

# LINUX et le temps réel

*Pierre-Yves Duval (cppm)*



CENTRE NATIONAL  
DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

**IN2P3**

INSTITUT NATIONAL DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE  
ET DE PHYSIQUE DES PARTICULES



**Ecole d'informatique temps réel - La Londe les Maures 24-28 Mars 2003**

# Sommaire

- Contexte et contraintes pour l'embarqué et le temps réel
- Caractéristiques de l'offre des OS embarqués et temps réel
- Principaux OS temps réel
- Evolution du marché
- Motivation pour aller vers LINUX
- Limites de LINUX
- Types de solutions LINUX pour l'embarqué et le temps réel
- Noyaux LINUX disponibles pour l'embarqué et le temps réel
- Les couts de LINUX
- Expériences connues dans notre domaine
- Conclusions

# Contexte et contraintes de l'embarqué et du temps réel

## Temps réel

- Besoin de **déterminisme et de réactivité** mais peut tourner sur une machine puissante avec de la mémoire (type station de travail en chassis VME ou sur table)

## Embarqué

- Besoin **d'autonomie et d'économie en ressource mémoire**, souvent un CPU peu puissant

## Dans les deux cas:

- Besoin important de communication (boot et activités)
- Besoin de fiabilité et de fonctionnement permanent

# Caractéristiques de l'offre d'OS pour le temps réel et l'embarqué

- Marché **très segmenté** (par plateformes et domaines d'applications) (automobile, avionique, télécom, haute sécurité, microcontrôleurs, électronique de grande consommation, multimédia ...)
- Nombreuses **sociétés moyennes ou petites** assez volatiles (pérennités, capacités à suivre l'évolution technologique hard et soft)
- **Coût élevé des licences** car peu de clients et beaucoup de travail pour suivre l'évolution technologique hard et soft.
- Environnement de **développement plus ou moins confortable** (logiciel de développement plus ou moins intégré, travail sur cible ou machine ... )

# Principaux OS temps réel



Tornado, VxWorks



LynxOs et Blue Cat Linux



QNX Neutrino



Windows CE

Sur nos expériences on peut trouver OS9, VRTX, PSOS en voie de disparition.

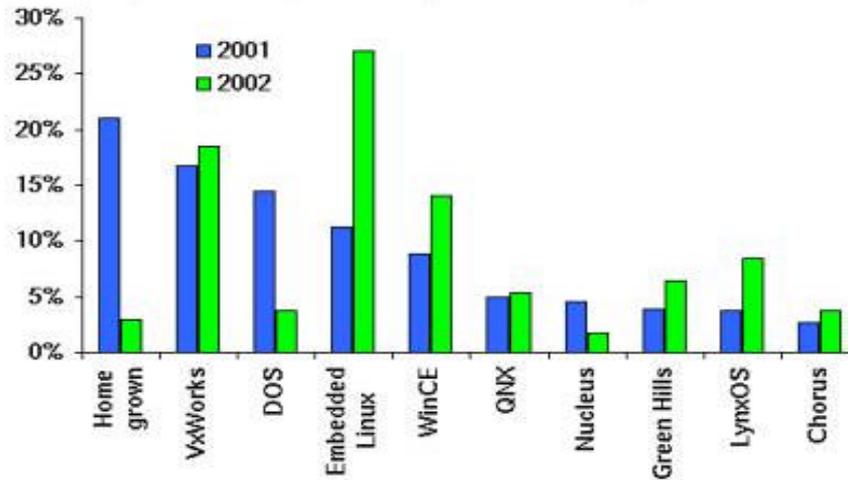
Et beaucoup d'autres ... dont certaines solutions pour compléter Windows NT ou Linux avec des fonctions « temps réel stricte »

Voir [www.embeddedtechnology.com/buyersguide](http://www.embeddedtechnology.com/buyersguide)

Software>>real Time Operating Systems (RTOS) and kernels

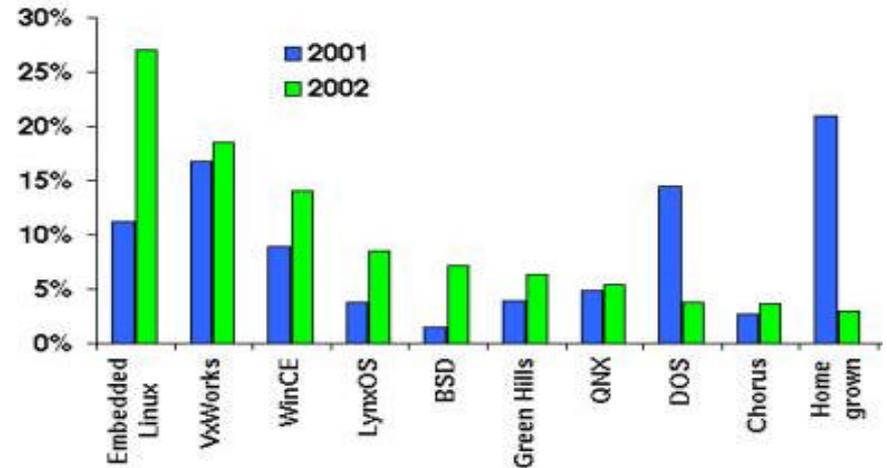
# Evolution du marché

**Embedded OS trends 2001–2002, sorted by 2001 usage**  
(multiple selections permitted; top 10 for 2001 shown)



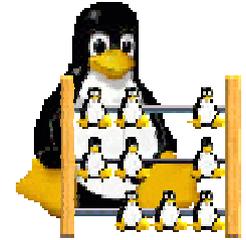
Source: Evans Data Corporation 2001 Embedded Systems Developer Survey

**Embedded OS trends 2001–2002, sorted by 2002 expectation**  
(multiple selections permitted; top 10 for 2002 shown)



Source: Evans Data Corporation 2001 Embedded Systems Developer Survey

# Motivations pour aller vers LINUX en temps réel



## L'intérêt de LINUX:

- Abondance d'information et support gratuit: documents sur le WEB, groupes de news, expériences dans la communauté académique et scientifique ...
- Code de qualité et ouvert
- Fiabilité reconnue du système
- Absence de coût de licence (attention il y a un coût, voir plus loin)
- Portabilité sur différentes plateformes matérielles

## L'intérêt spécifique en temps réel:

- Environnement homogène entre les machines TR et non TR
- Communauté ouverte et de plus en plus nombreuse
- Drivers ouverts (libres)

# Limites de LINUX pour l'embarqué et le temps réel

- Le LINUX standard n'est **pas un système déterministe** même s'il est de plus en plus réactif (*IT en 7?s sur DELL récent*). Il faut donc un LINUX « spécial » plus ou moins proche du noyau officiel.  
(la version 2.5 prévoit d'intégrer deux patchs connus pour améliorer sensiblement ses réactivité et déterminisme)
- **Le besoin de mémoire**: le noyau standard a besoin d'au moins 1Meg de RAM en mémoire pour s'installer et de 4 Meg de RAM minimum pour tourner
- Les distributions de LINUX prévoient les drivers standards mais il vous faudra trouver/développer les **drivers pour vos matériels et la cartes industrielles** sur lesquels vous faite tourner votre système.  
(certains fournisseurs de carte le font, exemple: CES)

# Types de solutions LINUX pour l'embarqué et le temps réel

Deux approches pour faire du LINUX en temps réel

## 1- Les noyaux standards modifiés: Full LINUX pour TR souple

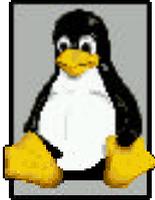
Les distributeurs sont partis d'un noyau standard (actuellement 2.4) et ont fait des modifications dans l'ordonnanceur pour améliorer la réactivité et le déterminisme.

## 2- Les sous-noyaux gérant le matériel: couche OS-TR pour TR dur

On ajoute un micro OS temps réel qui tourne sous LINUX et gère directement le matériel. Il transmet à LINUX standard (patché pour y inclure les accroches du sous-noyau) tous les événements qui ne le concernent pas.



# Principaux noyaux disponibles



## 1- Les noyaux standards modifiés: Full LINUX

Hard Hat Linux [Monta Vista](#) [www.mvista.com](http://www.mvista.com)

Blue Cat Linux [LinuxWorks](#) [www.lynuxworks.com](http://www.lynuxworks.com)

(compatibilité binaire avec LynOs)

Timesys Linux [TimeSys](#) [www.timesys.com](http://www.timesys.com)

Embedix [Lineo](#) [www.lineo.com](http://www.lineo.com)

## 2- Les sous-noyaux gérant le matériel: couche OS-TR

RTLinux [FSMLabs](#) [www.fsmlabs.com](http://www.fsmlabs.com)

RTAI [Politecnico Aerospaziale di Milano](#) [www.rtai.org](http://www.rtai.org)

Dans une certaine mesure l'intégration de C5 s'apparente à ce modèle.

# Les coûts de LINUX

Si on ne veut (ou peu pas acheter) une distribution payante, prêt à l'emploi sur la machine que l'on utilise :

Temps de **formation**, de **suivi** et de **travail** en plus (investissement).

- Besoin de temps et de compétences plus ou moins pointues pour:
  - porter sur la carte (**très difficile**)
  - écrire les drivers pour les composants spéciaux (**difficile**)
  - compiler un noyau adapté à notre carte (**possible**)
  - trouver et adapter les outils pour notre environnement:
    - compilateur, web, pile TCP ... autre logiciels open source ...  
(selon les cas c'est facile à déraisonnable)
  - suivre les évolutions du noyau et revalider

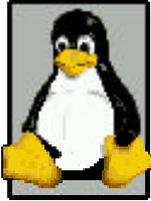
# Expériences connues dans notre domaine

## Temps réel

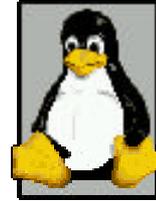
- **RTLinux** et **RTAI** sur carte VME pour LAG64 (Xavier Graves LPNO)

## Embarqué

- **Linux standard** sur ETRAX 100 LX pour OPERA (Serge Gardien IPNL)
- **Linux standard** Crédit Card PC embarqué pour LHCb (Pierre-Yves Duval CPPM)
- Evaluation sur micro-contrôleur Motorola 860 pour le DAQ ANTARES (Shebli Anvar DAPNIA)
- Evaluation d'un cœur de processeur NIOS sur FPGA ALTERA faisant tourner une **version sans MMU de LINUX** (Pierre-Yves Duval CPPM)



# CONCLUSIONS



- Il existe une offre sérieuse et diversifiée de distributions de versions temps réel et embarqué de LINUX: libres et payantes
- Dans ces domaines LINUX est en pleine expansion
- En HEP ceci permet de s'affranchir des OS traditionnels aux licences très chères et d'être homogène avec le reste de nos machines de calcul.
- Engageons nous dans ce type de solutions et mutualisons les expériences et compétences acquises dans notre domaine

Un très bon livre récent sur LINUX pour l'embarqué:  
Pierre Ficheux « LINUX embarqué » Eyrolles