



# JOURNEE TECHNIQUE PXI 17/03/2016

## IEEE 1588 SYNCHRONISATION

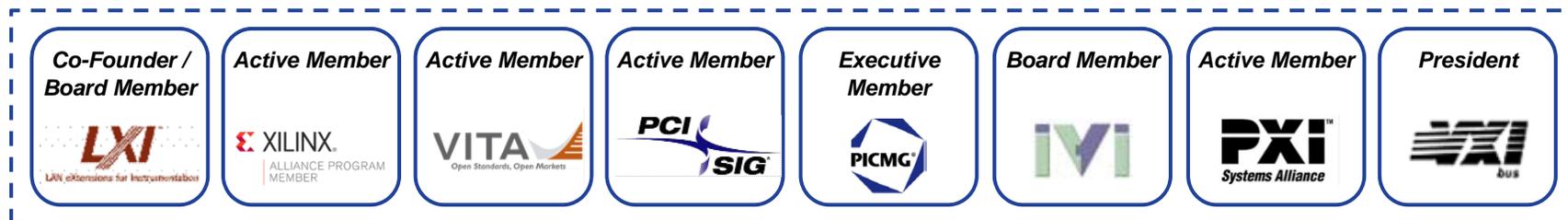


Fred Martial

# VTI Instruments Corporation

INTEGRATED DATA ACQUISITION, DISTRIBUTION & CONTROL

- VTI Instruments est une société du groupe AMETEK
- VTI est reconnu comme un leader dans le domaine du test et de la mesure haut de gamme
  - Nombre important de voies de mesure et spécialisation dans la mesure de précision
  - Typiquement >20 voies, hautes exigences de précision



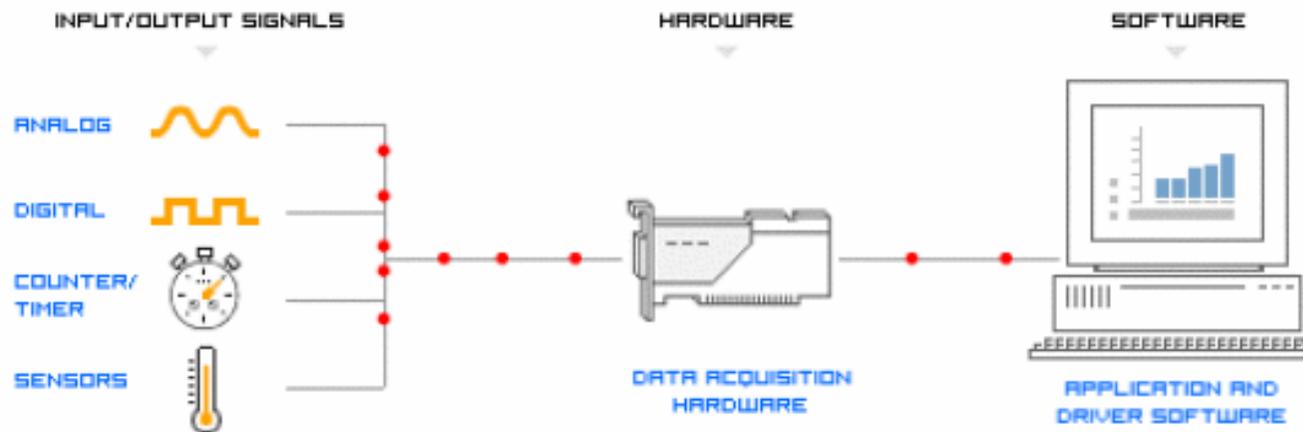
Sources: (1): VDC Data Acquisition Solutions Market Intelligence Report, 2011  
(2): Frost & Sullivan



# Synchroniser plusieurs châssis PXI Express par Ethernet

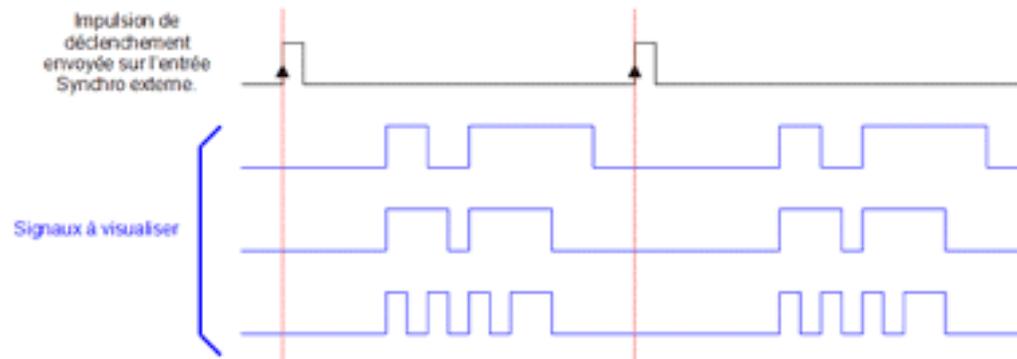
## Introduction

Traditionnellement, les systèmes de test destinés à l'acquisition de données de capteurs sont installés dans une salle de contrôle centralisée. Ceci est fait dans le but de pouvoir synchroniser précisément les instruments et les données issues des acquisitions des capteurs.



# Synchroniser plusieurs châssis PXI Express par Ethernet

A une petite échelle, sur un oscilloscope multivoies par exemple, nous considérons comme acquise la synchronisation des données, et l'affichage de celles-ci à l'écran est étroitement lié au temps. On peut considérer ces données sur l'oscillo comme déterministes dans la mesure où nous voyons et enregistrons l'ordre des événements selon une séquence cadencée.



Cependant les oscilloscopes n'offrent qu'un nombre de voies limité. La clé est de pouvoir étendre ce principe aux systèmes d'acquisition modulaires.

# Synchroniser plusieurs châssis PXI Express par Ethernet

Dans le sport automobile, il est important de savoir qui passe la ligne d'arrivée le premier et l'ordre d'arrivée des compétiteurs. Cette exigence est exactement la même pour la plupart des systèmes d'acquisition multivoies. Connaitre l'ordre des évènements et leur assigner une date à chacun est crucial pour le traitement des données après les tests.



Dans cette présentation, nous allons vous parler de plateformes modulaire PXI Express et des méthodes pour synchroniser plusieurs châssis PXIe dans un système distribué.

# Synchroniser plusieurs châssis PXI Express par Ethernet

Le déclenchement et la synchronisation dans un système modulaire comme un châssis PXI Express sont relativement aisés à réaliser en prenant quelques précautions. Les différentes options sont :

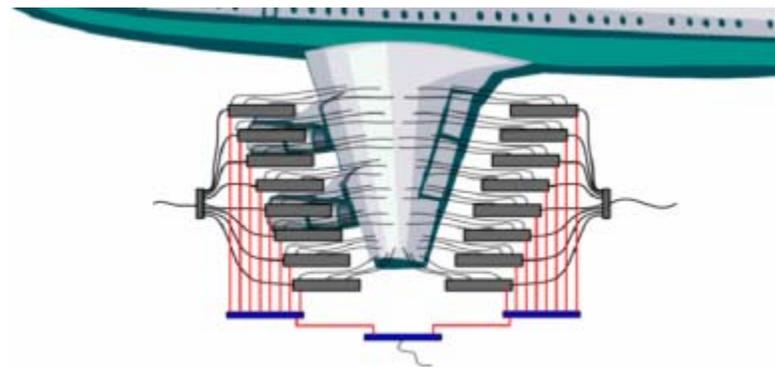
- Master Trigger géré par un contrôleur
- Trigger de carte à carte
- Trigger externe

Toutes ces solutions sont des connections physiques utilisant les lignes Trigger du châssis. Le retard est minime et constant permettant de fournir des données déterministes entre plusieurs voies.

# Synchroniser plusieurs châssis PXI Express par Ethernet

## Notre Challenge

Il n'est parfois pas possible de loger un système de test complet dans un châssis pour des raisons de taille ou d'éloignement physique des éléments à mesurer tout simplement. Par exemple, si votre produit testé est un fuselage d'avion, un système centralisé auquel sont ramenés tous les câblages des capteurs n'est pas une solution satisfaisante. Dans ce cas, l'implantation des systèmes de test autour du produit à des emplacements choisis et raccordés par un simple câble Ethernet est une solution préférable.



# Synchroniser plusieurs châssis PXI Express par Ethernet

Ces systèmes de mesures distribués amènent avec eux un nombre significatif d'avantages :

- Réduction du volume de câblage
- Simplification de la maintenance
- Réduction du bruit et de la diaphonie dus à des longueurs de câble excessives
- Diminution du temps de reconfiguration

Le seul challenge avec ce type de systèmes est la synchronisation et comment y parvenir avec des châssis tous indépendants.

# Synchroniser plusieurs châssis PXI Express par Ethernet

L'Ethernet standard avec ces hubs et switches n'offre pas de méthode de synchronisation ou déterministe. Chaque switch ajoute un retard inconnu au signal, différentes longueurs de câbles impliquent différents retards des signaux et la liste pourrait s'allonger.

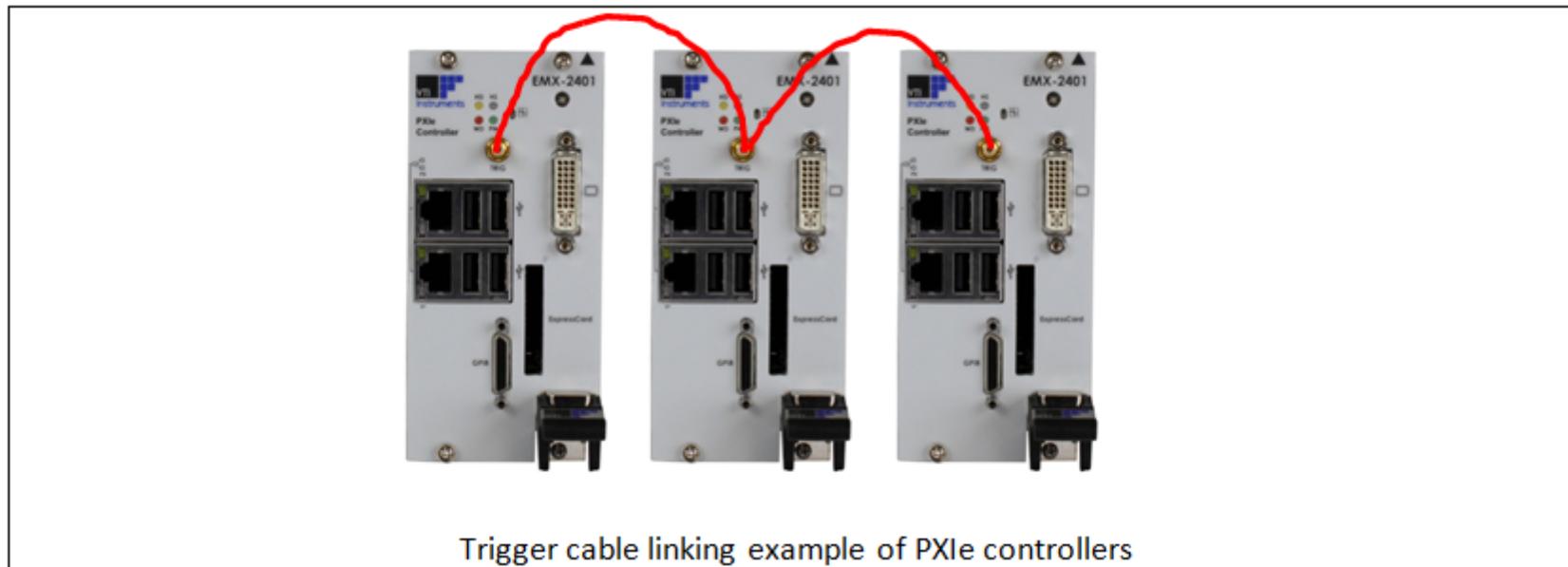
Cela dit, Ethernet apporte beaucoup d'avantages :

- Communication sur de longues distances
- Idéal pour gérer de gros volumes de données
- Evolutif
- Open source
- Le standard de communication le plus supporté



# Synchroniser plusieurs châssis PXI Express par Ethernet

Une autre solution 'Timing/Triggering' pourrait être l'utilisation de câbles de trigger entre les châssis, mais cela ne peut fonctionner que pour de courtes distances et ne présente aucune fiabilité dès qu'on les rallonge. Cela ajoute également du câblage à un système de test déjà complexe.



# Synchroniser plusieurs châssis PXI Express par Ethernet

## Approche Distribuée moderne

En mode Client serveur, un équipement sur le réseau est utilisé comme serveur d'horloge et tous les autres clients utilisent cette base de temps. Dans cette configuration, les clients ne partagent pas leur base 'Temps' avec les autres clients. On considère cela comme un système centralisé où tous les clients dépendent d'un serveur.



# Synchroniser plusieurs châssis PXI Express par Ethernet

En mode Peer to Peer, tous les équipements ont une horloge interne et la capacité de se déclarer automatiquement comme maître ou esclave en fonction de la précision de leur horloge. Chacun communique directement avec les autres ce qui crée une hiérarchie automatique de précisions d'horloges et rend la configuration du système aisée. L'équipement offrant l'horloge la plus précise sur le réseau devient maître par défaut. On considère généralement cette solution comme un système décentralisé ajoutant de la sécurité en cas de disparition du maître, un autre équipement le remplaçant automatiquement.



# Synchroniser plusieurs châssis PXI Express par Ethernet

Un autre point à considérer dans un tel système est l'horloge de référence 'Master Clock' permettant d'améliorer la précision de l'horodatage. Plus l'horloge de référence est précise plus les données du systèmes deviennent déterministes. La solution la plus précise est actuellement le signal GPS avec antenne fixe. Un tel GPS est capable après une journée de fonctionnement de donner une date précise même avec 1 ou 2 satellites uniquement.

Il y a quelques autres options et standards pour gérer le temps sur un réseau en fonction de la précision recherchée :

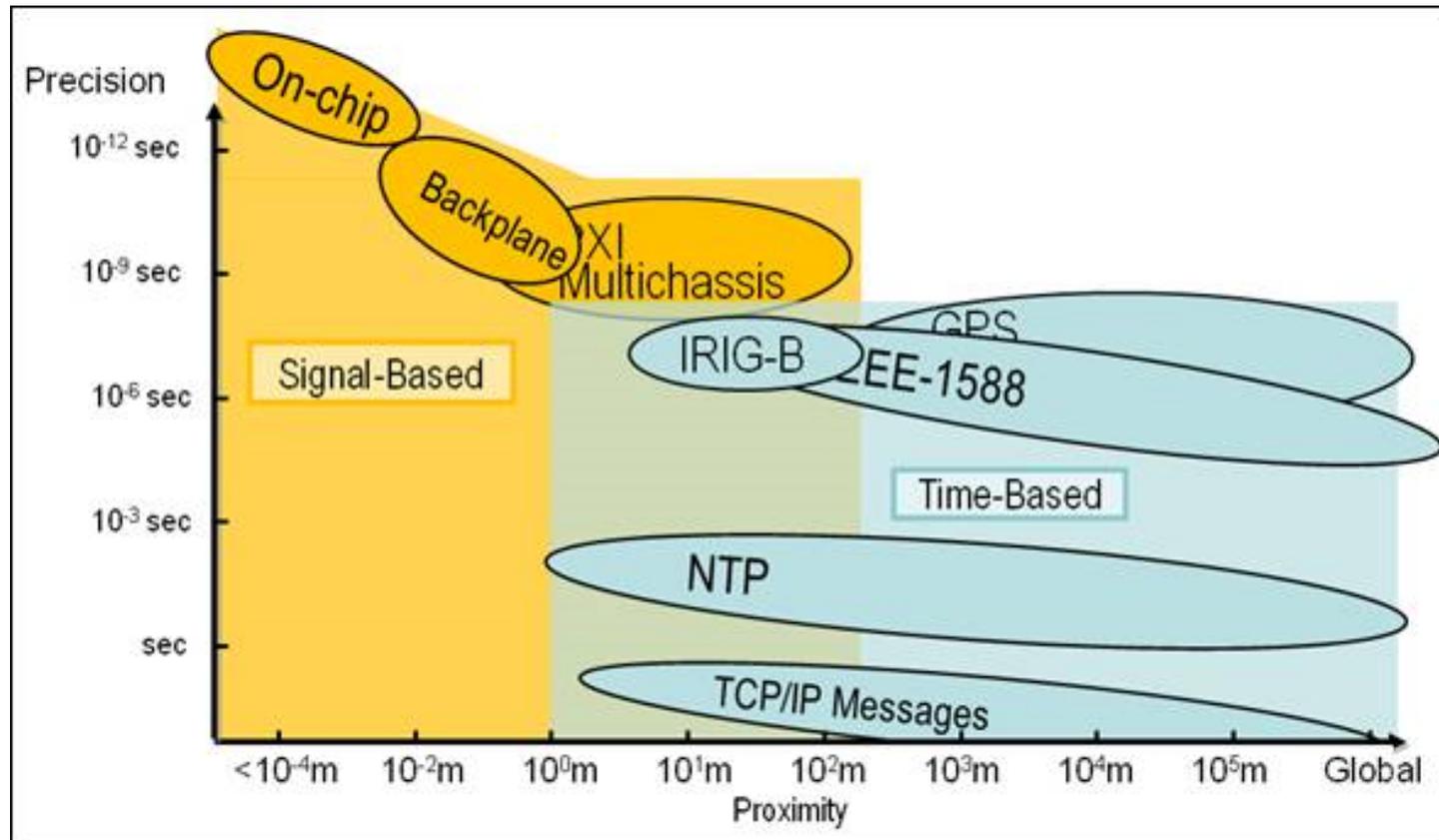
NTP : Network Time Protocol (Client serveur), le plus basique – 1ms

PTP : IEEE 1588 Peer to Peer, entièrement automatique – 1ns

GPS clock à chaque noeud : peu pratique et cher – 1ns



# Synchroniser plusieurs châssis PXI Express par Ethernet



# Synchroniser plusieurs châssis PXI Express par Ethernet

## IEEE1588

Cette méthode de synchronisation Peer to Peer a été développée à la fin des années 90 pour répondre aux exigences des systèmes de test et mesure distribués. L'IEEE1588 requiert une horloge maître, souvent un GPS pour la précision, un switch Ethernet, appelé dans ce cas 'Transparent clock-Boundary Clock' et les esclaves IEEE1588.

L'horloge maître envoie à l'esclave un message de synchronisation (Sync) contenant :

- une estimation de l'heure d'émission
- les propriétés de l'horloge

Son heure de réception est notée par l'esclave

Immédiatement après, le maître envoie un message de suivi (Follow-Up) contenant :

- l'heure exacte d'émission

Ainsi l'esclave détermine l'offset en soustrayant l'heure de réception à l'heure exacte d'émission

A ce moment, si la transmission n'a pas de retard, les 2 horloges sont synchronisées.

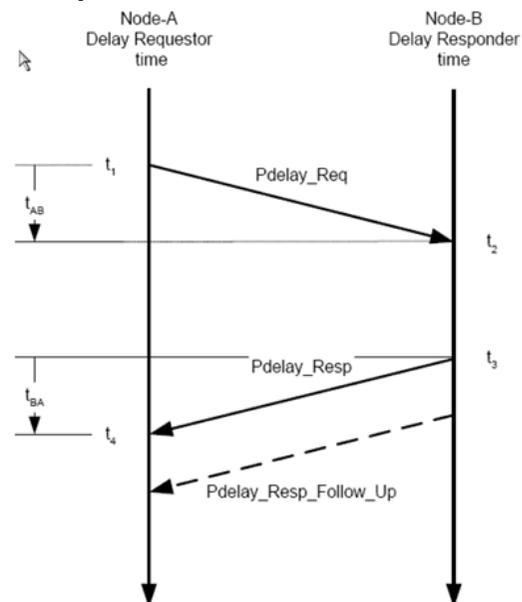
# Synchroniser plusieurs châssis PXI Express par Ethernet

Dans la seconde phase de synchronisation, mesure du délai, l'esclave envoie au maître une demande de délai. A l'émission de ce message, l'esclave note l'heure d'émission tandis que le maître note l'heure de réception.

Le maître envoie à l'esclave une réponse de délai contenant l'heure à laquelle il a reçu la requête de délai.

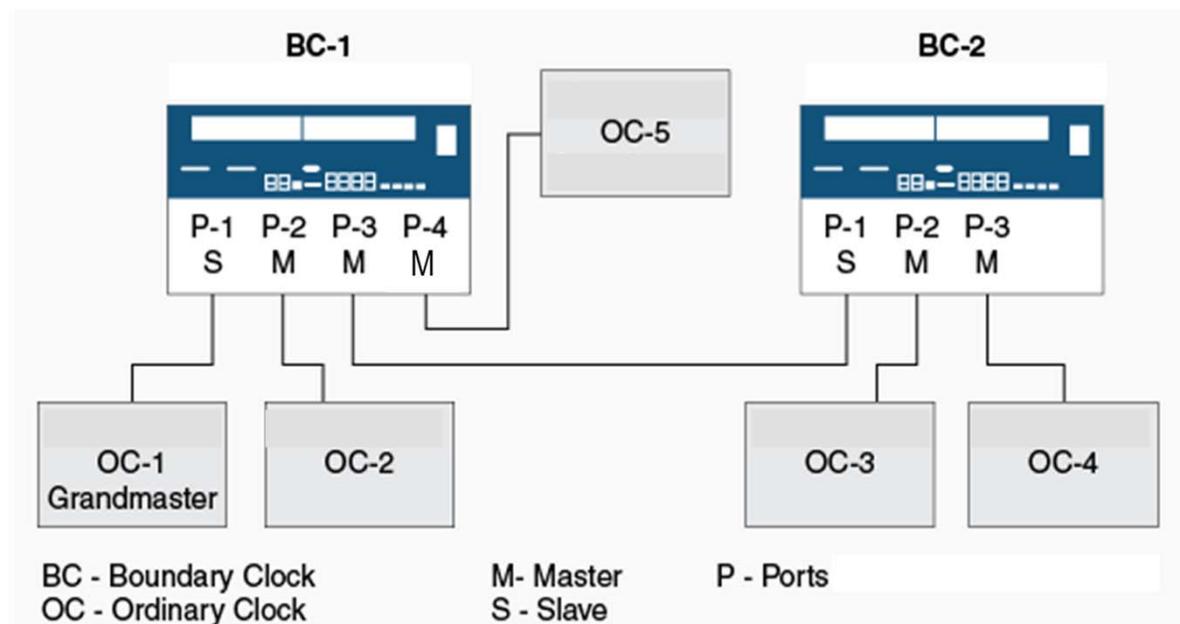
Ainsi l'esclave peut calculer le délai moyen.

Cet ajustement de l'horloge de tous les esclaves par rapport au maître se fait continuellement et n'affecte pas la transmission des données.



# Synchroniser plusieurs châssis PXI Express par Ethernet

Comme dans la plupart des reseaux basés sur Ethernet, si plus de 2 équipements sont raccordés, l'utilisation d'un switch est nécessaire. Le switch va ajouter un retard inconnu et inconstant. Cela va occasionner la perte de données ou de mauvais horodatages au point qu'un esclave devienne l'horloge maître à la place par exemple du GPS. Avec l'IEEE1588 nous utilisons des switches 'Boundary Clock' permettant de s'affranchir de ces problèmes.



# Synchroniser plusieurs châssis PXI Express par Ethernet

## IEEE-158802008 (PTPv2)

A l'origine, lorsque l'on parle de 'Boundary clocks' cela signifie automatiquement que nous faisons référence au standard IEEE-1588-2002 (PTP). Il y a 2 problèmes lorsque l'on utilise ces produits en cascade. Cela réduit la précision de synchronisation de façon non linéaire, et augmente le temps de resynchronisation après reconfiguration du réseau. C'est pour éliminer ces effets que l'on a introduit la notion de 'transparent Clock' lors de l'évolution 2008, PTPV2. Les 'Transparent Clocks' corrigent le temps de traitement des équipements réseaux comme les switches. Ils ajoutent un champ dans le message FollowUP permettant de compenser le retard du switch lui-même avec une précision meilleure que la pico seconde.



RELIABLE DATA FIRST TIME EVERY TIME

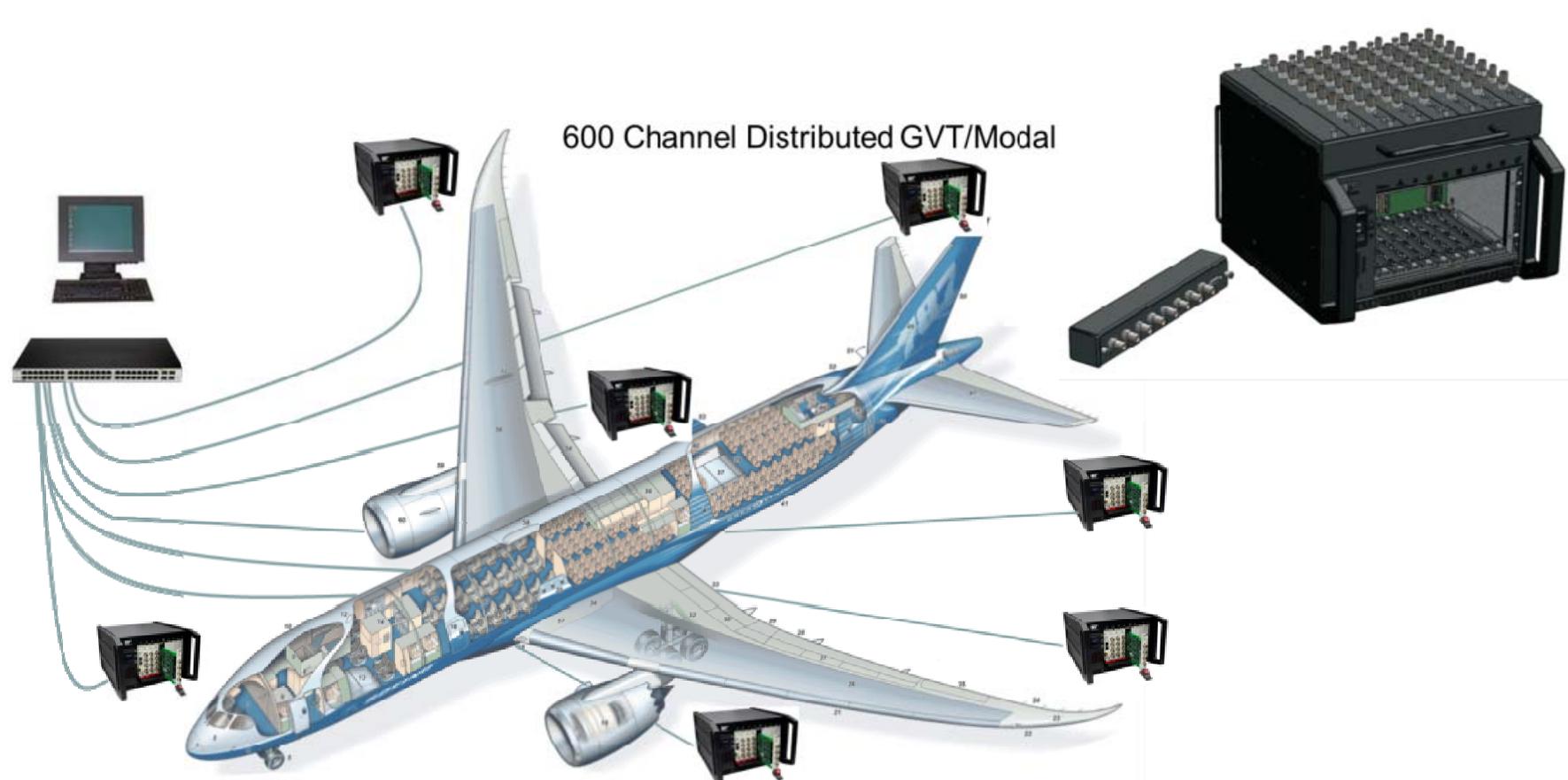
# Synchroniser plusieurs châssis PXI Express par Ethernet

## PXIe synchronisé par IEEE-1588

Le PXIe en tant que châssis et plateforme d'instrumentation modulaire n'a pas la capacité d'Ethernet distribué. Pour y remédier, VTI a développé un contrôleur LXI Ethernet Gigabit, l'EMX-2500. Ce contrôleur offre un débit soutenu >115MB/s. Il permet d'accéder à toutes les ressources PXIe de VTI Instruments depuis n'importe quel équipement connecté à internet. Il permet la synchronisation entre châssis selon IEEE 1588 PTPV2 et rend très simple le déploiement d'un système d'acquisition de données distribuées.



# Boeing Commercial Aircraft Seattle



RELIABLE DATA FIRST TIME EVERY TIME



MERCI !

