

Architecture ouverte de commande temps réel pour le contrôle multi-axes

Jean-Pierre GAZEAU
Philippe VULLIEZ

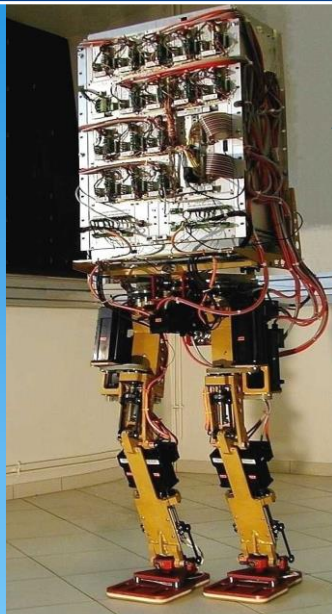


Sommaire

1. Etat des lieux en 2010 : des architectures hétérogènes
2. Vers une nouvelle stratégie pour la commande de systèmes multi-axes
3. Nos choix stratégiques
4. Validation et déploiement sur 3 démonstrateurs
5. Conclusion / perspectives

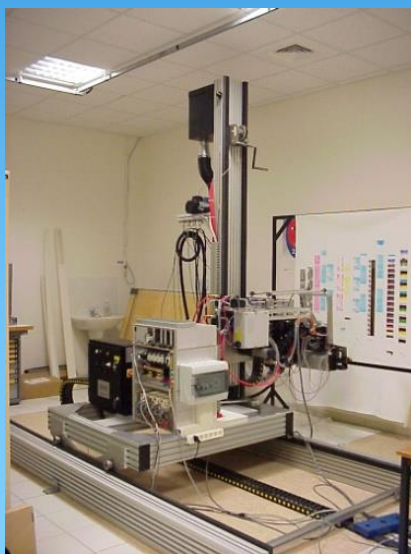


1. Etat des lieux en 2012



BIP 2000 : En collaboration avec INRIA Grenoble

Contrôleur VME
Environnement de dev.
Tornado / Greenspring
OS VxWorks
Middleware ORCCAD Inria



Robot d'impression 3D
5 axes

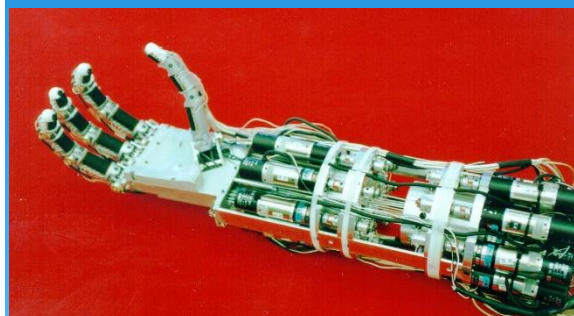
Contrôleur National
Instrument avec Labview RT :
Contrôleur CPU PXI8175
Cartes d'axes PXI 7344
Motion Interface UMI7774
Variateurs Invensys Parvex

12 cartes de contrôle d'axes
CACII (brevet ROBIOSS)
sur bus CAN
Supervision PC par liaison
Série sur carte maître



Robot TIDOM 12 axes

1. Etat des lieux en 2012

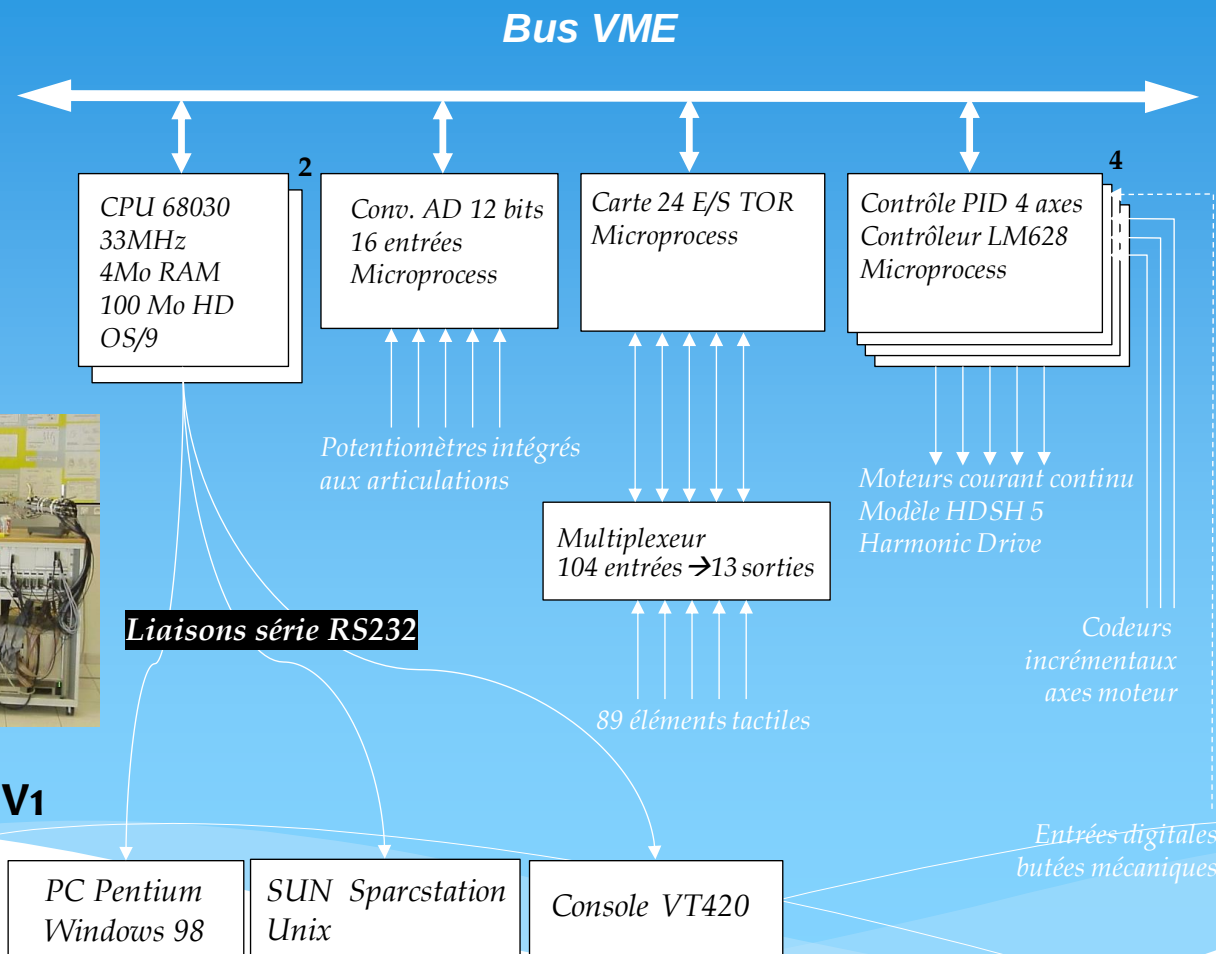


1996 : Main du LMS à 16 actionneurs



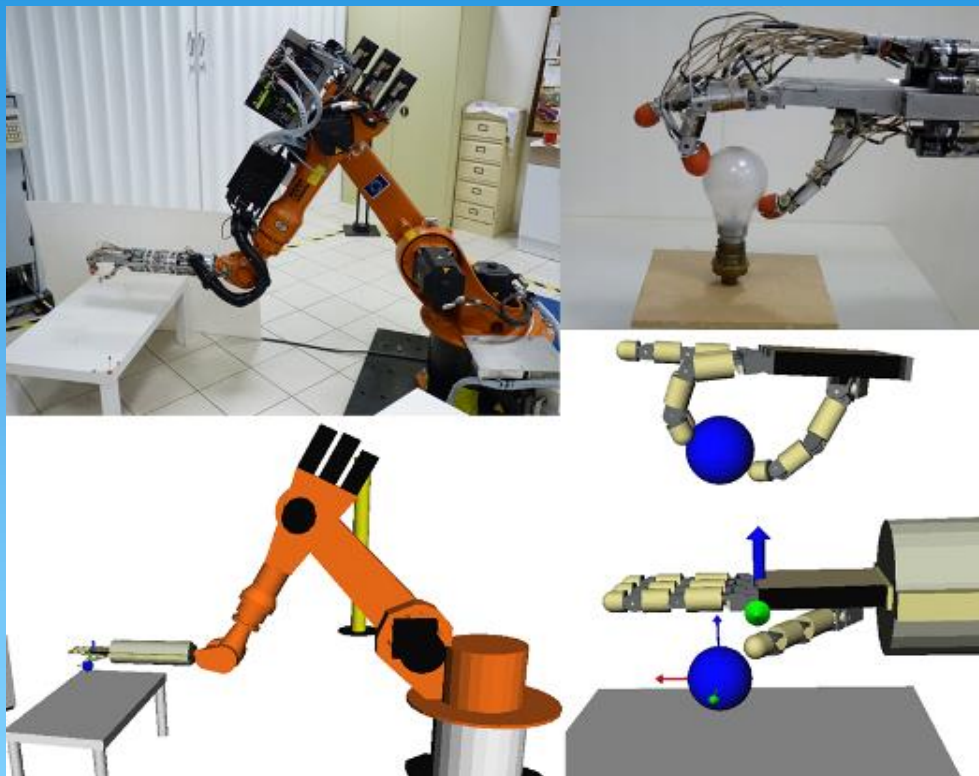
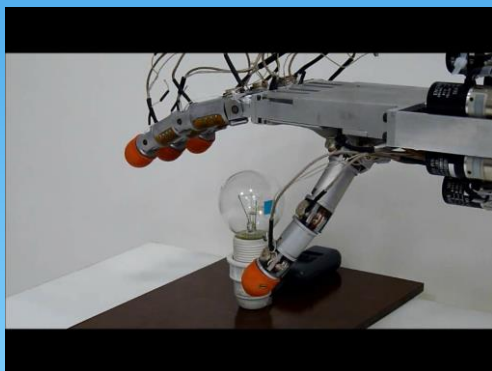
Architecture de commande V1

1996 - 2009



1. Etat des lieux en 2012

2 Contrôleurs CNC
Galil 8 axes
Liaison Ethernet UDP
avec la génération des consignes
de position à partir d'un PC
(Timer multimédia à 20ms)



Architecture de commande V2
Embarquée sur Robot Kuka KR 16
Projet ANR Abilis (2009 – 2012)

1. Etat des lieux en 2012

Interface haptique 1
maitre

Interface haptique 2
maitre



Carte acquisition
sur PCI

Carte acquisition
sur PCI



PC 1



PC 2



CNC Galil
4 axes



Carte d'axe
Pince



CNC Galil
4 axes



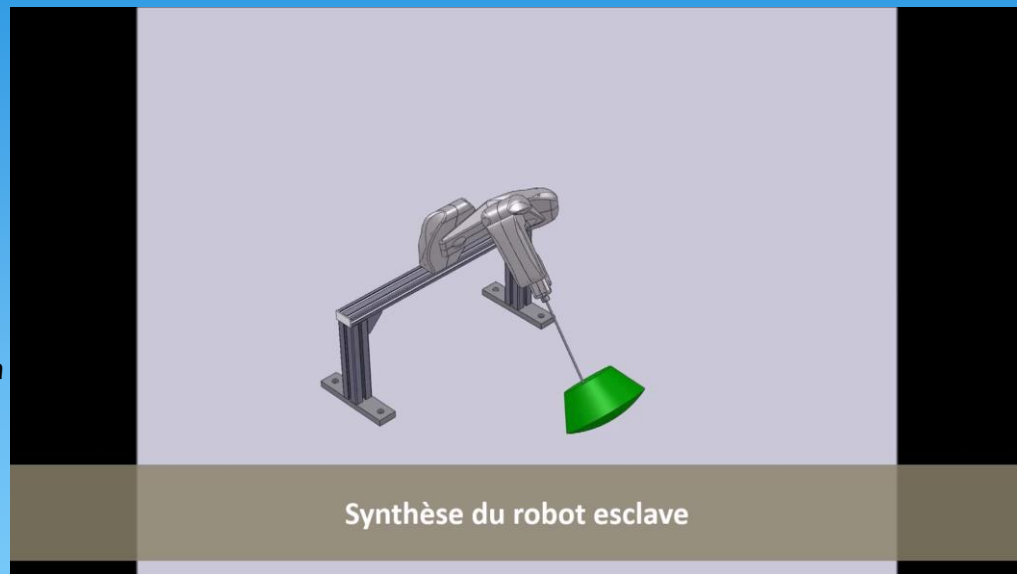
Carte d'axe
Pince



Robot esclave 1
5 axes



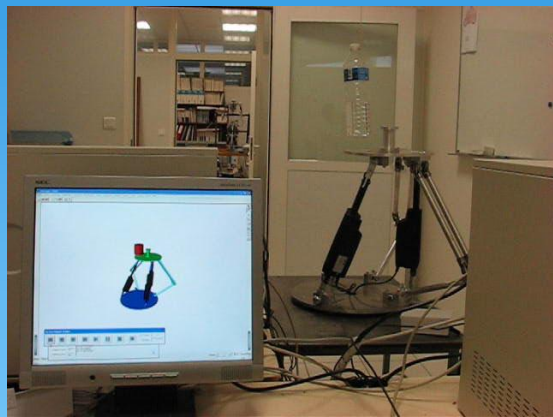
Robot esclave 2
5 axes



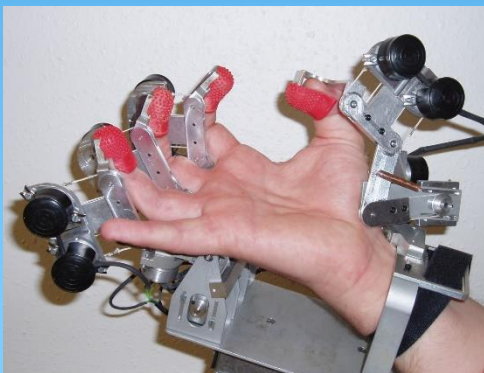
Synthèse du robot esclave



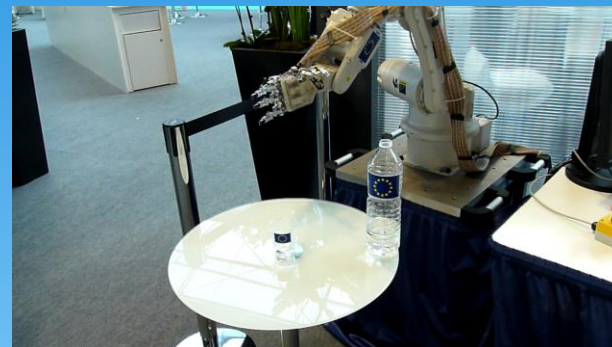
1. Etat des lieux en 2012



Robot Translateur 3DDL



Exosquelette de main 16 articulations



Main du projet ANR Abilis
(CEA-PPRIME-ISIR-LISV-CESEM)



1. *Etat des lieux en 2012*

□ Des architectures hétérogènes

- ✓ Un dispositif expérimental = une architecture de commande dédiée
- ✓ Difficulté à harmoniser les pratiques de développement
- ✓ Difficulté à capitaliser les savoir-faire
- ✓ Difficulté à faire évoluer les dispositifs
- ✓ Maintenabilité des systèmes compliquée : évolution des contrôleurs matériels et logiciels dépendant fortement des solutions choisies
- ✓ Interopérabilité des systèmes difficile à implémenter avec des contraintes de réactivité



2. Vers une nouvelle stratégie

❑ Objectifs

- ✓ Maîtriser la chaîne complète de développement d'un système mécatronique depuis la maquette de faisabilité jusqu'au prototype fonctionnel

❑ Contraintes

- ✓ Nécessité de s'appuyer sur des standards matériels et logiciels
- ✓ Maîtriser le bas niveau
- ✓ Réutilisabilité et maintenabilité du code
- ✓ Interopérabilité entre les composants d'une cellule robotique
- ✓ Temps réel dur
- ✓ Faciliter le transfert hors laboratoire



2. Vers une nouvelle stratégie

❑ Choisir un framework existant ?

✓ Pourquoi pas ?

- ROS
- Orocos
- RT-Middleware
- ...



Des frameworks très intéressants par la quantité de librairies disponibles gérant de nombreux périphériques

Difficulté à proposer un accès unifié au bas niveau en respectant les contraintes de déterminisme temporel

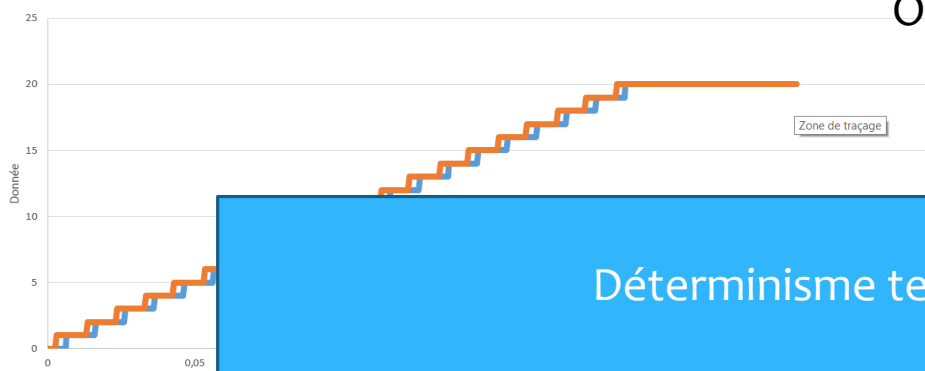
Implémentation souvent lourde, non compatible avec les systèmes industriels de contrôle/commande existants (IEC 61131)



2. Vers une nouvelle stratégie

❑ Exemple : ROS :: ROS

Architecture 2PLC à 5ms



OS Temps Réel

Mode serveur

PLC Staübli

Mode Client

PLC Kuka

192.168.1.72

Déterminisme temporel =>

Nécessité d'avoir un OS temps réel sur l'ensemble des composants !

Mode serveur

PLC Staübli

192.168.1.61

PLC Kuka

192.168.1.72

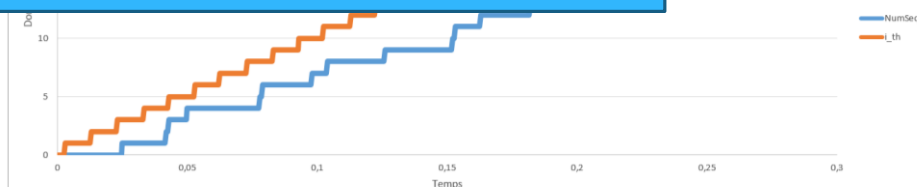
Mode client

PC Linux
ROS

192.168.1.127

UDP

UDP



2. Vers une nouvelle stratégie

□ IEC 61131 :

Une norme sur les Contrôleurs programmables et leurs périphériques associés

- ✓ Partie 1 : Vue d'ensemble générale,
- ✓ Partie 2 : Matériel,
- ✓ **Partie 3 : Langages de programmation,**
- ✓ Partie 4 : Directives utilisateur,
- ✓ Partie 5 : Communication,
- ✓ Partie 6 : Safety,
- ✓ Partie 7 : Fuzzy control,
- ✓ Partie 8 : Directive d'application,
- ✓ Partie 9 : IO-Link.



2. Vers une nouvelle stratégie

❑ PLCopen (<http://www.plcopen.org>) :

Association internationale visant à promouvoir le développement de logiciels compatibles pour les contrôleurs programmables :

- ✓ Promotion et évolution de la norme,
- ✓ Certification des matériels et des logiciels,
- ✓ Définition de nouveaux standards :
 - PLCopen Motion Control,
 - Communication : PLCopen OPC-UA,
 - PLCopen Safety,
 - PLCopen XML.

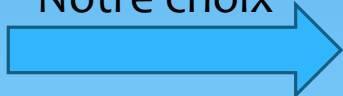


3. Nos choix stratégiques

❑ Fonctionnement temps réel et déterministe de tous les composants :

- ✓ Runtime temps réel à fonctionnement périodique des tâches
- ✓ Fonctionnement multitâches

Notre choix



- PLC avec Runtime B&R basé sous VxWorks,
- PC Industriel avec cohabitation Windows/Linux et runtime B&R basé sous VxWorks,
- Microcontrôleur Texas Instrument Delphino basé sur interruptions timer (sans OS temps réel),
- Simulation sous Windows avec Timer multimédia.



B&R Automation un partenaire privilégié depuis 2002
(www.br-automation.com)

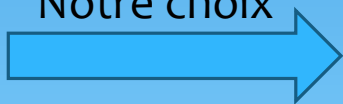


3. Nos choix stratégiques

□ Communication temps réel inter-composants :

- ✓ Echange périodique de données
- ✓ Garantie temporelle

Notre choix



- Réseau industriel temps réel basé sur Ethernet,
- Réseau à fonctionnement périodique,
- Protocole open source : Ethernet Powerlink,
- Réseau industriel supportant la Safety,
- Horodatage des trames en cas de non possibilité d'implémentation d'un réseau temps réel.

ETHERNET
POWERLINK
real-time technology

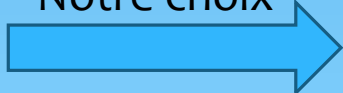
Protocole de communication open source
(<http://www.ethernet-powerlink.org>)

3. Nos choix stratégiques

□ Architecture logicielle modulaire

- ✓ Découpage organique fonctionnel
- ✓ Développement modulaire
- ✓ Développement logiciel multi-cible
- ✓ Intégration de modules de simulation
- ✓ Echange orienté flux de données (Data flow, Topic, ...)

Notre choix



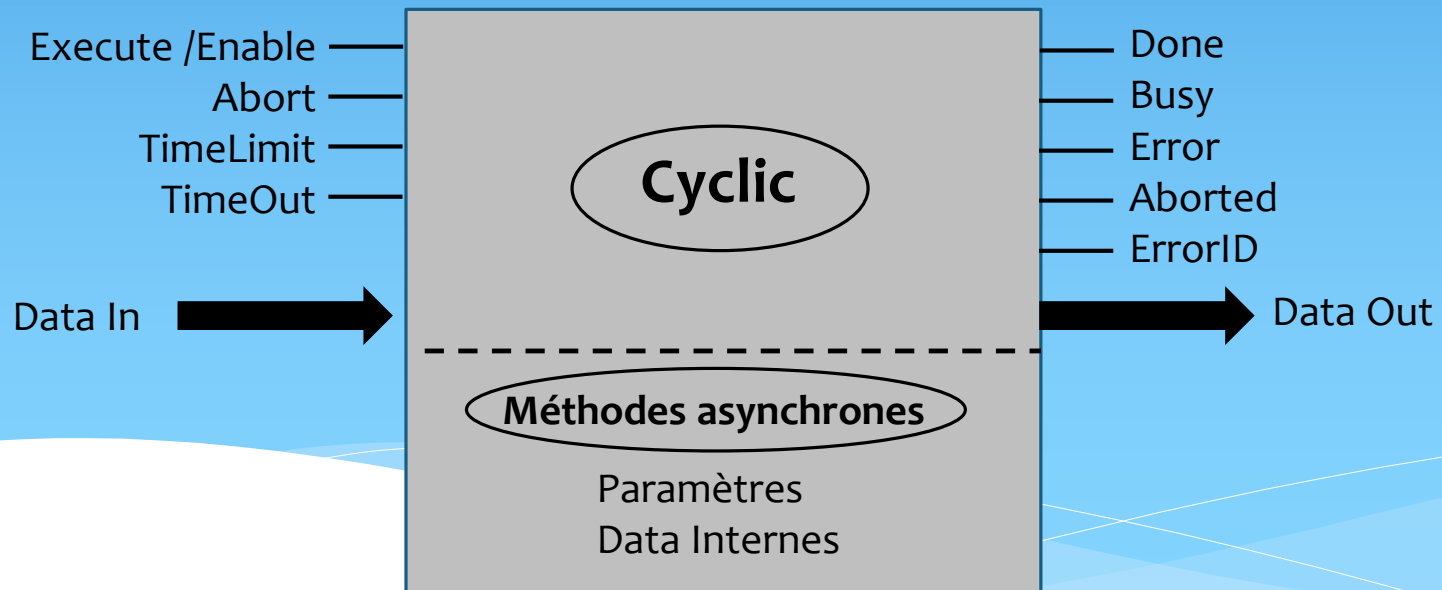
- Respect de la norme IEC 61131-3,
- Intégration des standards PLCopen,
- Programmation orientée objet (C++).



3. Nos choix stratégiques

❑ Implémentation objet :

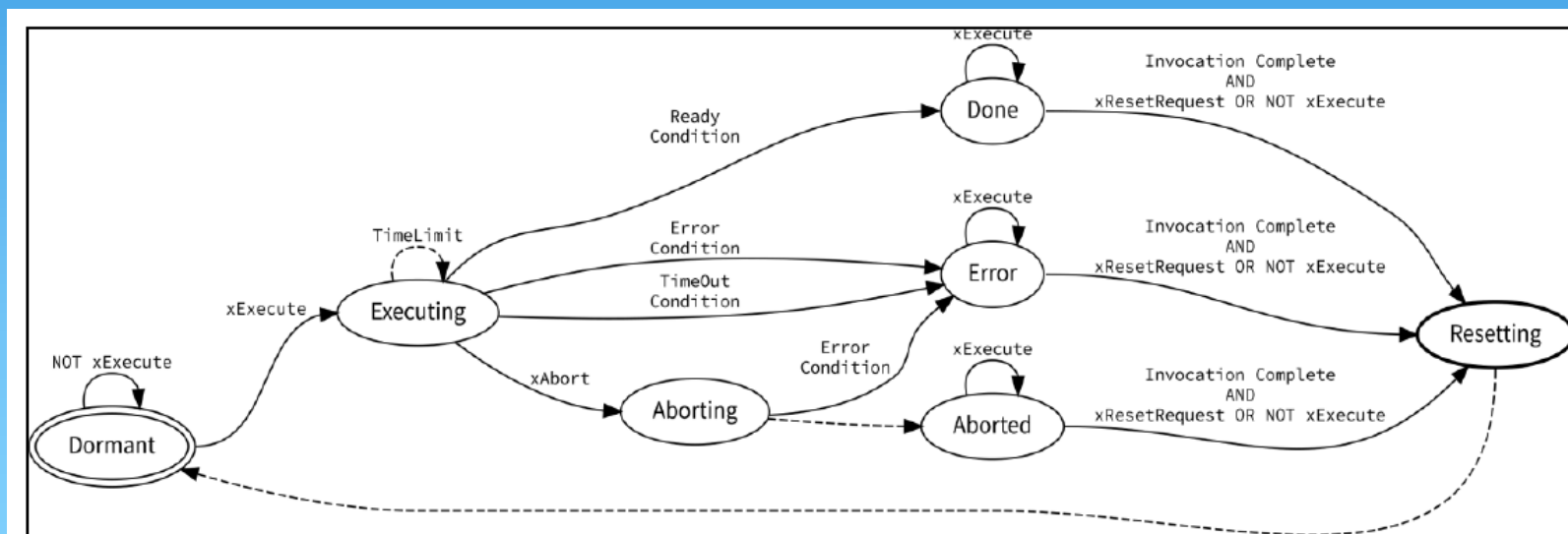
- ✓ Objet « CpuTime » :
Permet d'obtenir le temps CPU à la microseconde
- ✓ Objet abstrait de base de gestion des paramètres
- ✓ Objet abstrait de base à fonctionnement synchrone (périodique) :



3. Nos choix stratégiques

❑ Implémentation objet :

- ✓ Machine d'état de la méthode cyclique



Aujourd'hui en 2017

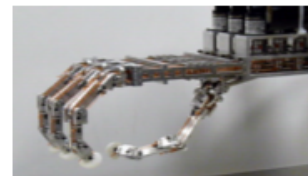
*Architecture d'une Commande de Robot
22 axes pour applications
de manipulation dextre et de cobotique*

PC810
Intel Core Duo



Powerlink 2 ms

Powerlink 500 μ s



IO Auxiliaires



Commande

Main 16 ddl



Pouce

Index

Majeur

Annulaire



Aujourd'hui en 2017



Aujourd'hui en 2017



Delthaptic, interface haptique 6 axes contrôlée par la solution orientée objet de robotique ouverte RoBioSS

ETHERNET
POWERLINK



B&R PC910 + ACOPOSmicro
Pilotage en position et en couple

Powerlink Controlled Node

ETHERNET
POWERLINK
real-time technology

Zone de sécurité avec fonctions SafeRobotics

COMAU Racer 3 contrôlé par la solution openROBOTICS B&R



ETHERNET
POWERLINK



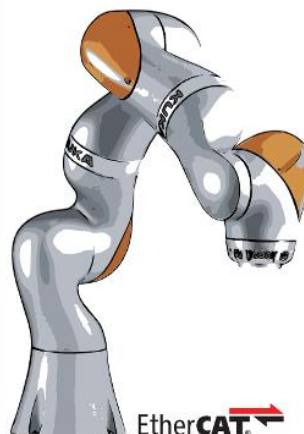
B&R PC910 + ACOPOS P3 + SafeLogic
Contrôle central de l'application

Powerlink Managing Node 1,6ms

ETHERNET
POWERLINK
real-time technology

Zone de collaboration avec l'opérateur

LBR iiwa avec contrôleur KUKA Sunrise Cabinet



EtherCAT

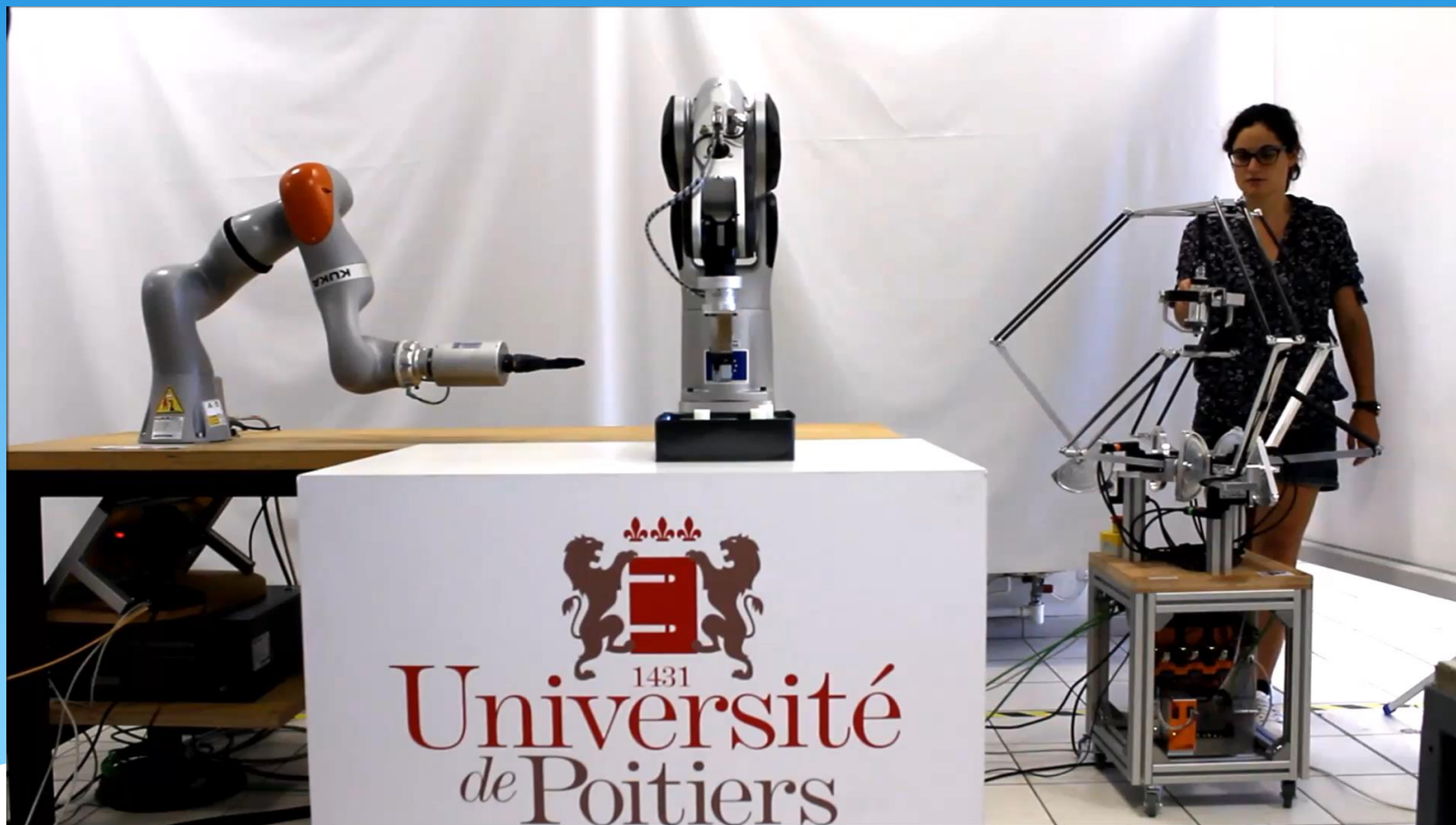


B&R X20CP1586 + passerelle Ethercat

Powerlink Controlled Node



Aujourd'hui en 2017



Aujourd'hui en 2017

Architecture pour 1 jambe



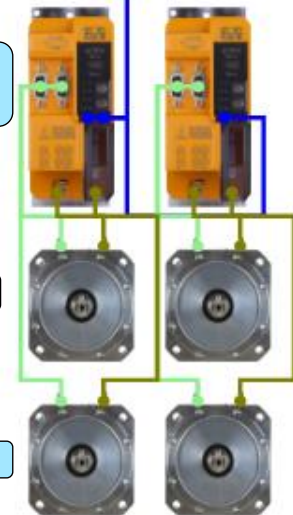
X20CP1586
CPU unit

X20PS4951 → 4 +/- 10V potentiometers supply
X20AI4632 → 4 +/- 10V / 0 to 20 mA inputs 16 bit
X20BT9100 → Bus transmitter, IO supply 24 VDC



ETHERNET
POWERLINK

80VD100PD.C000-01
ACOPOSmicro Servo
2x8A, 2xEnDat 2.2



8LVA33.B1021D000-0

8LVA22.B1030D000-0

80PS080X3.10-01
DC power supply

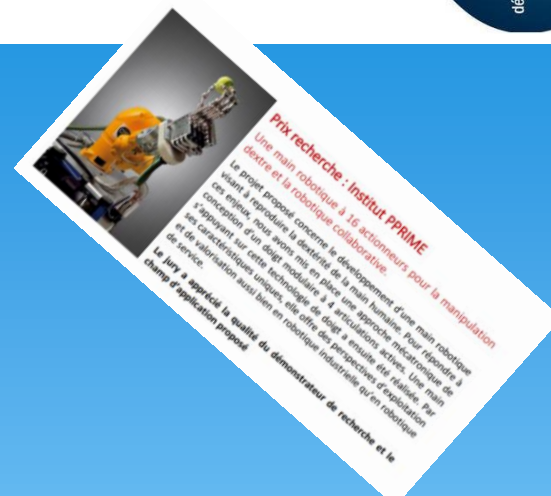


Aujourd'hui en 2017



A bientôt !

Retrouvez nous sur la chaine Youtube Robioss



EMM 2017

MÉCATRONIQUE ET ROBOTIQUE AU CŒUR DE LA RÉVOLUTION INDUSTRIELLE

Des AWARDS exceptionnels pour l'édition 2017 des EMM



Crédit photo : @FouchaMuyard_Industrie2017

Quelques news : Journal « Le Monde » du 25/11/2016 , Salon SPS-IPC Numremberg, Mechatronics Award 2017 Prix Recherche – Groupe Thésame - Industries Lyon

