



UNIVERSITÉ
PARIS
SUD
Comprendre le monde,
construire l'avenir®

SATIE

Laboratoire Systèmes et Applications des
Technologies de l'Information et de l'Energie

Méthodes, instrumentation et systèmes pour l'étude des
usages en situations critiques





Le projet scientifique : Les systèmes et leurs adéquations avec l'usage de demain
un projet pluridisciplinaire « Humain in the Loop » pour identifier les verrous scientifique à lever.

Méthodes, instrumentation et systèmes pour l'étude des usages en situations critiques

Adéquation-Algorithmes-Architectures-Usages

Objectif / démarche

Recherche de performances temps réel

- Instrumenter pour observer et prédire les comportements
- Objectiver les pratiques sur véhicules et simulateurs
- Enrichir l'état de l'art de l'instrumentation

Explorer l'espace des solutions pour comprendre

- Algorithmes robustes et numériquement efficaces.
- Mobilité de demain: cyber systèmes autonomes supervisés

Archi hétérogènes et contraintes tempo
Analyse de perf. et génération de code

Prototypage de systèmes embarqués à
base de COTS

Instrumentation et Systèmes
Embarqués pour l'étude des usages

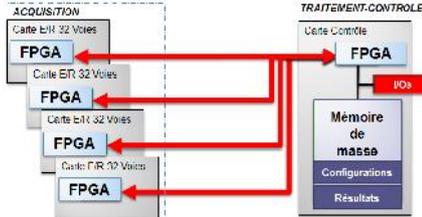


INVASIVE université PARIS-SACLAY

2

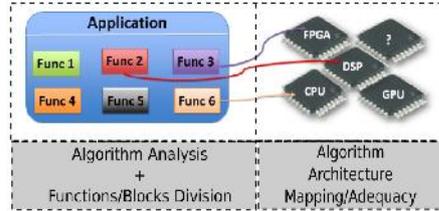
Du paradigme au système

Archi hétérogène et contraintes temporelles Traiter au plus proche du capteur/actionneur



M. Njiki, A. Elouardi, S. Bouaziz All, "A Multi-FPGA Architecture Based Real-Time TFM Ultrasound Imaging". J. of RT Im Process. Jan2016

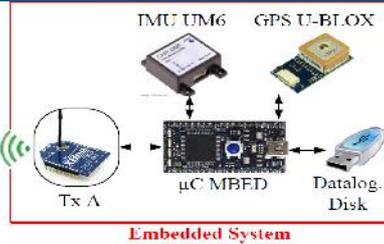
Analyse de perf et génération de code Calcul-Transferts-Mémoire



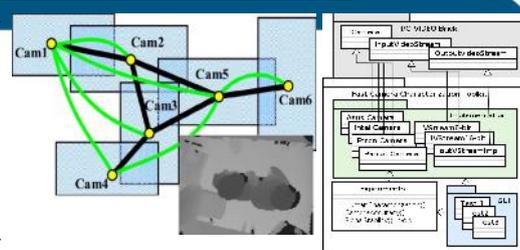
D. Dekkiche, B. Vincke, All "Investigation and performance analysis of OpenVX optimizations on computer vision applications," 14th Int.Conf ICARCV, 2016.

Prototypage de systèmes embarqués à base de COTS Conception multi-niveaux et Synchronisation temporelle

Prototypage de systèmes embarqués à base de COTS Conception multi-niveaux et Synchronisation temporelle



R. Louali, A. Elouardi, S. Bouaziz, ..All, "An Experimental Approach for Evaluating a COTS Embedded Sensors System Based UAV Applications". J. of Int and Robotic Syst. Dec 2015



A. Burbano, S. Bouaziz and M. Vasiliu, "3D-sensing Distributed Embedded System for People Tracking and Counting," Int Conf CSCV, Las Vegas, NV, 2015.

Instrumentation et Systèmes Embarqués Pour la compréhension des usages Interaction véhicule/Humain/Infrastructure



Sarra Smaiah & al., "High Precision Motorcycle Bend Trajectory Reconstruction Based on a Low-cost Multi-Sensor System". The 12th International Motorcycle Conf. ifz 2018, Germany.

Méthodes, instrumentation et systèmes pour l'étude des usages en situations critiques

Application aux véhicules (approche générique) + étude de leurs usages

- Localisation (capteurs proprioceptifs et extéroceptifs) pour véhicules
- Systèmes d'Instrumentation et Data Logger multi-capteurs pour véhicules (incluant ballons sondes, Drones... + des simulateurs de conduite).
 - Sous contraintes : mémoire, dimensions, consommation, vibrations...
 - Architecture Nœuds distribués (calculs et communications)
 - Estampillage temporel des données (cohérence avec les événements)
 - Data Logger synchro avec d'autres data (physio par collaboration)
- Expérimentation sur route ou piste, création de BD de conduite
- Adéquation Algorithme Architecture (hardware/software)
 - Caractérisation temporelle du capteur, calculateur, vers l'actionneur.
 - Simulation *Soft/Hard In the Loop*, et *Human in the loop*
- Robotisation de véhicule/conduite + Human in the Loop

5

Communications V2X :

Véhicule/Véhicule (V2V) V/Infrastructure (V2I) V/Piéton (V2P)

Objectifs :

- Identifier le canal V2X → *variabilité temporelle, réciprocité, multi-trajets, bruits*
- Optimiser la communication V2X → *latence, fiabilité, débit*
- Sécuriser la communication → *confidentialité, lutte contre l'intrusion*
- Localiser le véhicule → *fiabilité, précision*

Activité émergente

Applications visées :

- sécurité routière
- fluidité du trafic
- véhicule autonome
- alertes aux services de secours et guidage

(Jean-Pierre BARBOT, Isabelle VIN et)



6

Exemples de travaux

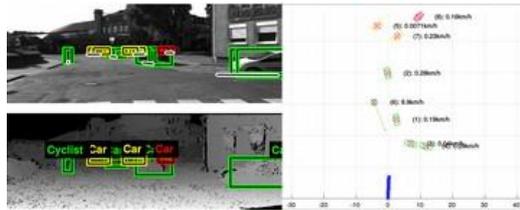
Perception multimodale :

- LiDAR, Vision monoculaire/Stéréo, WSS, GPS, IMU, radar
- Création de **bases de données** de référence
- Calibration multi-capteurs



Contexte : Espace navigable

Carte locale dynamique



Hardware-Software Co-design

- Stéréo : Rectification, carte de disparité
- Portage SLAM (back-end/front-end)
 - Front end : Noyau SLAM- extraction d'amers et association
 - Back end : gestion carte-mapping (association données <> multi-capteur)

(Abdelhafid Elouardi, Sergio Rodriguez, Bastien Vincke)

7

Exemples de travaux

Vision monoculaire :

- Multi-body Structure from Motion
- Multiple-view motion segmentation
- Localisation (VO-SfM / Carte)



- Algorithmes sur cibles hétérogènes
- Accélération sur cibles embarquées (GPU+DSP+...)
- Portage d'algorithmes sur SoC : FPGA-CPU

Fusion intégrant des données sémantiques :

- Modélisation et propagation d'incertitudes
- Étalonnage entre modalités de perception



- Stéréo- vision :
 - Modèles d'étalonnage, rectification, détection d'obstacles.

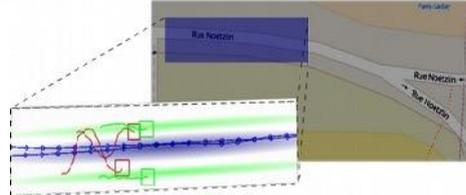
(Abdelhafid Elouardi, Sergio Rodriguez)

8

Exemples de travaux

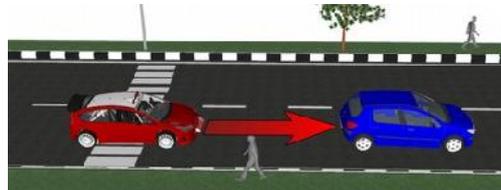
Détection et suivi d'objets mobiles
intégrant des informations sémantiques

(Sergio Rodriguez)



Analyse d'ADAS en situation de collision imminente (initiative de projet en cours)

Plateforme expérimentale :
véhicules électriques instrumentés



(Abdelhafid Elouardi, Bruno Larnaudie, Sergio Rodriguez, Bastien Vincke)

9

Du Système Embarqué à la conception d'outils

Concevoir et réaliser un système :

- Pourquoi faire ? (**Objectif**) → Techniques et technologies
Avantages pour l'Humain
- Comment le faire ? (**Outils et méthodes**) → Techniques et méthodes
Management Humain
- Comment est prévue son utilisation ? (**Usage**) → Humain dans la boucle
- Comment sera t-il utilisé ? (**Utilisation**) → Humain dans la boucle



La conception de systèmes dépasse
l'individu et/ou la méthode

Approche Bottom/up ou Top/down

Prendre en compte la physique

10

Architectures et Instrumentation des Systèmes Embarqués

- **Instrument** : outils pour observer des modalités d'un phénomène (observateur).
- **Instrumentation** : Mettre ce qu'il faut pour **observer** (et pour **contrôler**).

L'instrumentation est un point stratégique du système (genèse de l'info)

Compétence pluridisciplinaire : de la physique pour observer, son acquisition à son interprétation (**Qui a provoqué le phénomène ? Reproductible ?**)

Observateur => **Calcul** => Agir sur le système
 Anticiper sur table ce qui va se passer dans la réalité (**simulation HIL**)

Les systèmes embarqués/enfouis, un enjeu continu :

Expertise pluridisciplinaire pour lever la complexité apparente.

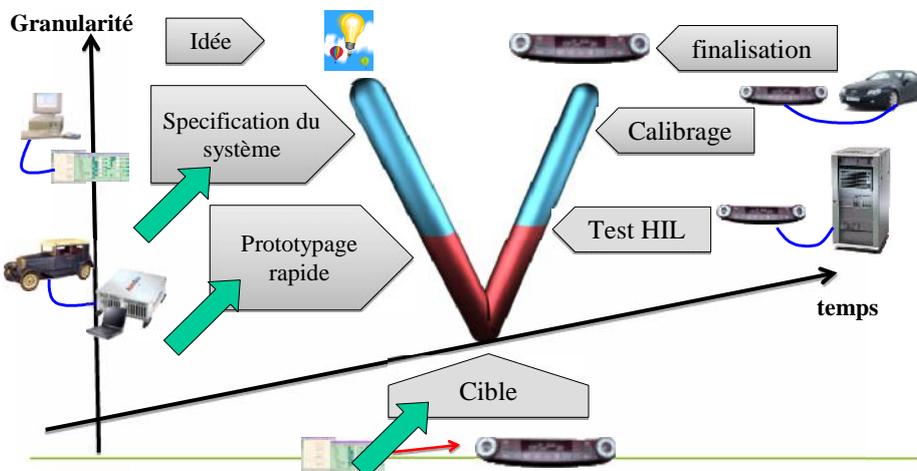
Conception dirigée par le modèle Versus **conception basée sur des COTS**.

Complexité en forte croissance + **dyslexie** des concepteurs et des usagers (utilisateurs)

Approche Systémier et Prototypage 0 Solution Ad Hoc.

Du Cycle de conception au Système

Conception de systèmes => Respect d'un cycle



Approche COTS

Systèmes Embarqués fondés COTS (*COTS-based Embedded system*)

Intégration de composants logiciels et matériels non-proprétaires ou commerciaux.

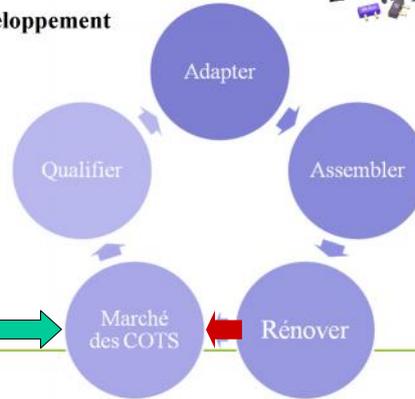
- + Développement rapide
- Risque de non-compatibilité à postériori



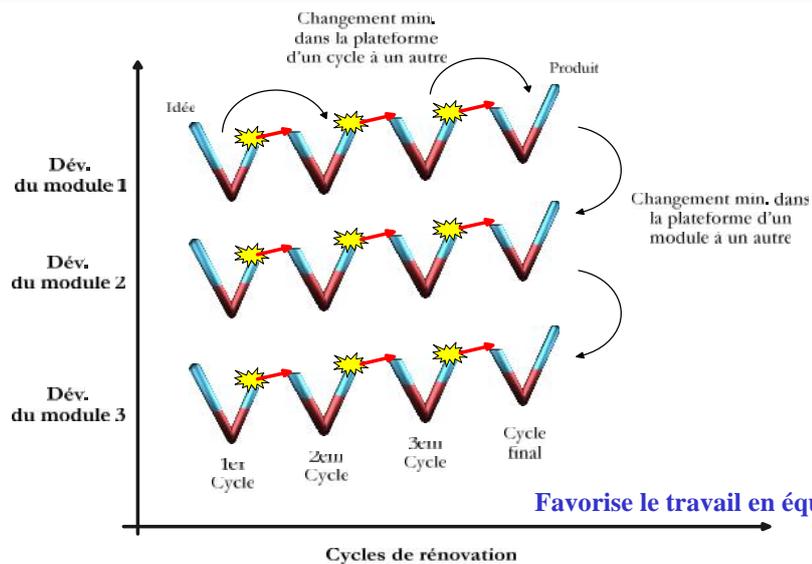
Compromis Flexibilité Vs Rapidité de développement
Modification du cycle de conception :

Favorise l'exploration
Vs
Développement

Veille technologique

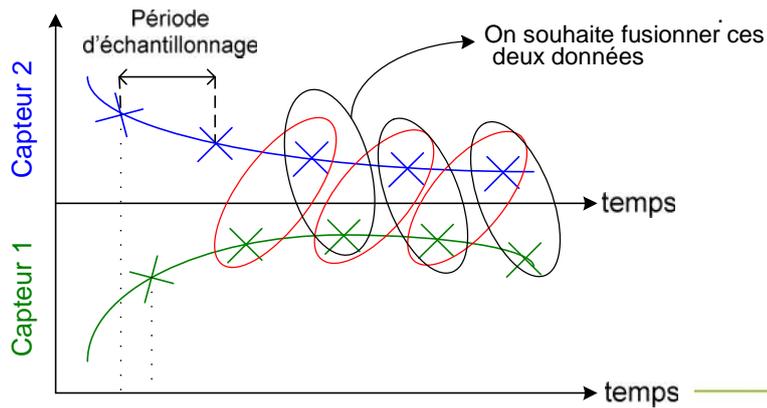


COTS → Cycle itératif à plusieurs niveaux



Problématique de la cohérence temporelle

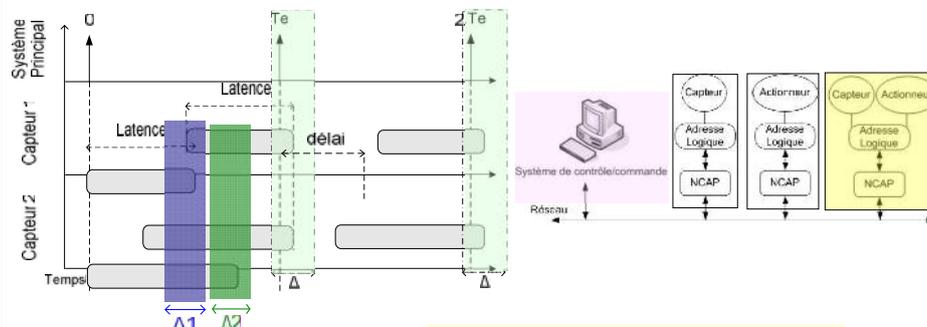
- Le système principal aura une vision de l'environnement en des instants précis.
- Chaque capteur fournit ces données avec une période d'échantillonnage indépendante des autres capteurs.



15

Une solution pour la cohérence temporelle

- **Objectif** : Optimiser la synchronisation de l'acquisition multicapteurs
- **Contraintes** : La norme IEEE1451.1 "Réseau de capteurs intelligents". Cohérence temporelle non définie entre les noeuds.
- **Synchronisation des acquisitions** : Prédiction de points de rendez-vous

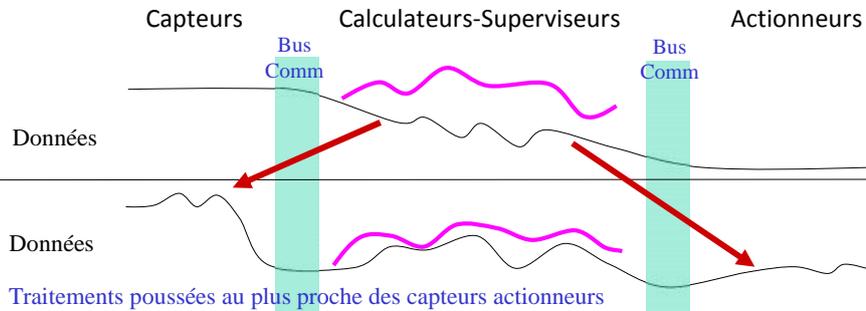


Approche «Time Triggered »

16

Systemes et Informations

Traitement distribué multi nœuds :



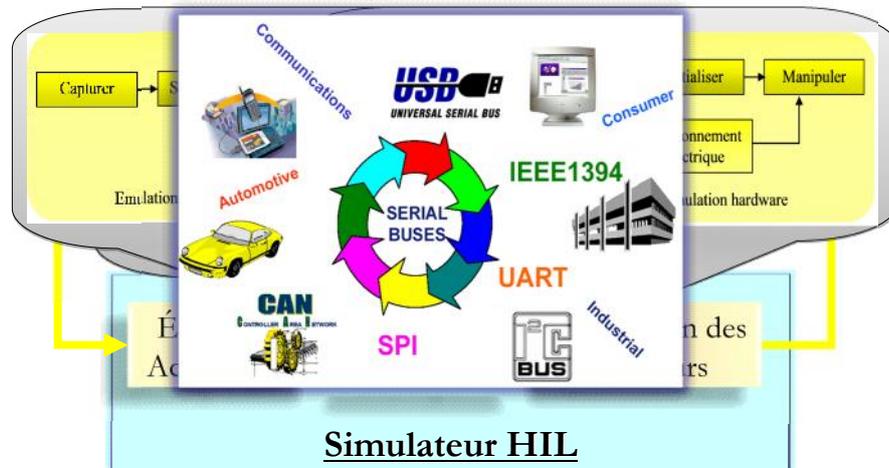
Réduire les données échangées sur les bus

- Augmenter la sémantique des données transmises
- S'assurer que la rémanence de ces données augmente aussi

➔ Valider sur table ce qui va se passer dans la réalité

HARDWARE IN THE LOOP SIMULATION

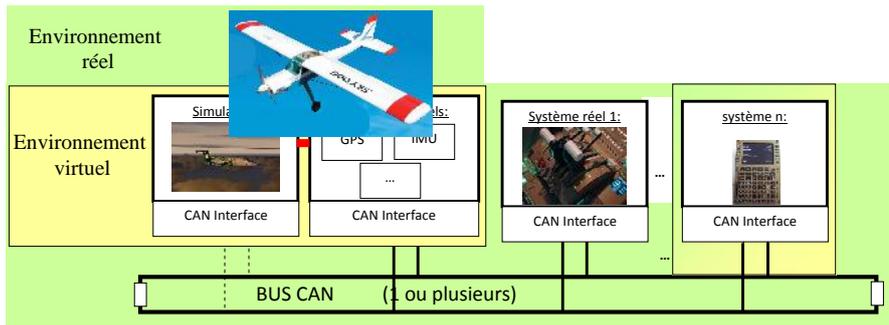
Composants réels dans un monde virtuel



Outil de prototypage d'applications embarquées (HIL)

Thèses : Samir Sakhi, R. Louali (EMP)

- **Architecture** : On distingue : [environnement + Avion + capteurs/actionneurs] et [Electronique embarquée à valider].
- **Le bus de communication est le point central** (Bus CAN)
 ARINC standards 825 General Standardization of CAN bus for airborne
- **On passe du monde réel au monde virtuel pour valider le système.**



19

Architecture de l'environnement

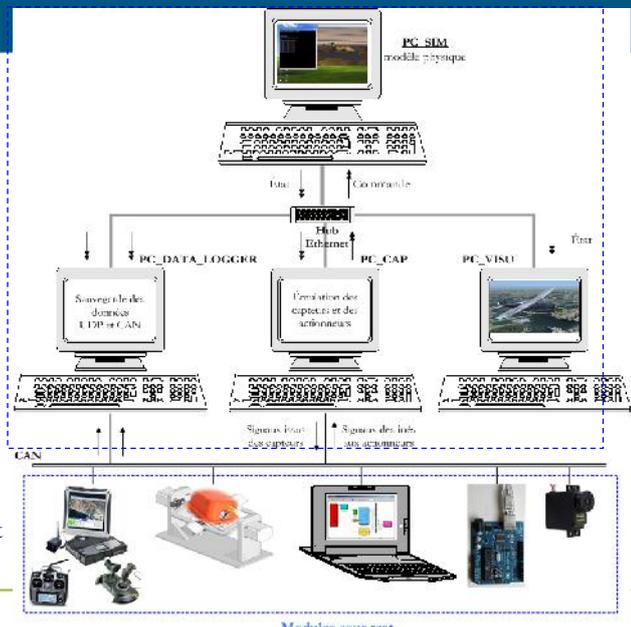
- Conception modulaire et progressive (compatible COTS).
- Test unitaire sur chaque module
- Valider la structure capteurs/actionneurs et calculs



20

PLATEFORME HIL

Simulateur HIL
(Monde virtuel)



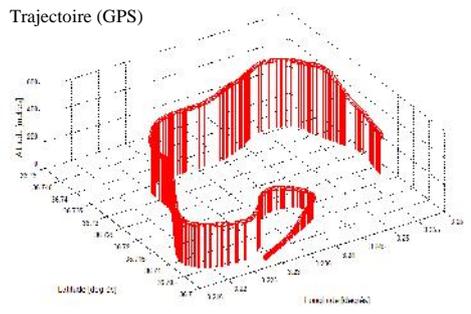
Modules sous test
(monde réel)

Modules sous test

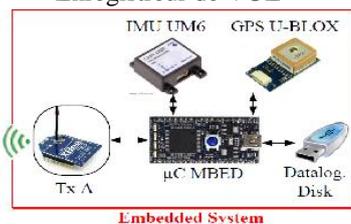
Résultats

EMP Borj El Bahri et Université Paris Saclay (SATIE)

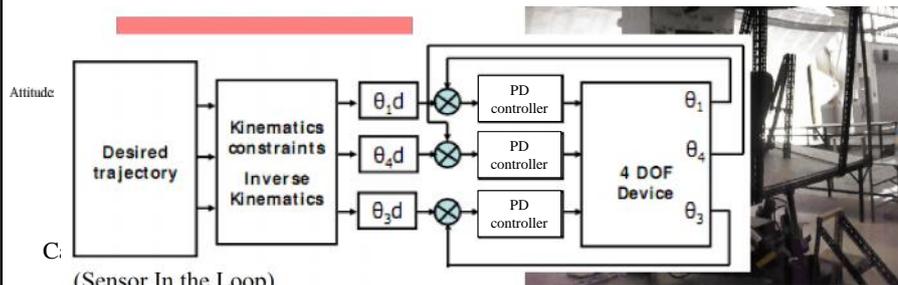
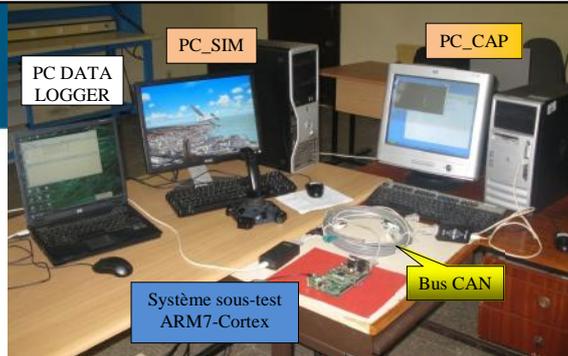
Trajectoire (GPS)



Enregistreur de VOL



Prototypage sur table de systèmes complexes



Collabs EMP

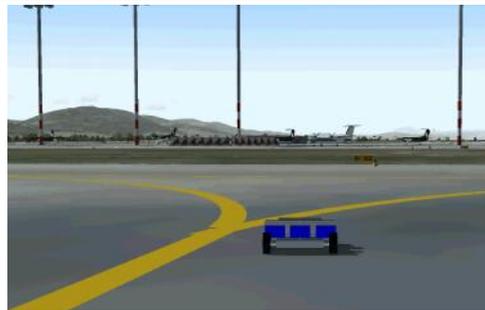
23

Transposer "un simulateur de vol" vers des véhicules roulants (robotisés)



Utiliser un simulateur de vol pour simuler des véhicules roulants (robots) !
Valider une même architecture électronique dans 2 domaines => interopérabilité (UGV / UAV) !

Faire cohabiter plusieurs véhicules différents => Architecture collaborative (avions + voitures robotisées)



24



De HM vers MM



Les véhicules sont majoritairement conçus pour les Humains :

- Latences en lien avec la conduite d'un Humain
- Interface de conduite (volant + pédales)
- Nouvelle mécanique risquée → **besoin de leurrer**

Capitaliser la conception pour conduite autonome (HHIL) →

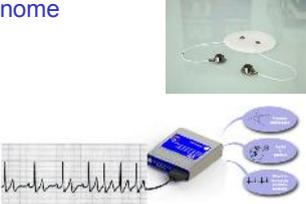
- Emuler un conducteur Humain (dynamique et confort)
- Concevoir un système prenant en compte cette émulation

Véhicule ↔ **Modèle Humain** ↔ Système autonome



Vers une instrumentation plus proche de l'Humain

- Outils pour l'étude du comportement Humain.
- Aide à la conception des systèmes de demain.



25

Des Algorithmes aux « Endorithmes » !!!





SATIE

Laboratoire Systèmes et Applications des Technologies de l'Information et de l'Energie

The Cockpit



How people see it



How pilots see it

MERCI ...

« Ça fonctionne ! » : Lié au milieu technique, scientifique et culturel

26