

- **ENSEIRB** -



# LES BUS INDUSTRIELS

**Patrice KADIONIK**  
[kadionik@enseirb.fr](mailto:kadionik@enseirb.fr)  
<http://www.enseirb.fr/~kadionik>

# TABLE DES MATIERES

<b>1. Les bus fond de panier .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Bus VME .....</b>	<b>3</b>
❖ Présentation physique du bus VME .....	3
❖ Les principales caractéristiques du bus VME : .....	3
<b>1.2. Bus VXI .....</b>	<b>4</b>
❖ La terminologie VXI .....	5
❖ Présentation physique du VXI .....	5
❖ Performances du VXI .....	5
❖ VXIplug and play .....	5
<b>1.3. Bus PCI.....</b>	<b>5</b>
<b>1.4. Bus PXI.....</b>	<b>6</b>
<b>2. Les cartes mezzanines .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1. M-Modules .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2. IP-Modules .....</b>	<b>7</b>
<b>2.3. PMC.....</b>	<b>7</b>
<b>3. Conclusion sur les différents bus : .....</b>	<b>8</b>
<b>4. REFERENCES.....</b>	<b>10</b>

Ce document présente de façon résumée l'offre des bus industriels aujourd'hui. On se référera aux documents plus détaillés proposés par l'auteur...

## 1. LES BUS FOND DE PANIER

### 1.1. Bus VME

Les spécifications VME (Versa Module Eurocard) révision A ont été présentées pour la première fois à Munich en octobre 1981 par les constructeurs Motorola, Mostek et Philips. Elles ont fait l'objet d'une norme par l'organisme IEEE : la norme IEEE P 1014.

Les spécifications définissent une interface de connexions (bus) entre différents systèmes informatiques (unités de traitements, de stockage de données ou de contrôle de périphériques).

Elles précisent:

- la façon dont dialoguent les deux unités sans perturbation de fonctionnement des autres unités connectées au bus VME.
- les caractéristiques mécaniques et électriques du bus
- les protocoles d'échanges entre les deux unités.

### ❖ Présentation physique du bus VME

Le bus VME est un ensemble de lignes électriques adaptées. Il se présente sous la forme d'un ou de deux circuits imprimés multicouches fixés au fond d'un châssis (châssis VME) formant ainsi le *fond de panier* (backplane); sur lesquels sont soudés des connecteurs. Ceux-ci possèdent 3 rangées de 32 broches, soit 96 lignes électriques. Le châssis VME possède des emplacements (slots) permettant d'enficher les cartes à connecteurs sur le bus.

Ce bus a été conçu pour des systèmes 8, 16 ou 32 bits. Il apparaît cependant aujourd'hui une extension 64 bits dénommée VME 64. Le bus VME est un bus asynchrone et multiprocesseur facilitant l'utilisation de plusieurs cartes à microprocesseur, cartes mémoires ou cartes entrées/sorties ayant des caractéristiques de vitesses différentes.

Le bus VME, par son grand nombre d'options est devenu un standard industriel au fil des années et a permis au concepteur de matériel informatique d'avoir une grande souplesse dans la conception de ses produits.

### ❖ Les principales caractéristiques du bus VME :

- bus asynchrone, non multiplexé.
- capacité d'adressage de 4Go.
- gestion de l'accès au bus de transfert de données par niveaux de priorité (quatre niveaux); la hiérarchie des niveaux étant fixe ou tournante.
- gestion des interruptions par niveaux de priorités (sept niveaux) par un système centralisé (un seul contrôleur) ou par un système distribué (plusieurs contrôleurs d'interruptions dans le même châssis VME).

- vitesse maximale de transfert de données de 40 Mo/s.
- nombre maximum de 21 cartes par châssis VME.

## 1.2. Bus VXI

Les spécifications VXI (VMEbus eXtension for Instrumentation) ont été présentée pour la première fois en juillet 1987 par 5 compagnies américaines (Colorado Data System, Hewlett-Packard, Racal, Tektronix et Wavetek). A cette époque, le bus VME est largement accepté comme standard industriel, mais n'est pas tout à fait adapté pour les fabricants de matériel d'instrumentation :

- la taille des cartes VME est trop petite
- l'espacement entre les cartes est trop faible
- la puissance des alimentations est trop faible
- les spécifications électromagnétiques sont peu précises

D'autre part, le bus d'instrumentation GPIB («General Purpose Interface Bus» , norme IEEE 488) est couramment utilisé par ces fabricants mais possède aussi des lacunes :

- Les transferts sont limités aux données de 8 bits avec un débit d'au plus 1 Mo/s et ne peuvent aller au delà de 7Mo/s avec le bus HS488..

Les spécifications VXI ont regroupé ces deux standards de façon à profiter des avantages de chacun d'entre eux et en apportant en plus des fonctionnalités qui lui permettent d'être considéré comme le bus d'instrumentation à part entière. Un point important à signaler est que sont spécifiés les modules logiciels à mettre en place en plus des spécifications électriques , mécaniques et logiques.

La révision 1.1 est apparue en octobre 1987 et précise :

- l'implémentation du bus VME
- les caractéristiques mécaniques et électriques
- les caractéristiques électromagnétiques
- la distribution en puissance des alimentations
- les protocoles de communication
- le fonctionnement général du système VXI
- l'interface IEEE 488/VXI
- le refroidissement des équipements

En juin 1988 est annoncée la révision 1.2 , et en juillet 1989 la révision 1.3 présentée ici.

## ❖ La terminologie VXI

On appelle appareil VXI (VXI device) un élément du système VXI qui réalise une fonction précise (microprocesseur, convertisseur analogique/numérique, interface IEEE 488...). Une carte VXI regroupe généralement un seul appareil. Néanmoins, la norme VXI autorise à avoir plusieurs appareils par carte avec au plus 256 appareils par système VXI qui peut comporter plusieurs châssis.

On appelle *module* VXI, une carte VXI occupant un slot dans le châssis. On a au maximum 13 modules VXI numérotés de 0 à 12 en partant de la carte la plus à gauche (le module VXI 0 se trouve dans le slot numéro 0) grâce à l'interface MXI (8 châssis maximum).

## ❖ Présentation physique du VXI

### *Caractéristiques mécaniques :*

Différents formats de cartes sont définis. On retrouve les formats simple (taille A) et double (taille B) EUROPE de la norme VME. On a aussi introduit 2 dimensions de cartes plus grandes (taille C et D). Ainsi, suivant sa taille, une carte VXI possédera 1, 2 ou 3 connecteurs (connecteurs P1, P2 ou P3).

## ❖ Performances du VXI

On retrouve les performances du VME puisque le VXI est une extension pour l'instrumentation du bus VME, auquel on a rajouté des lignes de synchronisation.

## ❖ VXIplug and play

Sous l'impulsion de l'alliance *VXIplug and play*, de nombreux fournisseurs d'instruments livrent à présent un driver d'instrument avec chacun de leurs instruments. L'alliance *VXIplug and play* s'appuie sur les spécifications VXI. Les standards *VXIplug and play* considèrent le système de façon globale avec pour objectif un utilisateur final opérationnel en moins de cinq minutes.

Les standards *VXIplug and play* résolvent bon nombre des problèmes dûs au manque de standardisation au niveau système. Grâce à ces standards, les fournisseurs de VXI peuvent garantir que leur produit seront compatibles avec d'autres composants dans un environnement système particulier. Ils fournissent un mécanisme simple permettant aux concepteurs de systèmes VXI de sélectionner des produits compatibles et de les intégrer dans leurs systèmes plus facilement.

## 1.3. Bus PCI

Introduit par Intel en 1992 comme un bus interne rapide (Peripheral Component Interconnect), ce bus est orienté pour le transfert de fichiers importants : il permet un débit théorique maximal de 132 Mo (/6U). Il est le remplaçant du bus ISA avec lequel il cohabite dans les PC de la génération actuelle. Il devrait à terme le remplacer dans les PC traditionnels.

Bien que ses performances soient supérieures au bus ISA, le problème de la connectique n'est pas résolu. On enfiche des cartes sur une carte mère qui porte le processeur. Il s'adapte mal à des applications de type industriel. La limitation à 4 slots due principalement aux connecteurs utilisés dans les PC de bureau a conduit le groupe PICMG à introduire une nouvelle amélioration appelée CompactPCI en 1994.

Cette amélioration est basée sur l'utilisation de connecteurs de haute qualité, blindés, à faibles capacités entre lignes. Elle permet au bus CompactPCI de réunir 8 slots sans circuit de polarisation complexe, directement via les circuits dédiés. Des circuits d'expansions (bridge PCI/PCI) permettent d'étendre à 15 ou davantage les capacités de connections d'une carte mère (création de sous-bus). Le point faible du bus PCI est encore sa sensibilité aux parasites électriques. Il semble préférable de protéger son environnement par des filtres et blindages performants.

La déclinaison PCI/64 bits présente une consommation importante . Ce bus fonctionne à 33Mhz.

## **1.4. Bus PXI**

National Instruments a annoncé à son congrès annuel à Austin en août 1997 sa nouvelle architecture PXI pour PCI extension for instrumentation. Cela répond aux besoins de modularité et du besoin de plus en plus marqué des PC dans l'industrie. Il bénéficie des performances élevées du PCI en terme de débit et de bande passante. Du côté mécanique le PXI reprend très exactement les spécifications du compactPCI (3U et 6U) et les connecteurs IEC 1076 (pas de 2mm entre les broches). L'emplacement de la carte processeur sur le PXI est impérativement à gauche avec deux emplacements d'extension dépourvus de connecteurs alors que c'est libre pour le CompactPCI). Un châssis ne contient alors que 7 emplacements pour des cartes contre 10 au compactPCI. Les spécifications PXI plus rigoureuses que CompactPCI : aération forcée, test en température. Les systèmes PXI sont dotés de systèmes de déclenchements particuliers :

- horloge de référence "système" pour la synchronisation des cartes
- bus de déclenchement classique (huit lignes)
- bus de déclenchement en étoile pour des besoins de synchronisation très précis
- bus local qui permet aux cartes de communiquer directement entre elles sans passer par le bus PCI pour des échanges de données analogiques par exemple.

La nouveauté est l'apparition de spécifications logicielles qui stipulent que chaque module PXI doit supporter les OS Windows 95 et Windows NT. Avec le PXI, les utilisateurs vont bénéficier immédiatement d'un système plug and play puisque les pilotes des OS de chez Microsoft ainsi que les composants chargés de la gestion du bus PCI sont connus de tous le monde. Les spécifications du PXI sont ouvertes au domaine public et donc utilisables sans licence d'exploitation.

## **2. LES CARTES MEZZANINES**

Apparues il y a quelques années, les bus mezzanines offrent une flexibilité et une modularité très importantes aux systèmes industriels à base de cartes VME, PC ou même

VXI. L'offre, qui au départ était éclatée (surtout dans le monde VME), se concentre aujourd'hui autour de quelques bus, qui bénéficient de travaux de normalisation internationale.

Les cartes mezzanines, appelées aussi cartes filles (ou parfois modules piggy back) sont des cartes électroniques reliées à une carte mère par le biais d'un connecteur implanté directement sur cette dernière. Par extension, on appelle bus mezzanine l'ensemble des spécifications qui fixent les aspects mécaniques (notamment la connectique) et électriques qui régissent les communications entre carte mère et carte fille.

Il existe trois grands types de modules mezzanines : M-Module , IP-Module, PMC. Ces bus sont très connus car ils ont rencontré un vif succès commercial. L'organisme qui contrôle la standardisation des bus VME et VXI ; le VITA dénombre par ailleurs une trentaine de types de bus mezzanines (bus propriétaires).

### 2.1. M-Modules

Ces modules ont été mis au point par la société allemande Men Mikro Elektronik en 1988. Ce bus fait l'objet d'une normalisation par un comité du VITA, le VITA-12-199x-M-Module. En 1992 fut créée l'association MUMM (Manufacturers and Users of M-modules) destinée à promouvoir ce format mezzanine et surtout à favoriser la coopération entre fabricants et utilisateurs. Actuellement, plus de 200 références existent au catalogue des différents constructeurs.

### 2.2. IP-Modules

Le principe des IP (Industry Pack) a été inventé en 1988 par la société américaine Greenspring. Ce bus mezzanine est lui aussi en cours de normalisation au sein du comité VITA-4-1995-IP-Modules. Plus de 250 modules chez une trentaine de fabricants indépendants sont disponibles sur le marché. La popularité de ce bus mezzanine et son extension internationale sont essentiellement dûes au fait que Motorola, leader incontesté dans le domaine du VME, l'a adopté.

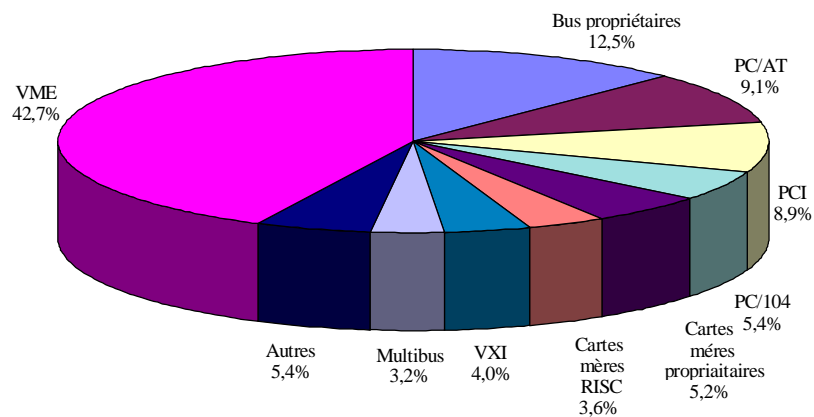
### 2.3. PMC

Le bus PMC (PCI mezzanine Card) a fait son apparition en même temps que les cartes à base de processeurs R.I.S.C (Reduced Instruction Set Computer) comme le PowerPC ou le processeur Alpha. A l'origine de ce nouveau standard, la volonté d'exploiter le bus local PCI (Peripheral Component Interface) utilisé avec les processeurs PowerPC et Alpha (et développé à l'origine en 1992 par Intel pour ses processeurs x86 et pentium). L'importance très rapide prise par le PCI dans le monde des cartes périphériques du monde PC, ne pouvant laisser insensible les acteurs du monde des cartes industrielles. Normalisée par le comité P186 de l'IEEE, la spécification du PMC définit un format de cartes mezzanines (donc qui s'implante parallèlement à une carte mère) qui utilise le bus PCI comme bus local. Cette norme est en fait la réunion de deux standards : le bus PCI (pour les couches électroniques et logiques) et le CMC (Common Mezzanine Card) pour la partie mécanique. Le module PMC a une taille deux fois plus grande que les modules IP ou M.

Remarque : la promotion des deux familles de modules, les IP et M-Modules, est assurée par le groupe IPC.

### 3. CONCLUSION SUR LES DIFFERENTS BUS :

Après examen des différents bus , on peut tirer déjà quelques conclusions. Il existe vraiment 2 mondes différents avec d'un côté les bus VME/VXI et d'un autre les bus PCI/Compact PCI/PXI. Le bus VME est le leader incontestable en termes de cartes.



**figure 7 : répartition du marché 1995 en Europe des cartes embarquées (source VDC\*)**

VDC: Venture Development Corporation

Les standards VME/VXI sont bien établis dans le monde industriels, normalisés au sein d'une puissante organisation qu'est le VITA (VMEbus International Trade Association).

Le bus VME a maintenant plus de quinze ans et malgré des problèmes de spécifications assez lâches au début, les constructeurs ont réussi à contourner ces contraintes. Le catalogue est tellement large et les compétences acquises que les utilisateurs hésitent à aller vers d'autres standards. Le volume d'échanges des cartes VME a contribué à bien baisser les prix.

Le bus VXI est, quant à lui, destiné à l'instrumentation mais ses qualités intrinsèques ont eu pour conséquences d'élargir son catalogue à d'autres domaines. Il est le remplaçant idéal du monde de l'IEEE488. Ce bus fait l'unanimité parmi les industriels avec le *plug and play* mais tous lui reproche son prix.

Ce principal frein à son développement a été compris par les constructeurs du VXI et un réel effort de réduction de prix se dessine actuellement. L'objectif est par exemple de baisser de 30% les coûts du VXI chez Hewlett-Packard. Ce standard bénéficie aussi de la compatibilité avec les instruments IEEE488. Cela n'est pas négligeable quand on sait que le catalogue IEEE488 est dix fois plus important que celui du VXI.

D'un autre côté, il y a le monde PC dont la puissance provient du développement phénoménal du PC individuel. Mais c'est aussi une toute autre philosophie ; les standards sont

toujours remis en cause. On cherche toujours à aller plus vite avec les risques d'obsolescence des matériels qui en découle. Il est quand même vrai que les solutions PC profitent des progrès informatiques et des baisses de coûts dues au volume de cartes vendues. Le bus PCI est un bus très rapide mais peu adapté au monde industriel bien qu'il existe des PCI fonds de paniers passifs. Dans ce cas, les cartes contrôleurs se situent à un emplacement du rack. Ces dispositions ont été prise pour résoudre les problèmes de refroidissement (cooling) et des alimentations.

Le compactPCI reprend l'idée du monde VME avec une connectique industrielle. C'est sans doute un bus d'avenir mais il est trop tôt pour en juger. Néanmoins Motorola le leader mondiale des cartes VME prend acte du succès croissant du CompactPCI dans le monde industriel et propose désormais ce type de produit à son catalogue.

Les limitations du compactPCI :

- la disponibilité du CompactPCI reste limitée à ce jour malgré une popularité grandissante. La pérennité de ce bus n'est donc pas encore assurée.
- l'origine des composants PCI (le monde PC) n'est pas toujours compatible avec les longs cycles de vie des produits imposés par les industriels et les militaires.
- les cartes CompactPCI ne sont pas beaucoup moins chères que le VME. En effet, bien qu'elles utilisent des composants issus du monde PC, leur volume de fabrication ne sera pas supérieur à celui des cartes VME.

Le principal débouché du CompactPCI est le secteur des télécoms.

Le PXI est un standards tout jeune et il est difficile de connaître son potentiel. Le gros problème est de savoir si les principales sociétés spécialisées dans l'instrumentation (ce qui n'est pas vraiment le cas de National Instruments) telles que HP, Tektronix, Keitley, LeCroy etc vont suivre le mouvement et fournir des cartes PXI. Les domaines où les cartes PCI sont importantes vont très vraisemblablement adopter le PXI tant l'adaptation du PCI au PXI ne paraît pas insurmontable.

Un des grands facteurs du développement de tel ou tel standards est très largement lié aux choix de la défense américaine qui est un très gros consommateurs de cartes rackables. Un standard adopté par cette dernière est souvent une assurance de développement du standard à l'échelle internationale.

## 4. REFERENCES

◆ **VME :**

<http://www.vita.com/>

<http://www.eg3.com/indc/indexvme.htm>

<http://www.vmebus-systems.com/>

◆ **VXI :**

<http://digital.natinst.com>

<http://www.vxijournal.com/>

◆ **IP, IPC, PCI :**

<http://www.groupipc.com/>

<http://www.compactpci-systems.com/>

◆ Stéphane Rigaud. Stations de télémesure. Rapport de stage ENSEIRB. 1997.