

# Bus de terrain

Introduction à EtherCAT

## Thèmes abordés

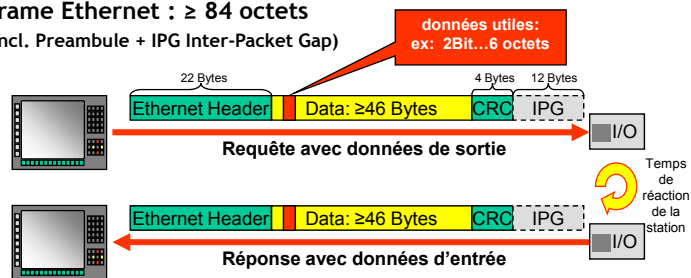
- Ethernet et UDP
  - Limitations pour les applications en milieu industriel.
- Présentation d'EtherCAT.
- Maîtriser le temps avec l'horloge distribuée.



## Rappel Ethernet et UDP

- Utilisation de la bande passante avec des entrées sorties.

Trame Ethernet :  $\geq 84$  octets  
(incl. Preamble + IPG Inter-Packet Gap)

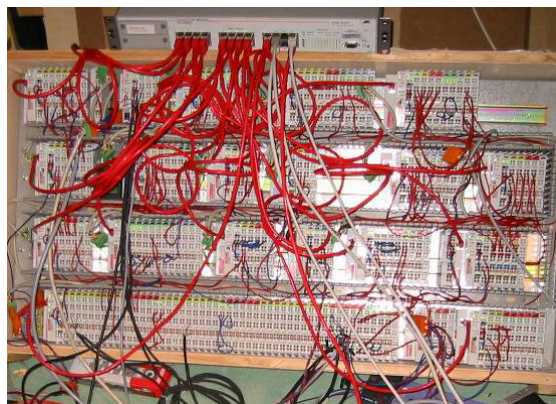


Avec 4 octets d'entrée et 4 octets de sortie par noeud:

- 4,75% de données utiles si 0  $\mu$ s de temps de réaction de la station
- 1,9% de données utiles si 10  $\mu$ s de temps de réaction de la station

## Rappel Ethernet et UDP

- Topologie en étoile
- Pas la plus simple au niveau du câblage.

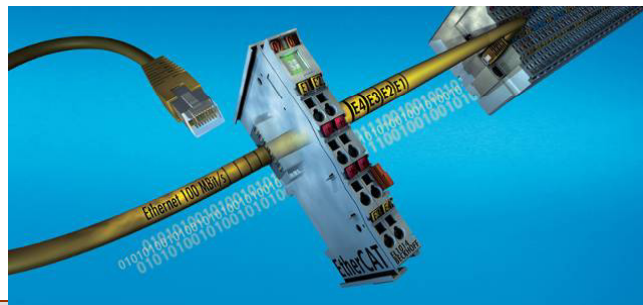


# heig-vd

## EtherCAT

Un bus de terrain Ethernet temps réel

- Circule jusqu'au niveau des modules d'entrée sortie.
- Plus de bus intermédiaire, élimination de latences et de gigues.
- Universel : prévu pour
  - les entrées sorties.
  - la commande de mouvement.



Bus de terrain - EtherCAT

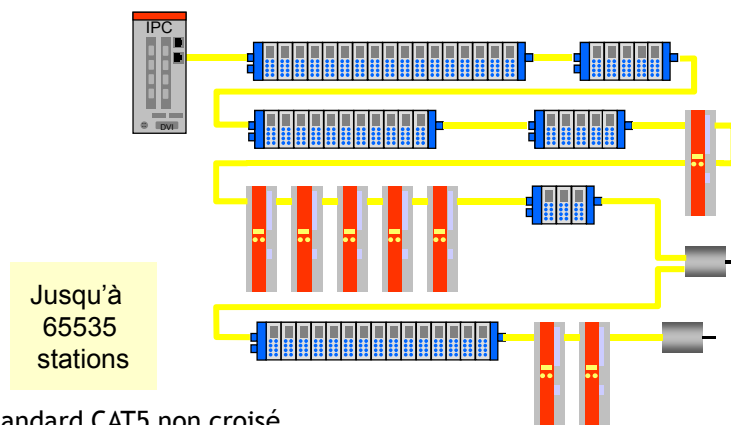
4

# heig-vd

## EtherCAT

Un câblage flexible

- Topologie en ligne avec un nombre quelconque de stations.



- Câble: Standard CAT5 non croisé

Bus de terrain - EtherCAT

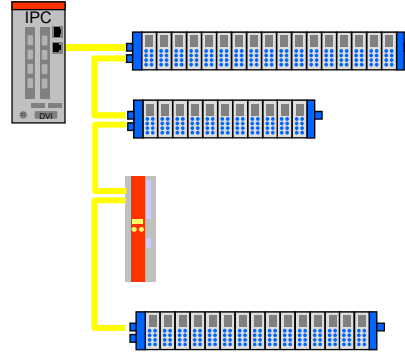
5

# heig-vd

## EtherCAT

Un câblage flexible

- Variante de topologie : Daisy-Chain

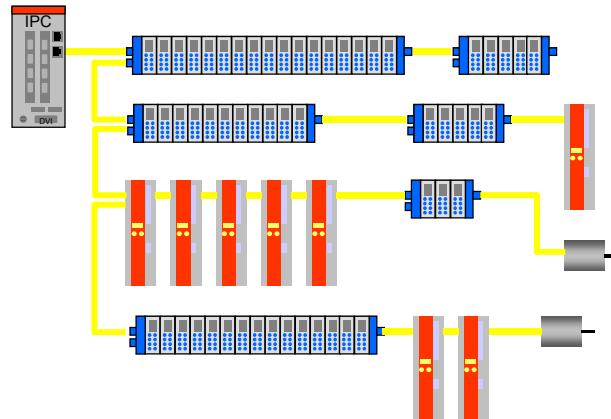


# heig-vd

## EtherCAT

Un câblage flexible

- Variante de topologie : Daisy-Chain avec lignes dérivées

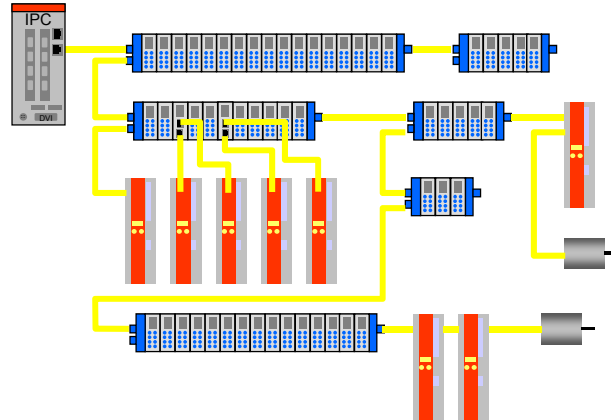


## heig-vd

### EtherCAT

Un câblage flexible

- Variante de topologie : Arborescente extensible.



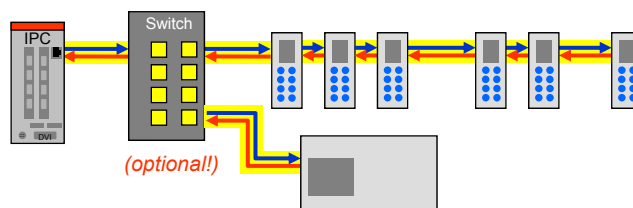
Bus de terrain - EtherCAT

8

## heig-vd

### EtherCAT - Principe fonctionnel

Ethernet traité à la volée



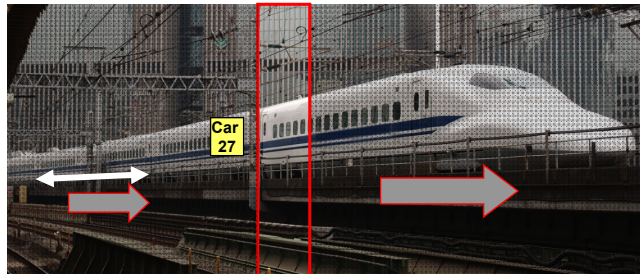
- Possibilité d'utiliser un Switch standard
- Avec un Switch :
  - Une seule address Mac pour jusqu'à 65535 stations (adressage du segment seulement)

Bus de terrain - EtherCAT

9

## EtherCAT - Principe fonctionnel

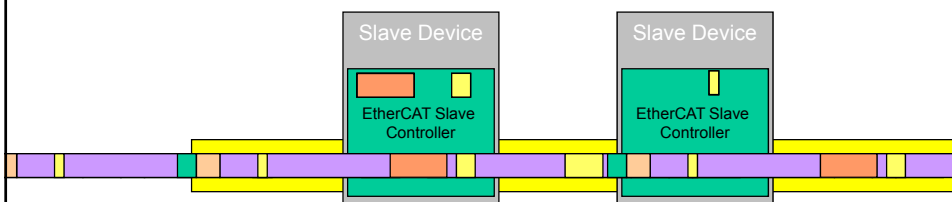
Ethernet traité à la volée



- Certaines analogies avec un train :
  - Le train (trame Ethernet) ne s'arrête pas
  - Même en regardant par une fenêtre étroite, on voit tout le train.
  - Les wagons (sous télégrammes) ont une longueur variable.
  - Il est possible d'insérer ou d'extraire
    - Des personnes (Bits)
    - Des groupes de personnes (données complexes)

## EtherCAT - Principe fonctionnel

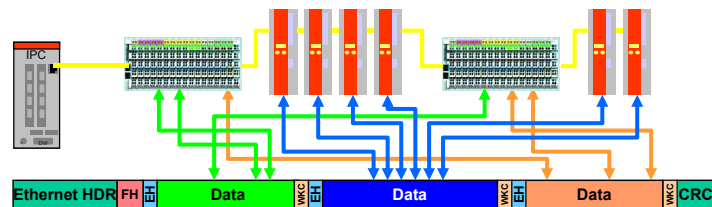
Ethernet traité à la volée



- Données du processus extraites et insérées lors du passage de la trame.
- Taille des données processus par station importante :
  - 1 Bit...60 kilo-octets
  - Répartis au besoins sur plusieurs trames
- Période de mise à jour pouvant être différente pour chaque station.

## EtherCAT - Principe fonctionnel

Ethernet traité à la volée



- Protocole optimisé en taille grâce à l'adressage implicite.
- Structure de télégramme optimisée pour les entrées sorties réparties.
- Protocole implémenté par matériel : performances maximales.
- Pas de Switch requis pour de l'EtherCAT pur
- Compatibilité Ethernet maintenue.

## EtherCAT

Des performances élevées

- Performances
  - Bande passante: 2 x 100 Mbaud (Full-Duplex)
- Temps de mise à jour:
  - 256 entrées sorties tout ou rien
    - 11  $\mu$ s
  - 1000 entrées sorties tout ou rien sur 100 stations
    - 30  $\mu$ s = 0.03 ms
  - 200 entrées sorties analogiques (16 bit)
    - 50  $\mu$ s, 20 kHz de fréquence d'échantillonnage !
  - 12000 entrées sorties tout ou rien
    - 350  $\mu$ s

## heig-vd

### EtherCAT

Des performances élevées

#### Utilisation de la bande passante

- Exemple : 4 octets par station

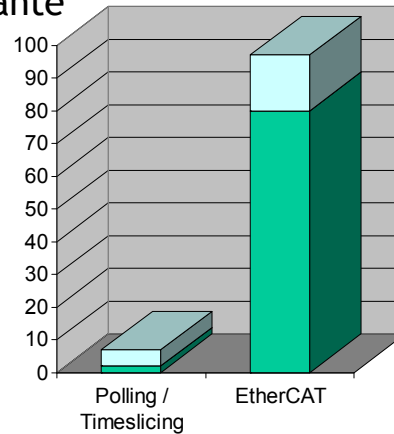
UDP par polling:

ca. 2..5%

EtherCAT: 80...97%

Full Duplex:

2 x 100 MBit/s

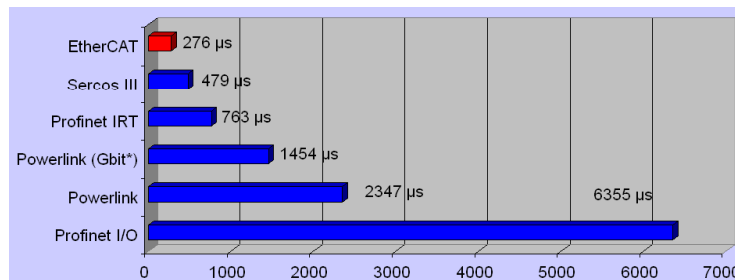


## heig-vd

### EtherCAT - Principe fonctionnel

Des performances élevées . Comparaison avec d'autres bus

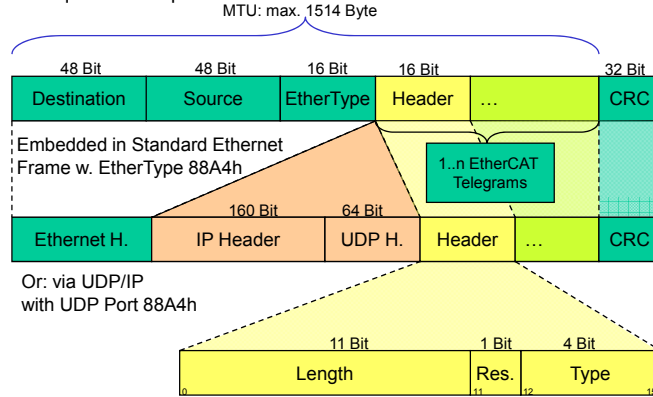
- 40 Axes (chacun 20 octets de données)
- 50 station d'entrées sorties avec 560 terminaux de bus Ethercat
- 2000 Digital + 200 Analog I/O, bus de longueur 500 m
- Performance EtherCAT:
  - Temps de cycle de 276  $\mu$ s
  - Charge de bus de 44 % (longueur du télégramme 122 $\mu$ s)



\* announced. Computed with Formulas from Ethernet Powerlink Spec V 2.0, App.3

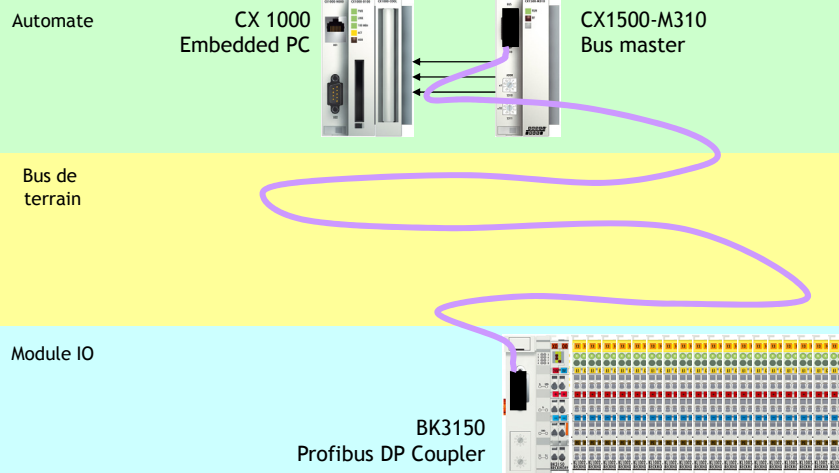
## Compatibilité avec Ethernet / UDP

- EtherCAT utilise de trames standard : IEEE 802.3
- Possibilité aussi d'utiliser UDP/IP
  - Permet de router des trames EtherCAT
  - Possibilité de communiquer tout simplement avec l'API socket.



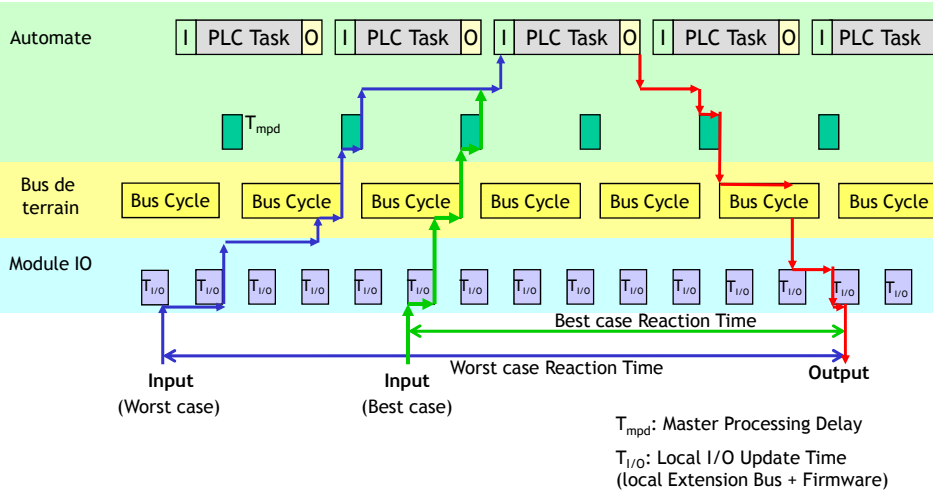
## Horloge distribuée - Introduction

Architecture traditionnelle d'une solution décentralisée



## Horloge distribuée - Introduction

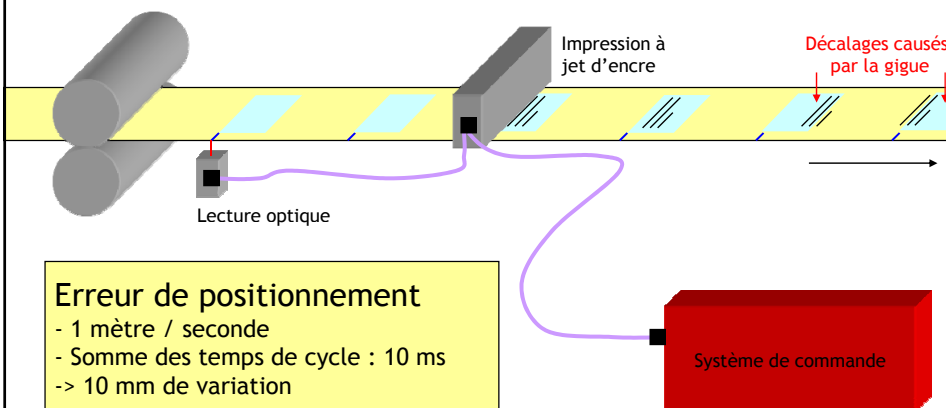
Gigues temporelles avec les bus de terrain cycliques



## Horloge distribuée - Introduction

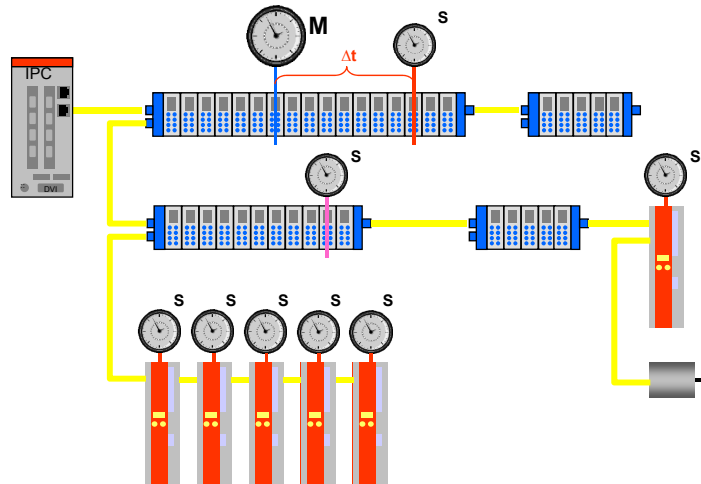
Limitations pratiques induites par les gigues

- Impossibilité de réagir précisément au passage d'une marque d'impression



## Horloge distribuée EtherCAT

Une référence de temps partagée

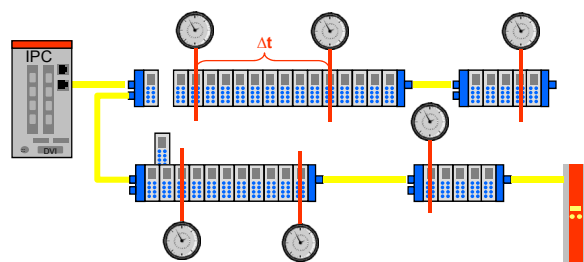


## Horloge distribuée EtherCAT

Principes de synchronisation des horloges

### 1. Principe de base

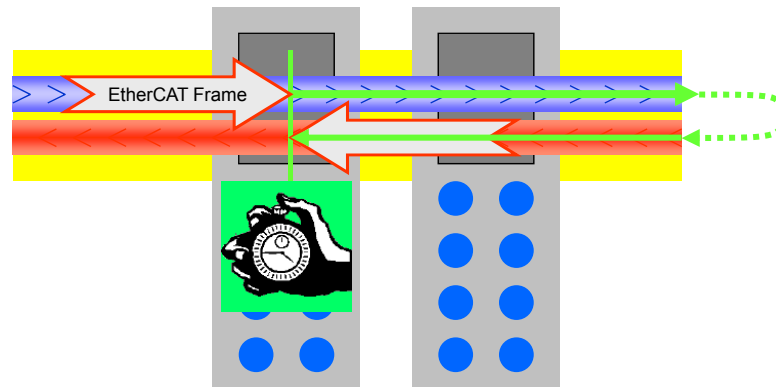
- Alignement des horloges sur celle du premier esclave :
  - Lecture à la volée de l'horloge du 1<sup>er</sup> esclave.
  - Ecriture à la volée dans tous les esclaves suivants.
  - Commande EtherCAT : LRMW
- Différence résiduelle : égale aux délais de propagations.



### Horloge distribuée EtherCAT Principes de synchronisation des horloges

#### 2. Initialisation (avant le fonctionnement cyclique)

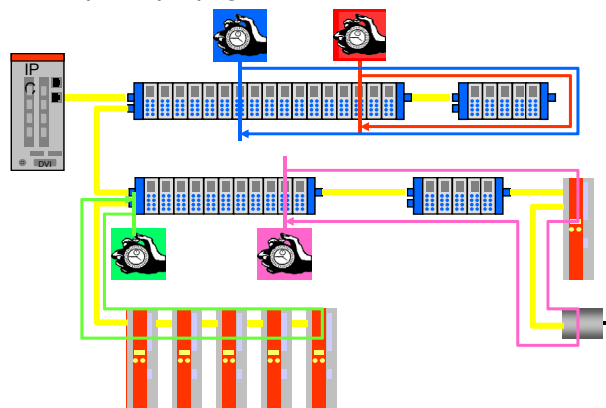
- Mesure du temps de propagation.



### Horloge distribuée EtherCAT Principes de synchronisation des horloges

#### 2. Initialisation

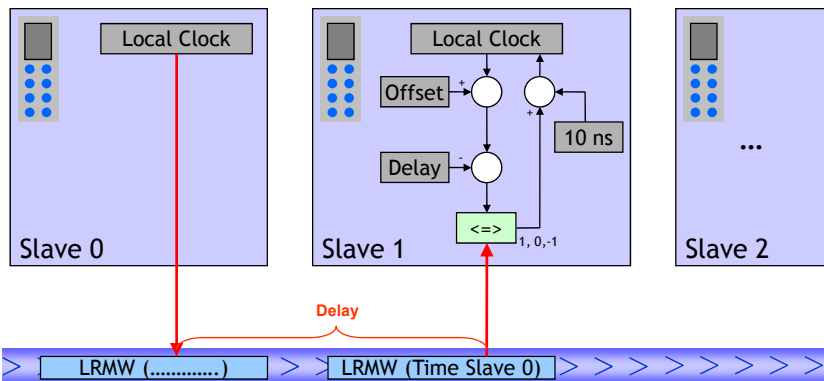
- Mesure du temps de propagation.



## Horloge distribuée EtherCAT

Principes de synchronisation des horloges

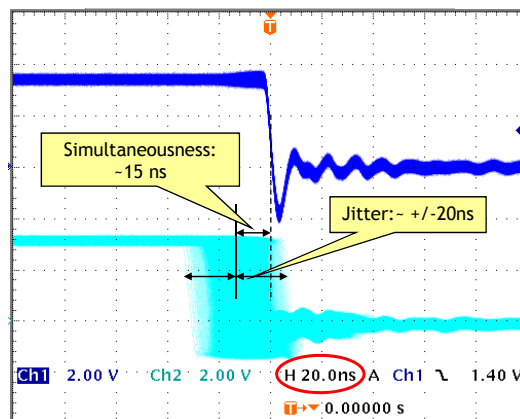
### 3. Ajustement local de chaque horloge, périodiquement.



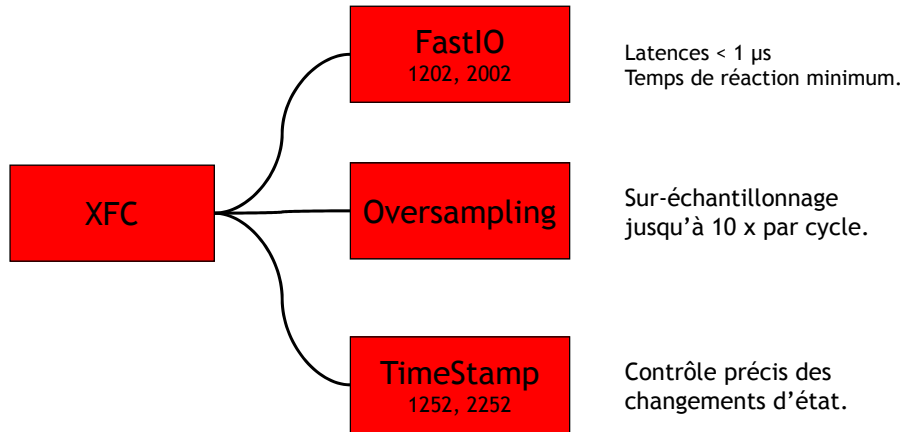
## Horloge distribuée EtherCAT

Précision atteinte

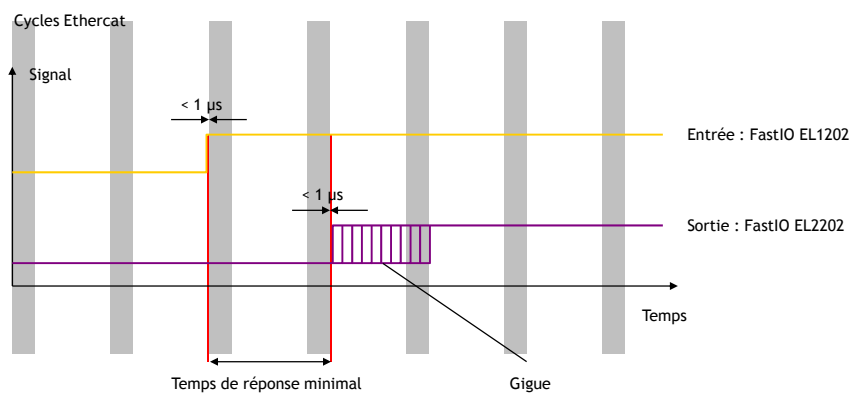
- Conditions de mesure
  - 300 nœuds intermédiaires
  - 120 mètres de câble
- Oscillogramme sur une longue durée.
- Insensible à la gigue d'envoi des trames.



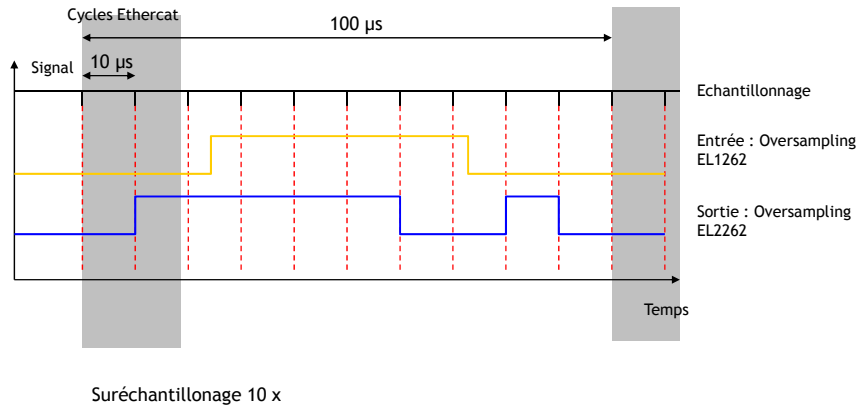
### Horloge distribuée EtherCAT - Modules XFC eXtremely Fast Control - Gamme de produits



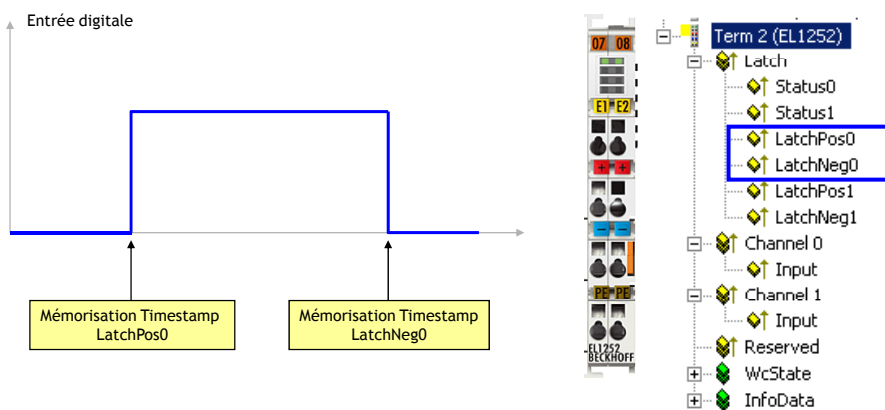
### Horloge distribuée EtherCAT - Modules XFC eXtremely Fast Control - FastIO



### Horloge distribuée EtherCAT - Modules XFC eXtremely Fast Control - Oversampling

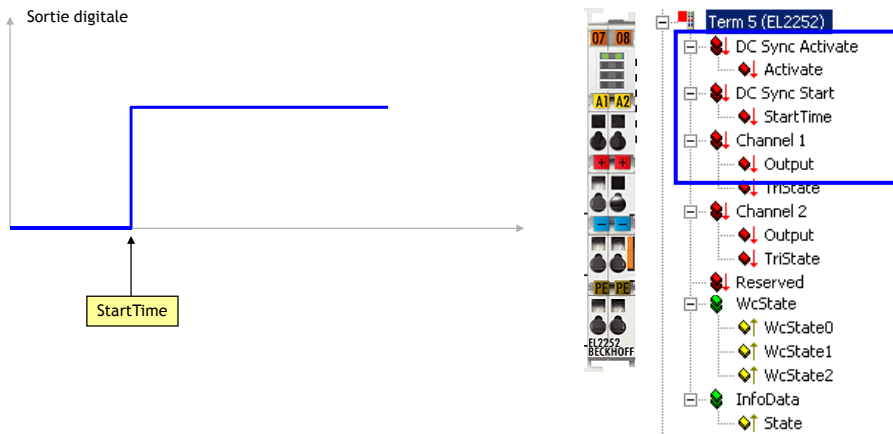


### Horloge distribuée EtherCAT - Modules XFC EL1252 - Datation précise du changement d'état d'une entrée



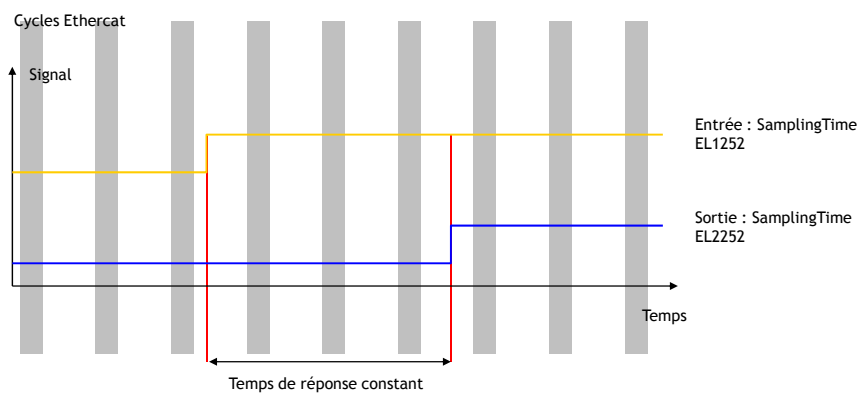
## Horloge distribuée EtherCAT - Modules XFC

### EL2252 - Datation des actions



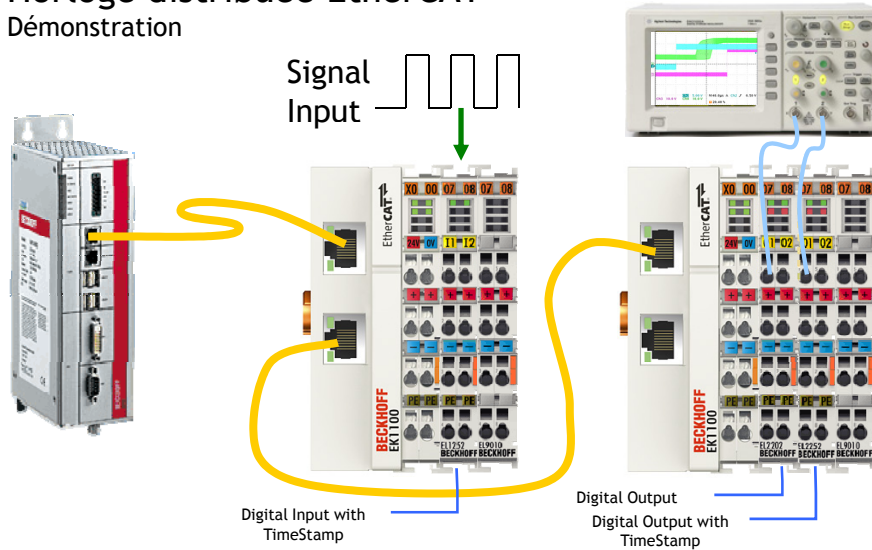
## Horloge distribuée EtherCAT - Modules XFC

### eXtremely Fast Control - SamplingTime



# heig-vd

## Horloge distribuée EtherCAT Démonstration

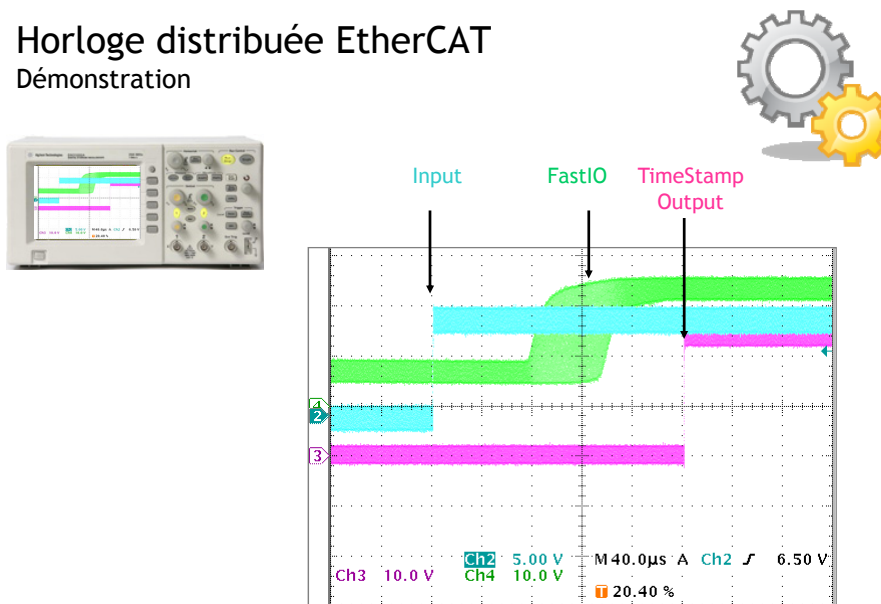


Bus de terrain - EtherCAT

32

# heig-vd

## Horloge distribuée EtherCAT Démonstration

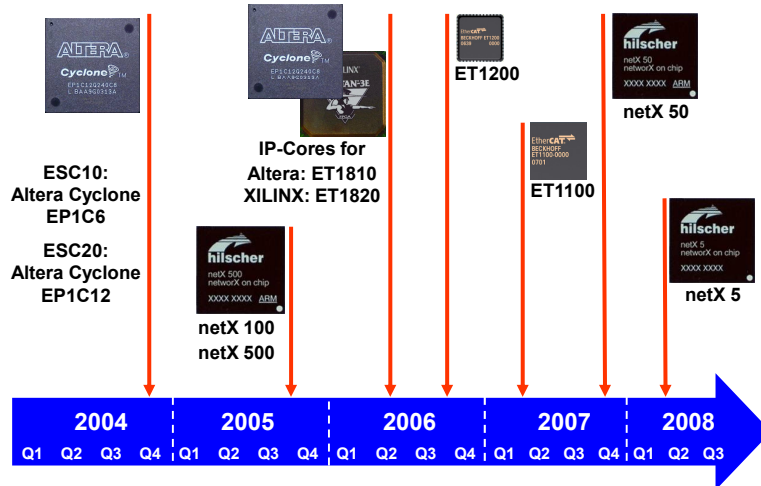


Bus de terrain - EtherCAT

33

## EtherCAT

Des solutions pour développer un esclave



## Vos questions