

Linux Temps Réel pour le contrôle des robots de l'INRIA Rhône-Alpes

Objectifs

Donner une expérience sur l'utilisation de Linux dans un domaine différent de celui des stations de travail.



Plan

- Description du service en charge des robots
- Présentation de robots fonctionnant sous Linux ; les CYCABs et le robot bipède
- Expérience du passage de VxWorks à Linux pour le robot bipède
- Conclusion et perspective

Description du service SED (1)

- Une des missions du service est la mise en place d'expérimentations en collaboration avec les équipes de recherche.
- Moyens humains : 8 ingénieurs, un technicien, une assistante.
- www.inrialpes.fr/sed

Description du service SED (2)

Les différentes plates-formes sont :

- Deux véhicules électriques (CYCAB) (*),
- Un robot bipède (*),
- Un centre de réalité virtuelle,
- Plusieurs grappes de PC.

(*) sujets de cette présentation.



Les CYCABs et Linux : présentation du CYCAB

L'origine du nom : City Cab, Cyber Cab,...

Conçu à l'INRIA, industrialisé par
ROBOSOFT (www.robosoft.fr).

C'est un véhicule électrique, instrumenté de
capteurs, et permettant d'expérimenter des
automatismes.

C'est aussi un concept pour un futur véhicule
urbain en libre service.

Les CYCABs et Linux : présentation du CYCAB

Les caractéristiques principales sont :

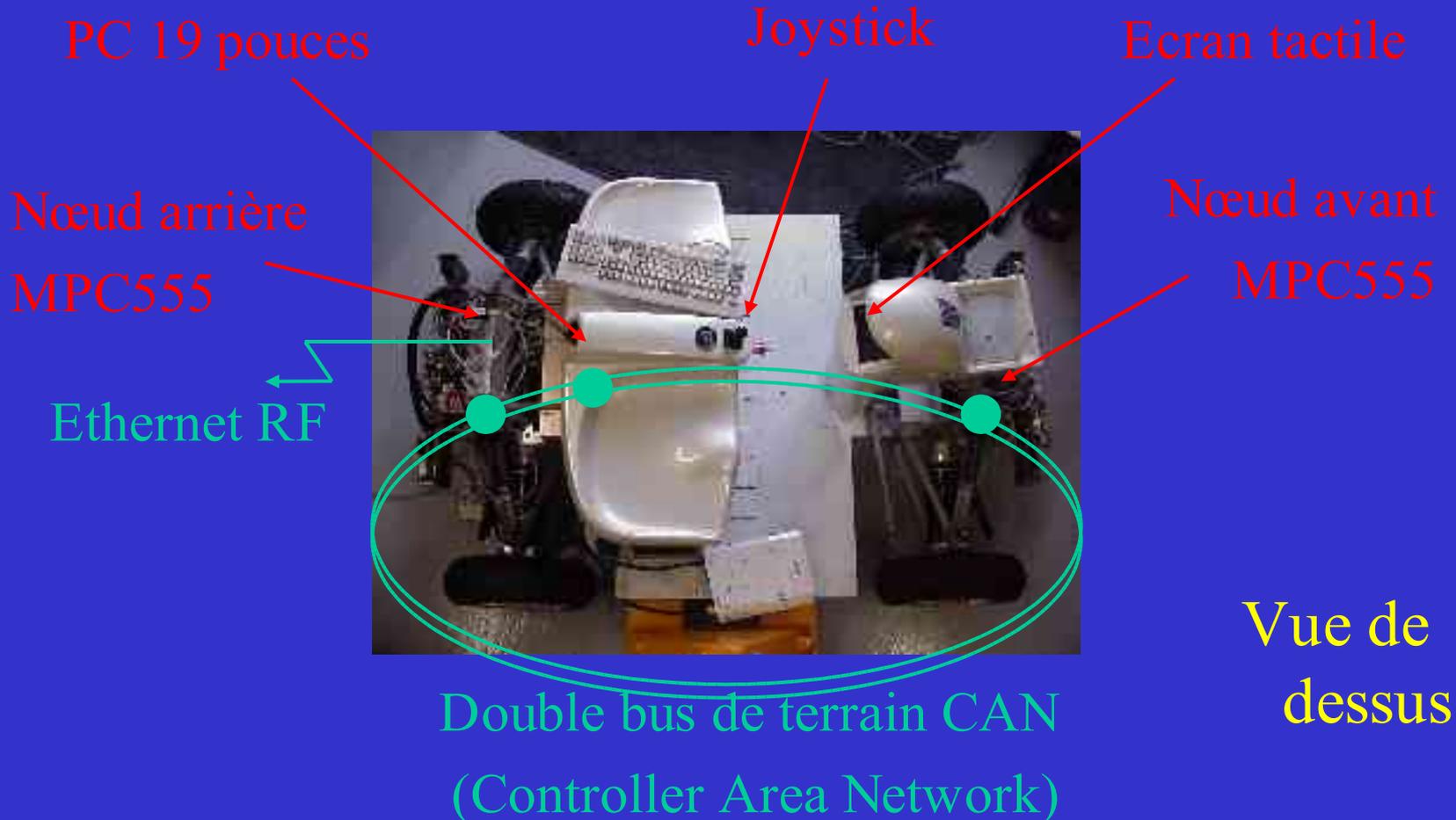
- Longueur 190 cm, largeur 120 cm, hauteur 165 cm, poids 350 kg (avec batteries).
- 4 moteurs de 1 kWatt, 2 trains de direction indépendants.
- Vitesse maximale 18 km/h.
- Autonomie supérieure à 2 heures.

Les CYCABs et Linux : architecture matérielle



Vue de
dessus

Les CYCABs et Linux : architecture matérielle



Les CYCABs et Linux : architecture logicielle

Partie Nœuds et bus CAN :

- La couche logicielle au dessus du matériel est gérée par SynDEX (www.syndex.org).
- SynDEX joue le rôle du système d'exploitation sur les nœuds et gère la couche communication sur le bus CAN.
- SynDEX est développé à l'INRIA.

Les CYCABs et Linux : architecture logicielle

Partie PC :

- Une tâche SynDEx tourne sous Linux/RTAI, cadencée à 10 ms.
- Un segment de mémoire partagée permet le dialogue entre cette tâche et les applications développées sur le PC embarqué dans l'environnement Linux.
- Versions : Linux-2.2.14, RTAI-1.3

Les CYCABs et Linux : programmation

Les applications sont développées en langage C/C++ sous Linux (gcc). Une série de macros permet l'accès au matériel, en appelant des primitives SynDEX, à travers la mémoire partagée.

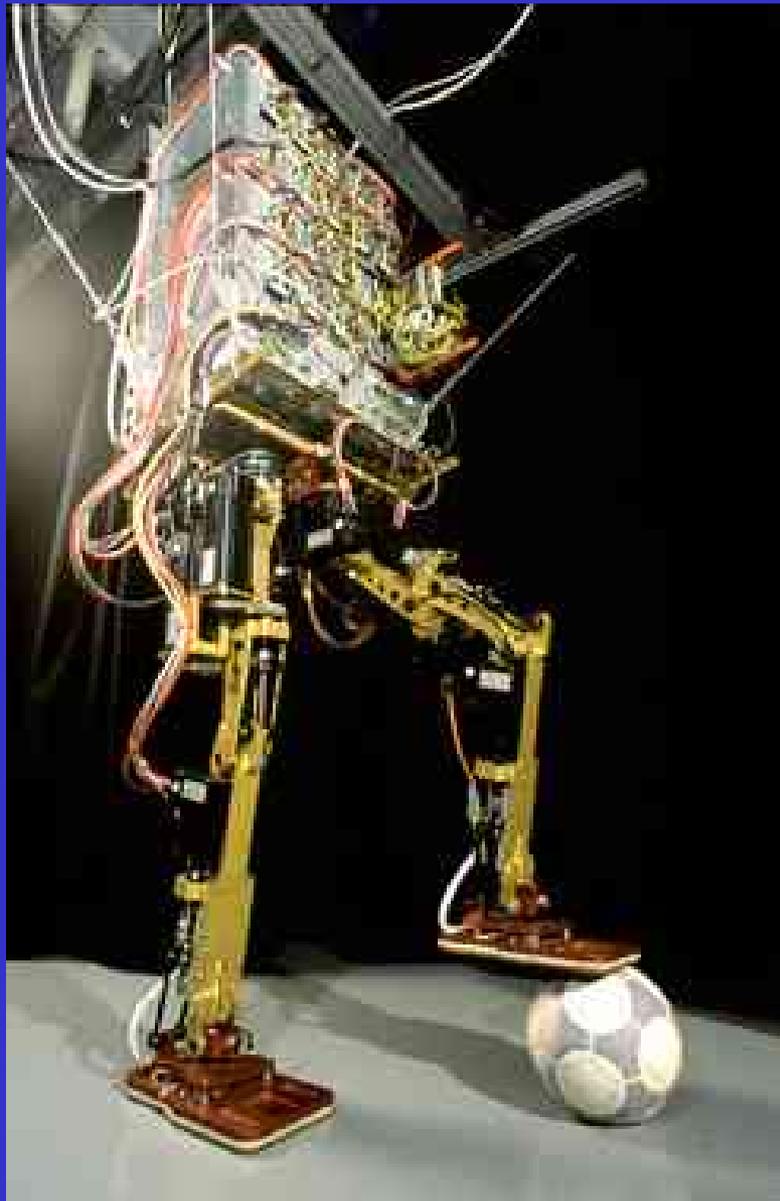
Les interfaces graphiques sont développées avec newt (version texte) ou QT/embedded.

Les CYCABs et Linux : exemples d'application

Conduite du CYCAB à
partir du joystick.

Déplacement autonome
dans un
environnement balisé,
en utilisant un LIDAR.





Novembre
2003

INRIA Rhône-Alpes – Hervé MATHIEU
48

15/

Le Robot Bipède et Linux : présentation du robot bipède

Conçu par le Laboratoire de Mécanique des Solides de Poitiers et l'INRIA.

C'est un outil d'aide à la compréhension de la marche humaine :

1. Étude de la marche humaine,
2. Modélisation, élaboration de lois de commande,
3. Tests sur le robot bipède.

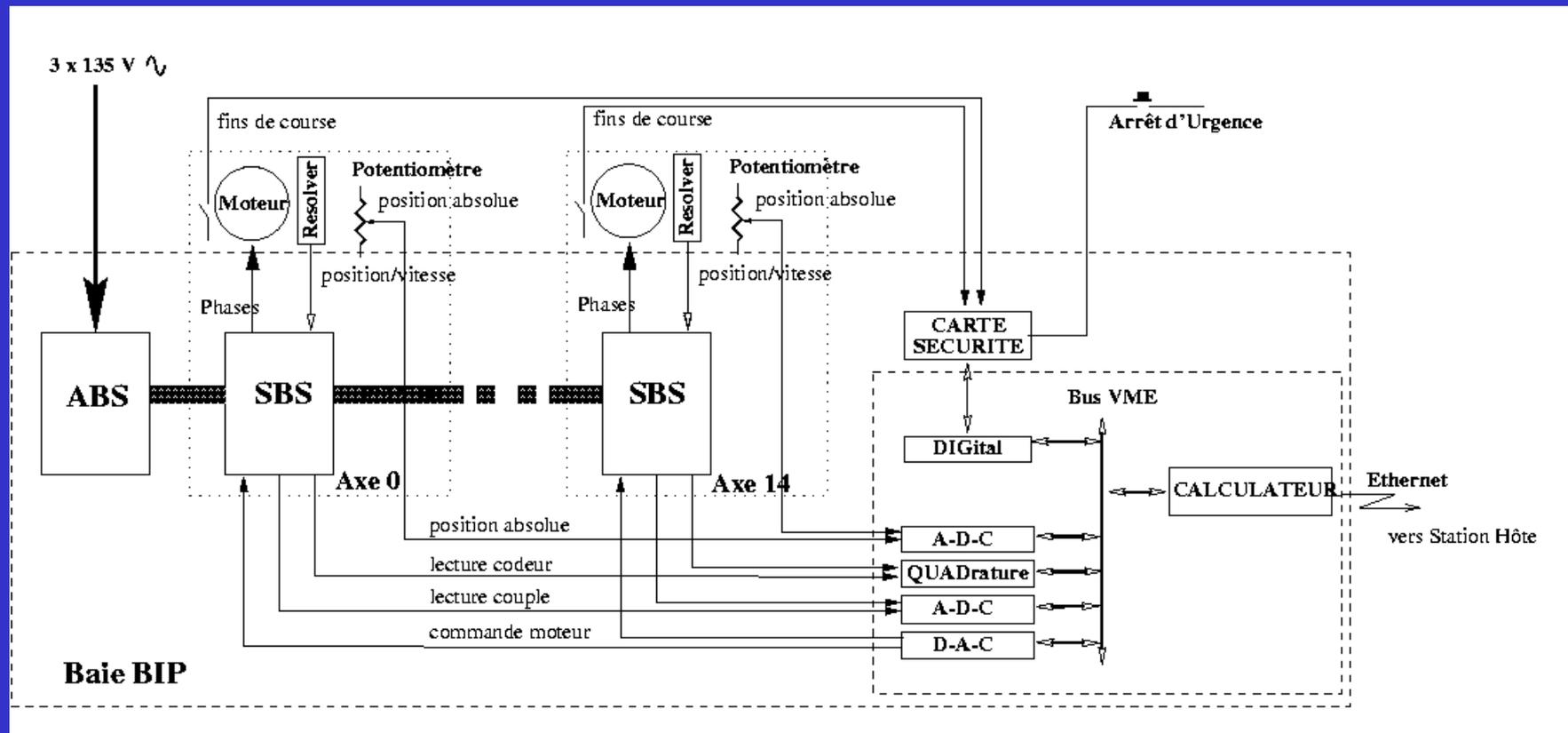
Le Robot Bipède et Linux : présentation du robot bipède

Les caractéristiques principales sont :

- Hauteur 180 cm, poids 105 kg,
- 15 degrés de liberté motorisés.

De manière générale, la répartition des masses et dimensions des jambes est anthropomorphe.

Le Robot Bipède et Linux : architecture matérielle



Le Robot Bipède et Linux : architecture logicielle

Les codes sont écrits en langage C/C++. Un compilateur croisé basé sur gcc est utilisé (PC-Linux/PowerPC-Linux).

Le robot peut être utilisé sous Linux (2.4.18) ou Linux/RTAI (24.1.11).

Afin de simplifier la gestion logicielle, plusieurs couches logicielles, correspondant à des niveaux d'abstraction différentes, ont été écrites.

Le Robot Bipède et Linux : architecture logicielle

Couches logicielles 1&2 :

- (1) Pilotes des modules d'entrées-sorties : un pilote par type de module.
- (2) Librairie d'abstraction Entrées/Sorties : appels de fonctions unifiés, regroupement des modules de même type.

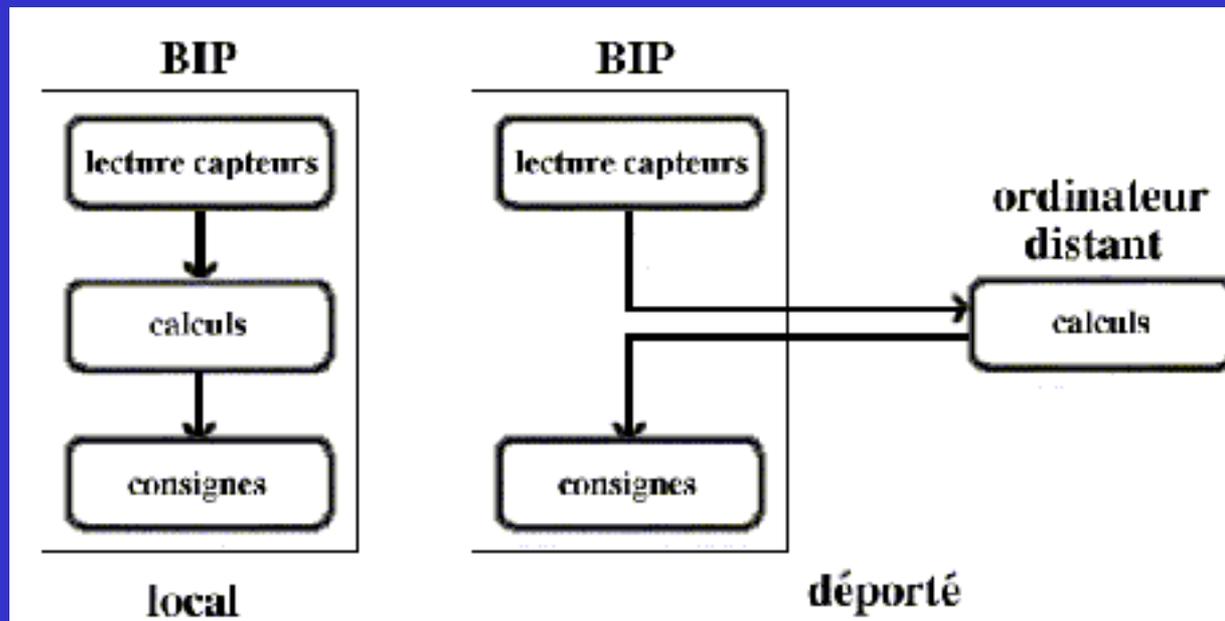
Le Robot Bipède et Linux : architecture logicielle

Couches logicielles 3&4 :

- (3) Librairie d'abstraction robot : les appels de fonctions correspondent à des entités du robot (articulation, pieds,...).
- (4) Outil graphique de programmation de lois de commande (ORCCAD@INRIA).
Génération de code pour Linux ou Linux/RTAI.

Le Robot Bipède et Linux : programmation

Modèle d'exécution :



Le Robot Bipède et Linux : programmation

La boucle de commande tourne actuellement à 10 ms.

La principale limitation est le temps d'acquisition des données.

Les lois de commande tiennent compte de la dynamique du robot, ce qui rend possible une telle fréquence.

Le Robot Bipède et Linux : exemples d'application

- Suivi de trajectoires simulées préalablement.



WIND RIVER 



Passage de VxWorks à Linux : pourquoi VxWorks ?

Historique :

- -12 ans : acquisition de VxWorks
(concurrents : PSOS, RTX, OS9, softkernel)
- -5 ans : QNX, Linux RT, Linux/RTAI
deviennent de réels concurrents...

VxWorks est le N°1.

Passage de VxWorks à Linux : pourquoi changer ?

Aujourd'hui, les concurrents annoncent des performances comparables et des prix inférieurs.

Wind River Systems poursuit une politique réductrice, et de prix « élevé ».

Mais le système d'exploitation n'est pas en cause.

Passage de VxWorks à Linux : pourquoi changer ?

Deux événements :

- Un matériel obsolète (carte MVME162 basée sur 68040 à 32 MHz), bloquant pour les nouvelles applications.
 - L'opportunité de mettre un nouveau système sur la nouvelle version du CYCAB.
- > Pour continuer avec VxWorks, il faut (re)payer une distribution complète.

Passage de VxWorks à Linux : changer pour qui ?

Plusieurs schémas ont été envisagés :

- Windows CE, (on est plutôt UNIX)
- PC sous QNX, (a priori, pas sur électronique embarquée)
- PC ou carte sous Linux/RTAI ou Linux/RTLlinux. (produit stable ?)

Passage de VxWorks à Linux : les choix

Une nouvelle version de CYCAB. Décision
conjointe (INRIA/ROBOSOFT) de prendre
Linux/RTAI.

Installation d'une nouvelle carte VME sous
Linux pour le robot bipède.

Passage de VxWorks à Linux : les raisons

Un a priori favorable pour Linux, installé sur nos stations de travail.

RTAI préféré à RTLinux ; expérience de Linux/RTAI, politique de licence.

L'outil utilisé pour programmer les applications (ORCCAD) supporte Linux.

De bons retours d'expériences.

Un investissement financier nul.

... robot bipède

Passage de VxWorks à Linux : objectifs de la nouvelle architecture

Plus de puissance processeur (carte VSBC6862
MPC8260 à 200 MHz) :

- 1) Pour prendre en charge des lois de commande plus complexes,
- 2) Pour réduire le temps de boucle d'asservissement.

Passage d'un port ethernet 10 à 100 Mbits.

Pour permettre le calcul déporté des lois de commande sur
un PC hôte.

Possibilité de ne pas changer le code applicatif.

Passage de VxWorks à Linux : méthode de portage

Conserver le code des pilotes matériels :

- Éviter l'insertion de bogues,
- Compatibilité avec le second robot bipède.

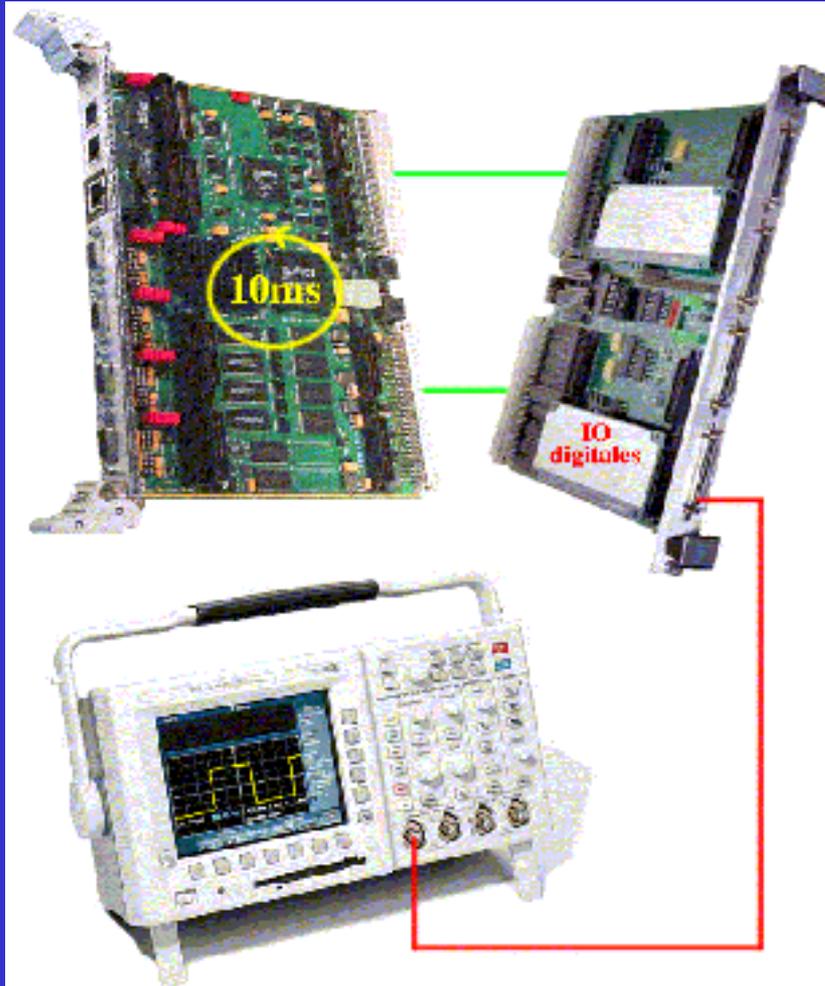
Conserver les interfaces logicielles natives.

Faire le portage sous Linux puis

Linux/RTAI :

- Philosophie Linux,
- Linux peut suffire (modèle d'exécution, fréquence).

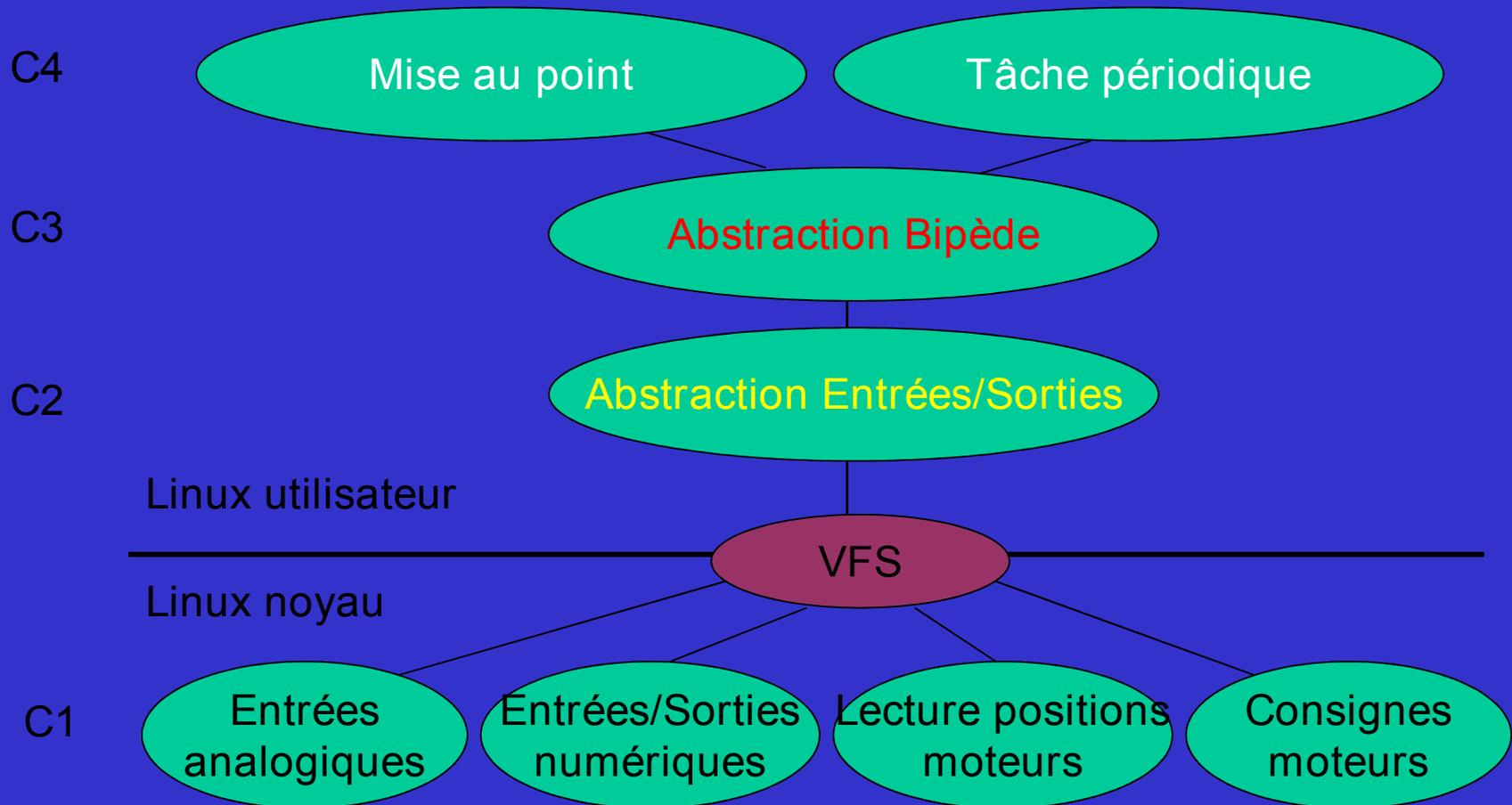
Passage de VxWorks à Linux



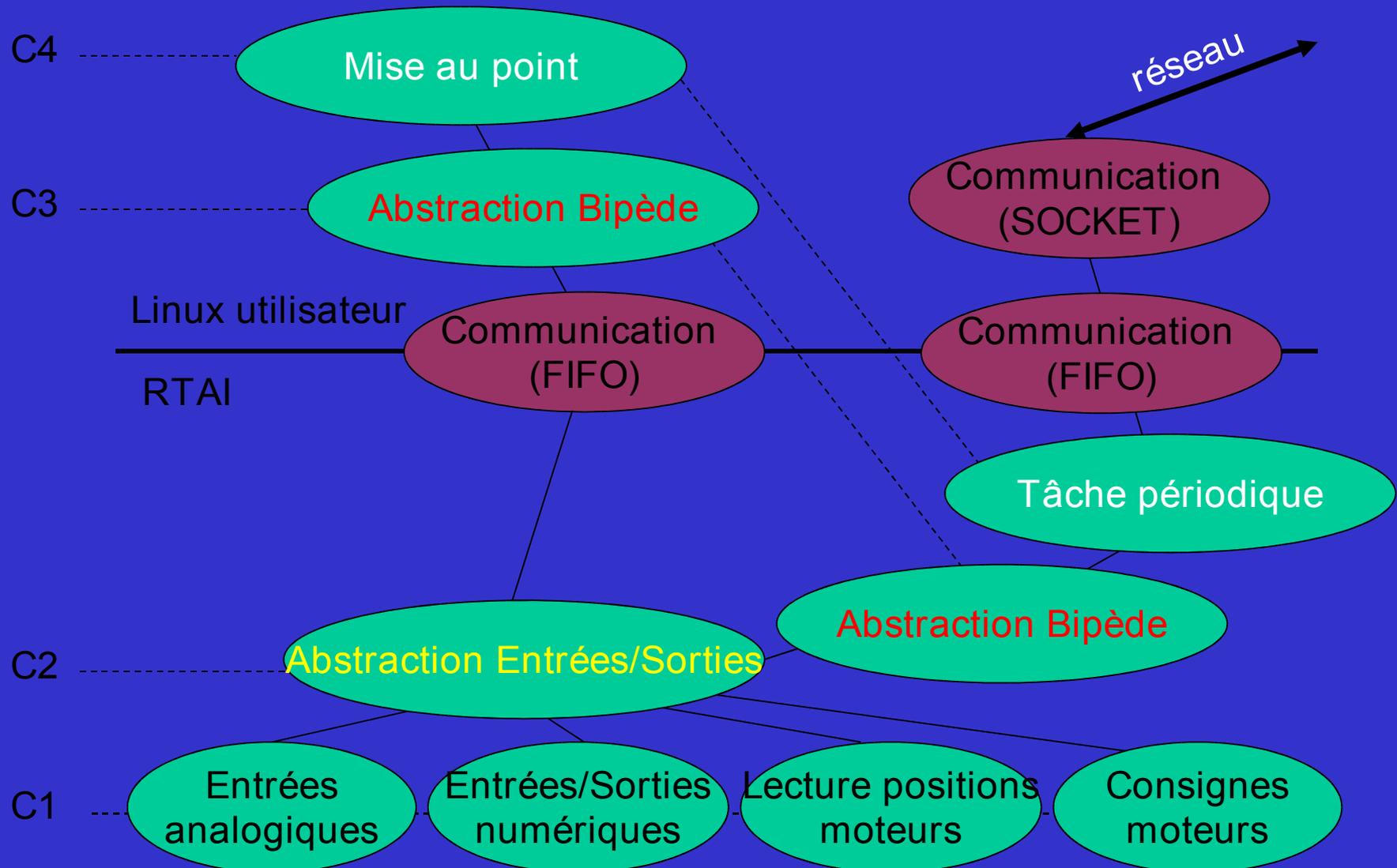
Test élémentaire
pour évaluer Linux
comme solution
possible...

> Relative bonne
stabilité temporelle
d'une tâche
cadencée à 10 ms.

Passage de VxWorks à Linux : portage Linux



Passage de VxWorks à Linux : portage RTAI



Passage de VxWorks à Linux : résultat des portages

La nouvelle architecture permet :

- De réaliser plus de calculs en embarqué,
- Le calcul déporté sur un PC hôte,
- La cadence de 10 ms est conservée sous Linux, et peut être garantie et/ou abaissée sous Linux/RTAI (version en phase finale de portage).

Passage de VxWorks à Linux : points de comparaisons

Installation du produit :

- Les distributions Wind River sont bien faites. Seul bémol pour la gestion des licences.
- Du côté Linux, et surtout Linux/RTAI, les problèmes de versions et de corrections demandent une connaissance a priori plus importante.

Passage de VxWorks à Linux : points de comparaisons

Conception logicielle :

- VxWorks n'a qu'un seul espace mémoire de travail, c'est pratique.
- Linux impose deux espaces de travail ; utilisateur et noyau. L'architecture logicielle est plus compliquée.

Passage de VxWorks à Linux : points de comparaisons

La chaîne de compilation est similaire.
Développement croisé sur la base de gcc.

Passage de VxWorks à Linux : points de comparaisons

Robustesse...

En cas de « crash » du programme, il est plus facile de récupérer la main sous VxWorks que sous Linux (Noyau) ou Linux/RTAI.

Passage de VxWorks à Linux : points de comparaisons

Débogage de premier niveau (« printf ») :
Plus complet sous VxWorks que dans
l'espace noyau de Linux (ou RTAI).

Passage de VxWorks à Linux : points de comparaisons

Utilisation d'outils dédiés (débugueur,
traçage d'événements) :

- Efficace sous VxWorks.
- Non testé sous Linux, mais a priori, plus dur à mettre en œuvre. (besoin de deux cibles, besoin de recompiler le noyau)

Passage de VxWorks à Linux :

points de comparaisons

Résumé	VxWorks	Linux/RTAI
Distribution	+	-
Conception logicielle	+	-
Compilation	+	+
Robustesse	+	-
Débogage	+	-
Coût	-	+++

Conclusion et Perspectives

Conclusion et Perspectives (1)

Les deux plates-formes robotiques (CYCAB et robot bipède) fonctionnent de manière satisfaisante.

Certaines incertitudes sur le portage de VxWorks vers Linux (ou Linux/RTAI) des pilotes de bas niveau ont été levées assez facilement.

Le passage de VxWorks à Linux/RTAI est une réussite.

Conclusion et Perspectives (2)

Le manque d'outils de développement est sans doute le maillon faible d'une solution Linux/RTAI. Aussi d'autres solutions pour d'autres plates-formes ne sont pas exclues.

FIN

<http://www.inrialpes.fr/sed>

herve.mathieu@inrialpes.fr