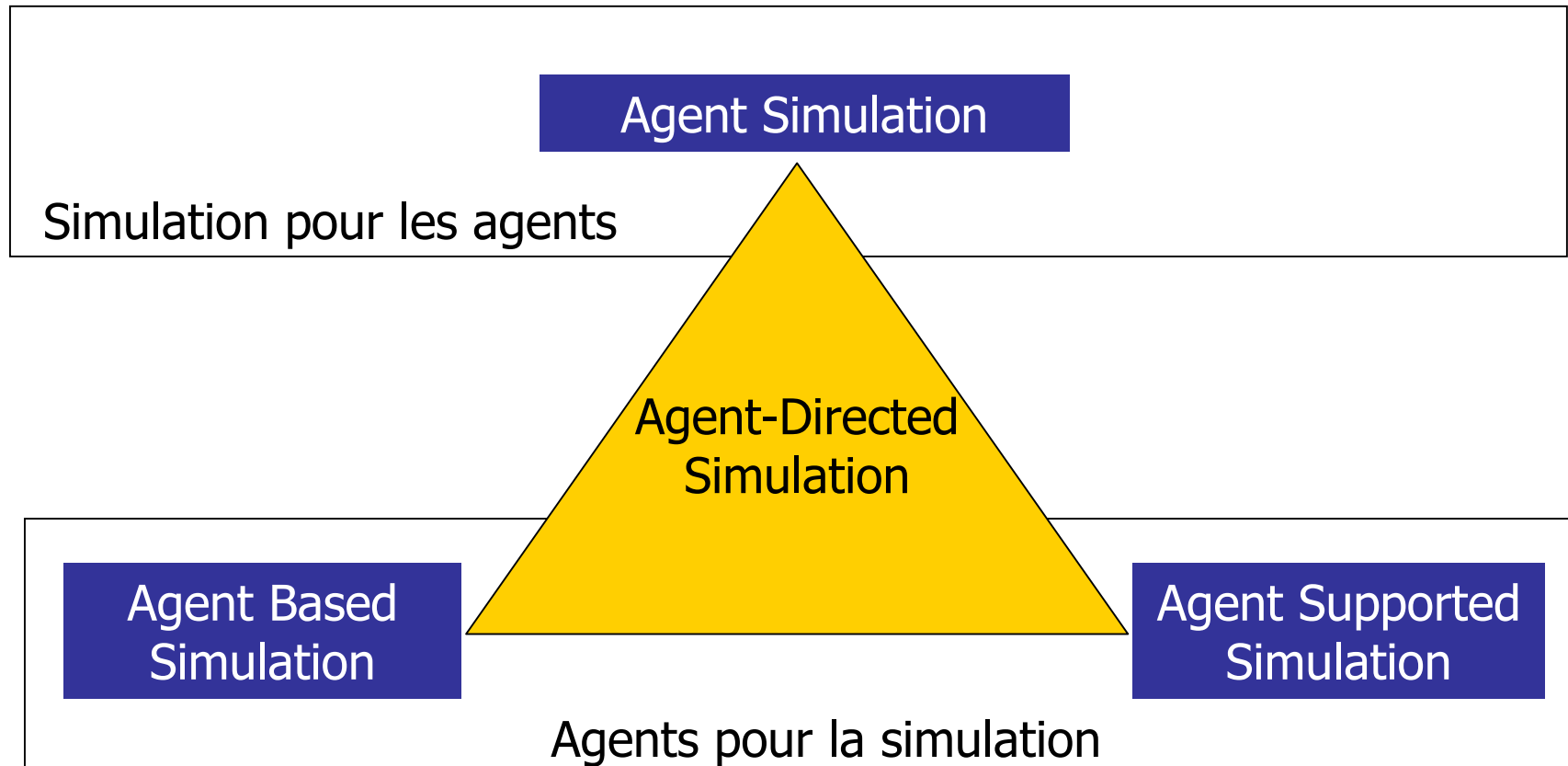


Intérêts des agents

- Modélisation et simulation de systèmes complexes
 - Utiliser des modèles centrés sur les entités et leurs interactions (et non sur les relations entre valeurs mesurées)
 - Considérer que la dynamique générale du système est issue des interactions entre ces entités
 - Faire l'hypothèse que des processus informatiques (les agents) sont capables de décrire le comportement des entités

(Jacques Ferber - LIRMM)

Agent Directed Simulation



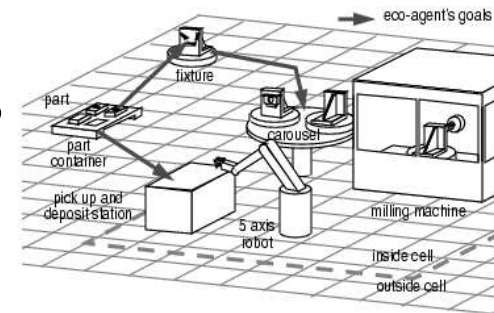
<http://www.eng.auburn.edu/~yilmaz/ADS.html>

Agent simulation

- Simulation de systèmes multi-agents

- Ingénierie
 - Systèmes manufacturiers...

- Economie/Gestion
 - e-commerce...



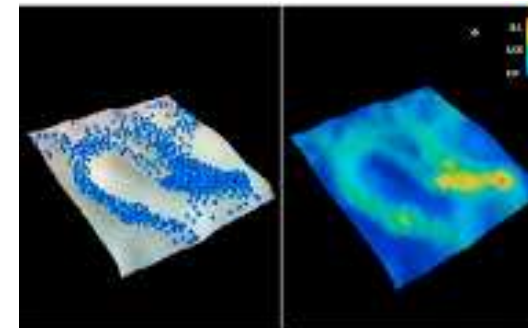
- Systèmes et phénomènes sociaux

- Ethologie, trafic routier...



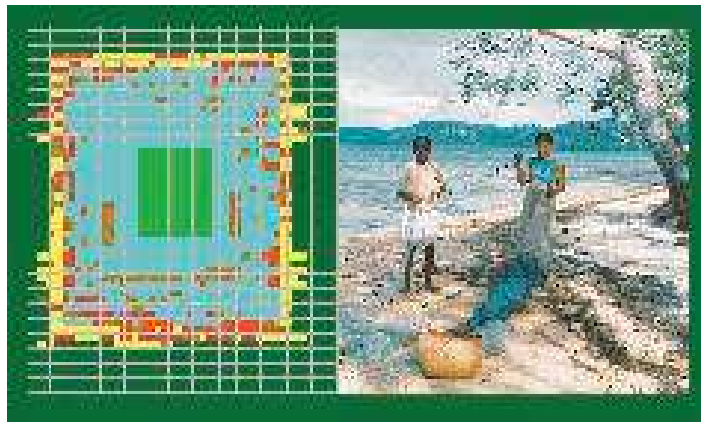
- Environnement

- Ecosystèmes, Hydrologie...



Environnement : la plate-forme CORMAS

- CIRAD : institut français de recherche agronomique au service du développement des pays du Sud et de l'outre-mer français. <http://cormas.cirad.fr/index.htm>



- CORMAS : environnement de programmation multi-agents dans le domaine de la gestion de ressources renouvelables.



Apport des agents à la simulation

- Créer un monde artificiel composé d'agents en interaction
 - Chaque agent est décrit comme une entité autonome
 - Le comportement des agents est la conséquence : de leurs *observations*, de leurs *tendances internes*, de leurs *représentations* symboliques éventuelles, de leurs *interactions* avec l'environnement et les autres agents.
 - Les agents agissent en modifiant l'état de leur environnement par leurs actions
 - On observe le résultat de leurs interactions comme si l'on était dans un « laboratoire virtuel »

(Jacques Ferber - LIRMM)



Apport des agents à la simulation

Flexibilité

Autonomie,
Decentralisation

Modèles d'organisation

Différents niveaux de granularité

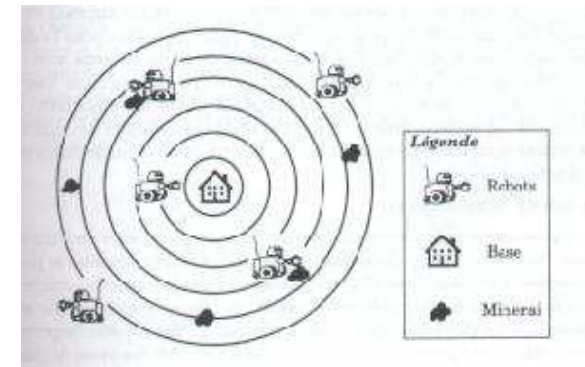
Modèles d'interaction

Protocoles, langages

Agent-based simulation

- Modèle de simulation multi-agents : dimension sociale

- Mondes synthétiques



- Mondes Interactifs

- entités virtuelles (plantes, animaux)
 - interaction avec le public



- Sociétés artificielles

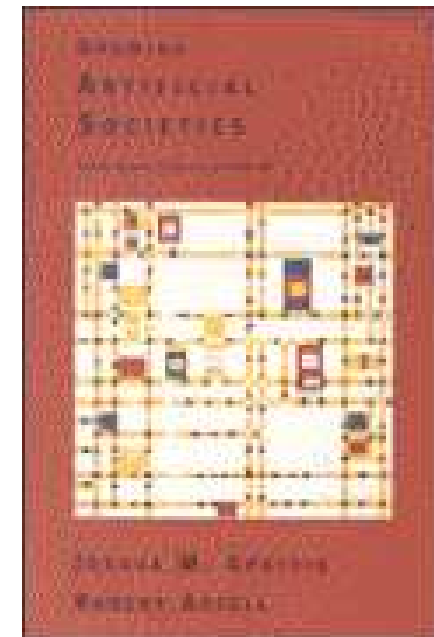
<http://www.medienkunstnetz.de/works/a-volve/>

Sociétés artificielles : l'exemple du Sugarscape

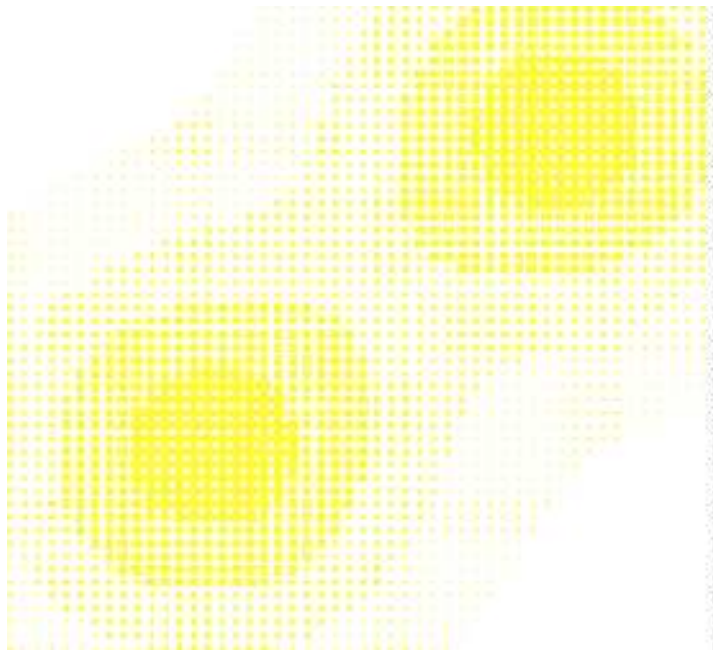
« On a small, bagel-shaped planet, tribes of natives—collectively known as "agents"—go about their lives. They reproduce. They eat. They travel. They squabble over limited resources, or trade them if doing so is to their mutual advantage. »

- Société artificielle qui existe sur un ordinateur,
- Approche Ascendante (bottom-up),
- Quelques règles simples sur les agents Sugarscape, étude de l'effet agrégatif des interactions.

Growing Artificial Societies
Social Science From the Bottom Up
Joshua M. Epstein and Robert L. Axtell
Brookings Institution Press MIT Press 1996
c. 228pp



Le Sugarscape



Le modèle “Agents in a Sugarscape”

- Chaque position de l'univers est une réserve de sucre de capacité fixée au départ. Elle se renouvelle selon une loi donnée au départ également (G_α : la réserve se reconstitue de α à chaque pas de temps)
- Chaque agent voit dans les 4 directions (N, S, E, O) jusqu'à une distance d donnée au départ. Il a besoin de q (métabolisme donné au départ) sucre par unité de temps, sinon il meurt.
- Comportement de base (M): aller vers le point que l'on voit et qui contient le plus de sucre. En cas d'ex-aequo prendre le plus proche.

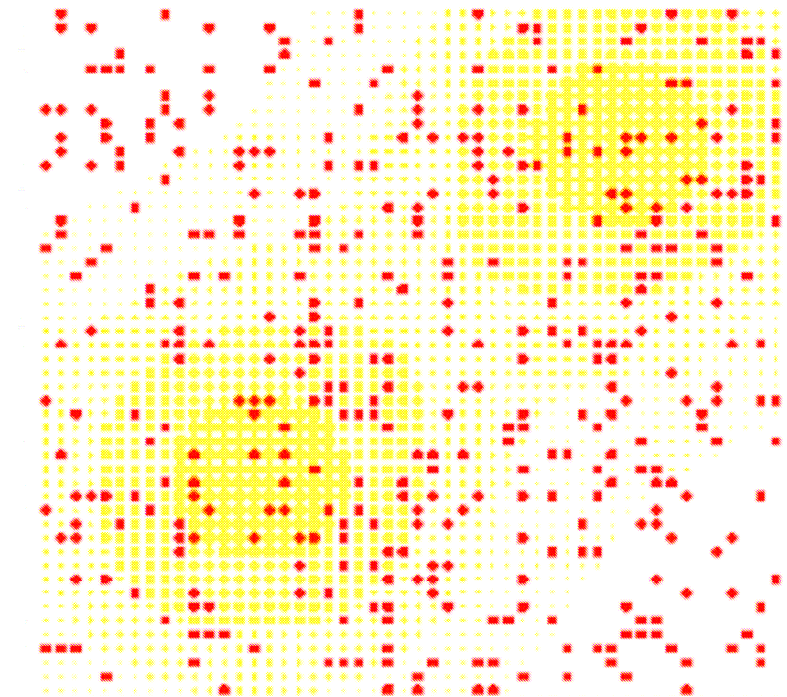
Joel Quinqueton

Le Sugarscape

Au départ on considère une population de base:

- chaque agent se comporte selon (M) en accumulant ainsi du sucre
- q en principe uniformément distribué de 1 à 4
- d de 1 à 6
- l'environnement se comporte selon (G_{∞}) , c'est à dire une reconstitution immédiate des réserves

Joël Quinqueton

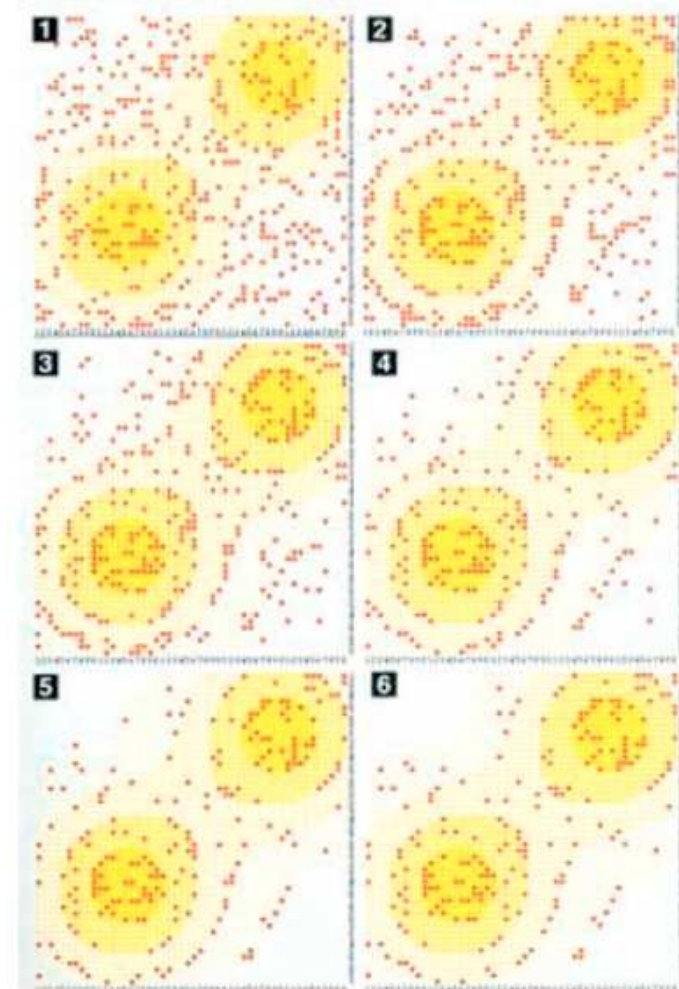


Le Sugarscape

Ce que l'on constate :

- les agents se groupent vers les points culminants du "sugarscape"
- quand on passe de G_{ω} à G_1 , la mobilité augmente
- Une "pression de sélection" est observée, puisque le champ de vision moyen passe de 3,5 à 4,1 et le métabolisme moyen de 2,5 à 1,8

Joel Quinqueton

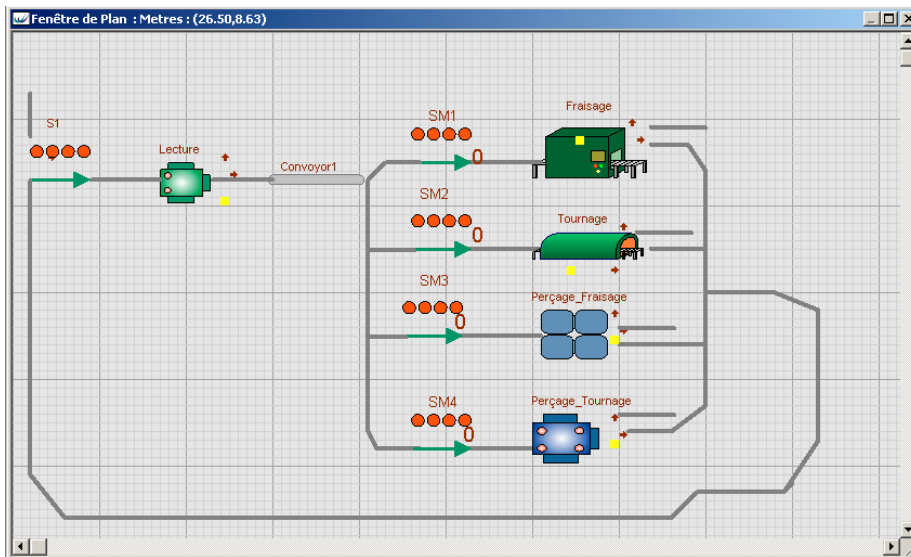




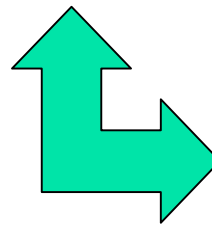
Agent supported simulation

- Utilisation des agents dans des environnements de simulation :
 - Interface homme-système
 - Prise en compte de la dimension cognitive (apprentissage, agent-guided)
 - Monitoring
 - Réutilisation de modèles et de services de simulation (interopérabilité, flexibilité)

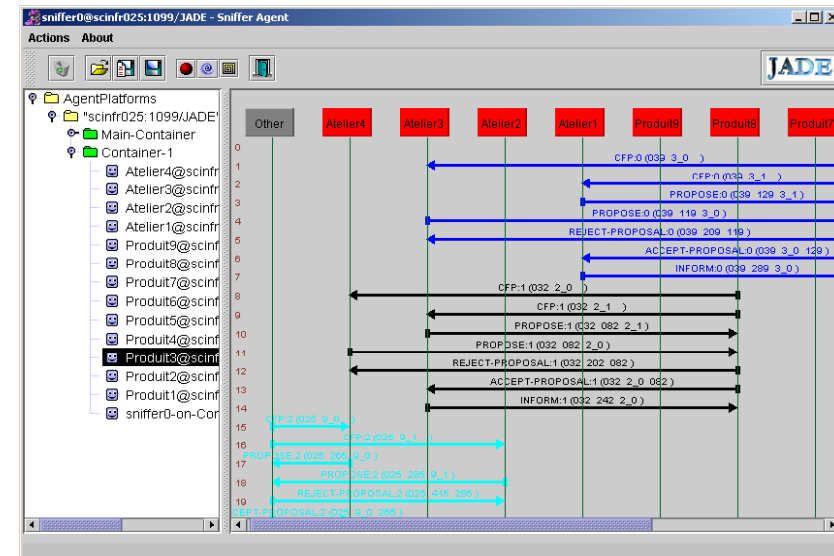
Exemple de monitoring



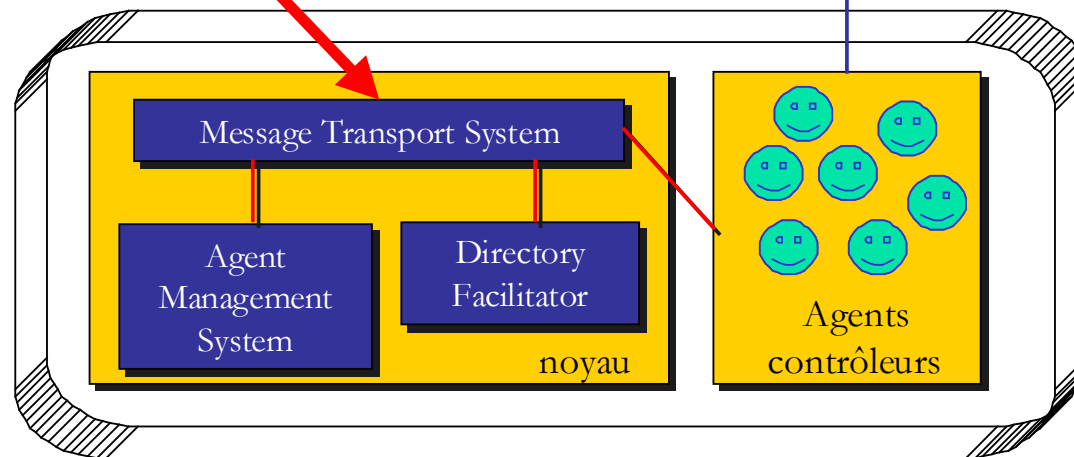
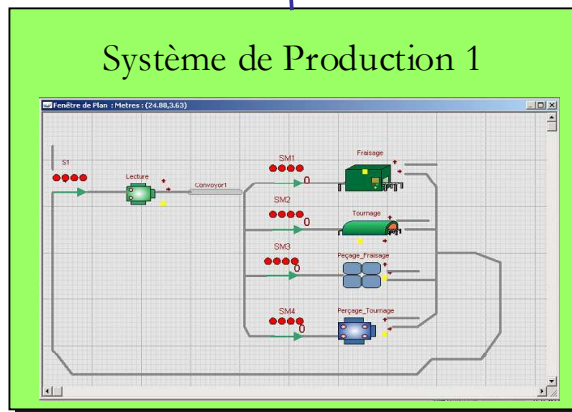
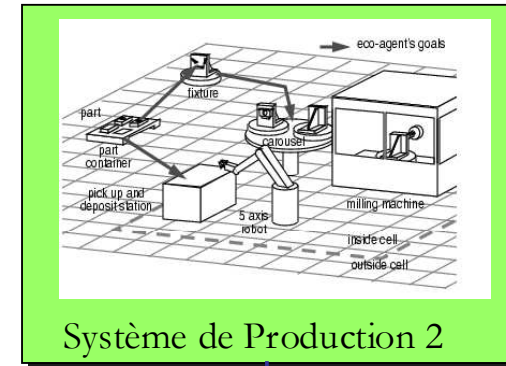
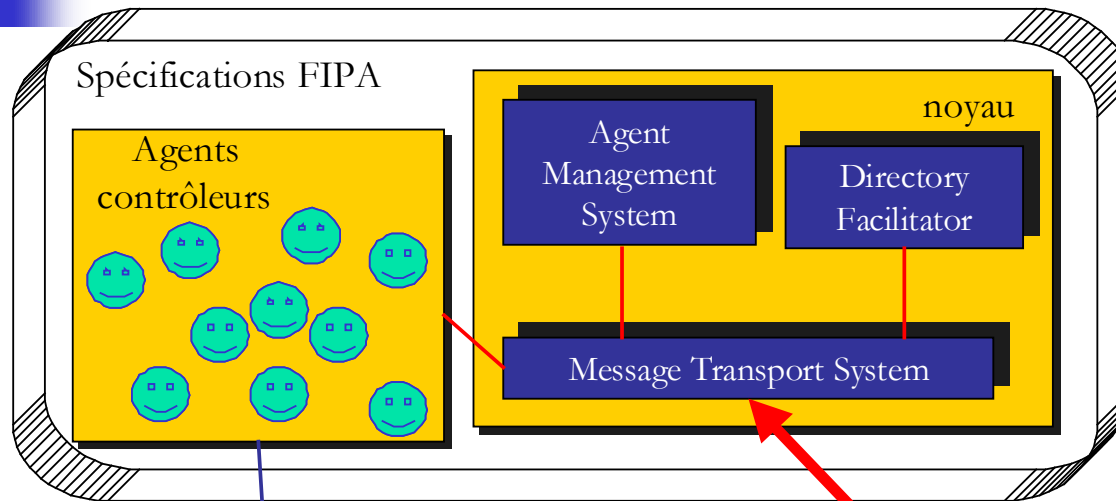
Modèle de Simulation
Witness*



Système multi-agents :
trace des interactions



Interopérabilité

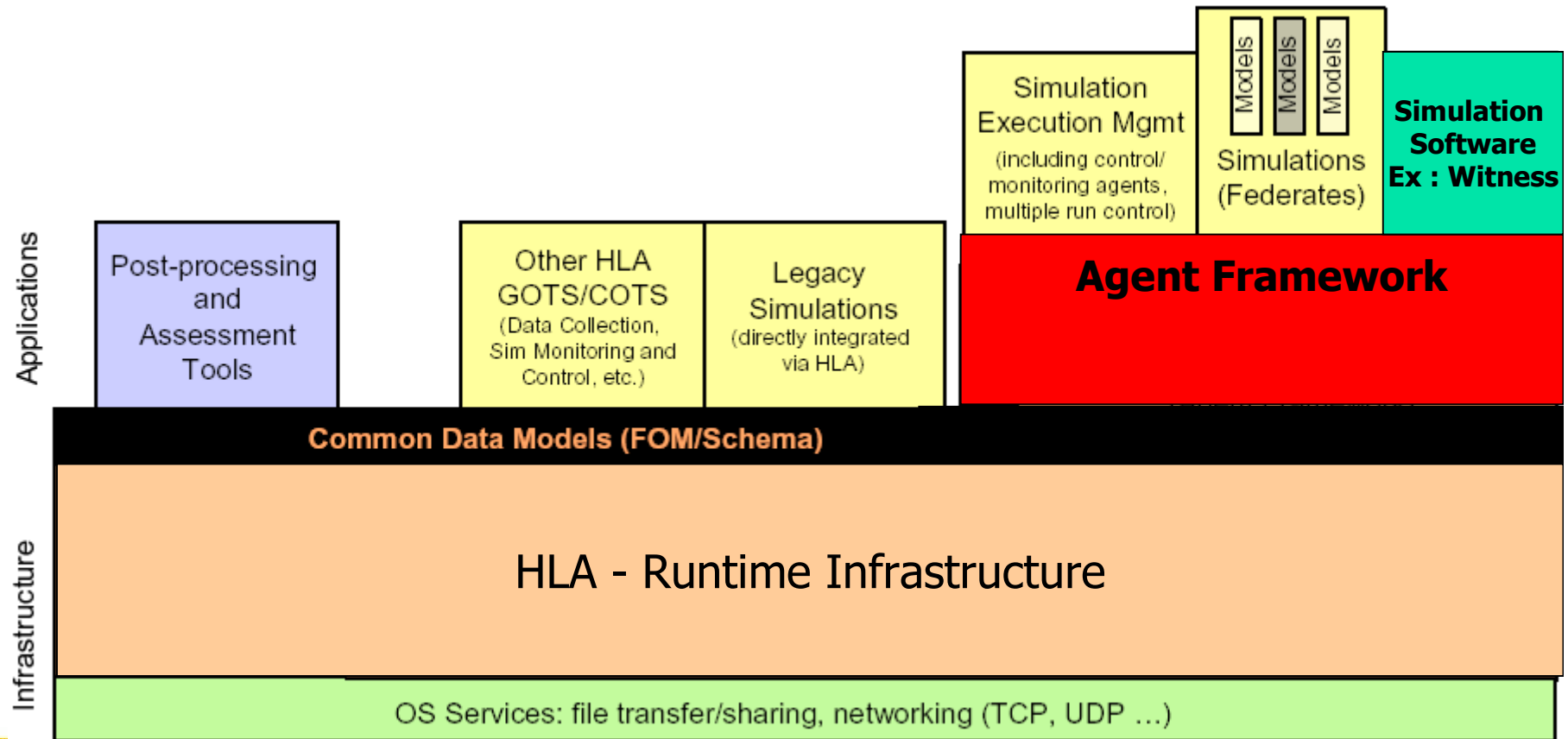




Simulation distribuée

- High Level Architecture : spécification d'une architecture pour la simulation distribuée
- Développé dans les années 90 par le DMSO (Defense Modeling and Simulation Office) - <http://www.dmsomil/public/transition/hla/>
- Standard IEEE 2001 (HLA 1516)
- Intérêt : réutilisation et interopérabilité
- Limites
 - méthodologie et modèle organisationnel (différents niveaux de granularité)
 - modèle d'interaction
 - flexibilité (reconfiguration)

Extension de HLA : Agentification des services



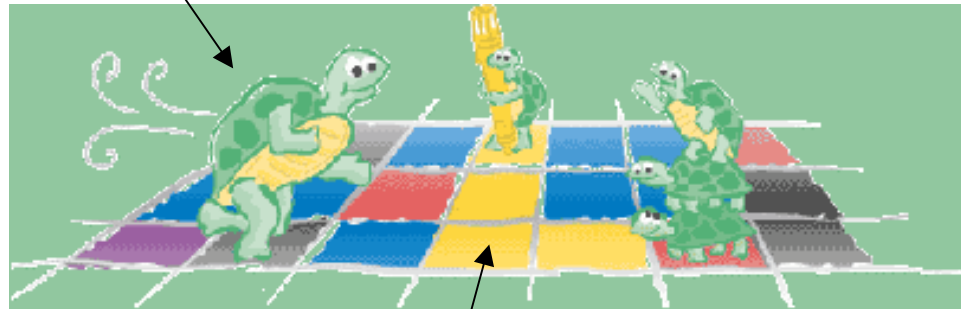


Un exemple d 'outil : la plate-forme NetLogo

- Plate-forme multi-agents pour la simulation de systèmes complexes
- Décentralisation et auto-organisation
- Basé sur le langage StarLogo développé par Mitchel Resnick, Média Lab, MIT - <http://web.media.mit.edu/~mres/>
- Site de Netlogo : <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>

Les agents dans NetLogo

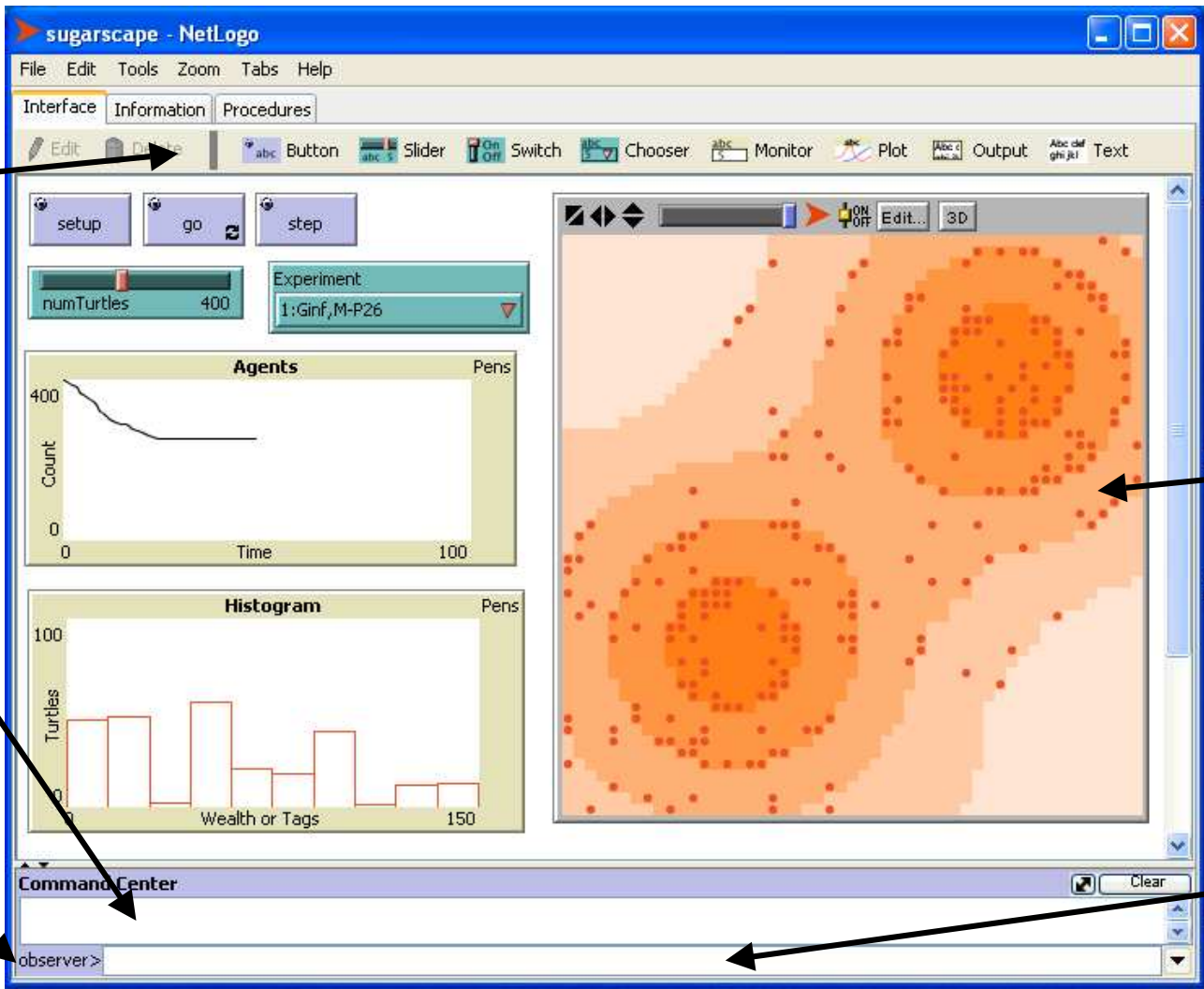
Turtles (Tortues, héritage de Logo) : entités actives



Patches : environnement

Observer : Observe, supervise, analyse

Fenêtre Principale : Onglet Interface



Barre d'outils

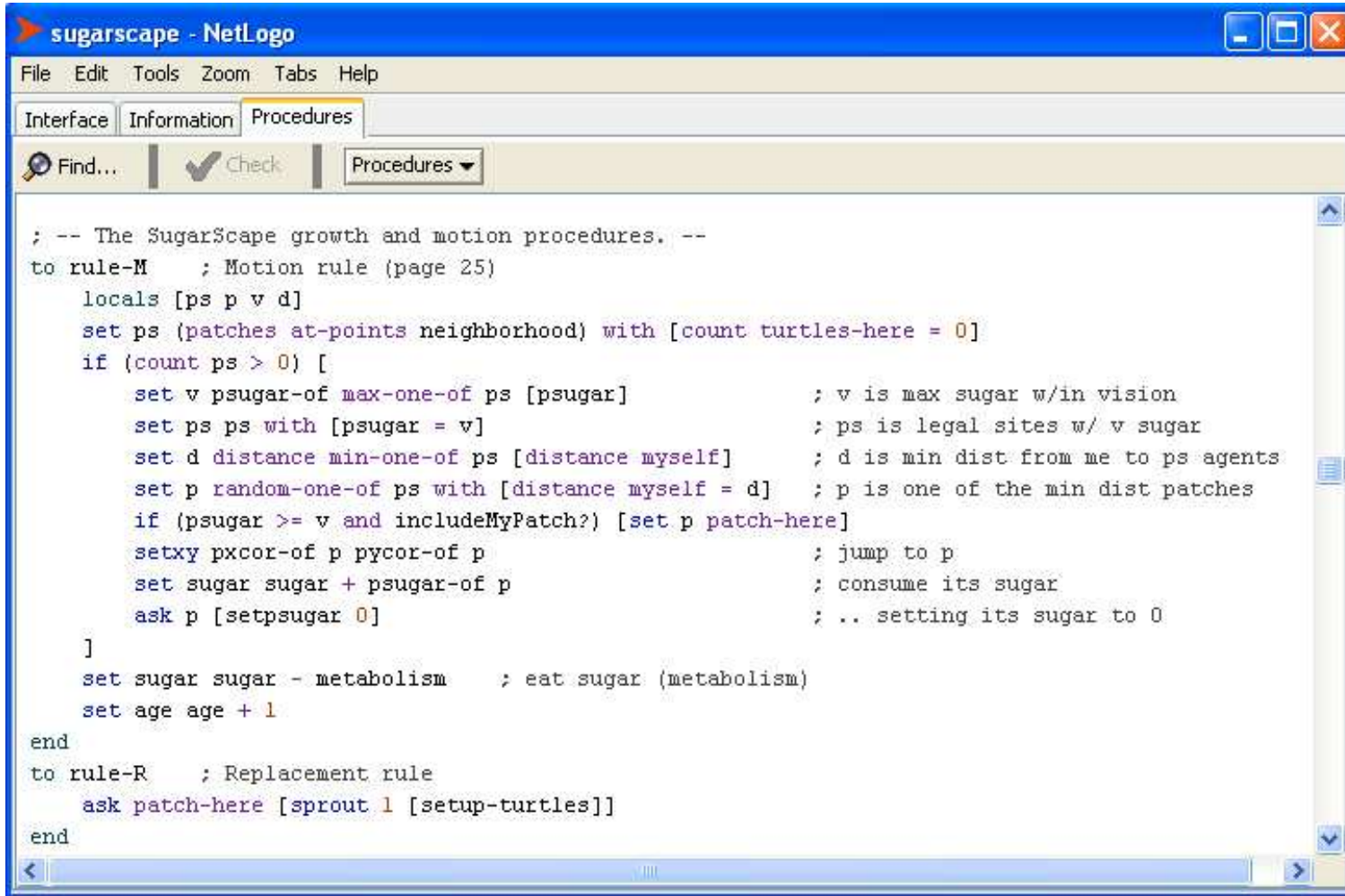
Trace des commandes

Type d'agent

Vue

Ligne de commande

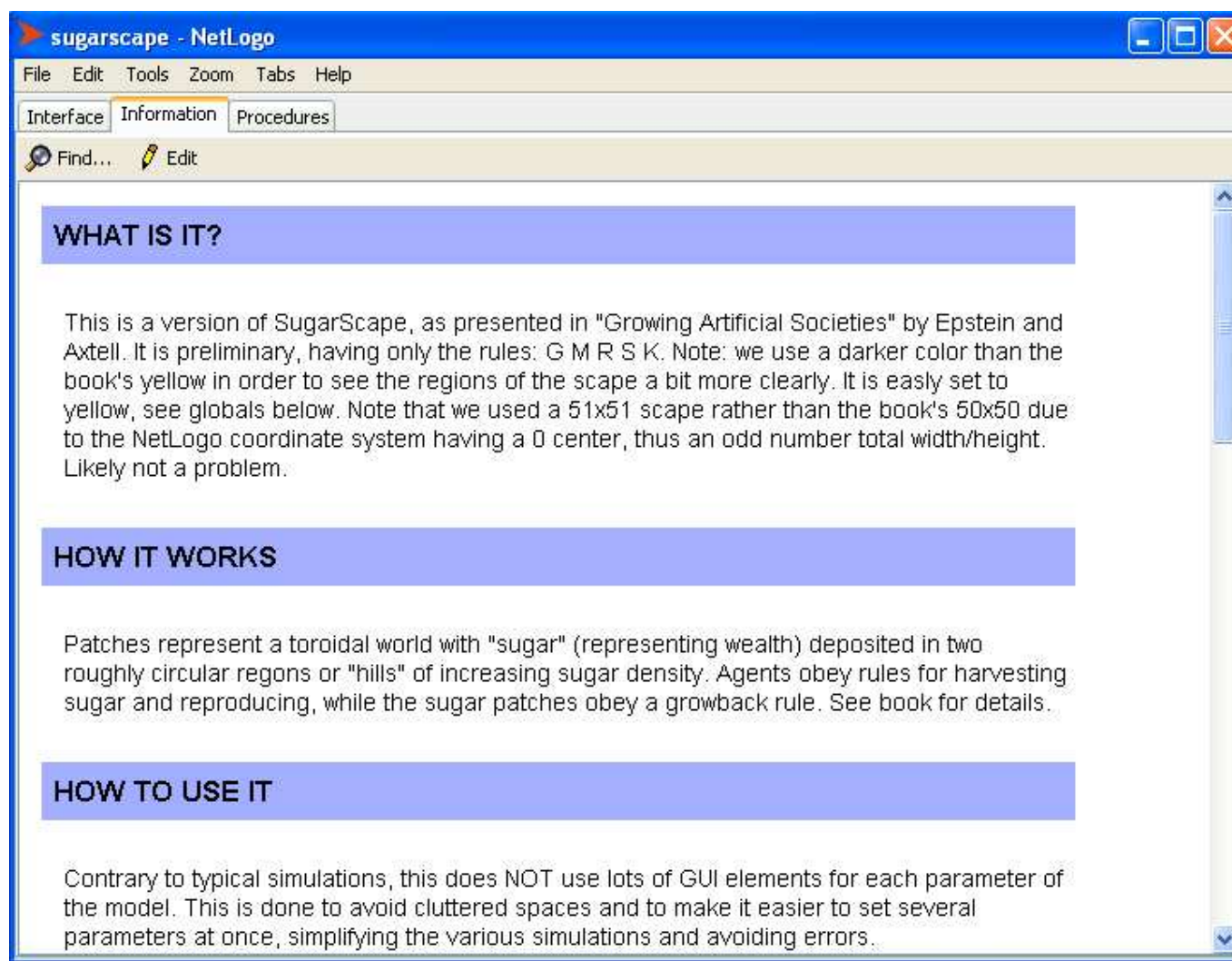
Fenêtre Principale : Onglet Procédure



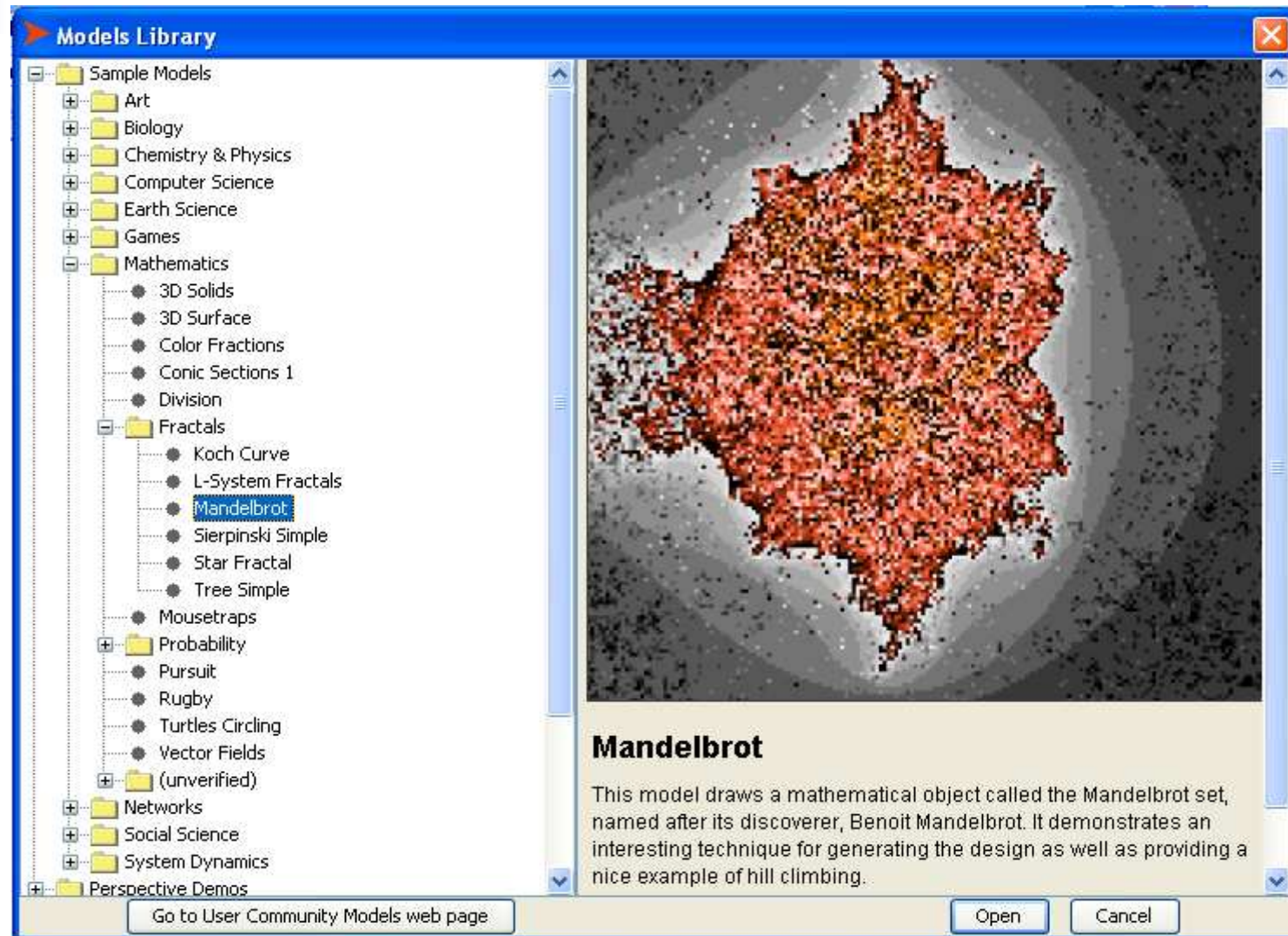
```

sugarscape - NetLogo
File Edit Tools Zoom Tabs Help
Interface Information Procedures
Find... Check Procedures
; -- The SugarScape growth and motion procedures. --
to rule-M ; Motion rule (page 25)
  locals [ps p v d]
  set ps (patches at-points neighborhood) with [count turtles-here = 0]
  if (count ps > 0) [
    set v psugar-of max-one-of ps [psugar] ; v is max sugar w/in vision
    set ps ps with [psugar = v] ; ps is legal sites w/ v sugar
    set d distance min-one-of ps [distance myself] ; d is min dist from me to ps agents
    set p random-one-of ps with [distance myself = d] ; p is one of the min dist patches
    if (psugar >= v and includeMyPatch?) [set p patch-here]
    setxy pxcor-of p pycor-of p ; jump to p
    set sugar sugar + psugar-of p ; consume its sugar
    ask p [setpsugar 0] ; .. setting its sugar to 0
  ]
  set sugar sugar - metabolism ; eat sugar (metabolism)
  set age age + 1
end
to rule-R ; Replacement rule
  ask patch-here [sprout 1 [setup-turtles]]
end
  
```


Fenêtre Principale : Onglet Information



La librairie de modèles





Quelques références

- A. Drogoul, D. Vanbergue, T. Meurisse. "Multi-Agent Based Simulation: Where are the Agents ?"
Proceedings of MABS'02 (Multi-Agent Based Simulation, Bologna, Italy, July 2002), LNCS,
Springer-Verlag
- Ören T.I., et al. 2000. "Agent-directed simulation - challenges to meet defense and civilian
requirements". In Proc. of the 2000 Winter Simulation Conference. J. A. Joines, R. R. Barton, K.
Kang, and P. A. Fishwick, eds
- J. Aronson et al. An HLA Compliant Agent-based Fast-Time Simulation Architecture for Analysis of
Civil Aviation Concepts, Spring SISO Simulation Interoperability Workshop, Orlando, Florida, April
2003

Wokshops

- Multi-Agent-Based Simulation (MABS) : <http://www.pcs.usp.br/~mabs/>
- Agent-Directed Simulation (ADS) : <http://www.eng.auburn.edu/SCS-TM/ADS-2006.htm>

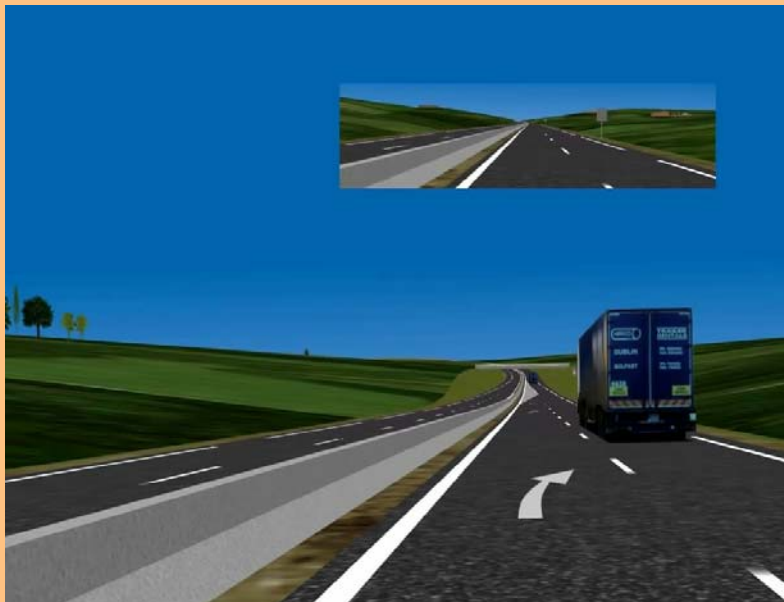
MSIS - MODÉLISATIONS, SIMULATIONS, SIMULATEURS

- Conception et exploitation d'outils (simulateurs, modèles de trafic, ...) dédiés aux études du système de trafic (et en particulier aux impacts de changements sur la capacité et la sécurité des infrastructures) :



Projet VOIR

Projet SETRA



- Facteurs humains : phénomènes perceptifs et cognitifs (incluant les conditions dégradées), *apprentissage de la conduite*
- Infrastructure et équipements: lisibilité, ré-affectation de l'espace roulant, pratiques ...
- Systèmes d'aide à la conduite : acceptabilité, usages, *formation, ...*



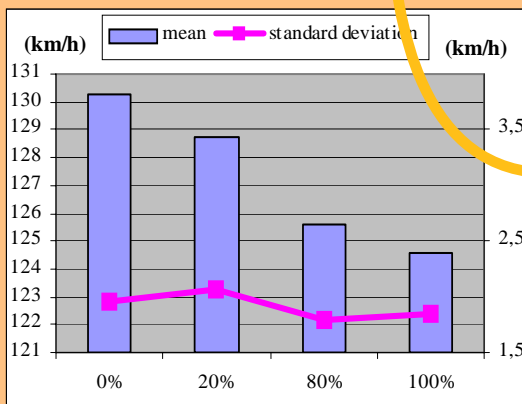
A - Identification du comportement des conducteurs pour les situations futures (équipés si système d'assistance / information), en situations réelles ou sur simulateur.



D - (étape optionnelle pour les systèmes embarqués) : Étude de la compatibilité entre conducteurs équipés / non-équipés.

APPROCHE INTÉGRÉE INRETS - MSIS

B - Modélisation des comportements identifiés lors de l'étape A (hypothèses). Implémentation dans le modèle de trafic comportemental.



C - Simulation du trafic futur : étude d'impact capacité / sécurité (impact du taux de pénétration, analyse de sensibilité aux hypothèses...).



Modélisation microscopique du trafic

“approche ingénieur de trafic”

- **Identification des lois d’écoulement**
 - **Mesures**
- **Reproduction en simulation des lois pré-identifiées**
 - **Loi de poursuite**
 - **Calcul centralisé et séquentiel**

LIMITES

- **Identification (existant !)**
- **Calibration (découpage en sections homogènes)**
- **Prise en compte du contexte (infrastructure -> indirecte, trafic -> limitée)**
- **Non prise en compte de l’espace roulant**
- **Anticipation (quasi nulle)**

Modélisation “comportementale” du trafic “approche roboticienne”

- **Modèle de perception : capteurs de vision**
- **Modèle de décision : le plus souvent règles / situations**
- **Modèle de pilotage : boucles de régulations “contrôle / commande”**

LIMITES

- **Capteurs de vision limités => prise en compte du contexte limitée => problème d’anticipation**
- **Règles / situations MAIS infinité de situations**

ARCHISIM : Collaboration MSIS / LPC

Modélisation et simulation du comportement des conducteurs

POSTULATS

- **Situation routière = infrastructure + trafic**
- **Les situations routières sont dynamiques et proviennent des interactions entre les différents acteurs de la situation**
- **Chaque acteur est autonome, avec ses propres connaissances, buts et stratégies**

Analyses des situations routières et de l'activité des conducteurs dans un objectif de modélisation (LPC, F. Saad)

- **Le modèle est fondé sur une analyse approfondie du comportement des conducteurs dans des situations de conduite réelles**
 - **Confrontation entre les données obtenues pendant la conduite et celles obtenues par des verbalisations post-conduite lors d'entretiens guidés**
- **"Tâches situationnelles": impliquant des prises de décision discrètes en regard des diverses situations routières et de leurs variations**

OBJECTIFS : IDENTIFICATION DES

- **Connaissances et stratégies des conducteurs**
- **Motifs qui sous-tendent les prises de décisions**

Comportement du conducteur : les règles générant les intentions (F. Saad)

- interaction + longue durée + suppression possible => suppression d'interaction
- **interaction + courte durée + suppression possible => adaptation de court-terme**
- **interaction + courte durée + impossibilité momentanée de suppression => adaptation de court-terme**
- interaction + longue durée + impossibilité durable de suppression => adaptation de long terme

Où l'interaction est immédiate ou anticipée.

Archisim : modèle de trafic “comportemental” “multi-acteurs”

MOTIFS

- **La circulation routière est un système complexe, essentiellement fondé sur des pratiques individuelles (voire individualistes ...)**
- **Nous sommes incapables d’appréhender ce système dans sa globalité**
- **Les modèles de simulation fondés sur l’identification de lois de trafic ne sont pas pertinents dès qu’il s’agit :**
 - ↳ **D’étudier les impacts des modifications du “système de trafic” dès lors qu’elles touchent au comportement du conducteur (des usagers)**
 - ↳ **Phénomènes d’anticipation et prise en compte du contexte**

POSTULATS

- **La circulation routière est un système complexe, essentiellement fondé sur des pratiques individuelles (voire individualistes ...) que nous sommes incapables d’appréhender dans sa globalité**

Modèle “comportemental” de simulation de trafic ARCHISIM

POSTULAT

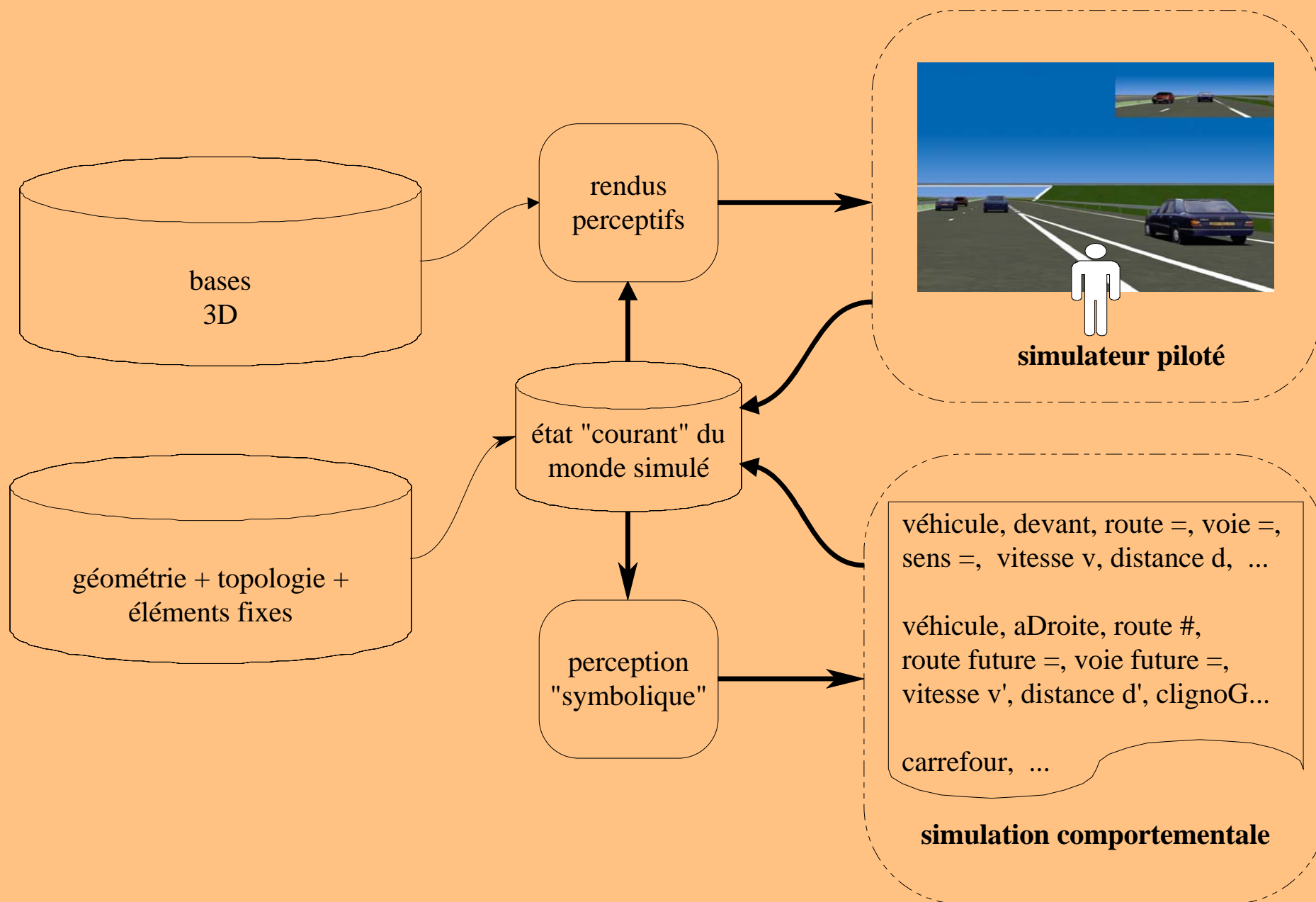
- L’immersion d’un conducteur (simulateur de conduite) dans un “monde virtuel de trafic” permet des études sur le “système” de trafic en utilisant un processus itératif

HYPOTHÈSE

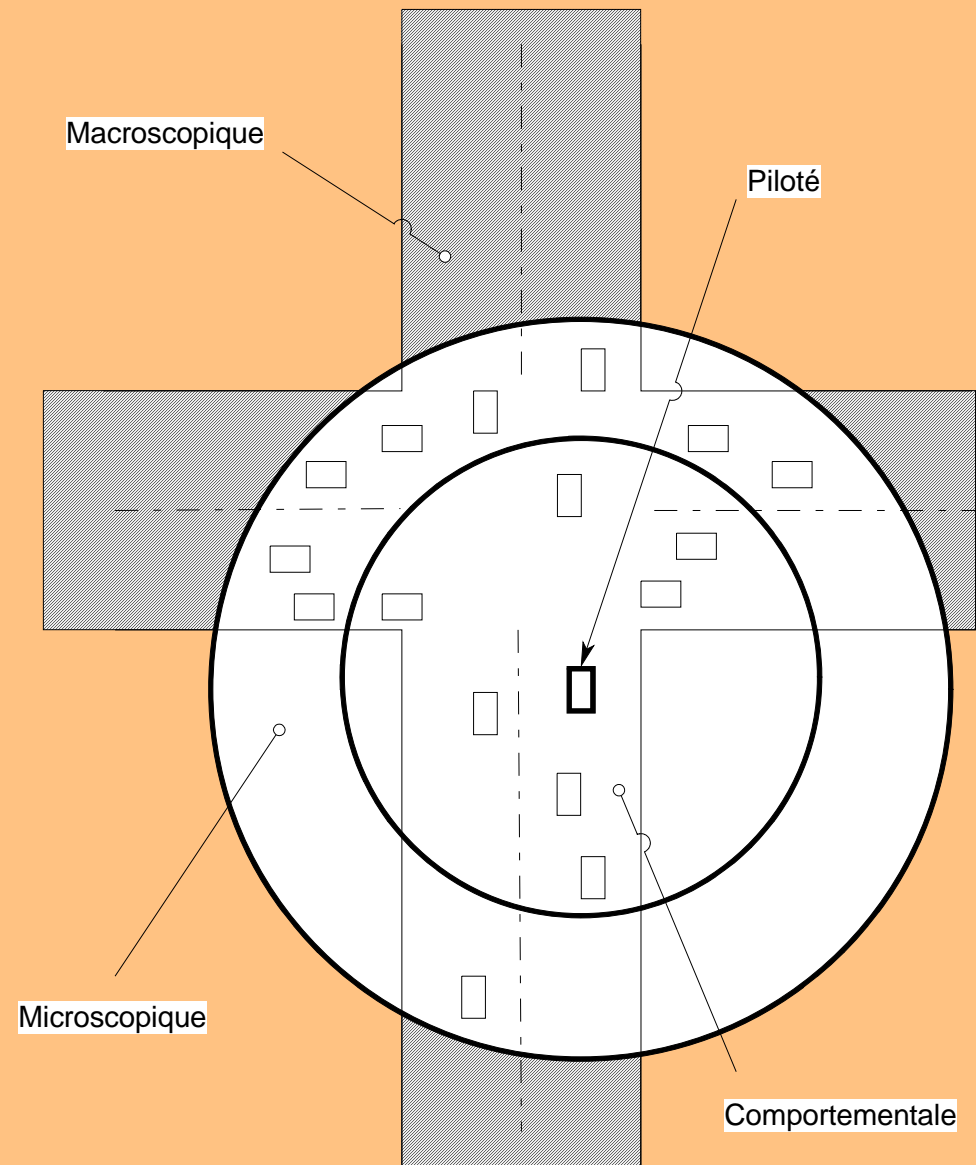
- La simulation des comportements individuels et des interactions entre les différents acteurs du système permet, par émergence, d’obtenir une simulation du comportement du système global



VISION SYMBOLIQUE DANS ARCHISIM



MODÈLE DE TRAFIC HYBRIDE (INCLUANT UN SIMULATEUR DE CONDUITE)



MODÈLE MULTI-ACTEURS ARCHISIM (INFORMATIQUE : MULTI-AGENTS)

LES ACTEURS NE SONT PAS DES OBJETS

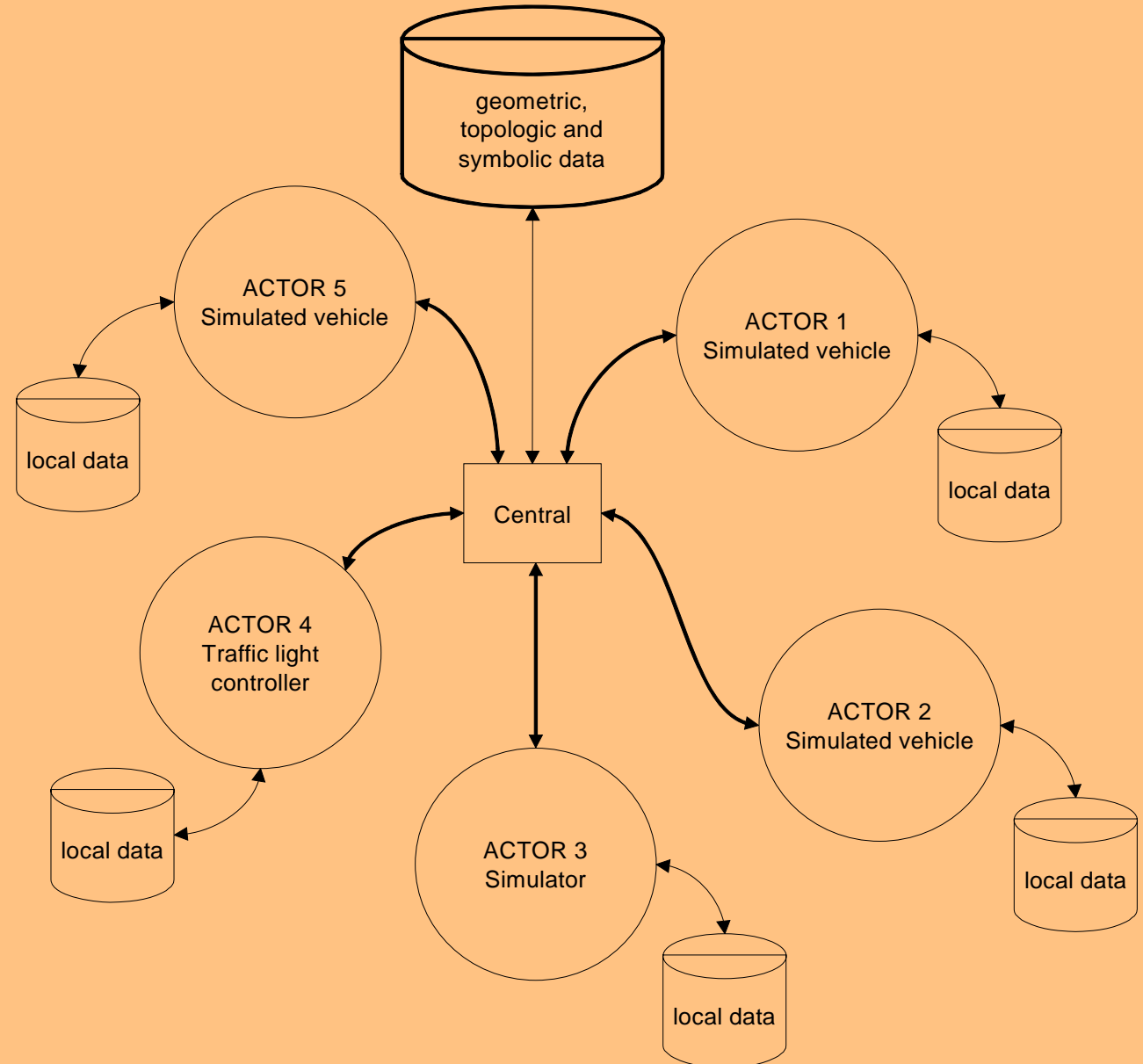
- **Contrôleurs de feux : acteurs ; capteurs et feux : objets**

GRANULOMÉTRIE

- **Ouvert : dépend du niveau d'actions / interactions que l'on veut observer**

UN ACTEURS PEUT ÊTRE :

- **Local, intra, inter**

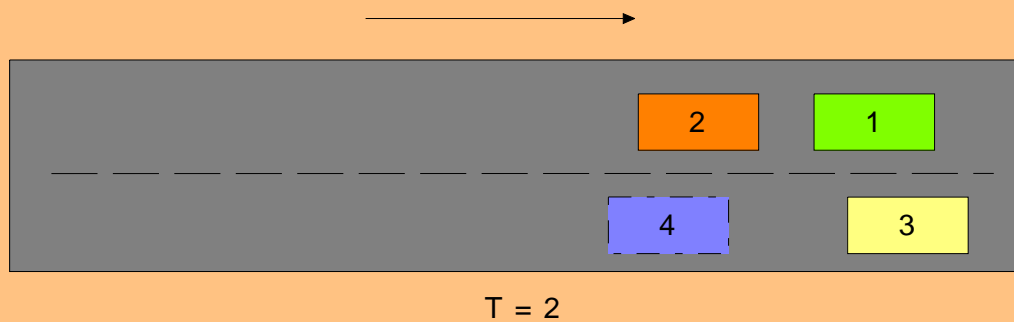
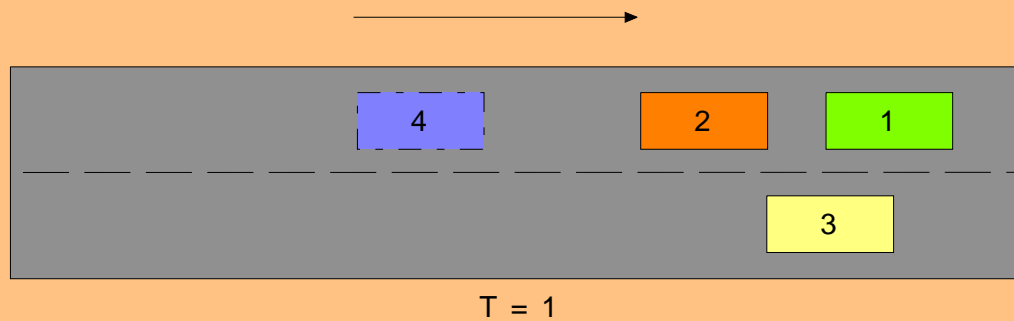
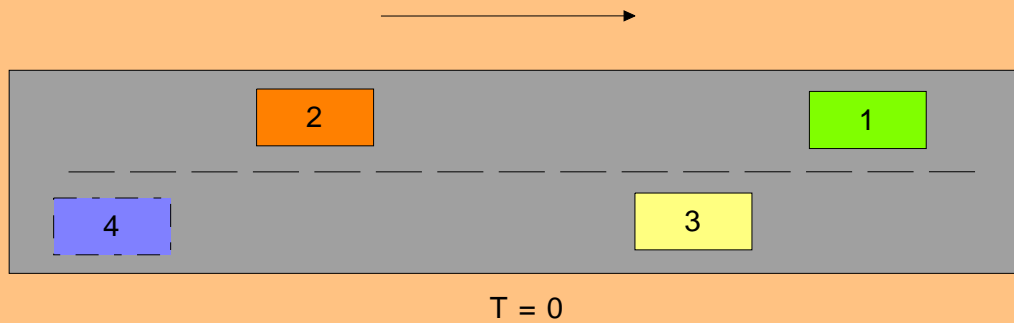


Modèle de trafic ARCHISIM

MÉTHODE DE RÉOLUTION

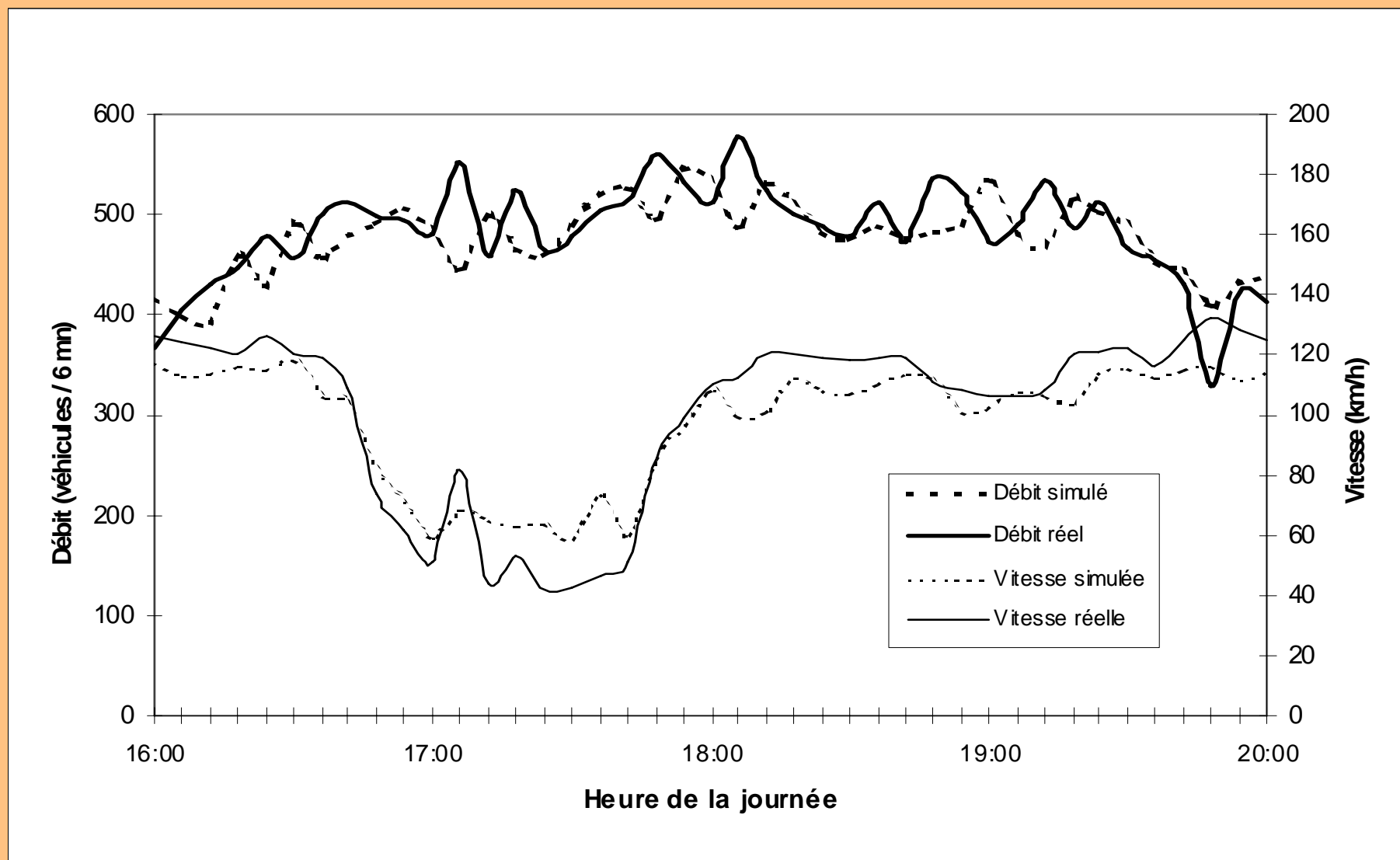
- **Absence de superviseur : résolution des conflits aux niveaux des acteurs :**
 - **Calculs distribués**
- **Eco-resolution : les phénomènes de trafic proviennent des actions et des interactions qui ont lieu dans le système**
- **Variété des comportements obtenus par la variété des capacités véhicules et par la variété des comportements conducteurs**
- **Calculs “simples” réalisés “en parallèle”, réalisés pour chaque pas de simulation (fréquence élevée ≤ 100 ms) et prenant en compte de multiples contraintes => lois complexes (non exprimées !)**
 - **Ex: arrêt, redémarrage d'un peloton à un feu**
 - **Ex: croisement protégé**

ARCHISIM : validation au niveau individuel (exemple)



- Vitesse véh. 1 : 60 km/h
- Vitesse véh. 2 : 100 km/h
- Vitesse véh. 3 : 80 km/h
- Vitesse véh. 4 : 100 km/h,

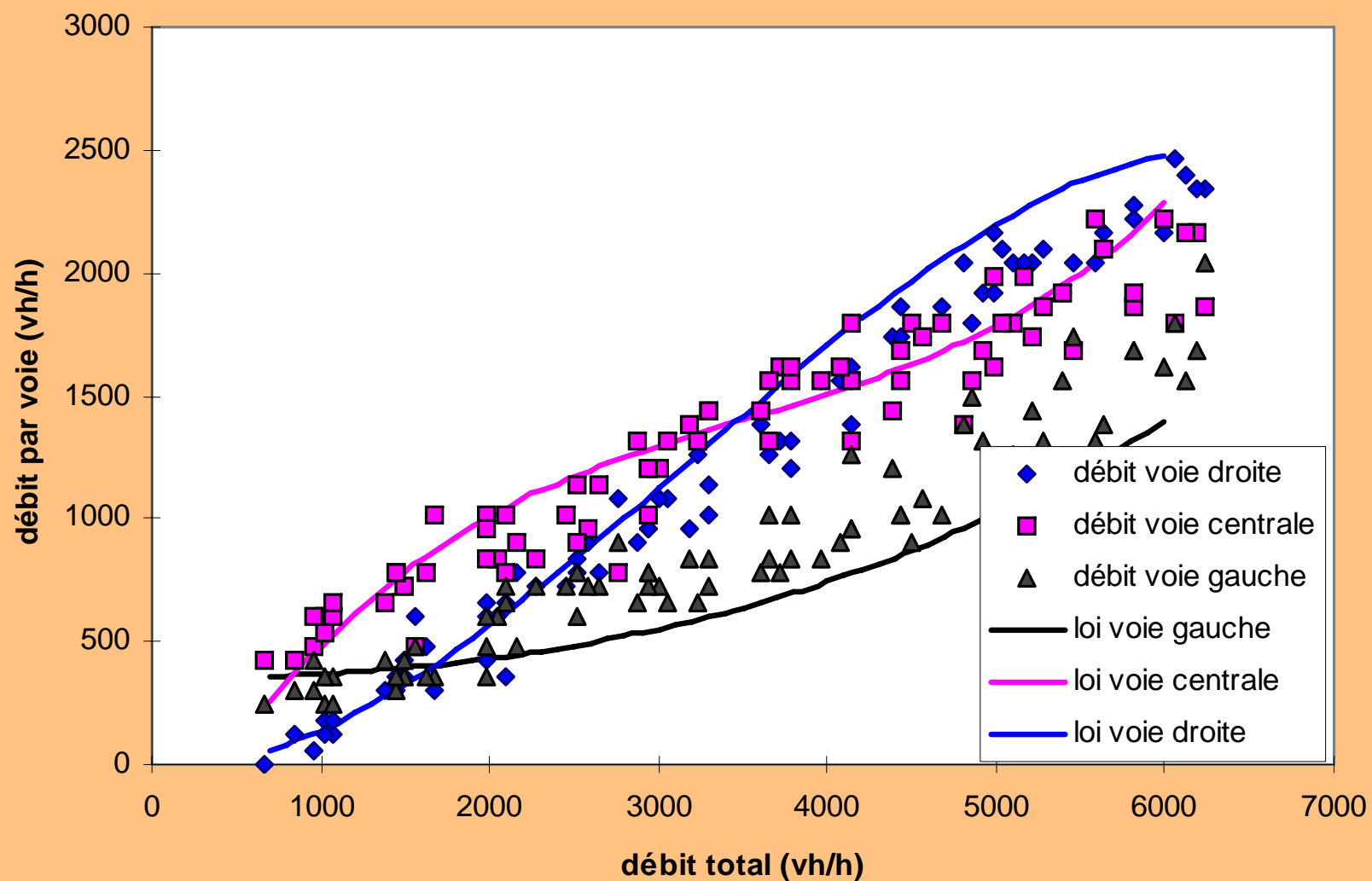
ARCHISIM VALIDATION AU NIVEAU COLLECTIF (EXEMPLE)



10 KM, 3 VOIES, 2 ENTRÉES, 1 SORTIE - EQMR : DÉBIT : 6,1 ; VITESSE : 10,7

ARCHISIM VALIDATION AU NIVEAU COLLECTIF (EXEMPLE)

distribution du débit sur une autoroute à 3 voies



Simulation de conduite à l'inrets (1/2)

- Implication depuis 1988
- Au début
 - Simulations visuelles pour les études de comportement conducteur
 - Coopération avec le LCPC et les constructeurs automobiles
- Recherche et développement
 - projet SARA de simulateur “national”
(stoppé en 1996)
 - Projet INRETS ARCHISIM
 - Prototype “petit mouvement”
 - ...



SIMULATION DE CONDUITE À L'INRETS (2/2)

- **2 simulateurs à base fixe (cabines entières) exploités depuis 1992**
 - environ 60 expérimentations :
 - validation des simulateurs, mécanismes perceptifs ergonomie, systèmes d'aide à la conduite, effets du vieillissement, ...
 - environ 1200sujets



- **6 simulateurs à base fixe (mini cabines et 1 PL) en exploitation pour des laboratoires de recherche(2 depuis 2003, 2 depuis 2004, 2 depuis 2005)**

+ 2 en 2006

LA SIMULATION DE CONDUITE : USAGES ...

- **Prototypage virtuel de véhicules ou de dispositifs**

 - Dynamique du véhicule

 - Ergonomie du poste de conduite**

 - ...

- **Étude des facteurs humains de la conduite**

 - Mécanismes perceptifs et cognitifs

 - Acceptabilité et usage des systèmes

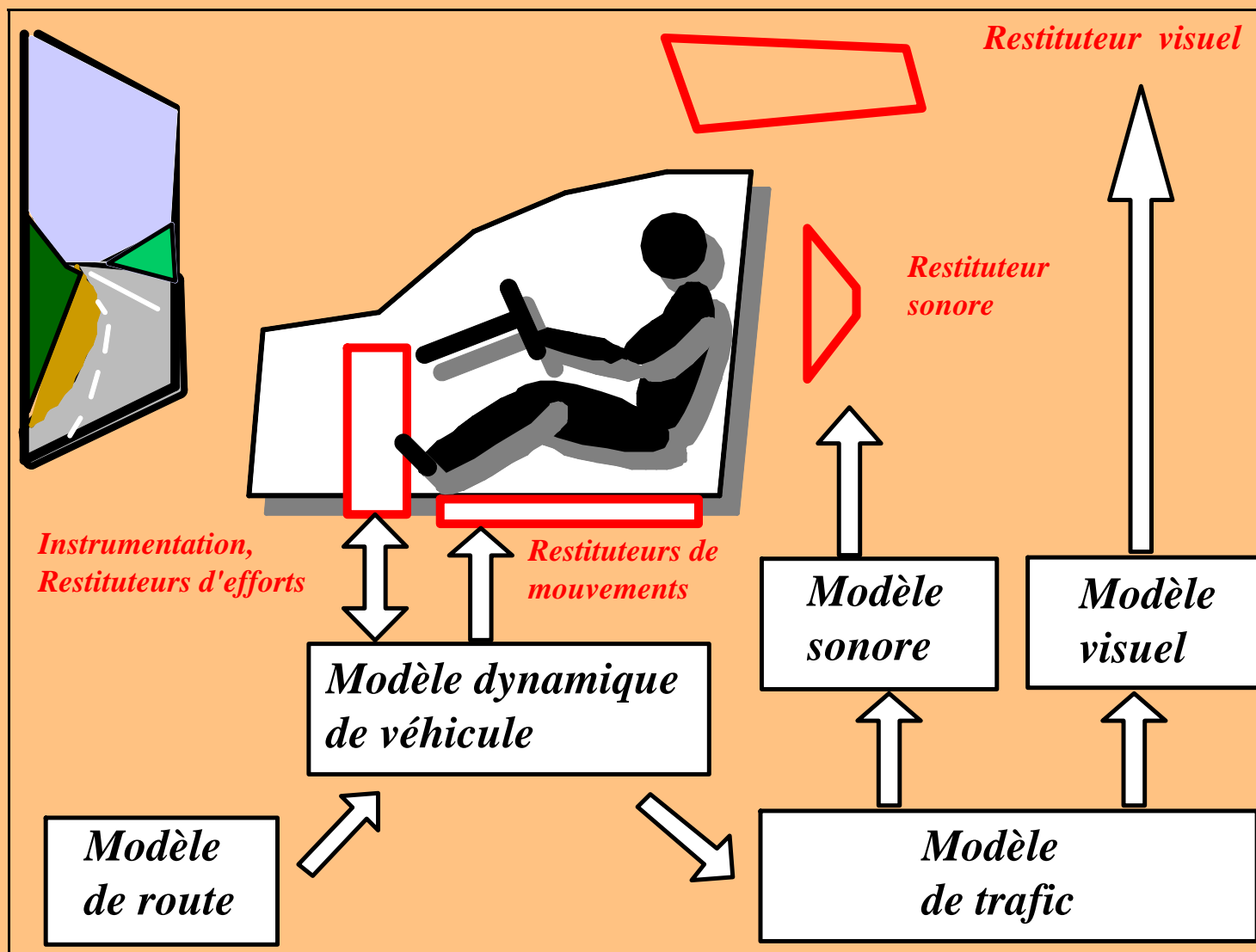
 - ...

- **Formation à la conduite**

 - Aspects tactiques et opérationnels

 - Réglementation

 - ...



EXEMPLE D'ARCHITECTURE DE SIMULATEUR

... ET LIMITES

- **Le simulateur est objet de recherche**
 - **Limites et cohérences des dispositifs d'immersion**
 - Physique (restituteurs)
 - Modèles sous-jacents
 - **Difficultés de validation, domaine d'usage**
 - Problème du transfert entre situation simulée et situation réelle
 - **“Mal du simulateur”**

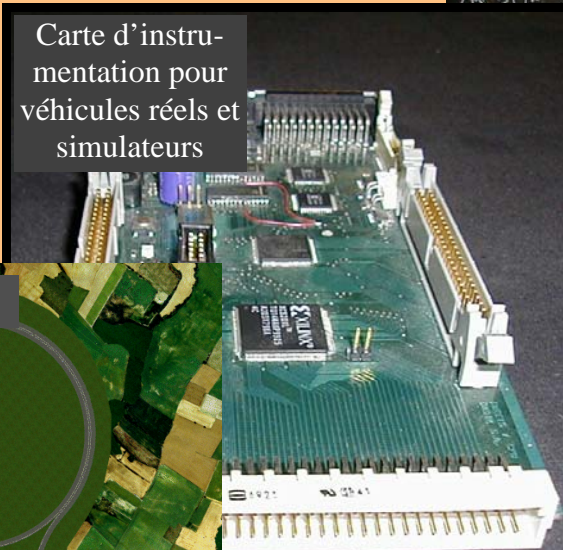
Limites : synthèse

PHYSIQUE VS ILLUSION

- **Impossibilité de reproduire les phénomènes physiques ...**
 - **Kinesthésiques : accélération et freinage**
 - **Visuel: résolution, luminance (contrastes), colorimétrie**
 - ...
- **Possibilité de créer l'illusion ...**
 - **Vection (visuel): illusion de mouvement propre**
 - **Tilt (kinesthésique) : illusion d'accélération**
 - **Scénario (cognitif): illusion de situation**
 - ...
- **Problème des perceptions incohérentes ... mal du simulateur**

LES SIMULATEUR DE CONDUITE SONT TOUJOURS OBJETS DE RECHERCHES...

Carte d'instrumentation pour véhicules réels et simulateurs



Retours haptiques



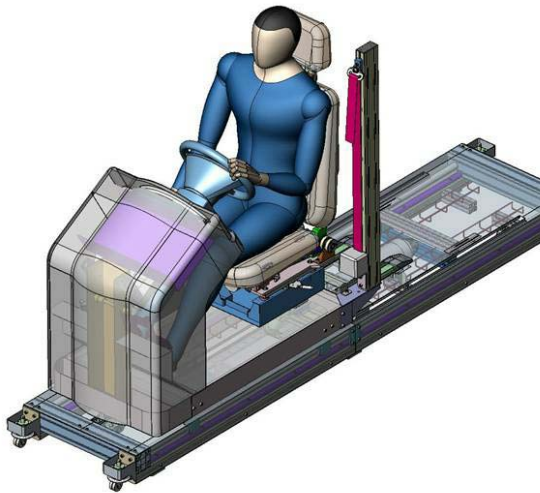
Mini simulateurs pour la recherche (ex : INRETS-FAROS)



Balayage 3D de réseaux routiers



projets de recherche MSIS (exemples)



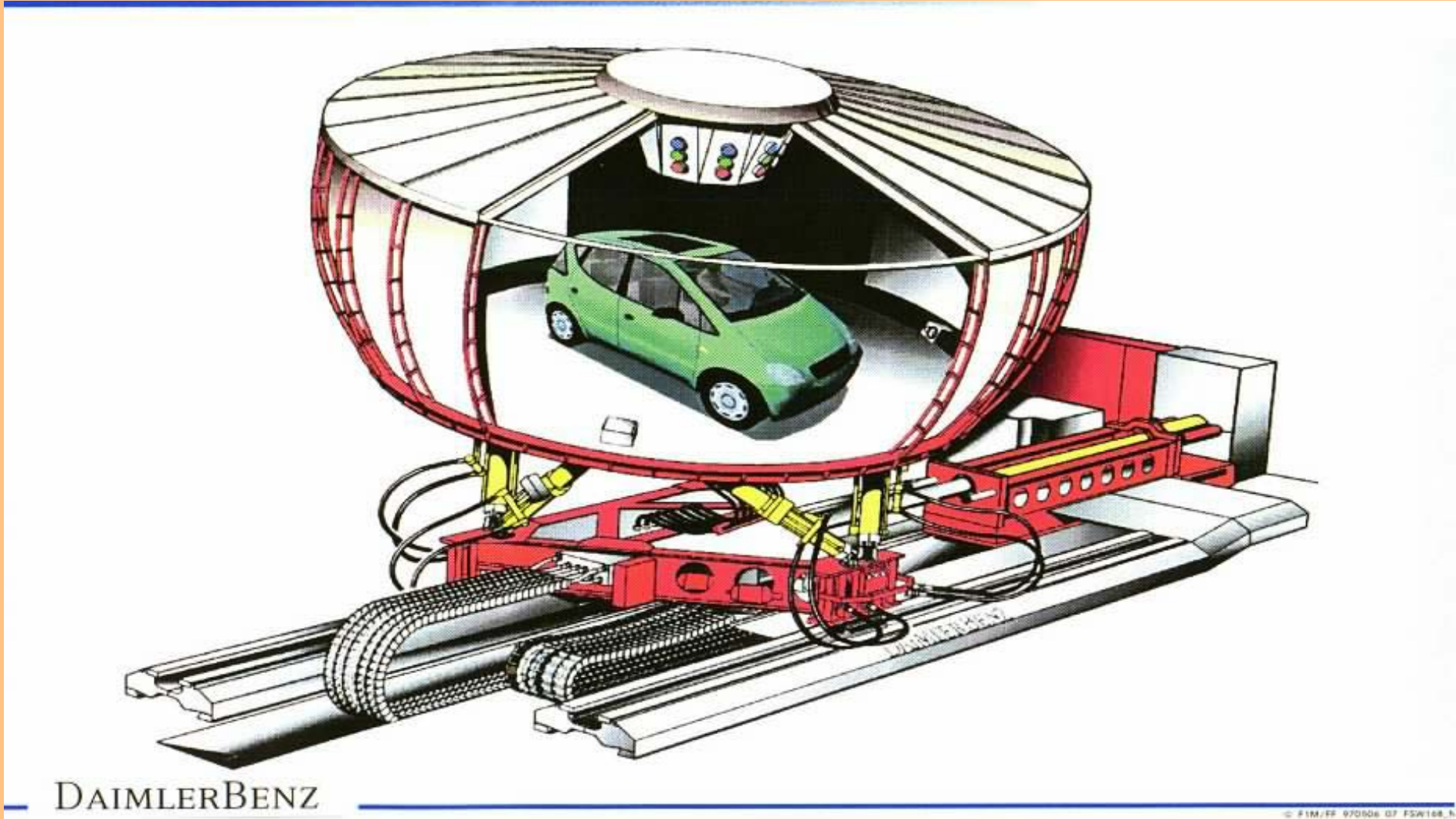
Prototype de simulateur à base mobile



Modèle de trafic "comportemental" et langage de description de scénarios



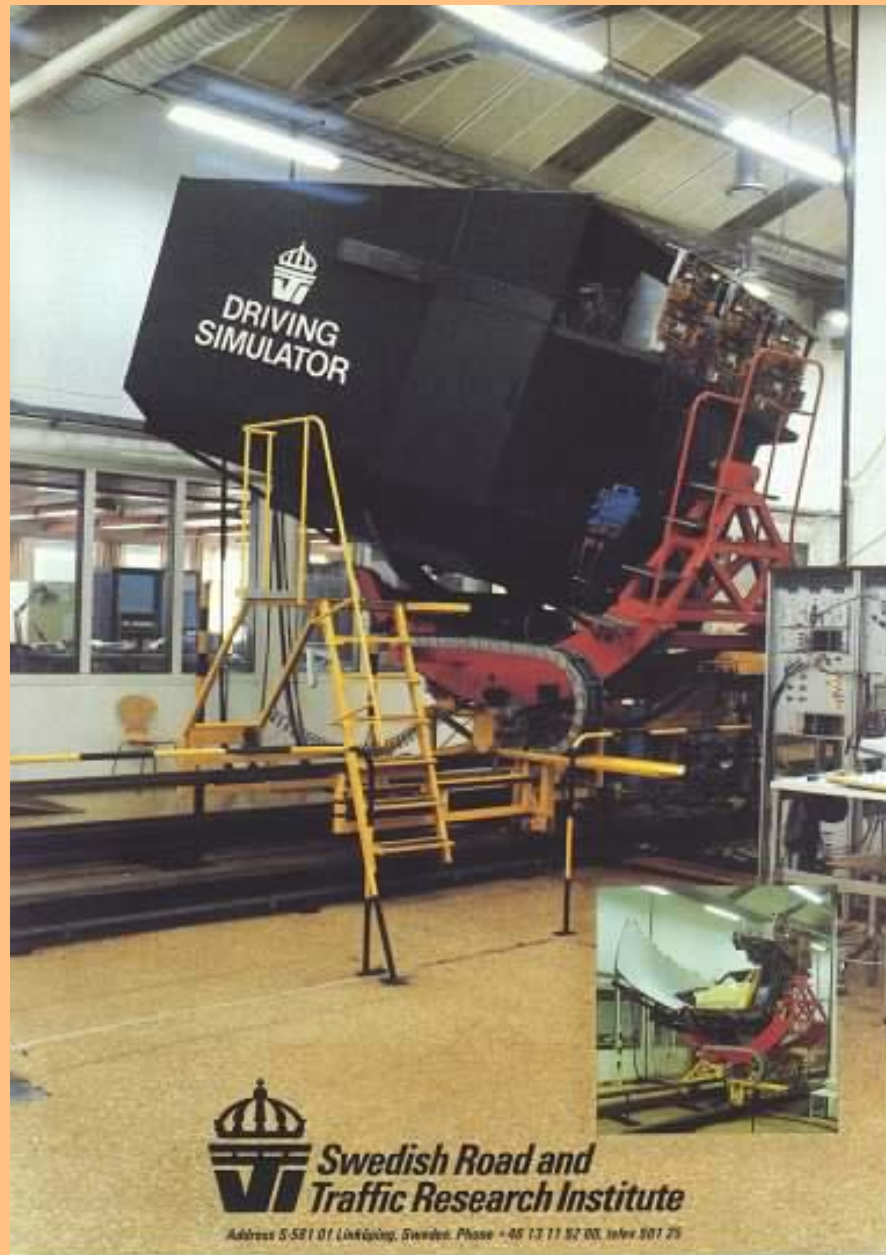
Rendu de situations à visibilité réduite : projet VOIR



Exemple de plate-forme mobile : Daimler Benz



Exemple de plate-forme mobile: NADS

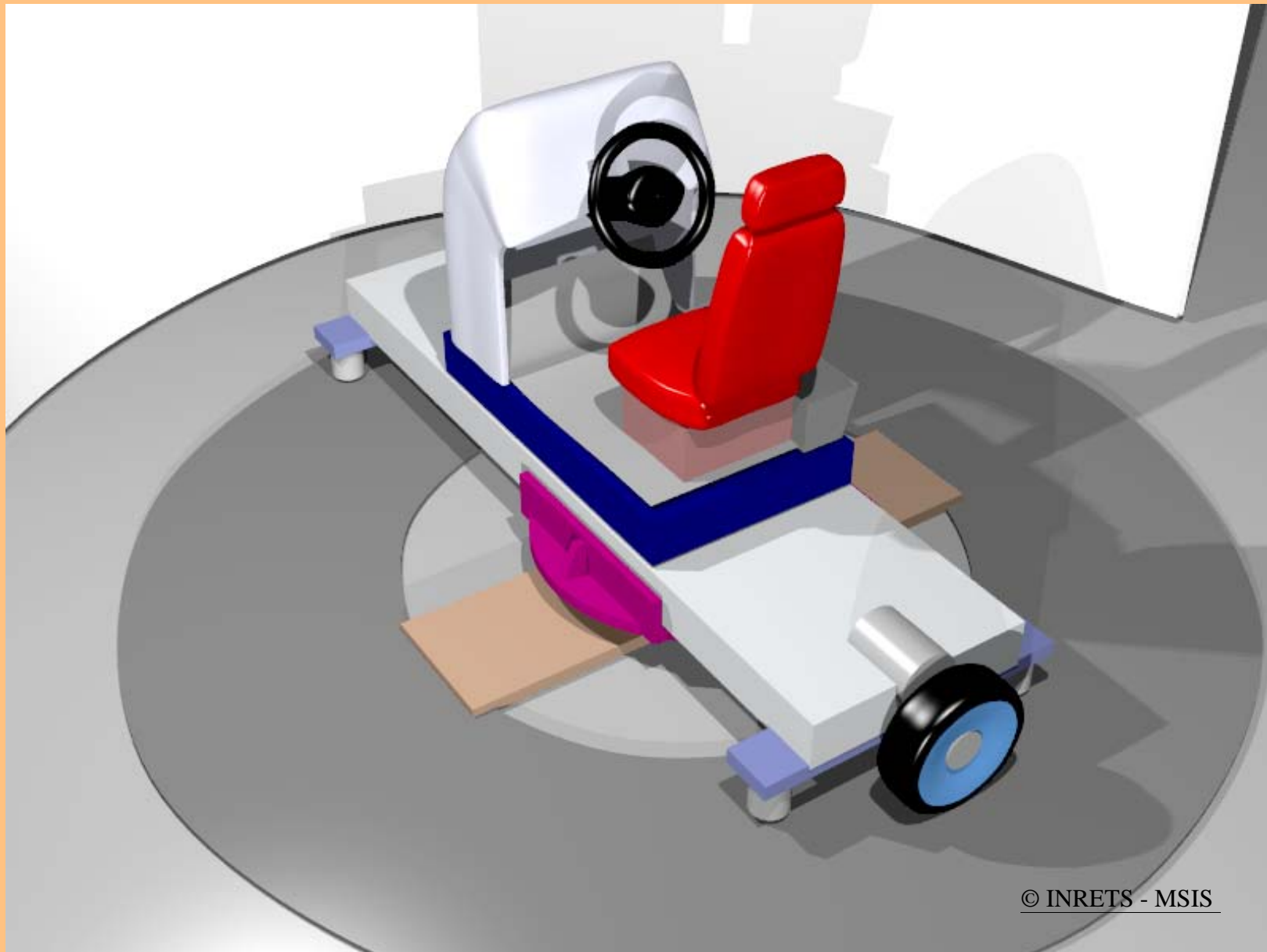


Exemple de plate-forme mobile : VTI

Projet de “grand” simulateur “usagers vulnérables” : piéton / 2RM



Projet de simulateur “lacet”



© INRETS - MSIS

Conclusions sur les usages des simulateurs de conduite (1/2)

■ Conception véhicule

- **Possible** : ergonomie, test des capacités dynamiques du véhicule (par des utilisateurs professionnels)
- **Impossible** : test des capacités dynamiques du véhicule (population “lambda”)

■ Formation

- **Possible** : à peu près tout ce qui ne demande pas un rendu “physique” des situations. La question est relative à la pédagogie, à la place de l’outil dans le cursus et dans la vérification des effets à court et à long terme (rétention)
- **Impossible** : ?

Mal du simulateur...

Conclusions sur les usages des simulateurs de conduite (2/2)

- **Étude des comportements de conduite (en situation de conduite)**
 - **Possible : aspects cognitifs de la conduite (e.g. concepts vs usages : route, équipements), études perceptives (visuo-vestibulaires mais limitées par les systèmes de restitution), impact des troubles de la conduite liés à l'âge, la prise de drogues légales ou illégales, aux traumatismes craniens...**
 - **Impossible : un grand nombre d'études sur la perception (limites des systèmes de restitution), selon a- les règlements nationaux b- le niveau d'accréditation des locaux d'expérimentations : un certain nombre d'études portant sur des systèmes ou des substances actifs**

Mal du simulateur, transférabilité des résultats acquis...

Vers un tuteur intelligent pour la formation à la conduite

HYPOTHÈSE

- **Modèle de comportement du conducteur + simulation de trafic “réaliste” + simulateur de conduite = fondements d’un outil capable :**
 - **D’immerger des conducteurs dans des situations de conduite pouvant être complexes**
 - **De mettre au point le modèle de comportement conducteur OU d’évaluer le comportement du conducteur**

QUESTIONS

- **Pertinence du modèle de comportement conducteur pour des situations de conduite variées**
- **Inférence des prises de décisions à partir des actions réalisées et de leurs contexte**
- **Pédagogie, transfert d’apprentissage, rétention**

Évaluation des conducteurs pour des situations de trafic complexes

PRINCIPE

- **Comparaison entre les décisions du conducteur et celles du modèle**
 - **Utilisation du modèle de conducteur “ARCHISIM”**
 - **Problème de l’inférence des décisions du conducteur à partir de ses actions**
- **Détection des décisions “anormales”**
 - **Problème de la validité du modèle**
- **Production en enregistrement d’alarmes “en-ligne”**
- **Gestion “hors-ligne” des (fausses) alarmes**
 - **Par un spécialiste (formateur)**
 - **Avec des techniques de rejeu (3D) et prise en compte du point de vue de “l’autre”**

Évaluation des conducteurs pour des situations de trafic complexes : état d'avancement

PROTOTYPE EXISTANT

- **“Acteur” supplémentaire dans la simulation : l'évaluateur**
 - **“Ombre” du conducteur**
 - **Élaborant ses propres décisions en fonction du contexte**
 - **situations instantanées et anticipées**
 - **Interprétation des actions du conducteur**
 - **inférence à partir des actions conducteur et du contexte**
 - **Comparaison des choix, génération et enregistrement d'alarmes**

- **Rejeu “assisté”**
 - **“Avance rapide” d'alarmes en alarmes**
 - **Rejeu des actions conducteur, re-simulation des autres acteurs (débugue)**

Conclusion

LE PROTOTYPE RÉALISÉ

- **Démontre l'intérêt de l'approche...**
- **Mais est limité par :**
 - **Le mécanisme d'inférence (actions + contexte => décisions)**
 - **La validité du modèle de conducteur**
 - **La complexité des situations routières (fonctionne pour l'autoroute)**

TRAVAUX FUTURS

- **Amélioration du modèle de conducteur**
 - **validation pour de nouvelles situations routières (situations urbaines notamment - 3 thèses en cours)**
- **Enrichissement du système d'évaluation**
 - **Système d'inférence**
- **Développement du système de rejeu**
 - **Point de vue des autres usagers, explication des décisions du modèle**