

# Bus de terrain

Technologie des réseaux de communication  
1. Eléments de transmission de l'information

## Thèmes abordés

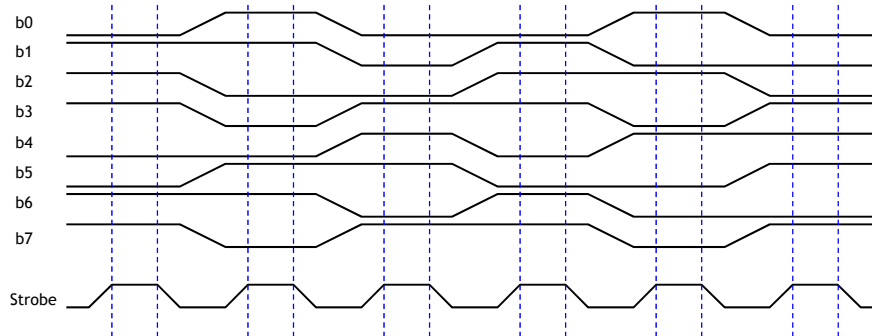
- Types de transmission de l'information
  - Parallèle, série synchrone, série asynchrone, multipoint
- Caractéristiques de supports physiques électriques
- Modes de couplage
- Codage du signal
- Topologies

## heig-vd

### Transmission des données en parallèle

#### Principe

- On transmet plusieurs bits sur des canaux parallèles.
- Un signal de synchronisation valide la donnée.



## heig-vd

### Transmission des données en parallèle

#### Mise en œuvre matérielle

- **Emetteur**
  - Simple registre de sortie.
  - Générer un signal de synchronisation.
- **Récepteur**
  - simple registre parallèle d'entrée (bascules D ou Latch)
- **Câblage**
  - Câble à 10 conducteurs pour 8 bits.



## heig-vd

### Transmission des données en parallèle

#### Analyse

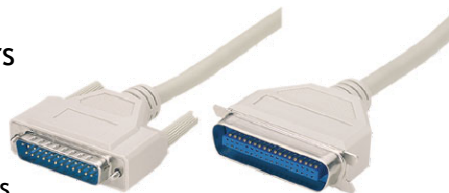
- **Avantage**
  - Débit : on transporte 8 bits à la fois.
- **Inconvénients**
  - Câble
    - Encombrant, coûteux, rigide, difficile à mettre en œuvre.
    - Connecteur coûteux.
  - Synchronisation
    - Les signaux doivent avoir des temps de montée très voisins aux fréquences élevées, sinon ils sont pris en compte de façon décalée.
  - Isolation diaphonique.
    - Plus le câble est long, plus la capacité entre conducteurs est élevée.
    - Plus la fréquence est haute, plus l'impédance est basse.
    - Donc, à fréquence élevée, les différents signaux interfèrent.
  - Limites en longueur très vite atteintes.

## heig-vd

### Transmission des données en parallèle

#### Applications réelles

- Le bus interne des ordinateurs
- Le port parallèle des PC
  - Interface imprimante Centronics
- Le bus de mesure IEEE488
  - GPIB, HPIB



## Transmission sérielle

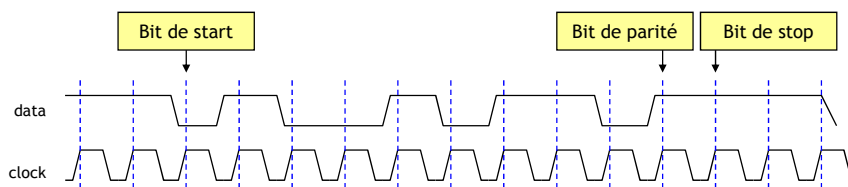
### Principe

- On transmet les bits l'un après l'autre.
- Deux principes sont très utilisés
  - La transmission série synchrone
    - Un signal de synchronisation est transmis sur une ligne séparée
  - La transmission série asynchrone
    - Il n'y a pas de signal de synchronisation séparé.
    - Le récepteur essaye de se synchroniser sur le signal de données.

## Transmission sérielle

### Transmission série synchrone

- Principe de base
  - Les bits sont envoyés sur un fil.
  - L'horloge de synchronisation sur un autre fil.
  - Par défaut, le signal de données est à 1.
  - Un bit de start à 0 est envoyé pour signaler le début du caractère.
  - Le premier bit de données : est ce le bit 0 ou le bit 7 ?



## heig-vd

### Transmission sérielle

Transmission série synchrone - contenu du message

- Rôle du bit de start
  - L'arrivée du bit de start est utilisée par le récepteur pour déclencher le processus de mémorisation des bits de donnée.
- Bit de parité
  - Utilisé pour détecter les erreurs de transmission.
- Nécessité d'un ou plusieurs bits de stop
  - Si un caractère se termine par 0, comment repérer le bit de start du caractère suivant ?
  - Pour cette raison, un caractère est toujours complété par un ou plusieurs bits de stop à 1.

## heig-vd

### Transmission sérielle

Transmission série synchrone - bit de parité

- Notion de bit de parité
  - Bit de contrôle additionnel placé à la fin d'un octet.
  - Permet de contrôler la cohérence à la réception.
  - Principe : indique si le nombre de bits de données à 1 est pair ou impair.
  - Parité paire : le bit est à 1 si le nombre de bits à 1 est pair.
  - Parité impaire : le bit est à 1 si le nombre de bits à 1 est impair.
- Utilité
  - Si un bit du message est perturbé par un parasite, le bit de parité sera incohérent par rapport au message.
  - L'erreur pourra donc être détectée, et la donnée fautive ignorée.
  - Une erreur de 2 bits ne sera pas détectée, mais elle est nettement moins probable.

## Transmission série

Transmission série synchrone - bit de parité - exemples

Donnée	Valeur du bit de parité	
	Parité paire	Parité impaire
01101011 (contient 5 bits à 1)	0	1
01001101 (contient 4 bits à 1)	1	0

## Transmission série

Transmission série synchrone - mise en œuvre matérielle

- **Emetteur**
  - Registre à décalage parallèle -> série.
  - Calcul du bit de parité.
  - Génération d'horloge.
- **Récepteur**
  - Registre à décalage série -> parallèle.
  - Détection du début des messages.
  - Détection des erreurs de parité.
- **Câblage**
  - Câble à 3 fils.



## Transmission sérielle

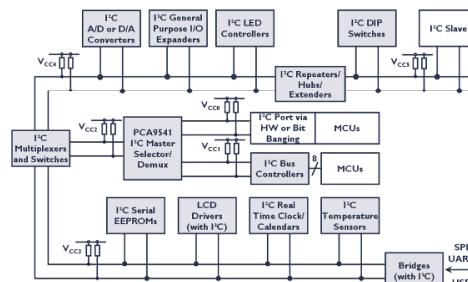
Transmission série synchrone - analyse

- Avantages
  - Câble plus fin, plus souple, moins coûteux, plus facile à mettre en oeuvre.
  - Connecteur simplifié, meilleur marché, plus vite monté.
- Inconvénients
  - Débit
    - A une même fréquence, on transporte un seul bit à la fois.
  - Synchronisation
    - Les signaux d'horloge et de données doivent avoir des temps de propagation très voisins aux fréquences élevées, sinon ils arrivent décalés.
  - Isolation diaphonique.
    - Plus le câble est long, plus la capacité entre conducteurs est élevée.
    - Plus la fréquence est haute, plus l'impédance est basse.
    - Donc, à fréquence élevée, l'horloge et les données interfèrent.
  - Limites en longueur très vite atteintes.
  - Electronique plus compliquée du côté émetteur et récepteur.

## Transmission sérielle

Transmission série synchrone - applications

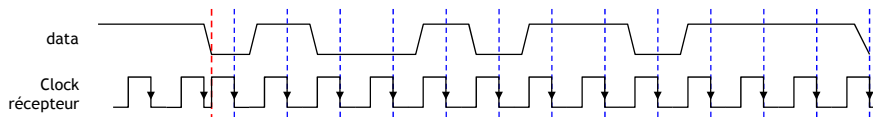
- Bus pour composants électroniques
  - I<sup>2</sup>C : Inter Integrated Circuit, inventé par Philips.
  - Longueur maximale d'environ 1 mètre.
  - 10 kbits à 400 kbits par seconde.
  - Choisi en raison de la mise en œuvre relativement simple.



## Transmission sérielle

Transmission série asynchrone

- Principe de base
  - Les bits sont envoyés sur un fil.
  - Une horloge de même fréquence se trouve du côté émetteur et récepteur.
  - A la réception du bit de start, le récepteur synchronise la phase de son horloge sur celle du signal reçu.
  - Il échantillonne ensuite les bits d'après son horloge locale.



## Transmission sérielle

Transmission série asynchrone - mise en œuvre matérielle

- Emetteur
  - Registre à décalage parallèle -> série.
  - Calcul du bit de parité.
- Récepteur
  - Registre à décalage série -> parallèle.
  - Détection du début des messages.
  - Horloge synchronisable sur le signal reçu
    - PLL ou diviseur de fréquence réinitialisé.
  - Détection des erreurs de parité.
- Câblage
  - Câble à 2 fils.



## Transmission sérielle

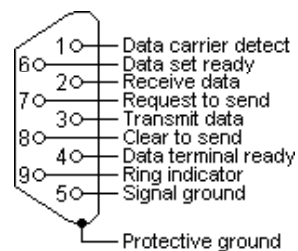
Transmission série asynchrone - analyse

- Avantages
  - Câble plus fin, plus souple, moins coûteux.
  - Connecteur simplifié, meilleur marché, plus vite monté.
  - Plus de problème de synchronisation de signaux
    - On ne transmet qu'un seul signal. Seules les horloges doivent être de fréquence très voisine, ce qui n'est pas difficile en électronique.
  - Isolation diaphonique.
    - Plus de risque d'interférence entre signaux, il n'y a qu'un seul signal.
  - Utilisable sur des longueurs nettement plus importantes (km).
- Inconvénients
  - Débit
    - A une même fréquence, on transporte un seul bit à la fois.
  - Electronique plus compliquée du côté émetteur et encore plus compliquée côté récepteur (synchronisation d'horloge).
  - UART : Universal Asynchronous Receiver Transmitter.
  - L'UART peut être désynchronisé, l'information reçue est alors invalide.

## Transmission sérielle

Application : port série RS232 du PC

- Caractéristiques électriques
  - Signaux inversés.
  - Emission : tensions de +/- 12V
  - Réception : sensibilité à +/- 3V
- Une ligne d'émission.
- Une ligne de réception.
- Différents signaux de synchronisation.
- Baudrate : 300 bauds à 115'000 kBauds.
- Risque d'interférence entre signaux sur câbles très longs.



# heig-vd

## Liaisons multipoints

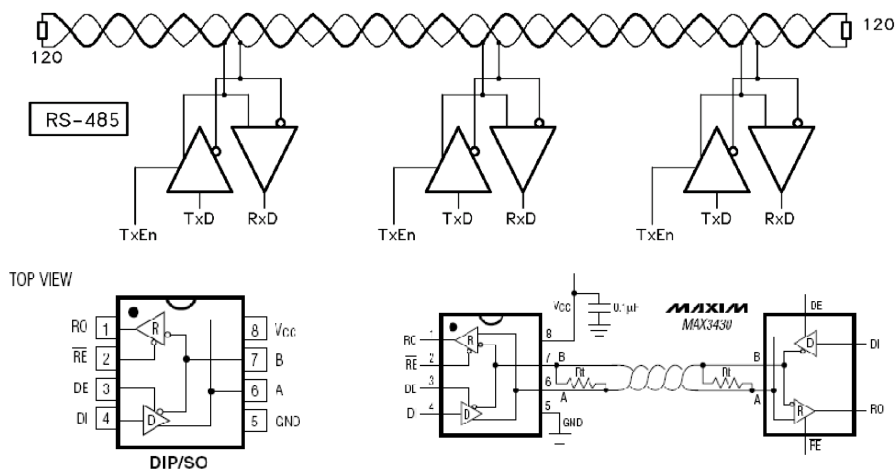
### Introduction

- Principe
  - On utilise un seul câble.
  - Plusieurs appareils y sont connectés.
  - Le signal émis par l'un est reçu par tous.
  - Une adresse est transmise pour désigner le destinataire.
  - Une règle définit qui peut émettre à un instant donné.
- Fonctionnement électronique
  - Les amplificateurs de ligne gèrent 3 états :
    - 0, 1, ou haute impédance.
  - Quand aucun dispositif ne commande le bus
    - Risque de flottement de la tension .
    - Résistances de terminaison ou de mise à la masse de la ligne.

# heig-vd

## Liaisons multipoints

### Principe de pilotage du bus série asynchrone RS 485

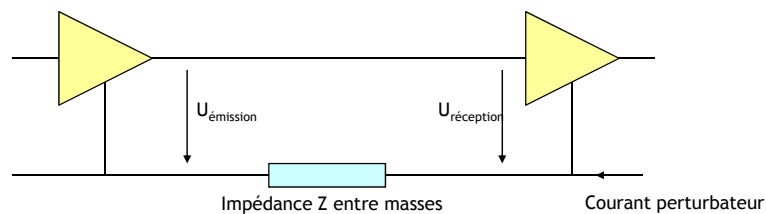


## heig-vd

### Les modes de couplage électriques

Le couplage direct en mode commun

- 1 signal + 1 masse
- Sensible aux perturbations par impédance commune.
  - Un courant perturbateur engendre des différences de tension qui faussent les signaux reçus.
  - Origines des courants perturbateurs
    - Gros consommateurs de courant de part et d'autre.
    - Electroniques haute fréquence



Bus de terrain - Eléments de transmission de l'information

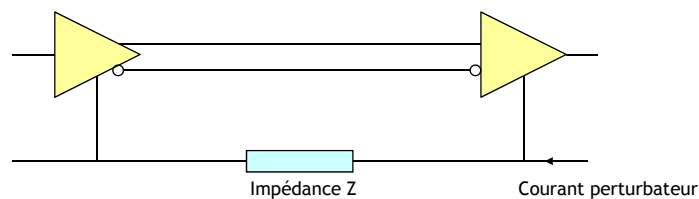
20

## heig-vd

### Les modes de couplage électriques

Le couplage direct en mode différentiel

- 2 signaux inversés + 1 masse
- Insensible aux problèmes d'impédance commune.
- N'élimine pas tous les problèmes
  - En cas de différence de niveau de masse important
    - Incapacité du récepteur à fonctionner correctement.
    - Risque de destruction de l'électronique du récepteur.



Bus de terrain - Eléments de transmission de l'information

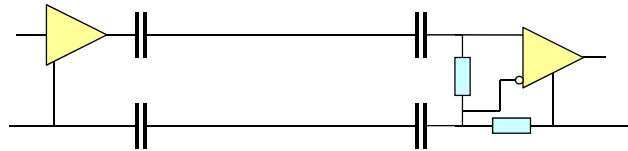
21

## heig-vd

### Les modes de couplage électriques

Isolation galvanique par condensateur

- Avantages
  - Très bon DC découplage
    - Aucune composante DC ne passe.
  - Bande passante élevée
    - On atteint le giga bit par seconde.
- Inconvénients
  - Isolation galvanique faible (200 V)
  - Mauvais découplage HF entre les masses.

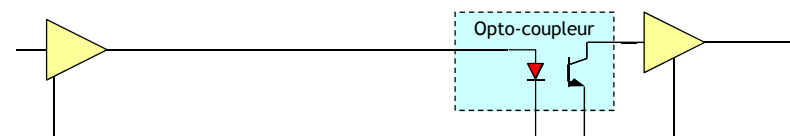


## heig-vd

### Les modes de couplage électriques

Isolation galvanique par optocoupleur

- Avantages
  - Très bonne isolation galvanique
  - Très bon découplage
    - Aucune composante DC ou HF ne passe entre les masses.
- Inconvénients
  - Lenteur relative des opto-coupleurs bon marché par rapport aux transformateurs (jusqu'à 20 MBps)
  - Coût de fabrication

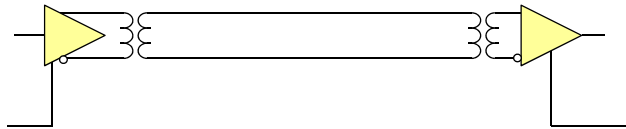


## heig-vd

### Les modes de couplage électriques

Isolation galvanique par transformateur

- Avantages
  - Très bonne isolation galvanique.
    - Supporte des différences de potentiel de plusieurs centaines de Volts
  - Très bon découplage
    - Aucune composante DC ou HF ne passe entre les masses.
  - Bande passante élevée
    - On atteint le giga bit par seconde.
- Inconvénients
  - Coût de fabrication
  - La production en très grande série réduit ce problème



## heig-vd

### Les modes de couplage électriques

Comparaison

	couplage direct	couplage par opto-coupleur	couplage par transformateur	couplage capacitif
Isolation DC	non (diff. → ±15 V)	oui → -2 kV	oui → -5 kV	oui → -0,2 kV
Isolation HF	faible	bon	bon	faible
Coût	faible	plus élevé	plus élevé	faible
Particularités	Le signal peut contenir une composante DC		le signal ne doit pas contenir de composante DC	

## Codage du signal

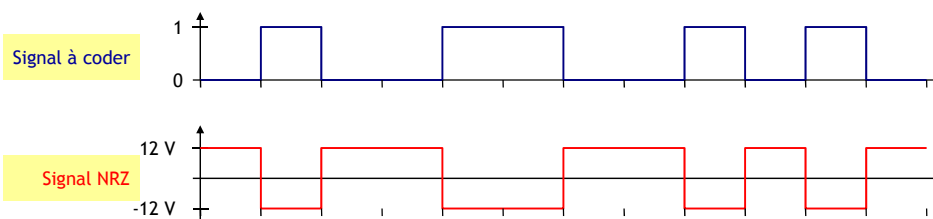
Pourquoi coder le signal ?

- Transmission sur de longues distances
  - Seule la liaison série asynchrone peut être utilisée.
- Nécessité de transmettre sur 1 fil
  - Les données.
  - Les signaux de synchronisation :
    - Synchronisation bit : position exacte d'un bit dans une trame.
    - Synchronisation message : repérage des messages dans une séquence de bits.
- Ces informations sont combinées dans un même signal
  - Codage de plusieurs signaux en un seul.
- Il y a plusieurs principes répandus de codage du signal
  - NRZ Non Retour à Zéro
  - RZ Retour à Zéro
  - Manchester
  - Manchester différentiel

## Codage du signal

NRZ - Non Retour à Zéro

- Principe
  - Un 0 logique est codé par un niveau de tension.
  - Un 1 logique est codé par un autre niveau de tension.
- Exemple : RS232
  - Un 1 logique est codé par la tension -12 V
  - Un 0 logique est codé par la tension +12V



## heig-vd

### Codage du signal

NRZ - Non Retour à Zéro

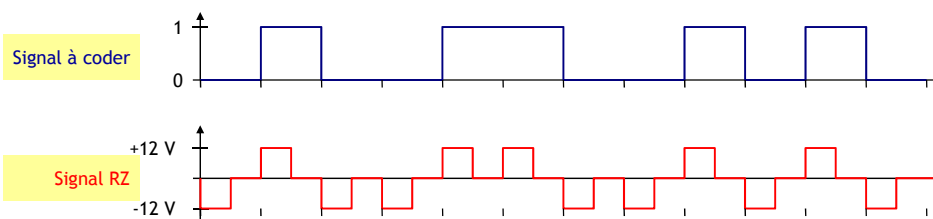
- Avantages
  - Très grande simplicité
- Inconvénients
  - En cas de longue suite de niveaux identiques
    - Il n'y a plus de transition.
    - Donc, plus de possibilité de synchroniser l'horloge locale.
  - Fréquence du signal très variable
    - La valeur moyenne du signal est variable
      - Elle comporte une composante DC.
    - L'isolation des signaux codés en NRZ peut donc être problématique.
- Exemple
  - Profibus DP

## heig-vd

### Codage du signal

RZ - Retour à Zéro

- Principe
  - Similaire au codage NRZ, sauf que le signal revient toujours à 0 V au milieu du temps de bit.



## heig-vd

### Codage du signal

RZ - Retour à Zéro

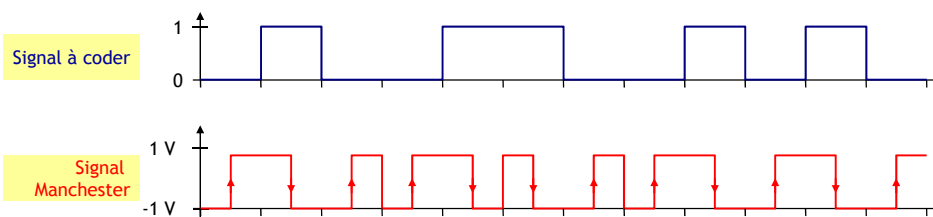
- Avantages
  - Simplicité
  - Possibilité de resynchroniser l'horloge à chaque bit.
- Inconvénients
  - Doublement de la fréquence
    - Nécessite un média avec une bande passante deux fois plus large
  - Fréquence du signal très variable
    - La valeur moyenne du signal est variable
      - Elle comporte une composante DC.
    - L'isolation des signaux codés en NRZ peut donc être problématique.
- Exemple
  - ?

## heig-vd

### Codage du signal

Manchester

- Principe
  - Le signal commute toujours à mi période.
  - Si le bit vaut 0, la commutation sera de 0 -> 1.
  - Si le bit vaut 1, la commutation sera de 1 -> 0.



## heig-vd

### Codage du signal

#### Manchester

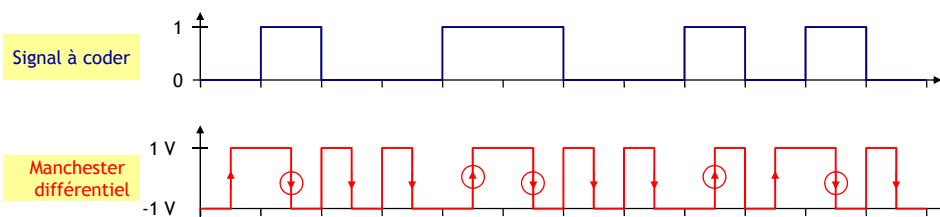
- Avantages
  - La transition à chaque demi période est garantie
    - → synchronisation de l'horloge fiable et précise.
  - Valeur moyenne constante quel que soit le message.
    - Pas de composante DC, donc possibilité d'isoler les lignes.
- Inconvénients
  - Doublement de la fréquence
- Exemples
  - Ethernet
  - Profibus PA

## heig-vd

### Codage du signal

#### Manchester différentiel

- Principe
  - On considère les transitions en milieu de bit.
  - Un 0 logique est codé par une transition de même sens que la précédente.
  - Un 1 logique est codé par une transition de sens opposé à la précédente.



## heig-vd

### Codage du signal

Manchester différentiel

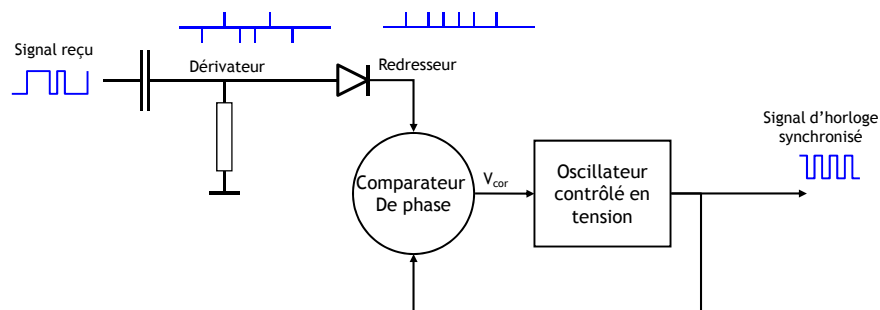
- Avantages
  - La transition à chaque demi période est garantie
    - → synchronisation de l'horloge fiable et précise.
  - Valeur moyenne constante quel que soit le message.
    - Pas de composante DC, donc possibilité d'isoler les lignes.
  - Insensible aux inversions de polarité.
- Inconvénients
  - Doublement de la fréquence
- Exemples
  - Token Ring
  - LON

## heig-vd

### Codage du signal

Synchronisation au niveau du bit

- Boucle à verrouillage de phase
  - PLL (*phase-locked loop*)



## heig-vd

### Topologies

#### Définition

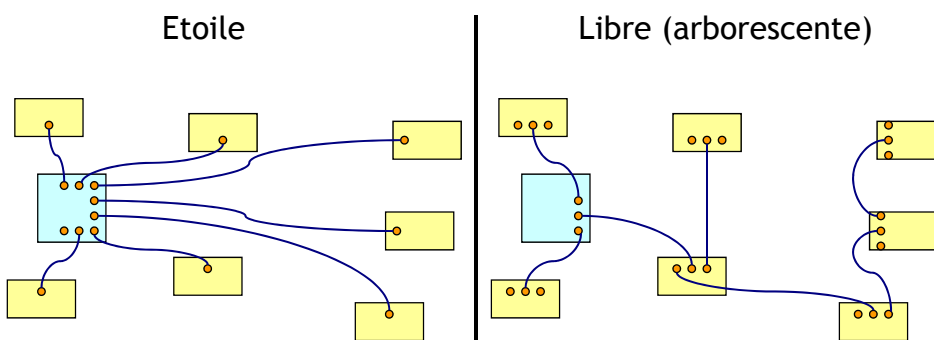
- Selon la technologie employée par un bus de terrain
  - Les stations peuvent être raccordées en suivant des schémas différents.
  - Ces schémas de raccordement sont appelés topologies.
- La topologie a une grande influence
  - Sur la longueur de câblage.
  - Sur la facilité de câblage.

## heig-vd

### Topologies

#### Point à point

- Principe
  - Liaisons point à point entre stations successives
    - duplex ou half duplex.
  - 2 topologies selon les possibilités techniques : étoile ou libre.



## Topologies

### Point à point - analyse

- **Avantages**
  - Modularité.
  - Ajout de stations possible en fonctionnement.
  - Sécurité en cas de panne d'une station périphérique.
  - Topologie libre : grande souplesse de câblage.
- **Inconvénients**
  - Station centrale très sollicitée
    - Elle doit être capable de relayer les messages rapidement.
  - Configuration étoile : longueurs de câbles importantes.
- **Exemples**
  - Etoile : FastEthernet 100 MB sur RJ45
  - Libre : USB, Firewire (IEEE1394)

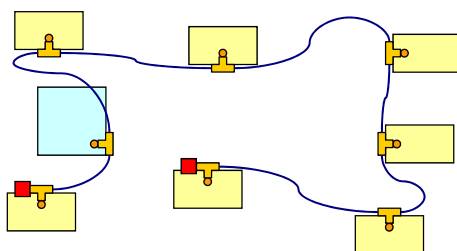
## Topologies

### Bus

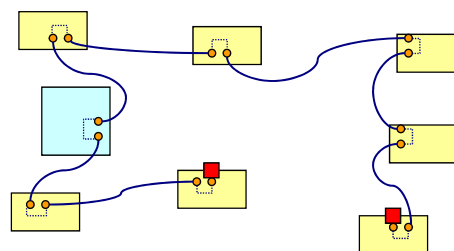
- **Principe**
  - Connexions de toutes les stations sur un même câble
    - Toujours half duplex.
  - 2 topologies selon les possibilités techniques : connexion en T ou chaînage.

#### Connexion en T

#### Connexion par prise Vampire



#### Chaînage



## Topologies

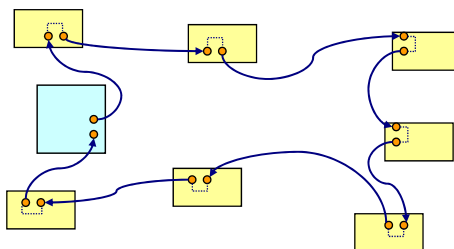
### Bus - analyse

- Avantages
  - Simplicité d'adjonction de stations.
  - Fonctionne même en cas de panne d'une station.
  - Transmission en diffusion (*broadcasting, multicasting*).
  - Longueur de câble réduite.
- Inconvénients
  - 1 seule station peut émettre à la fois.
  - Les résistances de terminaison sont externes (à câbler).
  - Liaison en chaîne : échange d'appareil impossible sans arrêt du système.
  - Liaison en T : coûts de connexion plus importants.
- Exemples
  - Ethernet 10-base T (câble coaxial, 10 Mbit/s)
  - Profibus, Modbus

## Topologies

### Anneau

- Principe
  - Connexions des stations successives par une liaison simplex.
  - L'information reçue par chaque station
    - Est intégralement retransmise après régénération vers la suivante.
    - Revient finalement à la station initiale.



## heig-vd

### Topologies

Anneau - Analyse

- **Avantages**
  - Le signal est régénéré à chaque station
  - L'adressage peut être implicite (position dans l'anneau)
  - Principe bien adapté aux transmissions par fibre optique (simplex)
- **Inconvénients**
  - la panne d'une seule station bloque tout le système.
  - extension impossible pendant le fonctionnement.
- **Exemples**
  - Interbus-S, SERCOS

## heig-vd

### Vos questions

