

ENSEIRB

La connectivité Internet

Patrice KADIONIK

email	: kadionik@enseirb.fr
http	: http://www.enseirb.fr/~kadionik

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué

© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 1 -

PARTIE 0 : INTRODUCTION

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué

© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 2 -

INTRODUCTION

- Cette formation a pour but de présenter tous les éléments techniques pour comprendre le concept de connectivité Internet :
 - les systèmes embarqués aujourd'hui: systèmes embarqués, Temps Réel, Linux embarqué, Codesign...
 - connectivité Internet : introduction réseau, protocoles Internet, connectivité IP.
 - positionnement par rapport à l'offre réseau de terrain.
- Une vue de l'offre Internet embarqué sera donnée en proposant des solutions matérielles et/ou logicielles pour ajouter une connectivité IP à un système électronique.
- Des exemples d'applications Internet embarqué mises en œuvre à l'ENSEIRB seront décrits.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué

© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 3 -

CONNECTIVITE INTERNET : UNE INTRODUCTION

- La connectivité Internet permet de raccorder tout système électronique (système embarqué) au réseau Internet. On parle aussi de connectivité IP (*Internet Protocol*).
- Ajouter une connectivité IP à un système électronique permet de le contrôler à distance de n'importe où dans le monde :
 - par une application réseau.
 - plus simplement par le « *web* » en utilisant un navigateur Internet (Netscape, Internet Explorer...).

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs

- 4 -

CONNECTIVITE INTERNET : UNE DEFINITION

- Cette ultime (?) étape est l'aboutissement du contrôle à distance d'un système électronique :
 - par un terminal VT100 80x24 caractères relié par une liaison série RS.232/V.24.
 - par une application graphique sur un PC relié par une liaison série.
 - par une application graphique X11 sur un PC ou une station de travail relié par une liaison Ethernet (ou par un bus de terrain).
 - par une application **graphique** de type navigateur *web* sur un équipement de contrôle (PC, station de travail, ordinateur de poche, téléphone portable...) relié à l'Internet.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs

- 5 -

CONNECTIVITE INTERNET : UNE DEFINITION

- La connectivité IP demande d'embarquer une suite de protocoles Internet sur le système électronique pour pouvoir être mise en œuvre.
- On parle alors de protocoles Internet embarqués (sur le système) ou plus simplement d'Internet embarqué.
- La suite des protocoles IP à embarquer est moins ou moins importante en fonction du service à implanter :
 - contrôle par une application réseau spécifique.
 - contrôle par le web.
 - envoi d'*emails*.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs

- 6 -

**PARTIE 1 :
LES SYSTEMES EMBARQUES AUJOURD 'HUI.
LE BESOIN D 'EMBARQUER INTERNET**

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 7 -

IMPORTANCE DU MARCHÉ DE L 'EMBARQUE

- Les systèmes (numériques) embarqués ont vu leur importance progresser au rythme de l'importance prise par les microprocesseurs.
 - 1971 : premier microprocesseur 4 bits 4004 d'Intel à 92,5 kHz vendu 200 \$. Le succès a été là tout de suite.
 - Motorola, Zilog, TI ont emboîté le pas...
- Le marché des microprocesseurs est un marché qui croît de façon exponentielle.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 8 -

IMPORTANCE DU MARCHÉ DE L 'EMBARQUE

- Deux lois empiriques sont vérifiées depuis 30 ans (en plus de la loi de Moore) :
 - Loi de JOY : la puissance CPU en MIPS double tous les 2 ans.
 - Loi de RUGE : on a besoin d'une Bande Passante de 0,3 à 1 Mb/s par MIPS.
- Le marché du microprocesseur a aussi tiré le marché des systèmes embarqués (et des télécommunications !).

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 9 -

IMPORTANCE DU MARCHÉ DE L'EMBARQUÉ

- Grâce aux progrès de l'intégration sur silicium, on est passé rapidement du processeur 4 bits au :
 - processeur 8 bits.
 - processeur 16 bits.
 - processeur 32 bits.
 - processeurs 64 bits.
- Il ne faut pas croire que le marché du microprocesseur se résume à celui du PC via les processeurs x86.

ENSEIRB - JESSICA

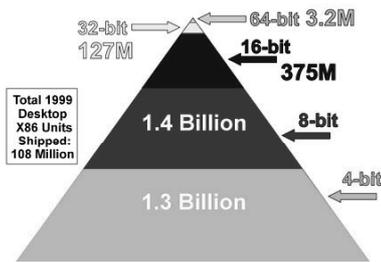
Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 10 -

IMPORTANCE DU MARCHÉ DE L'EMBARQUÉ

- La figure suivante démontre le contraire (année 1999) :



ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 11 -

IMPORTANCE DU MARCHÉ DE L'EMBARQUÉ

- Il a été vendu 108 millions de processeurs x86 pour le marché du PC contre 1,4 milliard de processeurs 8 bits pour le marché des systèmes embarqués (appelé aussi marché de l'embarqué) !
- On voit ainsi que 5 % des processeurs vendus sont pour le marché du PC. Dans 85 % des cas, Microsoft Windows est utilisé.
- Pour 95 % des autres processeurs vendus, on utilisera généralement un autre système d'exploitation (OS : *Operating System*).
- On trouvera ici dans 60 % des cas un OS propriétaire ; beaucoup optent pour des OS libres comme Linux pour limiter les coûts...

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 12 -

LE CHOIX D'UN PROCESSEUR POUR L'EMBARQUE

Embedded Processor	System Requirement	Feature	Benefit
Microcontroller	I/O Control	I/O Ports with bit-level control	Efficient control of external devices Direct interface to actuators, switches and digital status signals
	Peripheral Communication	Serial Ports : SPI, PC, Microwire, UART, CAN	Hardware support for expansion & external device networking and communications
	Precision control of motors and actuators	Sophisticated timers and PWM peripherals	Low software overhead
	Quickly resolve complex software program control flow	Conditional jumps Bit test instructions Interrupt priority control	Efficiently implement control oriented algorithms
	Fast response to external events	External interrupts with multiple priority levels	Program control immediately redirected on event occurrence with minimal overhead
Conversion of sensor data	Analog-to-Digital Converters (A/D)	Hardware support for external sensors	

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 13 -

LE CHOIX D'UN PROCESSEUR POUR L'EMBARQUE

Embedded Processor	System Requirement	Feature	Benefit
DSP	Software Filters	Multiply/Accumulate Unit Zero-overhead loops	Digital filtering in few cycles
	Interface to codecs	High-speed serial ports	Hardware support for translation of analog signals
	High data Throughput from serial ports	Peripheral DMA	Less wasted cycles fetching data from serial ports
	Fast data access	Harvard architectures and variants	Fast execution of signal processing algorithms

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 14 -

LE CHOIX D'UN PROCESSEUR POUR L'EMBARQUE

Besoin	Miniature	Petit	Moyen	Haut de gamme	PC embarqué	Embarqué haute disponibilité
Taille RAM	<0,1 Mo	0,1-4 Mo	2-8 Mo	8-32 Mo	16-64 Mo	> x Mo
Taille ROM/FLASH	0,1-0,5 Mo	0,5-2 Mo	2-4 Mo	4-16 Mo	FLASH	Go-To
Processeurs	DragonBall 68K Moore ColdFire ARM	MIPS Hitachi SH x86 PowerPC				Pentium PowerPC
Caractéristiques matérielles	MMU optionnelle	Ardoise Internet Carte unité centrale System on Chip (SoC)				CompactPCI
Exemples d'applications	Caméra numérique PDA Téléphone	Routeur Décodeur Stockage en réseau Imprimante en réseau				Commutateur téléphonique Routeur haute performance Serveur central

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 15 -

LES SYSTEMES EMBARQUES ET LE TEMPS REEL

- Un système embarqué peut être défini comme un système électronique et informatique autonome ne possédant pas des entrées/sorties standards comme un clavier ou un écran d'ordinateur (PC).
- Le système matériel et l'application sont intimement liés et noyés dans le matériel et ne sont pas aussi facilement discernables comme dans un environnement de travail classique de type PC.

On peut citer comme exemples de systèmes embarqués :

- un four à micro ondes, une télécommande de TV, une fusée, un missile.

ENSEIRB - JESSICA

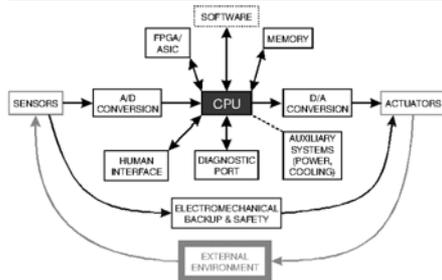
Internet embarqué



© pl2/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 16 -

LES SYSTEMES EMBARQUES ET LE TEMPS REEL

Typical Embedded System Organization



ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl2/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 17 -

LES SYSTEMES EMBARQUES ET LE TEMPS REEL

- Généralement, un système embarqué doit respecter :
 - des contraintes temporelles fortes (*Hard Real Time*).
 - on y trouve enfoui un système d'exploitation ou un noyau Temps Réel (*Real Time Operating System, RTOS*).
- Le Temps Réel est un concept un peu vague. On pourrait le définir comme : "Un système est dit Temps Réel lorsque l'information après acquisition et traitement reste encore pertinente".

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl2/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 18 -

LES SYSTEMES EMBARQUES ET LE TEMPS REEL

- Cela veut dire que dans le cas d'une information arrivant de façon périodique (sous forme d'une interruption périodique du système), les temps d'acquisition et de traitement doivent rester inférieurs à la période de rafraîchissement de cette information.
- Pour cela, il faut que le noyau ou le système Temps Réel soit *déterministe* et *préemptif* pour toujours donner la main durant le prochain *tick* à la tâche de plus forte priorité prête.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 19 -

LES SYSTEMES EMBARQUES ET LE TEMPS REEL

- Une confusion classique est de mélanger Temps Réel et rapidité de calcul du système donc puissance du processeur (microprocesseur, microcontrôleur, DSP).
- On entend souvent : “ Être temps Réel, c'est avoir beaucoup de puissance : des MIPS, des MFLOPS... ”.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 20 -

LES SYSTEMES EMBARQUES ET LE TEMPS REEL

- Outre les contraintes Temps Réel que l'on retrouve souvent dans un système embarqué, il existe d'autres contraintes importantes à prendre en compte :
 - l'encombrement.
 - l'environnement extérieur.
 - l'aspect mécanique.
 - la consommation.
 - la tolérance aux fautes.
 - le durcissement aux rayonnements.
 - ...

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 21 -

LES SYSTEMES EMBARQUES ET LINUX

- Linux depuis presque 3 ans est en train de conquérir un domaine où on ne l'attendait pas vraiment : l'univers des systèmes embarqués.
- Pourquoi retrouve-t-on Linux dans l'embarqué ? Tout d'abord pour ses qualités qu'on lui reconnaît maintenant dans l'environnement plus standard du PC grand public :
 - Libre, disponible gratuitement au niveau source : pas de royalties à reverser.
 - Ouvert.
 - Différentes distributions proposées pour coller au mieux à un type d'application.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 22 -

LES SYSTEMES EMBARQUES ET LINUX

- Pourquoi retrouve-t-on Linux dans l'embarqué ? Tout d'abord pour ses qualités qu'on lui reconnaît maintenant dans l'environnement plus standard du PC grand public :
 - Stable et efficace.
 - Aide rapide en cas de problèmes par la communauté Internet des développeurs Linux.
 - Nombre de plus en plus important de logiciels disponibles.
 - **Connectivité IP en standard.**

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 23 -

LES SYSTEMES EMBARQUES ET LINUX

- Linux a aussi d'autres atouts très importants pour les systèmes embarqués :
 - Portage sur processeurs autres que x86 : PowerPC, ARM, MIPS, 68K, ColdFire...
 - Taille du noyau modeste compatible avec les tailles de mémoires utilisées dans un système embarqué (500 Ko pour Hard Hat Linux de MontaVista).
 - Différentes distributions proposées suivant le domaine : routeur IP, PDA, téléphone...
 - Support du chargement dynamique de modules qui permet d'optimiser la taille du noyau.
 - Migration rapide et en douceur pour un spécialiste Linux à Linux embarqué ; ce qui réduit les temps de formation (et les coûts...)

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 24 -

LES SYSTEMES EMBARQUES ET LINUX

- On a en fait entendu parler pour la première fois officiellement de Linux embarqué à une exposition *Linux World* en 1999 où les sociétés Motorola, Force et Ziatech ont présenté un système CompactPCI fonctionnant sous Linux.
- En 2000 a été créé le consortium Linux embarqué (*Embedded Linux Consortium*) dont le but est de centraliser et de promouvoir les développements de solutions Linux embarqué. Ce consortium regroupe des éditeurs de distribution Linux, des éditeurs de systèmes Temps Réel propriétaires (comme WindRiver pour VxWorks) et des fabricants de composants. Il compte actuellement plus de 100 membres.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 25 -

LES SYSTEMES EMBARQUES ET LINUX

- Les distributions Linux embarqué ont une part de marché grandissante face à des distributions propriétaires généralement Temps Réel comme VxWorks, pSOS, QNX... où l'on est d'abord obligé de payer pour accéder à la plateforme de développement puis de payer des royalties pour chaque système (ou cible) que l'on commercialise ensuite.
- Il est à noter que l'on observe une évolution de ce système à péage de certains face à la "menace" Linux.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 26 -

LES SYSTEMES EMBARQUES ET LINUX

- Linux embarqué supporte aussi différentes extensions Temps Réel qui mettent en place une couche d'abstraction logique entre matériel, interruptions et Linux. Linux et l'ensemble des processus sont généralement considérés comme la tâche de fond exécutée quand il y a rien de Temps Réel à faire...
- On peut citer comme extensions Temps Réel :
 - La distribution RTLinux et sa distribution Mini RTLinux pour l'embarqué.
 - La distribution RTAI.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 27 -

CODESIGN : QUAND LE MATERIEL REJOINT LE LOGICIEL

- La capacité de conception de systèmes numériques permet aujourd'hui de tout intégrer dans un même composant (concept du *single chip*).
- On travaille donc au niveau système et non plus au niveau porte élémentaire ou schématique. On parle de système sur silicium SoC (*System on Chip*) ou SoPC (*System on Programmable Chip*).
- Ceci est lié à la loi empirique de Moore qui dit que pour une surface de silicium donné, on double le nombre de transistors intégrés tous les 18 mois !

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 28 -

CODESIGN : QUAND LE MATERIEL REJOINT LE LOGICIEL

	1998	1999	2001
Technologie	0,25 μm	0,18 μm	0,15 μm
Complexité	1 M de portes	2-5 M	5-10 M

Loi de Moore

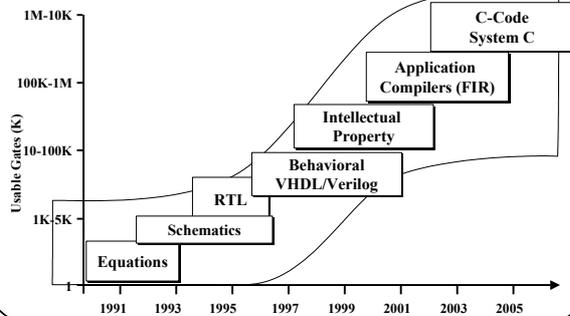
ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 29 -

CODESIGN : QUAND LE MATERIEL REJOINT LE LOGICIEL



ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 30 -

CODESIGN : QUAND LE MATERIEL REJOINT LE LOGICIEL

- On utilise maintenant des langages de description du matériel (VHDL, Verilog) pour synthétiser et aussi tester les circuits numériques. On a ainsi une approche logicielle pour concevoir du matériel.
- Avec l'augmentation de l'intégration, les systèmes numériques se sont complexifiés alors que la mise sur le marché doit être la plus rapide possible :
 - Prise en compte du *Time To Market* (TTM).
 - Réutilisation de choses déjà réalisées (*Design Reuse*).

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 31 -

CODESIGN : QUAND LE MATERIEL REJOINT LE LOGICIEL

- On a ainsi vu apparaître la notion de blocs IP (*Intellectual Property*) qui est possible par l'utilisation des langages de description du matériel.
- On achète des blocs IP comme on achète un circuit intégré :
 - interface CAN.
 - DCT.
 - Interface MAC IEEE 802.3 10BaseT qui est la condition nécessaire pour assurer la connectivité IP sur réseau Ethernet.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 32 -

CONNECTIVITE IP : UN PREMIER BILAN

- La connectivité IP permet de raccorder tout système électronique (système embarqué) au réseau Internet. Elle met en œuvre une suite de protocoles Internet que l'on doit embarquer sur le système.
- Avec une frontière de plus en plus floue entre matériel et logiciel, on voit apparaître maintenant de véritables offres de *codesign*. En conséquence, l'ajout de la connectivité IP qui se faisait en grande partie en logiciel a tendance maintenant à être remplacée par son homologue matériel (utilisation d'un bloc IP).

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 33 -

CONNECTIVITE IP : UN PREMIER BILAN

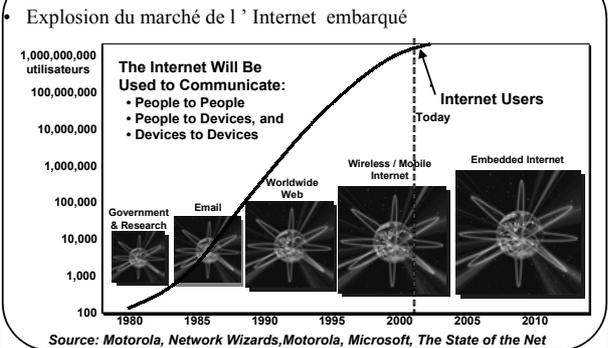
- La connectivité IP permet de contrôler un équipement électronique de n'importe où dans le monde. Cet équipement peut à son tour prévenir un opérateur n'importe où dans le monde.
- La connectivité IP présume inconsciemment l'utilisation d'interfaces graphiques modernes et banalisées (navigateur web...) en adéquation avec les besoins (de confort) actuels des clients.
- C'est en fait l'aboutissement d'un lent processus de modernisation du télécontrôle allant de la liaison série RS.232/V.24 déportée sur un terminal VT100 à l'*applet Java* exécutée par un navigateur web interrogeant un serveur web embarqué !

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



CONNECTIVITE IP : UN PREMIER BILAN

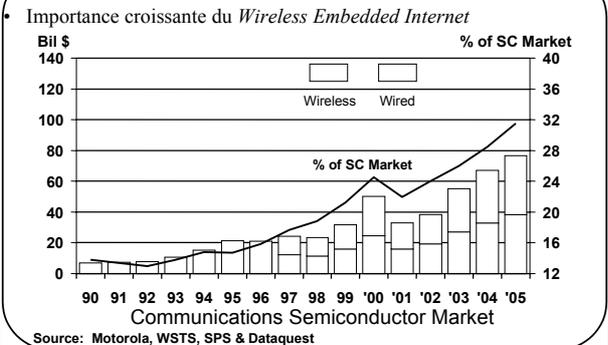


ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



CONNECTIVITE IP : UN PREMIER BILAN



ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



**PARTIE 1 :
CONNECTIVITE IP : LA MISE EN ŒUVRE
DES PROTOCOLES INTERNET.
COMMENT CA MARCHE ?**

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 37 -

PRESENTATION DES CONCEPTS RESEAU

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 38 -

INTRODUCTION

- La connectivité IP met en œuvre différents protocoles Internet qu'il convient de présenter (de façon générale). Qui fait quoi ?
- Une introduction réseau sera donnée pour mieux comprendre l'imbrication des différents protocoles IP.
- Internet est un réseau de transmission de données et est basé en partie sur le modèle OSI des systèmes ouverts qu'il faut introduire.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 39 -

INTRODUCTION RESEAU

- Le modèle OSI est le modèle d'interconnexion des systèmes ouverts (OSI) de l'Organisation de Standardisation Internationale (ISO) (norme ISO 7498 en 1983).
- Le modèle OSI est une base de référence pour identifier et séparer les différentes fonctions d'un système de communication (vue de l'esprit, modèle logique).
- Un réseau de communication est basé sur une structure en couches.

OSI - Open System Interconnexion
ISO - International Standardisation Organism

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 40 -

INTRODUCTION RESEAU

- Le modèle OSI est un modèle hiérarchique à plusieurs couches ou niveaux :
 - Une couche est créée quand un niveau d'abstraction est nécessaire.
 - Chaque couche exerce une ou plusieurs fonctions précises.
 - Le choix des frontières entre chaque couche doit limiter le flux de données échangées.
 - Le nombre de couches doit être suffisant pour éviter de faire cohabiter dans une même couche des fonctions trop différentes.

MODELE OSI A 7 COUCHES

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 41 -

INTRODUCTION RESEAU

- Le modèle OSI ne propose pas une architecture de réseau universelle.
- Le modèle OSI décrit seulement ce que chaque couche doit réaliser.
- L'ISO a quand même proposé des normes (protocoles) pour ces couches (HDLC, LAP-B...) reprises par l'UIT-T.
- Chaque couche assure un ensemble de fonctions spécifiques :
 - Chaque couche utilise les services de la couche immédiatement inférieure pour rendre à son tour un service à la couche immédiatement supérieure.
 - Une entité est l'élément actif d'une couche (matériel, logiciel).
 - Les entités d'une même couche sur 2 noeuds différents sont des entités paires ou homologues.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 42 -

INTRODUCTION RESEAU

couche (N) N - PDU N - SAP

couche (N-1) (N-1) - PCI (N-1) - SDU (N-1) - PDU

couche (N - 2)

• Application du principe d'encapsulation des données passées d'un niveau à un autre («poupées russes») :

- Encapsulation des données vers les niveaux inférieurs (**émission**).
- Désencapsulation des données vers les niveaux supérieurs (**réception**).
- Diminution du débit utile.

ENSEIRB - JESSICA *Internet embarqué* ENSEIRB

© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 43 -

INTRODUCTION RESEAU

noeud A données noeud B

7 application AH données application 7

6 représentation RH données représentation 6

5 session SH données session 5

4 transport TH données transport 4

3 réseau RH données réseau 3

2 liaison DH données DT liaison 2

1 physique données bits physique 1

SUPPORT PHYSIQUE

• Le modèle OSI possède 7 couches :

- ☞ Couches 1 à 4 : **couches basses** chargées d'assurer un transport optimal des données.
- ☞ Couches 5 à 7 : **couches hautes** chargées du traitement des données (représentation, cryptage...).

ENSEIRB - JESSICA *Internet embarqué* ENSEIRB

© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 44 -

INTRODUCTION RESEAU

- Couche 1 ou couche physique :
 - ☞ Mode de représentation des données (bits) ou codage.
 - ☞ Spécifications mécaniques et électriques.
 - ☞ Synchronisation, détection erreur bit.
- Couche 2 ou couche liaison de données :
 - ☞ Assure un premier niveau de contrôle de la transmission en offrant un service de transmission sécurisé.
 - ☞ Structuration des données sous forme de trames.
 - ☞ Détection et correction (par retransmission) des erreurs. et non corrigées par le niveau 1 (utilisation de codes détecteur/correcteur d'erreur CRC pour erreur trame).

CRC : Code de Redondance Cyclique

ENSEIRB - JESSICA *Internet embarqué* ENSEIRB

© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 45 -

INTRODUCTION RESEAU

- Couche 3 ou couche réseau :
 - ☞ Routage et acheminement des données formatées en paquets à travers les différents noeuds du réseau (notion d'adresse).
 - ☞ Gestion de la congestion dans le réseau.
- Couche 4 ou couche transport :
 - ☞ Gestion du dialogue entre les 2 noeuds actifs.
 - ☞ Formatage des données sous forme de messages adaptés au niveau 3.
 - ☞ Deux modes de connexion :
 - mode connecté : connexion de bout en bout sécurisé avec multiplexage de voies possible (ex : TCP) .
 - mode non connecté : service datagramme non fiable (ex : UDP).

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 46 -

INTRODUCTION RESEAU

- Couche 5 ou couche session :
 - ☞ Structuration du dialogue entre la session établie (break...).
- Couche 6 ou couche représentation :
 - ☞ Représentation des données manipulées par les 2 applications communicantes (format, compression, cryptage...).
- Couche 7 ou couche application :
 - ☞ Interface entre l'application de l'utilisateur et le service de communication.
 - ☞ Définition d'applications normalisées (messagerie...).

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 47 -

INTRODUCTION RESEAU Interconnexion

- Nécessité d'ajouter des éléments dans un réseau de communication :
 - ☞ Extension du réseau (plus de noeuds, plus long).
 - ☞ Connexion vers un autre type de réseau.
- Différents types d'équipements mis en œuvre suivant le niveau du modèle OSI considéré.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 48 -

INTRODUCTION RESEAU Interconnexion

• Répéteur ou amplificateur («repeater») :

- ☞ Amplification du signal pour augmenter la distance.
- ☞ Conversion de signaux (RS-485 vers fibre optique).

ENSEIRB - JESSICA Internet embarqué

© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 49 -

INTRODUCTION RESEAU Interconnexion

• Pont (*Bridge*) :

- ☞ Conversion de signaux (couche 1) et de format des trames du niveau liaison (couche 2).

ENSEIRB - JESSICA Internet embarqué

© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 50 -

INTRODUCTION RESEAU Interconnexion

• Routeur (*router*) :

- ☞ Conversion de format des paquets et notamment des adresses.
- ☞ Routage des paquets suivant adresse entrante vers des liens prédéfinis (sous-réseau ou *subnetwork*) (routeur IP).
- ☞ Système intelligent (diminution du débit).

ENSEIRB - JESSICA Internet embarqué

© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 51 -

INTRODUCTION RESEAU Critères de classification

- On peut classer un réseau suivant différents critères :
 - ☞ Distance entre les éléments les plus éloignés.
 - ☞ Débit maximum.
 - ☞ Nombre maximum de nœuds.
 - ☞ Protocoles mis en œuvre (méthode d'accès au médium).
 - ☞ Topologie.
- Les différentes topologies possibles sont :
 - ☞ Anneau (*ring*).
 - ☞ Etoile (*star*).
 - ☞ Bus.
 - ☞ Arbre (*tree*).
 - ☞ Quelconque.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



INTRODUCTION RESEAU Méthodes d'accès au médium

- Importance fondamentale de la couche liaison de données.
- Division en 2 sous-couches :
 - ☞ Sous-couche LLC (*Logical Link Control*) :
 - * Filtrage des messages.
 - * Recouvrement des erreurs bit / trame.
 - * Notification de surcharge (*overrun*).
 - ☞ Sous-couche MAC (*Medium Access*) :
 - * Mise en trame, gestion émission / réception.
 - * Détection / signalisation erreur bit.
 - * Arbitrage : gestion des accès simultanés sur le médium car collisions possibles (temps de latence).
 - * Importance de la topologie.

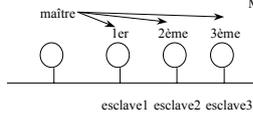
application	7
représentation	6
session	5
transport	4
réseau	3
LLC	2
MAC	1
physique	1

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



INTRODUCTION RESEAU Méthodes d'accès au médium



- Accès par «polling» :
 - ☞ Un noeud maître consulte périodiquement les noeuds esclaves par un message de polling leur donnant le droit d'émettre.
 - ☞ Système centralisé (Maître/Esclave).
 - ☞ Point faible : maître.
 - ☞ Peu efficace.
 - ☞ Communication entre esclaves possible via le maître.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



INTRODUCTION RESEAU
Méthodes d'accès au médium

maître esclave1 esclave2 esclave3

Sync maître Escl 1 Escl 2 Escl 3 Sync

temps →

- Accès par multiplexage temporel (*Time Division Multiple Access*) :
 - ☞ Emission d'un mot de synchronisation par le noeud maître.
 - ☞ Emission des données par tous les noeuds à un Intervalle de Temps précis (IT).
 - ☞ Taille des données fixe.
 - ☞ Meilleur efficacité que le polling .

ENSEIRB - JESSICA Internet embarqué

© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 55 -

INTRODUCTION RESEAU
Méthodes d'accès au médium

jeton

- Accès jeton sur anneau (*Token Ring*) :
 - ☞ Topologie en anneau.
 - ☞ Circulation d'une trame particulière (jeton) de noeud en noeud quand pas d'émission.
 - ☞ Le noeud désirant émettre sur le médium garde le jeton, émet sa trame puis rend le jeton.
 - ☞ Connexion point à point, déterminisme.
 - ☞ Problèmes si médium rompu, perte ou duplication de jeton.
 - ☞ Variante : bus à jeton.

ENSEIRB - JESSICA Internet embarqué

© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 56 -

INTRODUCTION RESEAU
Méthodes d'accès au médium

noeud 1 noeud 2 noeud 3 collision (ex : bus de terrain)

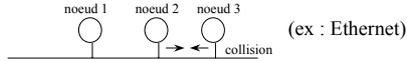
- Accès CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance*)
 - ☞ Les noeuds attendent un blanc avant d'émettre.
 - ☞ Chaque trame possède un identificateur (peut être l'identificateur du noeud).
 - ☞ On distingue le bit dominant du bit récessif.
 - ☞ Accès multiples possibles.
 - ☞ En cas de contention, l'arbitrage se fait sur les bits de l'identificateur («Bitwise Contention») (OU câblé).
 - ☞ Introduction de priorités.
 - ☞ Efficacité importante.
 - ☞ L'arbitrage introduit une longueur max du réseau :
time bit > 2 t_{prop} bus = 2 l bus/v

ENSEIRB - JESSICA Internet embarqué

© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 57 -

INTRODUCTION RESEAU

Méthodes d'accès au médium



• Accès CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection*) :

- ☞ Les nœuds attendent un blanc avant d'émettre.
- ☞ Si plusieurs émissions simultanées, détection de la collision.
- ☞ Accès multiples possibles.
- ☞ En cas de contention, l'arbitrage se fait par durée d'attente aléatoire pour chaque nœud en collision.
- ☞ Problème si charge élevée.
- ☞ Peu déterministe (risque de blocage).

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 58 -

PRESENTATION DES PROTOCOLES INTERNET

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 59 -

ARCHITECTURE DU RESEAU INTERNET

- Architecture en 4 couches :
 - médium (1 et 2 du modèle OSI).
 - réseau IP (sans connexion) (3 du modèle OSI).
 - transport TCP (avec connexion) ou UDP (sans connexion) (4 du modèle OSI).
 - application (5, 6 et 7 du modèle OSI).
- Fonctionnalité majeure :
 - Interconnexion de réseaux hétérogènes.

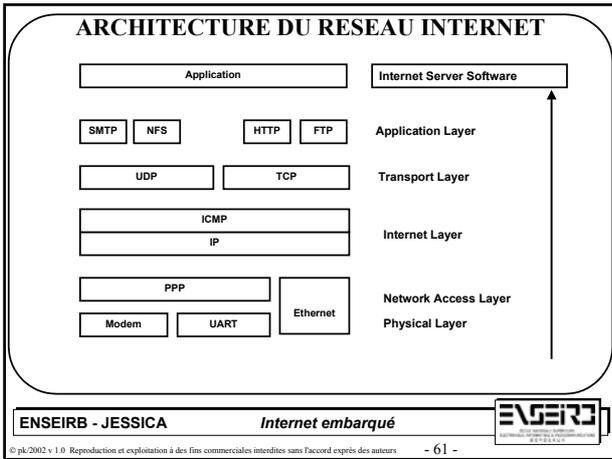
TCP : Transmission Control Protocol
UDP : User Datagram Protocol
IP : Internet Protocol

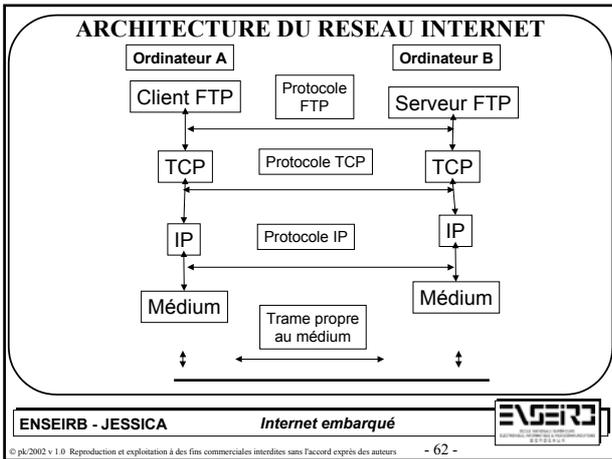
ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 60 -





ARCHITECTURE DU RESEAU INTERNET

- Les protocoles Internet sont indépendants du support de transmission ou médium choisi :
 - Ethernet : le plus commun.
 - Liaison série (pour accès à Internet par le RTC).
 - Liaison radio : GSM, BLR : on parle de *Wireless Internet*. Cette technologie est jeune et en cours de développement...
 - Courant porteur.
- Cette indépendance par rapport au médium en fait son intérêt et son universalité. On peut donc interconnecter des réseaux hétérogènes par Internet. On dit que l'on met IP sur tout (IP over ATM, IP over FR...).

C'est LE standard de fait.

ENSEIRB - JESSICA *Internet embarqué*

© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 63 -

ADRESSAGE

- Chaque ordinateur (ou système embarqué) est repéré de façon unique par une adresse Internet ou adresse IP. C'est une adresse sur 32 bits (4 octets). L'adresse est indispensable dans tout réseau de communication !
- Notation décimale pointée de 4 nombres entiers :
 - (1 par octet : nombre entre 0 et 255).
 - Ex : 147.210.18.138
- Une adresse IP comprend 2 champs :
<id. réseau> <id. machine>

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 64 -

ADRESSAGE

- Le premier octet code la classe de réseau. Ce découpage en classe permet de cataloguer les différents réseaux.
- Classe A pour les très grands réseaux de plus de $2^{16}=65536$ ordinateurs.
- Classe B pour les réseaux de 65536 ordinateurs maximum.
- Classe C pour les réseaux de 256 ordinateurs maximum.
- On trouve principalement en France des réseaux de classe B et C.
- La gestion des adresses est faite par INTERNIC. En France, c'est l'INRIA.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 65 -

ADRESSAGE

- Certaines combinaisons sont réservées :
 - ex : <id. réseau> <id. machine 0> : sert à identifier le réseau lui-même.
 - ex : 147.210.18.0
 - ex : <id. réseau> <id. machine 255> : *broadcast*.
 - ex : 147.210.18.255
- Certaines plages d'adresses sont réservées :
 - intranet : réseau d'ordinateurs proches non reliés à l'Internet mondial.
 - ...

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 66 -

DNS (*Domain Name System RFC 1034*)

- Les humains préfèrent les noms symboliques (chaîne de caractères) aux adresses IP : rôle du DNS.
- DNS : correspondance entre un nom symbolique et une adresse IP.
- Le DNS est un espace hiérarchisé de noms symboliques.
- Chaque nœud a un nom d'au plus 63 caractères (la racine a un nom nul).

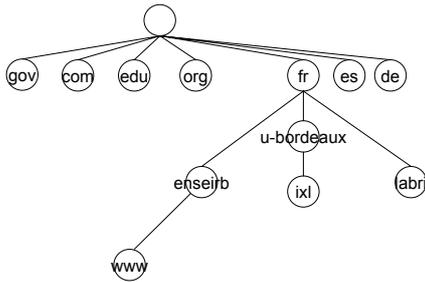
ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 67 -

DNS



ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 68 -

COUCHE LIAISON INTERNET

- C'est l'équivalent des couches 1 et 2 du modèle OSI. Les protocoles Internet au dessus ne voient pas les spécificités propres à chaque médium. Les protocoles IP sont indépendants du support de transmission.
- Le but est :
 - envoyer/recevoir des datagrammes IP.
 - envoyer/recevoir des requêtes ARP/RARP.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 69 -

COUCHE LIAISON INTERNET

réseau	IP, ARP, RARP
liaison	MAC(CSMA/CD), SLIP, PPP
physique	Ethernet, V.24, RTC, xDSL RNIS, radio, courant porteur

(R)ARP : (Reverse) Address Resolution Protocol
 CSMA/CD : Carrier Sense Medium Access/ Collision Detect
 MAC : Medium ACCess
 PPP : Point to Point Protocol (RFC 1548)
 SLIP : Serial Link IP (RFC 1055)

RTC : Réseau téléphonique Commuté
 RNIS : Réseau Numérique à Intégration de Services
 xDSL : x Digital Subscriber Line

ENSEIRB - JESSICA
Internet embarqué

© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 70 -

COUCHE LIAISON INTERNET

- On retrouve différents médiums :
 - Ethernet, le plus répandu. La méthode d'accès (MAC) est de type CSMA/CD.
 - Liaison série (et couplage à un modem RTC). On utilise dans ce cas des protocoles spécifiques : SLIP, PPP...
 - Liaison radio : (*Wireless Internet*). Exemple : GSM 2G : on dispose d'un canal de transmission de données à 9600 b/s (V.24). Le débit est faible !
 - Courant porteur.
- Pour chaque médium, on trouve définie au niveau liaison une trame : trame Ethernet, trame SLIP, trame PPP... Cette trame possède une taille **maximale**.

ENSEIRB - JESSICA
Internet embarqué

© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 71 -

COUCHE LIAISON ETHERNET

- Trame Ethernet IEEE 802.3 :

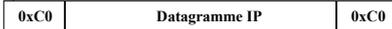
Contrôle (4octets) ←
Données (0-1500 octets) ←
 → **Type données (2 octets)**
 → **Adresse matérielle source : 6 octets**
 → **Adresse matérielle destination : 6 octets**
 → **Délimiteur de début de trame : 1 octet**
 → **Préambule : 7 octets**

ENSEIRB - JESSICA
Internet embarqué

© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 72 -

SLIP (Serial Line IP RFC 1055)

- Protocole très simple.
- Permet d'émettre des datagrammes IP entre 2 ordinateurs reliés par une liaison série.
- Les datagrammes IP sont émis sur la ligne avec un octet de séparation END :
 - END code 0xC0.
 - si END dans les données : ESC ESC_END (0x0D, 0xDC).
 - si ESC dans les données : ESC ESC_ESC (0x0D, 0xDD).
- Pas de détection d'erreurs.
- Pas de négociation (adresse IP, taille des paquets, protocole transporté).

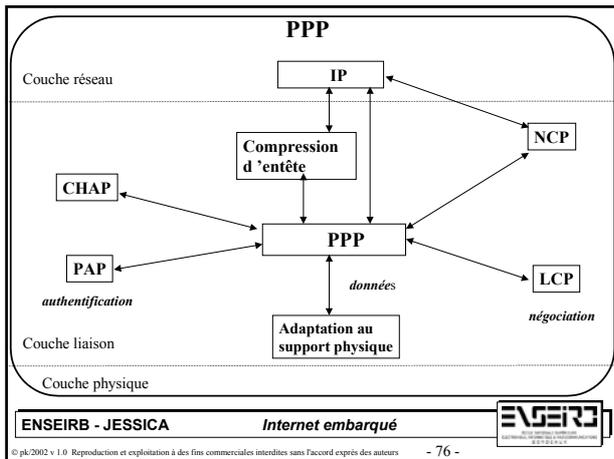


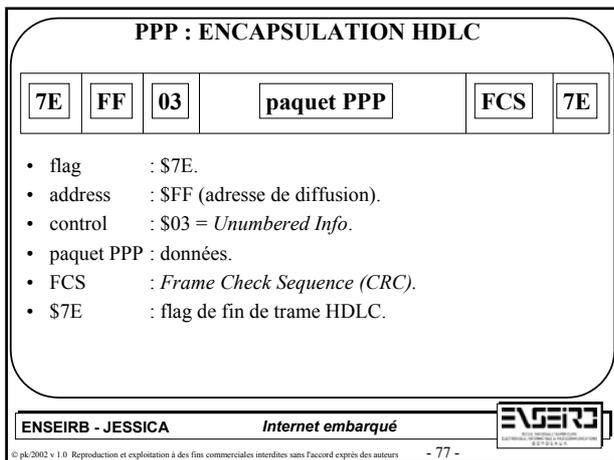
CSLIP (RFC 1144)

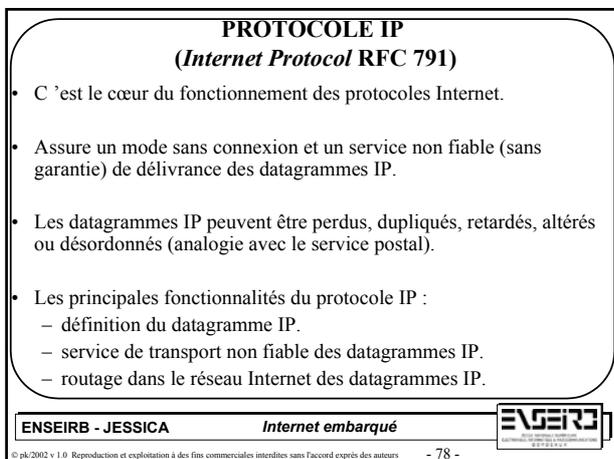
- Similaire à SLIP avec la compression des entêtes IP +TCP dite Van Jacobson (RFC 1144).
- L'entête TCP/IP fait 40 octets sans compression !

PPP (Point to Point Protocol RFC 1661)

- Méthode standard pour transporter des datagrammes de protocoles différents sur des liaisons point à point (V.24, RNIS, X.25...).
- Les composants de PPP sont :
 - Une méthode pour encapsuler les datagrammes (paquet PPP).
 - Encapsulation du paquet PPP dans une trame HDLC simplifiée.
 - Un protocole de contrôle de liaison de données.
 - Établir, configurer, et tester la liaison de données.
 - Une famille de protocoles de contrôle du niveau réseau : établir, configurer les différents protocoles de la couche réseau (adresse IP dynamique).







PROTOCOLES ARP ET RARP
(*Address Resolution Protocol RFC 826 ET 903*)

- Comme le protocole IP (avec ses adresses IP) peut être utilisé sur des supports de transmission différents (Ethernet, liaison série, radio...) ayant leur propre adresse physique, il faut établir des correspondances biunivoques entre les adresses IP et les adresses matérielles.
- Exemple : réseau Ethernet : adresse Ethernet sur 48 bits. Pour envoyer un datagramme IP sur réseau Ethernet, on a besoin des adresses IP et Ethernet.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 79 -

PROTOCOLES ARP ET RARP

- ARP (*Address Resolution Protocol*) fournit une correspondance dynamique entre une adresse IP et une adresse matérielle.
- RARP (*Reverse Address Resolution Protocol*) réalise le contraire.
- Lors de la demande de transmission du premier datagramme IP :
 - envoi d'une requête ARP avec l'adresse IP du destinataire sur le réseau Internet pour récupérer son adresse matérielle.
 - la requête n'est reconnue que par le bon destinataire qui renverra alors son adresse matérielle dans un datagramme ARP en réponse.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 80 -

PROTOCOLES ARP ET RARP

- Datagramme ARP :

0	8	16	24	31
Type de matériel		Type de protocole		
LGR-MAT	LGR-PROT	Opération		
Adresse matériel émetteur (octets 0-3)				
Adresse Mat émetteur (octets 4,5)		Adresse IP émetteur (octets 0,1)		
Adresse IP émetteur (octets 4,5)		Adresse Mat cible (octets 0,1)		
Adresse Matériel cible (octets 2,5)				
Adresse IP cible (octets 0-3)				

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 81 -

FRAGMENTATION DES DATAGRAMMES IP

- Pour chaque réseau traversé par un datagramme IP, il existe ainsi un MTU (*Maximum Transfer Unit*).
- Si $\text{taille_data_IP} < \text{MTU}$,
 - encapsulation immédiate dans une trame correspondant au type de réseau traversé.
 - sinon, fragmentation (en multiple de 8 octets).
- S'il y a fragmentation, c'est le destinataire final qui réassemble (même si l'on passe par des réseaux à MTU plus grand). On code dans le champ *offset fragment*, la position du fragment par rapport au datagramme IP initial.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 85 -

ROUTAGE IP

- Le routage est l'opération d'aiguiller chaque datagramme IP vers son destinataire.
- Cette opération est réalisée par un routeur IP.
- Si l'échange se fait entre 2 machines connectées sur le même réseau, il suffit d'encapsuler (voire de fragmenter) le datagramme IP dans la trame de niveau liaison.
- Quand on passe par plusieurs réseaux, il faut savoir comment envoyer le datagramme vers sa destination finale. On utilise des tables de routage dans chaque routeur IP qui possède aussi une route par défaut. Des algorithmes de routage sont alors mis en œuvre.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 86 -

ICMP (*Internet Control Message Protocol RFC 792*)

- Le protocole ICMP permet d'envoyer des messages de contrôle ou d'erreur vers d'autres machines ou routeurs.
- ICMP rapporte les messages d'erreur à l'émetteur initial.
- Beaucoup d'erreurs sont causées par l'émetteur, mais d'autres sont dues à des problèmes d'interconnexion rencontrés sur Internet :
 - machine destination déconnectée.
 - durée de vie du datagramme expirée (TTL=0).
 - congestion de routeurs intermédiaires.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 87 -

ICMP

- Si une passerelle détecte un problème sur un datagramme IP, elle le détruit et émet un message ICMP pour informer l'émetteur initial.
- Les messages ICMP sont véhiculés à l'intérieur de datagrammes IP et sont routés comme n'importe quel datagramme IP sur Internet.
- Une erreur engendrée par un message ICMP ne peut donner naissance à un autre message ICMP (évite l'effet cumulatif).

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 88 -

PROTOCOLES TCP ET UDP

- Les protocoles de niveau transport TCP et UDP utilisent IP comme service réseau.
- TCP procure un service de transport de données en mode connecté fiable (alors que IP ne l'est pas).
- UDP procure un service de transport de données en mode non connecté ou datagramme non fiable (comme IP).

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 89 -

PROTOCOLE UDP

(User Datagram Transport RFC 768)

- UDP achemine les données de l'utilisateur en utilisant le service IP en mode datagramme non fiable.
- Pas d'accusé de réception (pas de vérification possible de la bonne réception).
- Pas de réordonnement des messages.
- Pas de contrôle de flux.
- C'est à l'application de gérer les pertes, duplications, retards, déséquencement...
- UDP permet cependant de distinguer plusieurs applications destinataires des données reçues sur la même machine par l'intermédiaire d'un mot de 16 bits appelé numéro de port.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 90 -

PROTOCOLE UDP

0	16	31
Port UDP		Port UDP dest.
source		Checksum UDP
Longueur message UDP		
Données ...		

- Les ports source et destination contiennent les numéros de port utilisés par UDP pour démultiplexer les données destinées aux applications en attente de les recevoir. Le port source est facultatif (égal à zéro si non utilisé).
- On définit ainsi des applications clientes et des applications serveurs (programmation client/serveur).

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 91 -

PROTOCOLE UDP

- Pour accéder à un service Internet on est ainsi obligé de préciser :
 - L 'adresse matérielle de la machine appelée.
 - L 'adresse IP de la machine appelée.
 - Le numéro de port du service contacté.
- Il en va de même pour la machine appelante.
- Ceci est valable pour TCP.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 92 -

PROTOCOLE UDP

- UDP multiplexe et démultiplexe les datagrammes IP en fonction du numéros de port.
- Lorsque UDP reçoit un datagramme, il vérifie que celui-ci est un des ports actuellement actifs (associé à une application) et le délivre à l'application responsable (mise en queue).
- Si ce n'est pas le cas, il émet un message ICMP *port unreachable*, et détruit le datagramme IP.
- Ceci est valable pour TCP.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 93 -

PROTOCOLE UDP

- Certains ports sont réservés (*well-known port assignments*) :

No. port	Mot-clé	Description
7	ECHO	Echo
11	USERS	Active Users
13	DAYTIME	Daytime
37	TIME	Time
42	NAMESERVER	Host Name Server
53	DOMAIN	Domain Name Server
67	BOOTPS	Boot protocol server
68	BOOTPC	Boot protocol client
69	TFTP	Trivial File transfert protocol
123	NTP	Network Time Protocol
161	SNMP	Simple Network Management prot.

- D'autres numéros de port (non réservés) peuvent être assignés dynamiquement aux applications (>1024).

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 94 -

PROTOCOLE TCP

(*Transport Control Protocol RFC 793*)

- TCP procure un service en mode connecté et fiable : garantie de non perte de données ainsi que de l'ordre.
- Il permet de transférer un flux d'octets non structuré.
- Établissement préalable d'une connexion (mode connecté).
- L'unité d'information transmise est le segment. Le segment résulte de la fragmentation ou de la concaténation de données transmises par l'application.

ENSEIRB - JESSICA

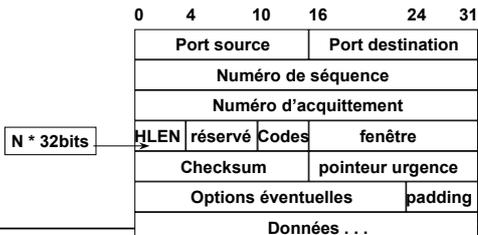
Internet embarqué



© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 95 -

PROTOCOLE TCP

- Segment : unité de transfert du protocole TCP :
 - établir une connexion TCP. *Handshake* par émission de 3 segments TCP.
 - transférer les données.
 - émettre des acquittements.
 - fermer les connexion TCP.



ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 96 -

PROTOCOLE TCP

- Certains ports sont réservés (*well-known port assignments*) :

No. port	Mot-clé	Description
21	FTP	File Transfer [Control]
23	TELNET	Telnet
25	SMTP	Simple Mail Transfer
37	TIME	Time
42	NAMESERVER	Host Name Server
43	NICNAME	Who Is
53	DOMAIN	Domain Name Server
79	FINGER	Finger
80	HTTP	WWW
110	POP3	Post Office Protocol - Version 3
111	SUNRPC	SUN Remote Procedure Call

- D'autres numéros de port (non réservés) peuvent être assignés dynamiquement aux applications (>1024).

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 97 -

L'API sockets

- Les sockets : interface client/serveur (API) utilisée à l'origine dans le monde UNIX et TCP/IP. Existe aujourd'hui du micro (*winsock*) au *Mainframe*.
- L'API sockets est le standard de fait pour la programmation réseau Internet.
- Il existe d'autres APIs de programmation réseau : *Streams*, TLI, RPC, XDR, propriétaires...
- Les applications client/serveur ne voient les couches de communication qu'à travers l'API sockets (abstraction) .

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 98 -

L'API sockets

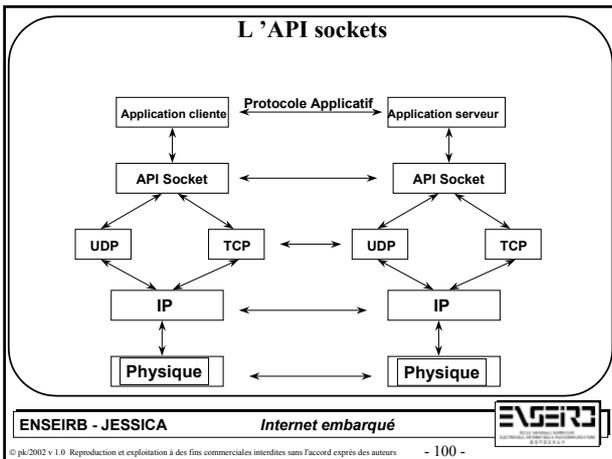
- Dans l'environnement UNIX, les sockets sont traitées de la même manière que les fichiers :
 - on a donc des appels systèmes d'ouverture (qui permet d'avoir un descripteur de référence),
 - de lecture,
 - d'écriture,
 - de contrôle et de fermeture.

ENSEIRB - JESSICA

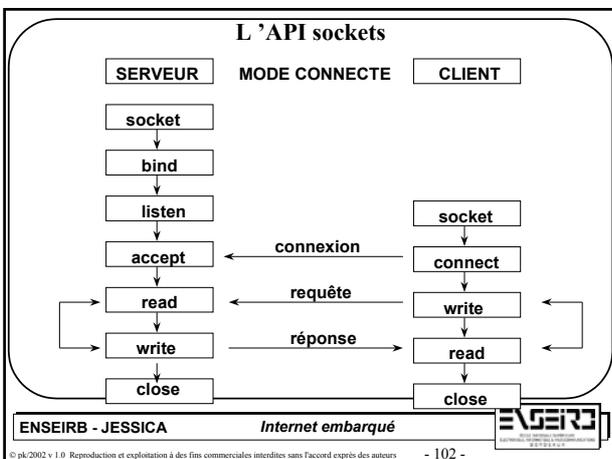
Internet embarqué

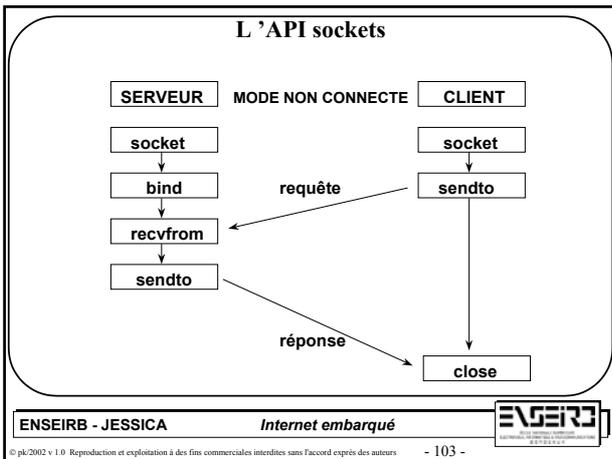


© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 99 -



- ### L 'API sockets
- Les sockets permettent d'établir un lien de communication en mode connecté ou non connecté sur un réseau Internet.
 - Les sockets structurent une application :
 - soit en mode client.
 - soit en mode serveur.
 - Les sockets permettent d'échanger des données entre ces applications.
- ENSEIRB - JESSICA *Internet embarqué* ENSEIRB
- © pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 101 -





L 'API sockets

- L 'API sockets permet d 'échanger des octets entre une application cliente et une application serveur. En mode connecté, on établit un flux octets (*stream*) non structuré.
- Les données échangées « passent en clair » sur le réseau. Elles ne sont pas cryptées. L 'aspect confidentialité des données échangées est apparue très tard dans le monde des télécoms.
- Pour échanger des données cryptées (mode sécurisé), on a développé une nouvelle API : SSL (*Secure Socket Layer*).
- Toutes les applications réseau développées utilisent l 'API sockets (volontairement ou non)...

ENSEIRB - JESSICA
Internet embarqué

© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 104 -

LES APPLICATIONS INTERNET

ENSEIRB - JESSICA
Internet embarqué

© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 105 -

TELNET ET RLOGIN (RFC 854)

- Ces commandes permettent à un utilisateur de se connecter à un ordinateur distant. Les deux utilisent TCP.
- telnet est aussi un client pour se connecter à tout serveur en mode connecté (TCP).
- rlogin ne fonctionne qu'entre 2 machines UNIX.
- rlogin fait partie de la famille des commandes UNIX r... (rsh, rcp...).
- **On a à chaque fois un client et un serveur pour les applications Internet.**

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 106 -

NFS (Network File System RFC 3010)

- NFS permet de rendre transparente l'utilisation de fichiers de systèmes de fichiers répartis sur différentes machines.
- NFS utilise UDP mais les nouvelles versions utilisent TCP.
- NFS est utile quand le système ne dispose pas de système de fichiers local (station *diskless*, système embarqué).

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 107 -

FTP (File Transfer Protocol RFC 959)

- FTP permet le transfert de fichiers d'une machine à une autre.
- FTP nécessite la connexion de l'utilisateur avec un nom et un mot de passe.
- Si l'utilisateur n'est pas reconnu, pas de connexion.
- Il existe des serveur FTP anonymes : nom d'utilisateur *anonymous* avec son email comme mot de passe.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 108 -

TFTP (*Trivial FTP RFC 1350*)

- Transfert de fichiers d'une machine à une autre.
- TFTP est plus sommaire (UDP) que FTP (TCP).
- TFTP permet de télécharger le noyau d'un OS d'une machine *diskless* par exemple.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 109 -

SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol RFC 821*)

- SMTP permet d'échanger des courriers électroniques entre un expéditeur et un ou plusieurs destinataires.
- SMTP utilise TCP.
- L'adresse est de la forme : nom@domaine.
- SMTP effectue une remise différée du courrier (en cas de non disponibilité temporaire du destinataire).

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 110 -

World Wide Web : HTTP (*HyperText Transfer Protocol RFC 1945*)

- HTTP est le protocole de communication et d'échange de documents multimédia du « web ».
- HTTP permet d'échanger des documents hypertextes contenant des données sous la forme de texte, d'images fixes ou animées et de sons.
- Un serveur web est écrit en utilisant l'API sockets pour lequel on structure le flux d'octets non structuré au départ sous forme de lignes de commandes ASCII : c'est le protocole HTTP !
- On utilise toujours le concept d'application client/serveur : navigateur (Netscape...)/serveur web (Apache, boa, thttpd...).

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 111 -

SNMP

(Simple Network Management Protocol RFC 1157)

- SNMP est le standard de fait dans l'administration de réseau. Il a supplanté le standard international de l'IUT-T dans ce domaine.
- SNMP permet aussi de contrôler à distance des matériels.
- Il est bâti autour du concept client/serveur : agent/manager SNMP.
- SNMP utilise UDP et les transferts de données entre agent et manager sont non sécurisés !

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 112 -

PLUS D'INFORMATIONS

- Les RFC (*Request For Comment*), normes des protocoles Internet (gratuit) :
 - <http://www.rfc-editor.org/>
- Quelques RFC traduites en français :
 - <http://www.guill.net/reseaux/Rfc.html>

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 113 -

LES PROTOCOLES INTERNET POUR LA CONNECTIVITE IP

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 114 -

BILAN

- Les protocoles Internet sont indépendants des supports de transmission utilisés.
- Les supports de transmission préférentiels sont :
 - Ethernet.
 - Liaison série.
- Pour chaque support de transmission est définie une trame au niveau liaison :
 - Ethernet : trame Ethernet.
 - Liaison série : trame SLIP, PPP...

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 115 -

BILAN

- Il convient d'implanter le protocole de niveau liaison sous forme matérielle ou logicielle :
 - Ethernet : CSMA/CD (par matériel).
 - Liaison série : SLIP, PPP... (par logiciel). Cette configuration est choisie pour un accès à Internet par le RTC.
- Il convient ensuite d'implanter les protocoles IP en fonction des besoins du système électronique pour assurer la connectivité IP...

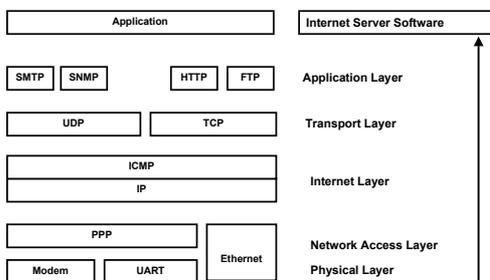
ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 116 -

BILAN



ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 117 -

CONNECTIVITE IP MINIMALE

- En fonction des particularités du système électronique, on choisira :
 - IP en mode « raw » : simple, pour un petit système . Pas de multiplexage (pas de numéro de port), pas d'interactivité, efficace. Développement du protocole simple, bas niveau, sans état.
 - UDP/IP : simple, pour un petit à gros système. Multiplexage possible (par numéro de port), pas d'interactivité, efficace. Développement du protocole simple, bas niveau, sans état.
 - TCP/IP : compliqué, pour un moyen à gros système. Multiplexage possible (par numéro de port), interactivité, peu efficace. Développement du protocole complexe, bas niveau, avec états.
- Dans tous les cas, les données échangées sont non structurées (octets)

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 118 -

CONNECTIVITE IP MINIMALE

- En marge de ces possibilités de **connectivité IP bas niveau**, il est fortement conseillé d'embarquer les protocoles de contrôle et de supervision suivants :
 - ICMP : permet de voir si le système électronique est actif par un « ping ». Développement du protocole simple, bas niveau, sans état.
 - ARP (RARP) : pour que le système électronique puisse récupérer une adresse matérielle. Développement du protocole simple, bas niveau, sans état.
- IP ou UDP/IP ou TCP/IP couplés avec les « outils » ICMP/ARP suffisent pour mettre en place une connectivité IP dans un équipement
- UDP/IP est plus performant que TCP/IP si l'on a des contraintes Temps Réel à respecter.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 119 -

CONNECTIVITE IP MINIMALE

- IP ou UDP/IP ou TCP/IP couplés avec les « outils » ICMP/ARP suffisent pour mettre en place une connectivité IP dans un équipement.
- UDP/IP est plus performant que TCP/IP si l'on a des contraintes Temps Réel à respecter.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 120 -

CONNECTIVITE IP : PREMIERE AMELIORATION

- Pour faciliter le développement des applications réseau, il est préférable d'avoir disponible l'API sockets.
- L'API sockets assure une portabilité au niveau source des applications et une réduction du temps de développement.
- On travaille toujours sur des octets ou un flux d'octets non structuré.
- Il convient de développer des applications UDP ou TCP s'exécutant sur le système traitant ces octets.
- L'utilisation d'un OS ou un RTOS embarqué sur le système est préférable.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 121 -

CONNECTIVITE IP : AUTRES AMELIORATIONS

- On préférera au dessus de UDP ou TCP utiliser des protocoles qui vont structurer les données si les performances du système le permettent pour assurer une **connectivité IP haut niveau**.
- Le flux d'octets non structuré est généralement structuré sous forme de chaînes de caractères ASCII. Cela va permettre d'accélérer le développement et la mise au point de l'application serveur à embarquer dans le système.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 122 -

CONNECTIVITE IP : AUTRES AMELIORATIONS

- Les protocoles couramment utilisés pour cela sont :
 - HTTP : mise en place d'une application serveur web embarquée sur le système.
 - SMTP : mise en place d'une application serveur de emails embarquée sur le système pour l'envoi de courriers électroniques
 - SNMP : mise en place d'une application serveur/agent SNMP embarquée sur le système.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 123 -

CONNECTIVITE IP : SERVEUR WEB

- L'utilisation d'un serveur web embarqué est très employée pour le télécontrôle du système électronique.
- Le contrôle du système se fait avec n'importe quel navigateur web.
- L'interactivité est possible en utilisant l'interface CGI (*Common Gateway Interface*) qui permet de faire exécuter une fonction/application par le système sur une requête du navigateur web.
- L'action est à l'initiative de l'opérateur.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 124 -

CONNECTIVITE IP : SMTP

- L'utilisation d'un serveur SMTP embarqué est aussi employée pour le télécontrôle du système électronique.
- Le système peut envoyer un mail pour alerter un opérateur (qui peut être relayé vers son portable GSM).
- L'action est à l'initiative du système.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 125 -

CONNECTIVITE IP : AGENT SNMP

- L'utilisation d'un agent SNMP embarqué est moins courante pour le télécontrôle du système électronique.
- Le contrôle du système se fait avec un manager SNMP (Openview de HP...). Le manager SNMP est moins standard qu'un navigateur web pour le grand public...
- L'action est à l'initiative du système (Trap SNMP) ou de l'opérateur (Get, Set SNMP).

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 126 -

CONNECTIVITE IP : AUTRES AMELIORATIONS

- Les autres protocoles/services de l'Internet peuvent être vus comme des services de confort :
 - NFS : montage de partitions NFS sur la machine de développement pour faciliter la mise au point.
 - telnet : connexion à distance sur le système pour mise au point *in situ*.
 - ftp : serveur ftp embarqué pour télécharger des mises à jour, configurations dans le système.
 - ...

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 127 -

CONNECTIVITE IP : LES QUESTIONS AVANT LE (BON) CHOIX

- Les choix à opérer vont dépendre de différents critères :
 - système électronique simple ou performant ?
 - accès réseau filaire, radio (mobilité) ?
 - profil métier : concepteur de cartes électroniques, intégrateur de système, utilisateur final ?
 - solution clé en main, développement *from scratch* ?
 - coûts ?
 - solution propriétaire, logiciels/matériels libres ?
 - délais (TTM) ?
 - compétence en interne ?

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 128 -

PARTIE 2 : LES BUS DE TERRAIN ET LA CONNECTIVITE IP

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 129 -

RESEAU DE TERRAIN ET CONNECTIVITE IP

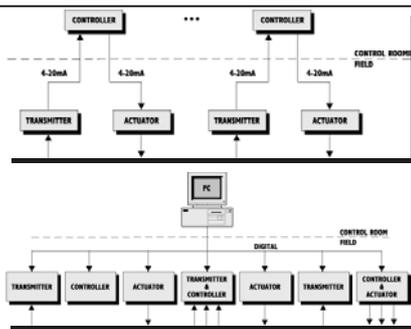
- Un BUS / RESEAU DE TERRAIN est :
 - le terme générique d'un nouveau réseau de communication *numérique* dédié à l'automatisme et au contrôle de process.
 - un réseau bidirectionnel, multibranche (*multidrop*), série reliant différents types d'équipements d'automatisme :
 - E/S déportées.
 - Capteur / Actionneur.
 - Automate programmable.
 - Calculateur.
- Un réseau de terrain peut être vu comme un réseau de communication entre équipements déportés dans une zone géographique limitée. La connectivité IP n'a pas été prise en compte au départ !

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 130 -



Passage de la boucle de courant analogique 4-20 mA au bus de terrain

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 131 -

RESEAU DE TERRAIN ET CONNECTIVITE IP

- Un bus de terrain est basé sur la restriction du modèle OSI à 3 couches :
 - Couche physique.
 - Couche liaison de données.
 - Couche application.
- Cette modélisation est respectée par les standards de fait et internationaux.

ENSEIRB - JESSICA

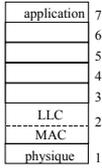
Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 132 -

RESEAU DE TERRAIN ET CONNECTIVITE IP

- Couches 3 à 6 vides :
 - Pas de besoin d'interconnexion avec un autre réseau (pas de connectivité IP possible à priori !).
 - Gain en performance car on a besoin d'être dans la majorité des cas déterministe.



Bus de terrain et modèle OSI

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 133 -

RESEAU DE TERRAIN ET CONNECTIVITE IP

- Pour mémoire, les réseaux de terrain les plus utilisés sont :
 - CAN, SDS, Devicenet.
 - Profibus.
 - WorldFIP.
 - Interbus.
 - Lonworks.
 - ...

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 134 -

RESEAU DE TERRAIN ET CONNECTIVITE IP

- Deux solutions techniques sont envisagées pour assurer la connectivité IP :
 - Solutions qui encapsulent les trames du bus de terrain dans une trame Ethernet (sur Ethernet) ou paquet TCP/UDP.
 - Solutions qui utilisent des machines passerelles entre les 2 réseaux.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 135 -

RESEAU DE TERRAIN ET CONNECTIVITE IP

- Un exemple : PROFINET de PROFIBUS.
- PROFINET est :
 - ☞ Basé sur l'utilisation de technologies standards établies et répandues (TCP/IP...).
 - ☞ Basé sur une approche objet : objet COM/DCOM de Microsoft, manipulation d'objets à l'aide de Microsoft OLE et ActiveX.
 - ☞ Vendeur indépendant.
 - ☞ Intégrable à PROFIBUS sans modification.
 - ☞ Ouvert pour l'intégration d'autres systèmes.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 136 -

RESEAU DE TERRAIN ET CONNECTIVITE IP

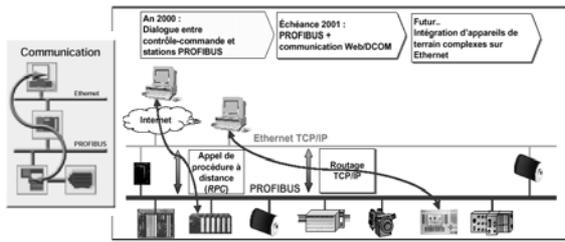


Fig. 23 : Les trois grandes étapes du rapprochement PROFIBUS - Ethernet

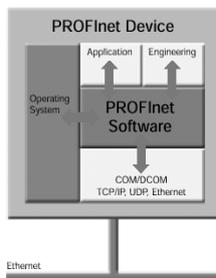
ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 137 -

RESEAU DE TERRAIN ET CONNECTIVITE IP



Offre PROFINET

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 138 -

PARTIE 3 : CONNECTIVITE IP : SOLUTION MATERIELLES ET LOGICIELLES

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 139 -

INTRODUCTION

- Avec une intégration sur silicium de plus en plus importante, les solutions logicielles d'hier deviennent des solutions matérielles aujourd'hui avec le gain en rapidité d'exécution et de décharge pour le processeur qui en découle.
- Il semble que l'évolution des solutions matérielles de connectivité IP se fasse au détriment des solutions logicielles pour le grand bien du concepteur !

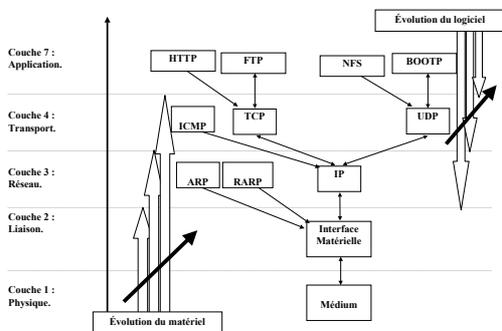
ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 140 -

INTRODUCTION



ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 141 -

INTRODUCTION

- Au niveau médium, on utilise pour la mise en place de la connectivité IP principalement :
 - liaison Ethernet IEEE 802.3 10/100BaseT avec implémentation matérielle de la sous couche MAC CSMA/CD.
 - liaison série RS.232/V.24 avec encapsulage des datagrammes IP dans des paquets PPP ou plus simplement en utilisant le protocole SLIP.
 - liaison GSM : utilisation d'un module électronique GSM qui permet d'envoyer des *emails*.
 - autres liaisons radioélectriques : développement important du *Wireless Internet*.
 - courant porteur.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 142 -

INTRODUCTION

- La solution idéale reste la liaison Ethernet IEEE 802.3 pour des questions de coûts, performances et d'infrastructure.
- Le système avec sa connectivité IP est directement connecté au réseau local de l'installation. L'accès à l'Internet est réalisé par un routeur IP. Le routeur peut se résumer à un modem RTC intégré à un PC pour se connecter à un fournisseur d'accès.
- L'autre solution couramment utilisée est d'utiliser une liaison RS.232/V.24 avec PPP et modem RTC .

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 143 -

POINT 1 : SOLUTIONS MATERIELLES POUR LA CONNECTIVITE IP

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 144 -

SOLUTIONS MATERIELLES

- Les solutions utilisant une liaison Ethernet IEEE 802.3 10/100BaseT sont présentées ici.
- Il s'agit de circuits électroniques d'accès qu'il faut intégrer dans son design.
- On utilisera ensuite les drivers (suivant l'OS) pour servir de base à l'implémentation des protocoles IP.

ENSEIRB - JESSICA

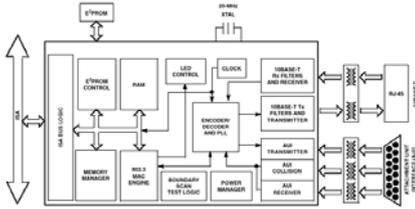
Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 145 -

SOLUTIONS MATERIELLES : CS8900A

- CIRRUS LOGIC propose un circuit d'interface IEEE 802.3 : le CS8900A. C'est le circuit le plus utilisé !



ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 146 -

SOLUTIONS MATERIELLES : CS8900A

Adresse web	www.cirrus.com
Solution	Matérielle
Interfaces Ethernet	Circuit CS8900A TQFP 100 broches
Implémentation niveau MAC	802.3 10BaseT, 10Base2, 10Base5 full duplex
Implémentation niveau IP	Oui (CSMA/CD)
Implémentation niveaux TCP, UDP	Non
Fonctionnalités	Interface ISA Modes I/O et MEM DMA
Schémas de principe d'utilisation	Oui
Qualité de la documentation	Excellente
Facilité de programmation	Oui
Drivers fournis	Oui Microsoft Windows Linux PSOS, VxWorks SCO
Prix des drivers	Gratuit
Prix du composant	61,10 F HT (par 10) revendeur : MEMEC
Support après vente	Oui Hotline, SOS par mail Cirrus propose gratuitement de qualifier tout design à base du circuit CS8900A

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 147 -

**POINT 2 :
SOLUTIONS LOGICIELLES POUR
LA CONNECTIVITE IP**

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 154 -

SOLUTIONS LOGICIELLES

- Contrairement à ce que l'on pourrait croire, il existe peu de briques logicielles implémentant les protocoles et services Internet (IP, UDP, TCP...) disponibles au niveau source, gratuits ou sous licence GPL.
- En fait, l'implémentation de ces protocoles est toujours liée à un système d'exploitation lourd qui est à priori non facilement embarquable.
- On trouve ainsi au niveau source (en langage C) les protocoles IP que l'on nommera TCP/IP globalement pour les OS (*Operating System*) UNIX BSD, FreeBSD, NetBSD et Linux sous licence GPL.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 155 -

SOLUTIONS LOGICIELLES

- Avec l'apparition de projets Linux embarqué, on peut avoir Linux sur une plateforme matérielle et une connectivité naturelle à Internet...
- Il ne semble pas envisageable de modifier les sources TCP/IP pour s'affranchir de l'OS sous-jacent car les deux sont intimement liés (on y fait appel à des appels systèmes propres à l'OS). Il faut dans cette optique prendre les protocoles IP et l'OS...
- Il existe donc peu d'implémentations de protocoles IP non liées à un OS (généralement de type UNIX).

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 156 -

SOLUTIONS LOGICIELLES

- On peut citer 2 piles TCP/IP en libre possédant beaucoup de restrictions d'usage :
 - Projet WATTCP (www.wattcp.com) : pile TCP/IP écrite en langage C disponible gratuitement au niveau source tournant sous DOS avec le driver PKTDRVR pour un accès Internet par PPP (Cf annexe).
 - KA9QDOS (<http://people.qualcomm.com/karn/code/ka9qdos/>) (d'un radioamateur à la base du packet radio) : pile TCP/IP écrite en langage C disponible gratuitement au niveau source tournant sous DOS pour un accès Internet par PPP. Le contrôleur de liaison série doit être de la famille Zilog Z8530.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 157 -

SOLUTIONS LOGICIELLES : TRECK

- La société TRECK propose une pile TCP/IP et ses sources. Ses produits sont optimisés et produisent des codes rapides, petits, réentrants et ROMables. A travers ses produits, on a accès à TCP/IP, UDP, PPP, ARP, ICMP, DHCP, SMTP et les services ftp, telnet tftp et serveur Web.
- Les codes ont été testés avec les processeurs PowerPC, 68K, ARM, 320C32 et x86.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 158 -

SOLUTIONS LOGICIELLES : TRECK

- Il n'y a pas obligation d'utiliser un noyau temps réel (*Real Time Operating System RTOS*) mais l'intégration des produits Treck avec un RTOS est toujours possible (par exemple μ C/OS II). Les drivers pour piloter les contrôleurs Ethernet sont aussi disponibles et notamment pour les 3 solutions matérielles retenues suivantes : CS8900, Am79C940 et DP83905. Treck peut aussi développer le driver pour d'autres contrôleurs Ethernet.

Les produits Treck intéressants sont :

- ♦ Treck Real-Time TCP/IP.
- ♦ Treck RomPager Embedded Web Server (de la société Allegro).
- ♦ Treck RomPager Light Embedded Web Server.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 159 -

SOLUTIONS LOGICIELLES : TRECK

- Produit Treck Real-Time TCP/IP :

Adresse web	www.treck.com
Solution	Logicielle
Interfaces Ethernet	Oui par driver d'interface aux principaux contrôleurs (ex : CS8900, Am79C940 et DP83905)
Besoin d'un RTOS	Non, mise en œuvre d'un RTOS possible UC/OS II supporté
Implémentation niveau IP	Oui
Implémentation niveaux TCP, UDP	Oui
Autres protocoles	ARP, ICMP
Interface de programmation	Oui Sockets BSD
Processeurs testés	PowerPC, 68K, ARM, x86, 320C32
Qualité de la documentation	Très bonne
Facilité de programmation	Très bonne, programmation sockets
Drivers fournis	Oui
Prix	10000 \$ si < 2000 unités 20000 \$ si pas de royalty

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 160 -

SOLUTIONS LOGICIELLES : TRECK

- Produit Treck RomPager Embedded Web Server :

Adresse web	www.treck.com
Solution	Logicielle
Interfaces	Produit de la société Allegro Oui par Treck Real-Time TCP/IP
Besoin d'un RTOS	Non, mise en œuvre d'un RTOS possible
Implémentation niveau HTTP	Oui version 1.1 Support de HTML version 2.0 à 4.0
Qualité de la documentation	Très bonne
Prix	5000 \$ si < 2000 unités 10000 \$ si pas de royalty

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 161 -

SOLUTIONS LOGICIELLES : RTIP

- La société EBSnet propose des produits logiciels assurant une connectivité Internet et notamment une pile TCP/IP et ses sources : produit RTIP. A travers RTIP, on a accès à TCP/IP, UDP, PPP, ARP, ICMP, RARP, BOOTP. Un serveur Web embarqué est aussi proposé.
- Les sources ont été testés avec les processeurs PowerPC, 68K, ARM, x86...
- Les drivers pour piloter les contrôleurs Ethernet sont aussi disponibles et notamment pour les 2 solutions matérielles suivantes : CS8900, Am79C96x.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 162 -

SOLUTIONS LOGICIELLES : INTERNICHE

- Produit INTERNICHE WebPort :

Adresse web	www.miche.com
Solution	Logicielle
Interfaces	Oui par Treck Real-Time TCP/IP
Besoin d'un RTOS	Non, mise en œuvre d'un RTOS possible
Implémentation niveau HTTP	Oui version 1.1 Support de HTML version 2.0
Qualité de la documentation	?
Prix	18000 \$ avec TCP/IP revendeur : Emulations www.emulations.fr

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 166 -

POINT 3 : SOLUTIONS MIXTES POUR LA CONNECTIVITE IP

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 167 -

SOLUTIONS MIXTES

- D'autres solutions mixtes (matériel et logiciel) existent et permettent toutes une connectivité IP immédiate à Internet généralement par liaison série.
- Ces solutions utilisent un processeur (microcontrôleur) dont des broches d'E/S sont dédiées à la mise en place de la connectivité IP (liaison série, contrôle d'une interface Ethernet).
- La connectivité IP est intégrée en dur dans le processeur ou apparaît comme une bibliothèque de services (fonctions) à lier avec son application.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 168 -

SOLUTIONS MIXTES : ICHIP

- La société CONNECT ONE propose pour assurer une connectivité IP des produits basés sur un circuit spécifique qu'ils ont créé et commercialisent : circuit iChip.
- Ce circuit assure une connectivité Internet par l'intermédiaire d'un modem connecté à RTC via le protocole PPP.
- L'interface hôte est du type UART en utilisant des commandes ASCII AT conformes à la norme HAYES.
- Leur produit permet en fait de recevoir, émettre des emails et des pages HTML.
- Le circuit iChip implémente ainsi les protocoles PPP, IP, UDP, TCP et SMTP.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 169 -

SOLUTIONS MIXTES : ICHIP

Adresse web	www.connectone.com
Solution	Matérielle Circuit iChip PLCC 68 broches
Interfaces Ethernet	Non Accès par modem jusqu'à V.90
Implémentation niveau MAC	PPP
Implémentation niveau IP	Oui
Implémentation niveaux TCP, UDP	Oui SMTP supporté
Schémas de principe d'utilisation	Oui
Qualité de la documentation	Bonne
Facilité de programmation	Bonne
Drivers fournis	Non
Prix des drivers	-
Prix du composant	50\$ (< 100) revendeurs : Impact Memec

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 170 -

SOLUTIONS MIXTES : S7600A

- La société SEIKO propose un circuit pour assurer une connectivité Internet : circuit S-7600A appelé aussi iChip.
- Ce circuit assure une connectivité Internet par l'intermédiaire d'un modem connecté à RTC via le protocole PPP.
- L'interface hôte est compatible avec la famille 68K de Motorola et x86 d'Intel. Un kit de développement est proposé pour développer des applications ainsi qu'une carte d'évaluation.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 171 -

**POINT 4 :
SOLUTIONS CLE EN MAIN POUR
LA CONNECTIVITE IP**

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 178 -

SOLUTIONS CLE EN MAIN

- Cette partie présente des solutions clé en main alliant à la fois matériel et logiciel. Il n'y a pas de développement matériel, l'essentiel se résume au développement de son application logicielle...
- On trouvera en fait deux sortes de produits :
 - serveur web embarqué permettant de contrôler des E/S. La connectivité Internet assure un contrôle à distance de ces E/S via un navigateur client.
 - système d'exploitation Linux "allégé" embarqué sur une plateforme matérielle utilisant généralement un microcontrôleur. La connectivité IP est assurée pleinement par Linux où les piles de protocoles Internet sont intimement liées au noyau.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 179 -

SOLUTIONS CLE EN MAIN

- Linux embarqué :
 - Il est clair que cet OS, fiable, disponible au niveau source sous licence GPL se prête plus qu'aucun autre à des portages sur des plateformes autres que des PC.
 - Cette solution est une voie d'avenir dans l'embarqué avec en plus une extension Temps Réel possible (RTLinux, RTAI).
 - L'adresse web collectant les projets linux embarqué est www.linuxembedded.com.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 180 -

SOLUTIONS CLE EN MAIN : PICOWEB

- La société LIGHTNER ENGINEERING propose un serveur web embarqué appelé PICOWEB sur une carte possédant un accès IEEE 802.3 10BaseT.
- C'est un système autonome autorisant une connectivité Internet via TCP/IP et HTTP.
- La partie matérielle est construite autour d'un microcontrôleur ATMEL AT90S8515 possédant 8 Ko de mémoire flash, 512 octets d'EEPROM et 512 octets de RAM aussi que 32 E/S.

ENSEIRB - JESSICA

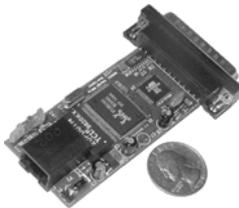
Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 181 -

SOLUTIONS CLE EN MAIN : PICOWEB

- Sur la carte est intégré un contrôleur Ethernet REALTEK ainsi qu'un circuit UART. Le dialogue entre un système hôte et PICOWEB se fait d'ailleurs par la liaison série de l'UART, ce qui permet ainsi un dialogue entre un navigateur web et l'hôte. On peut aussi contrôler à distance les E/S restantes du microcontrôleur non utilisées par PICOWEB.



ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 182 -

SOLUTIONS CLE EN MAIN : PICOWEB

- LIGHTNER ENGINEERING propose les schémas de son produit PICOWEB (sous licence) ainsi qu'une version allégée avec le logiciel au niveau objet (version *breadboard*) gratuite pour des utilisations non commerciales.
- Un kit de développement complet comprend une carte PICOWEB et est disponible pour 149 \$.
- Une licence est à acquérir (9 \$ à l'unité) pour chaque produit basé sur PICOWEB vendu. Une licence grand volume est possible.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 183 -

SOLUTIONS CLE EN MAIN : IPC@CHIP

- Du point de vue logicielle, l'offre est des plus complètes :
 - noyau Temps Réel embarqué autorisant l'exécution des application DOS : on développe donc son application sous DOS à partir de son PC que l'on télécharge ensuite dans le composant. Cet environnement est bien ciblé car c'est généralement celui des PME !
 - un interpréteur de commandes DOS like.
 - une pile TCP/IP complète implémentant l'interface sockets TCP et UDP.
 - un client DHCP.
 - un serveur Web capable d'exécuter des scripts CGI.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 187 -

SOLUTIONS CLE EN MAIN : IPC@CHIP

Adresse web	www.bcl-online.de
Solution	Mixte
Description du matériel	Microcontrôleur Intel 80186-80188 à 20 MHz 512Ko de RAM, 512 Ko de Flash 14 I/O programmables, 7 sorties Chip Select, entrées d'interruption INT, PWM, entrée Timer, sortie Timer, 2 UARTs, bus I2C, 2 canaux DMA, watchdog
Interfaces Ethernet	10BaseT
Implémentation niveau MAC	Oui
Implémentation niveau IP	Oui
Implémentation niveaux TCP, UDP	Oui
	HTTP, ftp, DHCP
Schémas de principe d'utilisation	Oui
Qualité de la documentation	Très bonne
Facilité de programmation	Très bonne
Besoin d'un RTOS	Non
Interface de programmation	Oui Sockets BSD
Support	oui
Prix	SC12 : 76,56 euros Licence Run Time pour 1 SC12 : 29 euros kit d'évaluation DK40 : 58 euros

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 188 -

SOLUTIONS CLE EN MAIN : µClinux

- Le projet uClinux fait partie des solutions mixtes où l'on retrouve Linux embarqué. La plateforme matérielle est une carte SIMM 30 broches mettant en œuvre un microcontrôleur MOTOROLA de la famille 68K, le 68EZ328. La carte SIMM possède 8 Mo de DRAM, 2 Mo de flash ROM, un port série RS.232 et une interface Ethernet IEEE 802.3 10BaseT via la circuit CRYSTAL CS8900A.
- Concernant le logiciel, les noyaux linux 2.0.38 et 2.4.x ont été portés sur cette plateforme, ce qui permet de bénéficier naturellement de la connectivité IP !

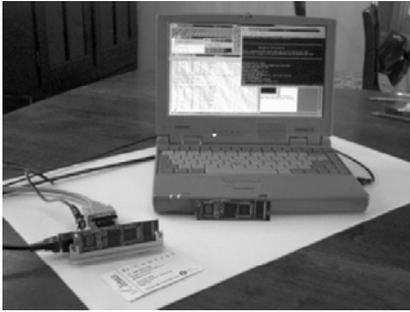
ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 189 -

SOLUTIONS CLE EN MAIN : μ Clinux



ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 190 -

SOLUTIONS CLE EN MAIN : μ Clinux

Adresse web	www.uclinux.org
Solution	Mixte
Description du matériel	MOTOROLA 68EZ328 16 MHz, 2 Mo flash, 8 Mo RAM, contrôleur Ethernet CRYSTAL CS8900A, UART
Interfaces Ethernet	10BaseT
Implémentation niveau MAC	Oui
Implémentation niveau IP	Oui
Implémentation niveaux TCP, UDP	Oui
	HTTP et autres
Schémas de principe d'utilisation	Non
Qualité de la documentation	Très bonne
Facilité de programmation	Très bonne
Interface de programmation	Oui
	Sockets BSD
Support	Web uclinux@uclinux.org
Prix	270 \$ pour le kit de développement complet

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 191 -

SOLUTIONS CLE EN MAIN : OPENHARDWARE

- Le projet openhardware est une solution Linux embarqué libre (GPL). La plateforme matérielle est aussi une carte SIMM 30 broches mettant en œuvre un microcontrôleur MOTOROLA de la famille 68K, le 68EZ328. La carte SIMM possède 8 Mo de DRAM, 2 Mo de flash ROM, 3 ports série RS.232. 9 E/S sont disponibles. C'est en fait la reprise de CAO de la carte SIMM du projet uClinux.
- Une interface Ethernet IEEE 802.3 10BaseT via la circuit SMCS 91C96 sous la forme d'une carte SIMM est disponible que l'on a à enficher là aussi sur une carte mère.
- Les cartes sont à faire soi-même (fichiers Gerber donnés). On peut voir ce projet comme une base d'un design avec connectivité IP.

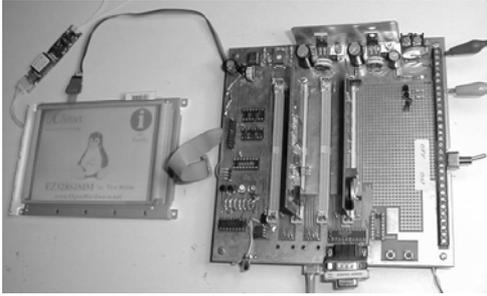
ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 192 -

SOLUTIONS CLE EN MAIN : OPENHARDWARE



ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 193 -

SOLUTIONS CLE EN MAIN : OPENHARDWARE

Adresse web	www.openhardware.net
Solution	Mixte
Description du matériel	MOTOROLA 68EZ328 16 MHz, 2 Mo flash, 8 Mo RAM, contrôleur Ethernet SMCS 91C96, UART
Interfaces Ethernet	10BaseT
Implémentation niveau MAC	Oui
Implémentation niveau IP	Oui
Implémentation niveaux TCP, UDP	Oui HTTP et autres
Schémas de principe d'utilisation	Oui
Qualité de la documentation	Très bonne
Facilité de programmation	Très bonne
Interface de programmation	Oui Sockets BSD
Support	non
Prix	-

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 194 -

**POINT 5 :
NIOS D'ALTERA
SOLUTION DE CODESIGN
AVEC CONNECTIVITE IP**

ENSEIRB - JESSICA

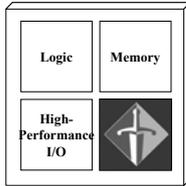
Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 195 -

NIOS D'ALTERA

- L'offre SoPC Excalibur d'Altera permet la flexibilité de programmation des PLD (*Programmable Logic Device*) avec les performances de temps de traitement d'un processeur embarqué sur silicium pour répondre au besoin d'un court TTM.



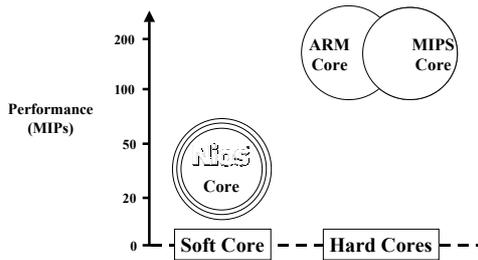
ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 196 -

NIOS D'ALTERA



ENSEIRB - JESSICA

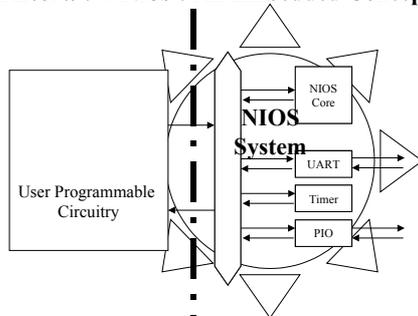
Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 197 -

NIOS D'ALTERA

Pour Altera : « Nios : An Embedded Concept »



ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué

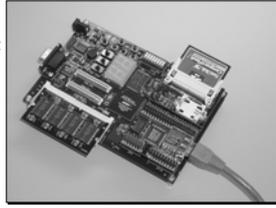


© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 198 -

NIOS D 'ALTERA

- Linux Development Kit (depuis 09/2001)

- Open-Source μ CLinux Operating System
- Development Kit Contents
 - μ CLinux Source Code
 - Ethernet Development Board**
 - SDRAM / Flash Memory Module
 - SDRAM Controller Core
 - IDE Interface
 - Compact Flash Interface
 - Real Time Clock
 - Reference Design



- Quartus Project
- Web Server Application**
- Price \$2495 (www.microtronix.com)

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 199 -

NIOS D 'ALTERA

- Software Development Tools
 - RedHat GNUPro Toolkit (Compiler, Debugger) 
 - Nios Ethernet Development Kit (TCP/IP Stack)
- Operating System Support
 - Linux Development Kit 
 - ATI Nucleus 
 - μ C OS II

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 200 -

NIOS D 'ALTERA

- L'offre SoPC Excalibur/NIOS d'Altera complétée du portage Linux (μ CLinux) sur NIOS de Microtronix permet d'avoir une véritable plateforme de Codesign.
- Une interface Ethernet IEEE 802.3 10BaseT (utilisant le composant CS8900A) permet d'avoir naturellement une connectivité IP sous μ CLinux.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 201 -

PLUS D'INFORMATIONS

- Plus d'informations :
 - <http://www.enseirb.fr/~kadionik/embedded/embedded.html>
 - http://www.enseirb.fr/~kadionik/embedded/connectivite_ip/connectivite_ip.html
 - <http://www.enseirb.fr/~kadionik/embedded/uclinux/uclinux.html>

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 202 -

PARTIE 4 : CONNECTIVITE IP : QUELQUES EXEMPLES

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 203 -

INTRODUCTION

- Quelques exemples de mises en œuvre de la connectivité IP à l'ENSEIRB sont donnés maintenant à travers 4 projets :
 - téléinstrumentation : projet européen RETWINE (REMoTe Worldwide Instrumentation Network).
 - télémesure : MEDICIS (Mesure à Distance de CircuitS).
 - carte 68HC11ETHER : carte à microcontrôleur 68HC11 avec Internet embarqué.
 - intégration d'un serveur web et d'un agent SNMP sur carte ColdFire sous μ Clinux pour un contrôle d'un système électronique.

• Ces 4 projets mettent en œuvre la connectivité IP à travers une liaison Ethernet.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 204 -

CONNECTIVITE IP : PROJET RETWINE

- Mise en place d'un parc d'instrumentation depuis Internet pour effectuer des mesures à distance pour :
 - Un partage d'instruments onéreux.
 - Un accès aux instruments facile et offrant des possibilités nouvelles.
 - Une exploitation maximale des décalages horaires.



ENSEIRB - JESSICA

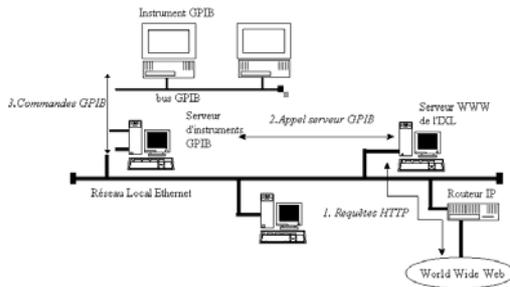
Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 205 -

CONNECTIVITE IP : PROJET RETWINE

- Implémentation matérielle :



ENSEIRB - JESSICA

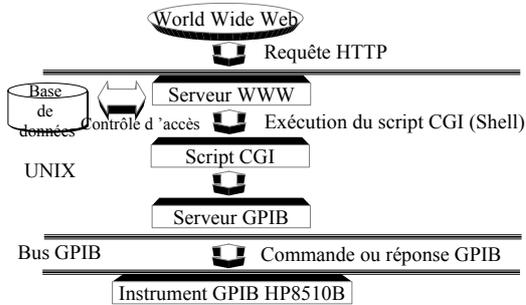
Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 206 -

CONNECTIVITE IP : PROJET RETWINE

- Implémentation logicielle :



ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 207 -

CONNECTIVITE IP : PROJET RETWINE

- Analyseur de réseau HP8510B :
- Mesure de paramètres S :
 - coefficients de réflexion et de transmission.
 - taux d'onde stationnaire TOS.
 - impédance.
 - ...



ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 208 -

CONNECTIVITE IP : PROJET RETWINE

- Driver du HP8510B :
 - Développement en langage C.
 - Contrôle le HP8510B via le bus GPIB.
 - Surcouche NI-488.2M Driver pour des stations de travail SUN.
 - Génération des fichiers de résultats de mesure.

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 209 -

CONNECTIVITE IP : PROJET RETWINE

- Interface graphique (GUI) :
 - Applet Java téléchargée puis exécutée par le navigateur web de celui qui contrôle l'appareil.
 - Dialogue entre l'applet Java et le serveur web RETWINE pour le pilotage de l'instrument.



ENSEIRB - JESSICA

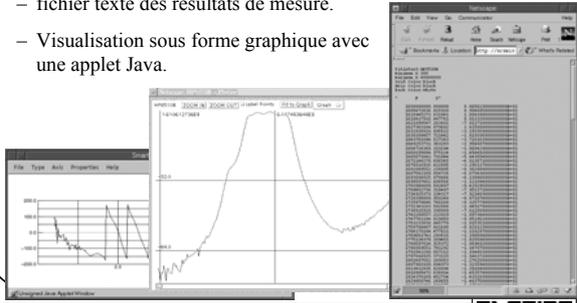
Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 210 -

CONNECTIVITE IP : PROJET RETWINE

- Mesures :
 - fichier texte des résultats de mesure.
 - Visualisation sous forme graphique avec une applet Java.



ENSEIRB - JESSICA *Internet embarqué* **ENSEIRB**

© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 211 -

CONNECTIVITE IP : PROJET RETWINE

- Plus d'informations :
 - <http://retwine.net>
 - <http://retwine.ixl.u-bordeaux.fr:8080>

ENSEIRB - JESSICA *Internet embarqué* **ENSEIRB**

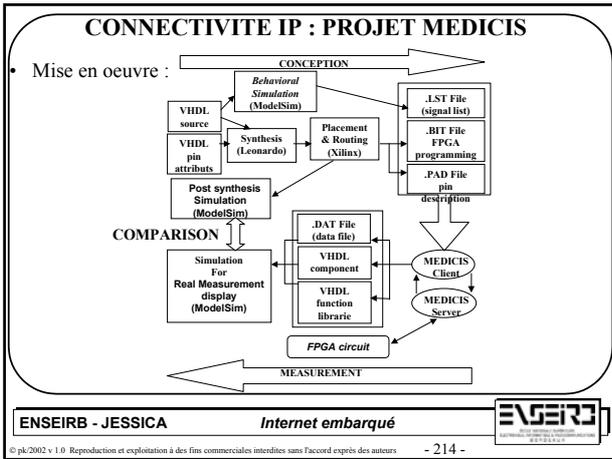
© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 212 -

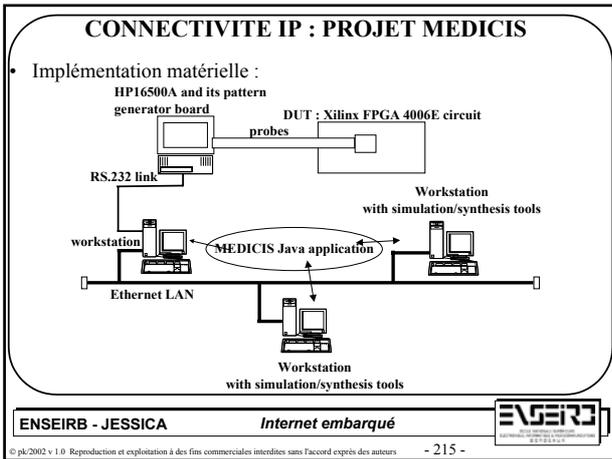
CONNECTIVITE IP : PROJET MEDICIS

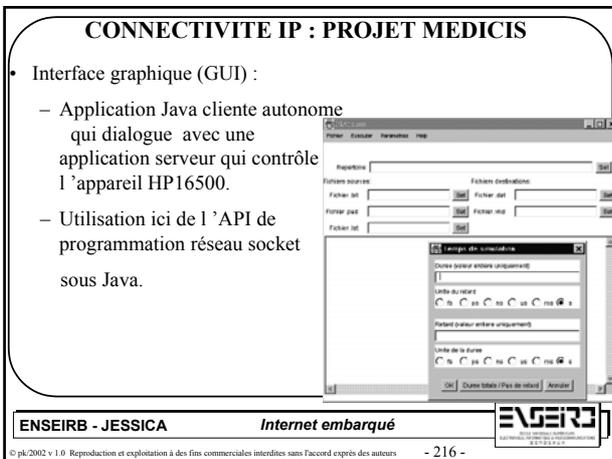
- Mise en place à l'ENSEIRB à des fins d'enseignement d'un outil qui permet de tester automatiquement un circuit programmable FPGA de XILINX.
- MEDICIS est couplé à la CAO Mentor Graphics :
 - Écriture en VHDL.
 - Simulation avec ModelSim.
 - Synthèse logique avec Leonardo.
 - Programmation, vecteurs de tests issus de la simulation, récupération de la mesure avec MEDICIS.
 - Visualisation des résultats de mesure post synthèse sous ModelSim.

ENSEIRB - JESSICA *Internet embarqué* **ENSEIRB**

© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 213 -







CONNECTIVITE IP : PROJET MEDICIS

- Plus d'informations :
 - <http://www.enseirb.fr/~nouel/medicis>

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 217 -

CONNECTIVITE IP : PROJET 68HC11ETHER

- Développement à des fins d'enseignement d'une carte à base de 68HC11 avec une interface réseau IEEE 802.3 10BaseT (circuit CS8900A).
- Utilisation d'un noyau TR (RTOS) : μ C/OS II.
- Écriture en langage C de la suite des protocoles Internet afin d'assurer la connectivité IP :
 - ARP, ICMP
 - IP, UDP, TCP connexion entrante.
 - Telnet, miniserveur web (page d'accueil).
- Une des motivations est de voir dans quelle mesure on peut embarquer Internet dans un environnement (très) contraint !

ENSEIRB - JESSICA

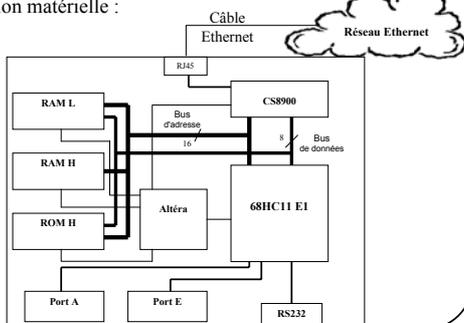
Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 218 -

CONNECTIVITE IP : PROJET 68HC11ETHER

- Implémentation matérielle :



ENSEIRB - JESSICA

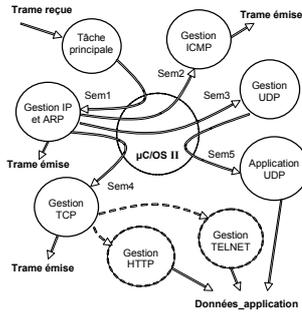
Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 219 -

CONNECTIVITE IP : PROJET 68HC11ETHER

• Implémentation logicielle :



ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 220 -

CONNECTIVITE IP : PROJET 68HC11ETHER

• Plus d'informations :

- http://www.enseirb.fr/~kadionik/68hc11/carteether_enseirb/carte_68hc11_ether.html
- les sources en langage C sont libres d'accès (GPL).
- pile TCP/UDP/IP/PPP en libre sous µC/OS II (µC/IP) : <http://ucip.sourceforge.net/>

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 221 -

CONNECTIVITE IP : PROJET µClinix

- Intégration d'un serveur web et d'un agent SNMP sur carte ColdFire sous µClinix pour un contrôle par Internet.
- Télécontrôle et télémaintenance d'un système électronique.
- Consultance pour PME bordelaise.



ENSEIRB - JESSICA

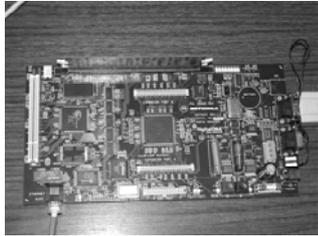
Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 222 -

CONNECTIVITE IP : PROJET μ Clinux

- Implémentation matérielle :
 - carte Motorola ColdFire M5407C3 pour développement et tests.



ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 223 -

CONNECTIVITE IP : PROJET μ Clinux

- Implémentation logicielle :
 - serveur web boa. Programmes CGI (écrits en langage C) pour piloter les périphériques de la carte (leds à des fins de tests).
 - extension de l'agent SNMP UCD-SNMP pour piloter les périphériques de la carte (leds à des fins de tests).

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 224 -

CONNECTIVITE IP : PROJET μ Clinux

- Implémentation logicielle (serveur web boa) :



ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 225 -

CONNECTIVITE IP : PROJET μ CLinux

- Plus d'informations :
 - <http://www.enseirb.fr/~kadionik/embedded/embedded.html>
 - Linux Magazine. Le projet μ CLinux. P. Kadionik. Février 2002.
 - <http://www.enseirb.fr/~kadionik/embedded/uclinux/uclinux.html>



PARTIE 5 : CONCLUSION



CONNECTIVITE IP : BILAN FINAL

- La connectivité IP permet de raccorder tout système électronique (système embarqué) au réseau Internet. Elle met en œuvre une suite protocoles Internet que l'on doit embarquer dans le matériel.
- La connectivité IP permet de contrôler un équipement électronique de n'importe où dans le monde. Cet équipement peut à aussi prévenir un opérateur n'importe où dans le monde.
- C'est en fait l'aboutissement d'un lent processus de modernisation du télécontrôle allant de la liaison série RS.323/V.24 déportée sur un terminal VT100 à l'*applet Java* exécutée par un navigateur web interrogeant un serveur web embarqué !



CONNECTIVITE IP : BILAN FINAL

- La connectivité IP présume inconsciemment l'utilisation d'interfaces graphiques modernes et banalisées (navigateur web...) en adéquation avec les besoins (de confort) actuels des clients.
- Avec une frontière de plus en plus floue entre matériel et logiciel, on voit apparaître maintenant de véritables offres de *codesign*. En conséquence, l'ajout de la connectivité IP qui se faisait en grande partie en logiciel a tendance maintenant à être remplacée par son homologue matériel (utilisation d'un bloc IP).

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 229 -

CONNECTIVITE IP : BILAN FINAL

- Les protocoles Internet sont indépendants des supports de transmission utilisés.
- Les supports de transmission préférentiels sont :
 - Ethernet.
 - Liaison série.
- Des solutions de connectivité IP utilisant des liaisons radio ou sur courant porteur commencent à apparaître...

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 230 -

CONNECTIVITE IP : LES QUESTIONS AVANT LE CHOIX FINAL

- Les choix à opérer vont dépendre de différents critères :
 - système électronique simple ou performant ?
 - Accès réseau filaire, radio (mobilité) ?
 - profil métier : concepteur de cartes électroniques, intégrateur de système, utilisateur final ?
 - solution clé en main, développement *from scratch* ?
 - coûts ?
 - solution propriétaire, logiciels/matériels libres ?
 - délais (TTM) ?
 - compétence en interne ?

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pl/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 231 -

CONNECTIVITE IP : MOYEN ET GROS SYSTEME

- Solution « clé en main » :

Taille système	Moyen et gros
Liaison	Série Ethernet GSM, courant porteur
Composant matériel	Suivant le module
Connectivité IP minimale	PPP – IP – UDP ICMP/ARP
Connectivité IP de confort	Suivant le module
Interaction	Suivant le module : serveur web, email, SNMP...
Solutions	Linux embarqué : cartes dédiées (ColdFire...) Produits eDevice, Webdyn

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 235 -

QUESTIONS

ENSEIRB - JESSICA

Internet embarqué



© pk/2002 v 1.0. Reproduction et exploitation à des fins commerciales interdites sans l'accord exprès des auteurs - 236 -
