

Réseaux Avancés – DII

Réseaux Industriels :

Can, Profibus, Fip, EtherNet ...

CANopen



WorldFiP
THE EFFECTIVE FIELD BUS

PROFI
PROCESS FIELD BUS
BUS

EtherNet/IP

Organisation du module

- 4h CM
- 4h TD
 - Simulateur Vector®
- 8h TP
 - TP sur une voiture réelle
 - À l'IUT GEII Grammont

Les problèmes liés au réseau

- Les problèmes inhérents aux applications de bus et de réseaux:
 - Accès aux réseaux
 - Elasticité
 - Sécurité des informations
 - Topologie, longueur et débit

Accès au bus et d'arbitrage

- Échanges synchronisés
- Compétition pour gagner l'accès au bus
 - → Latence

CSMA/CD vs CSMA/CA

- CSMA / CD = Carrier Sensor Multiple Access / Collision Detection
- CSMA / CA = Carrier Sensor Multiple Access / Collision Avoidance

CSMA

- CSMA = Accès multiple avec écoute de la porteuse.
- Cette méthode permet à une station d'écouter le support physique de liaison (câble ou fibre) pour déterminer si une autre station transmet une trame de données (niveau déterminé de tension électrique ou de lumière). Si tel n'est pas le cas (donc s'il n'y a pas eu de signal), elle suppose qu'elle peut émettre.

CD

- Collision Detection (CD) : Détection des collisions et traitement en envoyant un jam signal.
- L'accès multiple implique que plusieurs stations peuvent émettre au même moment ce qui provoque une collision (donc une perte de données). Comme les stations écoutent aussi les collisions elles savent qu'elles doivent réémettre après avoir attendu pendant un délai aléatoire.
- Ce type de protocole est dit « probabiliste », c'est-à-dire qu'il n'est pas possible de déterminer avec certitude le délai d'envoi d'un message. Rappelons que dans un réseau Ethernet les stations se partagent le même média de communication, qu'il n'y a pas de jeton ni de priorité d'émission.

CSMA / CD

- Détection d'un message de contention lorsque plusieurs station tentent d'accéder au bus.
- Contention = Débat, conflit

CSMA / CA

- Gestion des conflits au niveau « bit »
- Les conflits sont évités en assignant un niveau de priorité à chacun des messages transportés.
- En cas de contention : le message de priorité la plus élevée gagne.
- Le temps de latence dépend :
 - Du niveau de priorité du message

Couche physique

- Les signaux :
 - Codage en bande de base

Bande de base

- Transmission du signal directement sur le canal après codage en ligne
 - NRZ, Manchester
- Le spectre du signal transmis se trouve centré autour de la fréquence nulle.
- Bande de base VS Modulation

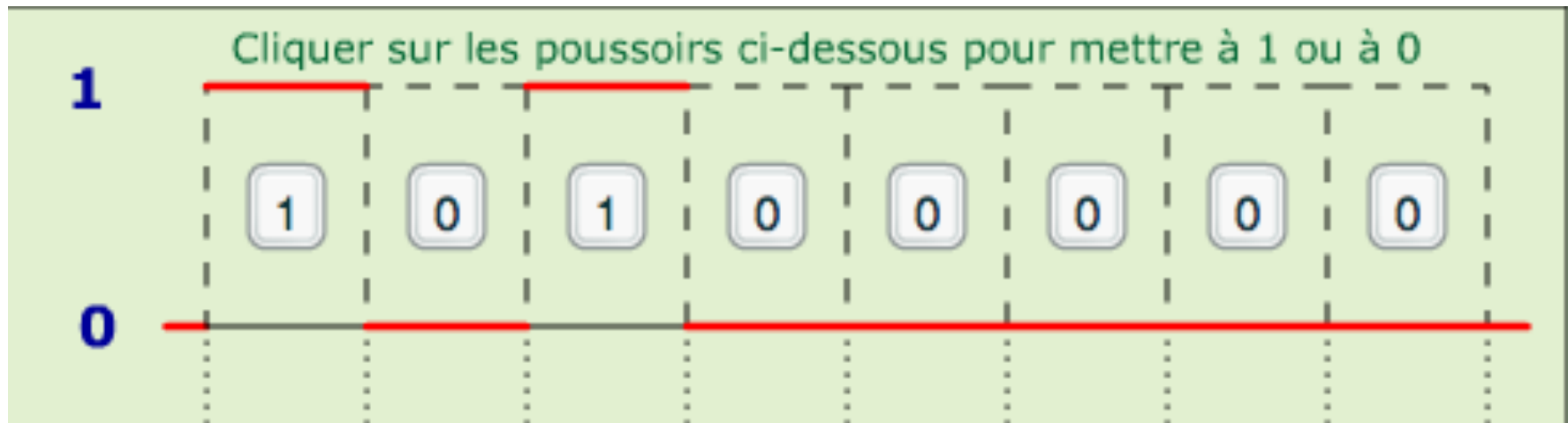
NRZ

- Non Return to Zero
- Le bit 1 est représenté par un état significatif (par exemple, une tension clairement positive).
- Le bit 0 par un autre état significatif (par exemple, une tension clairement négative).
- Il n'existe pas d'état intermédiaire.
- Liaison série RS-232, le 0 est codé +12 V et le 1 est codé -12 V.

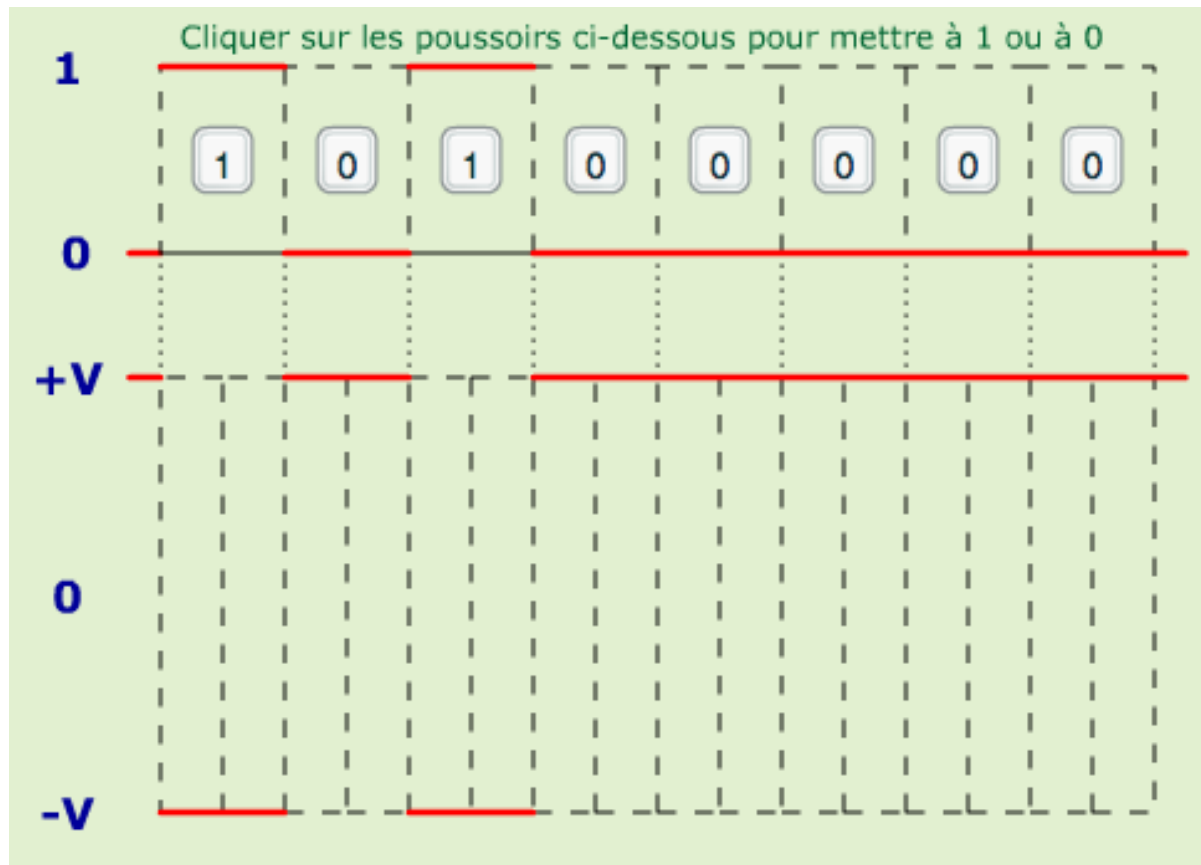
NRZ

- **Avantage :** Ce codage est très facile à mettre en œuvre.
- **Inconvénients :**
 - Une inversion de fils au raccordement provoquerait une erreur d'interprétation (inversions d'état).
 - Il n'a pas de transition générée lors d'une longue séquence de 1 ou 0, ce qui rend la synchronisation difficile, voire impossible.

NRZ



NRZ



Manchester

- Manchester est un codage synchrone.

Valeurs à coder

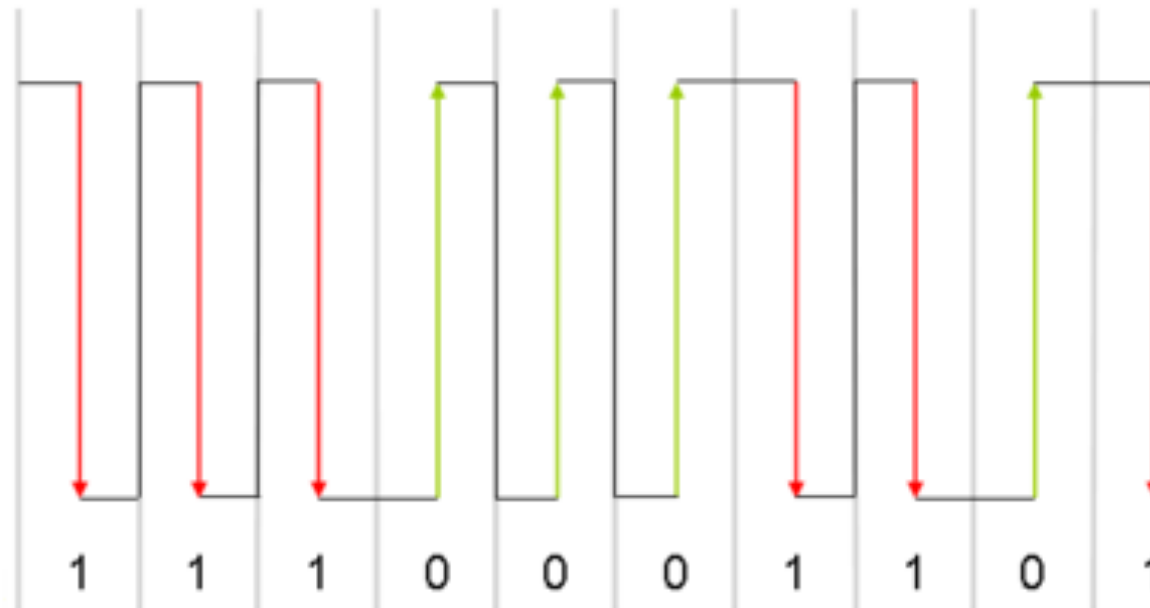
0 logique

1 logique

Valeurs transmises

transition du niveau bas vers le niveau haut

transition du niveau haut vers le niveau bas



Manchester

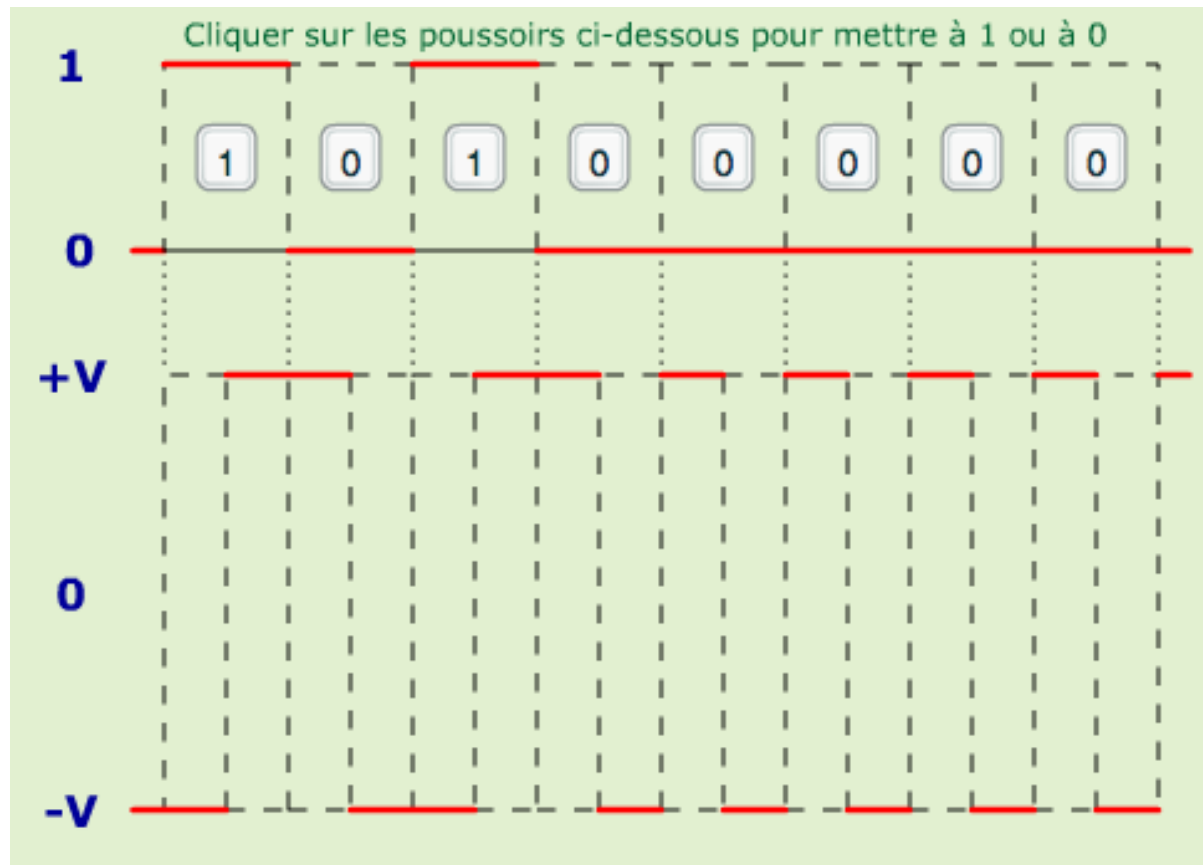
- **Avantage :**
 - Codage et décodage faciles, pas de composante continue (donc pas de perte de synchronisation sur les suites de symboles identiques).
- **Inconvénient :**
 - La limite haute de la bande passante occupée est doublée.

Manchester

Cliquer sur les poussoirs ci-dessous pour mettre à 1 ou à 0

1								
	1	0	1	0	0	0	0	0
0								

Manchester





Les problèmes liés au réseau

- Les problèmes inhérents aux applications de bus et de réseaux:
 - Accès aux réseaux
 - **Elasticité**
 - Sécurité des informations
 - Topologie, longueur et débit

Elasticité

- Capacité à rajouter des périphériques sur le réseau:
 - Sans la reconfiguration du réseau:
 - Adresse source et destination
 - Identificateur+ Données
 - Diffusion + acceptance
 - Changement d'adresse
 - Re-routage

Les problèmes liés au réseau

- Les problèmes inhérents aux applications de bus et de réseaux:
 - Accès aux réseaux
 - Elasticité
 - **Sécurité des informations**
 - Topologie, longueur et débit

Sécurité des informations

- Erreur de transmission
- Erreur de réception
- Détection des erreurs
 - La probabilité totale résiduelle de messages entachés d'erreurs
- Recouvrement des erreurs

CRC

- Le CRC (Cyclic Redundancy Check) est un code qui permet de détecter les erreurs de transmission.
- Il est obtenu en ajoutant aux données transmises (I) les bits de redondance (R) obtenus en divisant $C0$ par G .
- $C0$ étant le mot de code obtenu en rajoutant d bits à 0 à la fin de I
- G étant les bits représentant le polynôme générateur et d le degré de G .
- Le code C envoyé est la concaténation de I et de R .
- À l'arrivée, le récepteur détecte une erreur si la division de C reçu par G ne donne pas un reste nul.

CRC

- Il existe 3 méthodes pour calculer le CRC :
 - La division polynomiale symbolique
 - La division polynomiale binaire
 - Les registres à décalage.

CRC : La division polynomiale symbolique

- $I(x) = x^9 + x^8 + x^6 + x^4 + x^3 + x + 1$
- $G(x) = x^4 + x + 1$

CRC : La division polynomiale symbolique

- $C_0(x) = I(x) \times x^d =$
- Calculer $C_0(X) / G(X)$
- $C = \ll I \gg + \ll R \gg$

Les problèmes liés au réseau

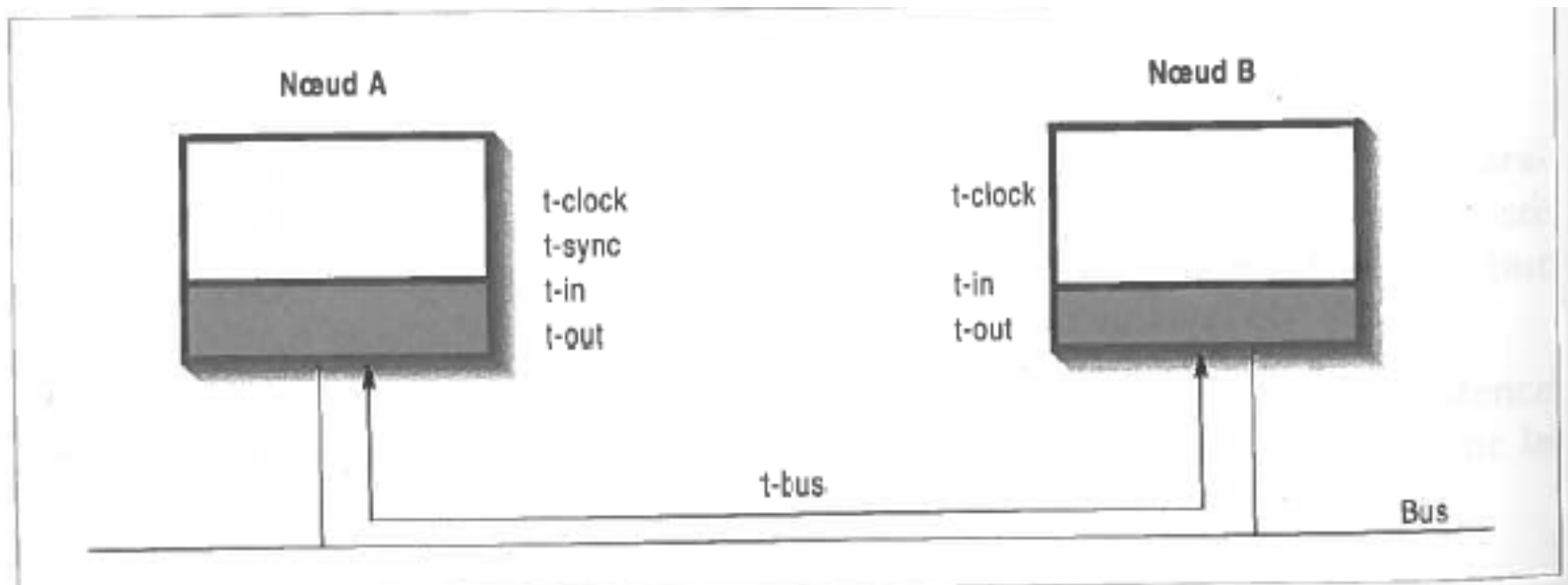
- Les problèmes inhérents aux applications de bus et de réseaux:
 - Accès aux réseaux
 - Elasticité
 - Sécurité des informations
 - **Topologie, longueur et débit**

Débit et longueur sur les réseaux

- Un bit voyage sur le réseau : t_{bus}
 - La longueur du bus
 - La vitesse de propagation
- Retard de l'électronique
 - t_{in} et t_{out}
- Synchro des horloges : t_{sync}
- Écart de phases : t_{clock}

Nominal Bit Time

- $t_{\text{bit}} = 2(t_{\text{in}} + t_{\text{out}} + t_{\text{bus}}) + t_{\text{sync}} + t_{\text{clock}}$



Modèle OSI

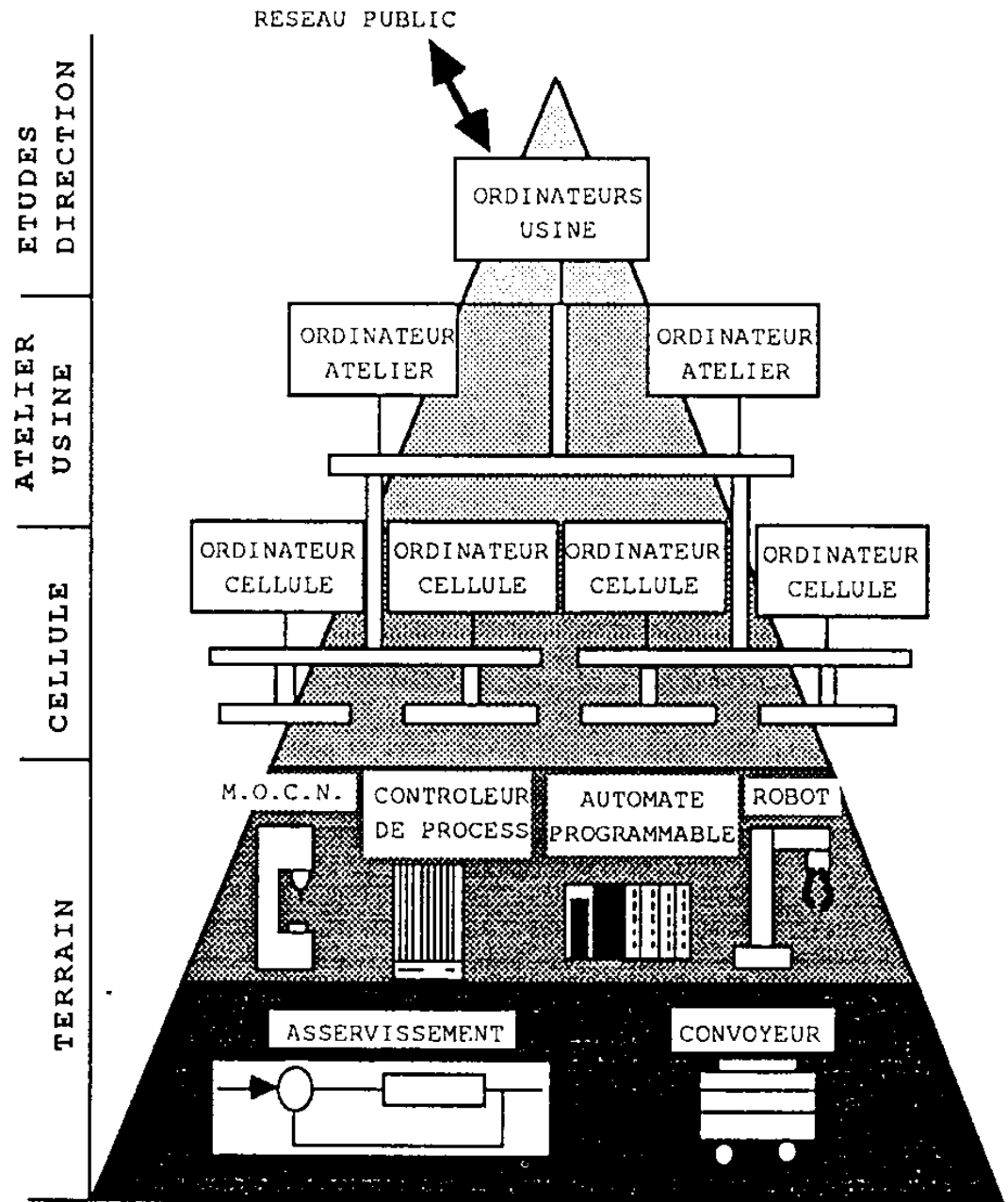
	Type de Donnée	Couche	Fonction
Couches Hôte	Donnée	7. Application	Point d'accès aux services réseaux
		6. Présentation	Gère l'encryptage et le décryptage des données, convertit les données machine en données exploitable par n'importe quelle autre machine
		5. Session	Communication Interhost, gère les sessions entre les différentes applications
	Segments	4. Transport	Connexions bout à bout, connectabilité et contrôle de flux
Couches Matérielles	Paquet/Datagramme	3. Réseau	Détermine le parcours des données et l'adressage logique
	Trame	2. Liaison	Adressage physique
	Bit	1. Physique	Transmission des signaux sous forme binaire

	LON	CAN	FIP	PROFIBUS	BITBUS	INTERBUS
Généralités						
Nom du protocole	Local Operating Network	Controller Area Network	Factory Instrumentation Protocol	Process Field Bus	BIT BUS	INTERBUS
Champs d'applications	Industriels domotiques	Automobiles industrielles	Industriels	Industriels	Industriels	Industriels
Concepteur d'origine	Echelon Corp.	R. Bosch	Schneider	Profibus Consortium	Intel	Phenix Contact
Pays	USA	Allemagne	France	Allemagne	USA	Allemagne
Utilisateurs	LONUSERS	CIA-CAN in Automat.	FIP-Club International	PROFIBUS Nutzer Organisation		
Particularités des couches physiques						
Topologie	Bus	Bus	Bus	Bus	Bus	Anneau
Média supportés	Paires diff. RS 485, Infrarouge CPL	Paires diff. RS 485, Infrarouge CPL, Fibres optiques	Paires diff. RS 485	RS485	RS485	RS485
Longueurs max (m)	500	40		1200	1200	
Pour un débit de (Mb)	1,25	1				
Caractéristiques générales des protocoles						
Couches ISO/OSI	2 à 7	1 et 2	2,7	1, 2, 7	1, 2, (5), 7	1, 2, 7
Débit min. (kbs)	4,9		31,25	9,6	62,5	300
Débit max. (kbs)	1250	1000	1000	500	2400	300
Nb. max. d'octets du message	249 (+7)	8 (+2)		246 (+2)	128 (+2)	
Priorités	128	2048		2		
Couches applicatives	LONTALK	Nombreuses (voir chap. 11)	FIP	FMS	RAC	PMS
Composants électroniques (Stand alone ou microcontrôleur) de gestion des protocoles						
Références	3150 3120	(*)			8 x 44, 80C 152	IPMS
Fabricants	Motorola Toshiba	(*)		Siemens	Intel	

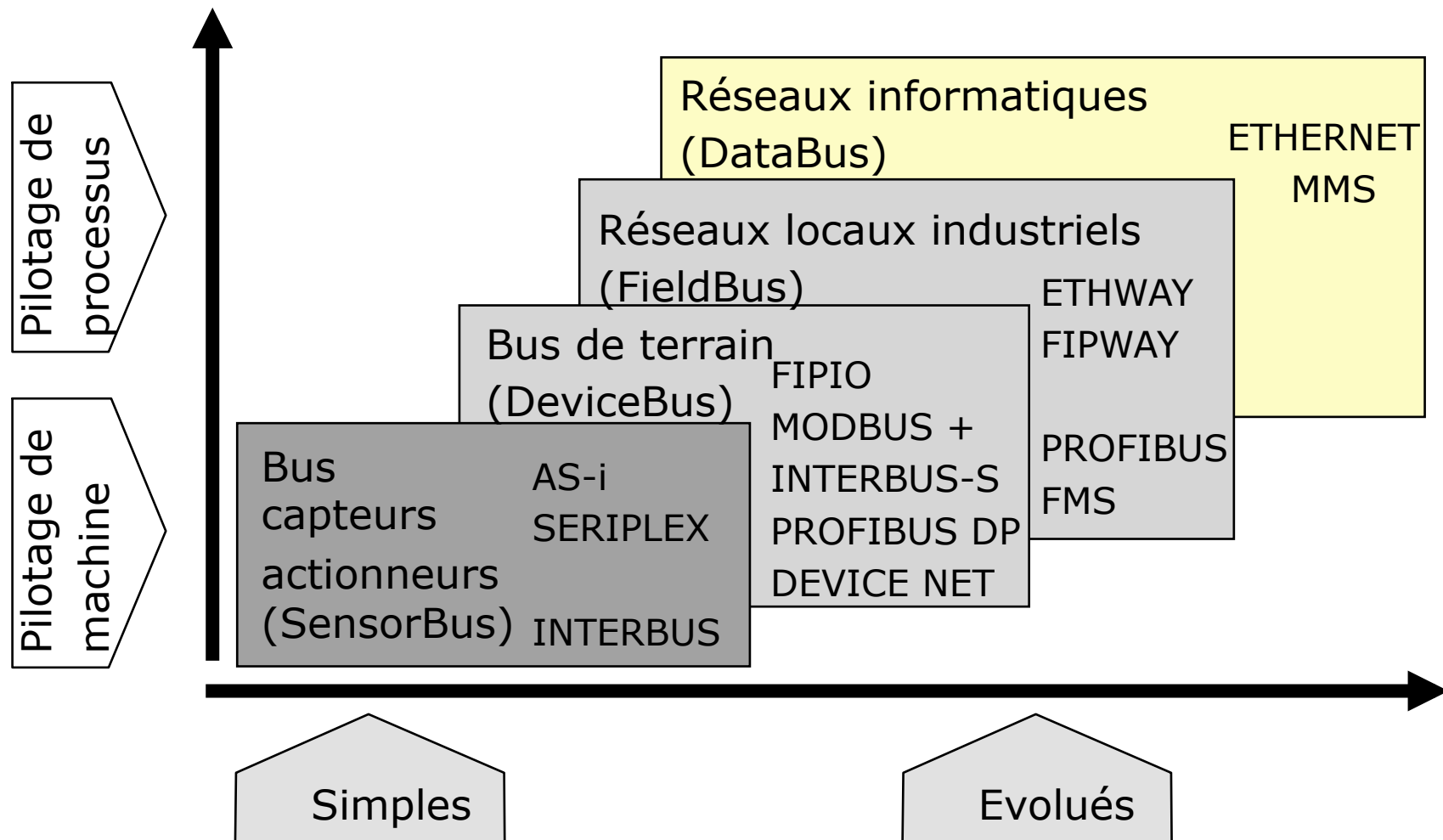
(*) : la liste est trop longue pour être présentée ici, (cf. chapitre 5 pour plus de détails).

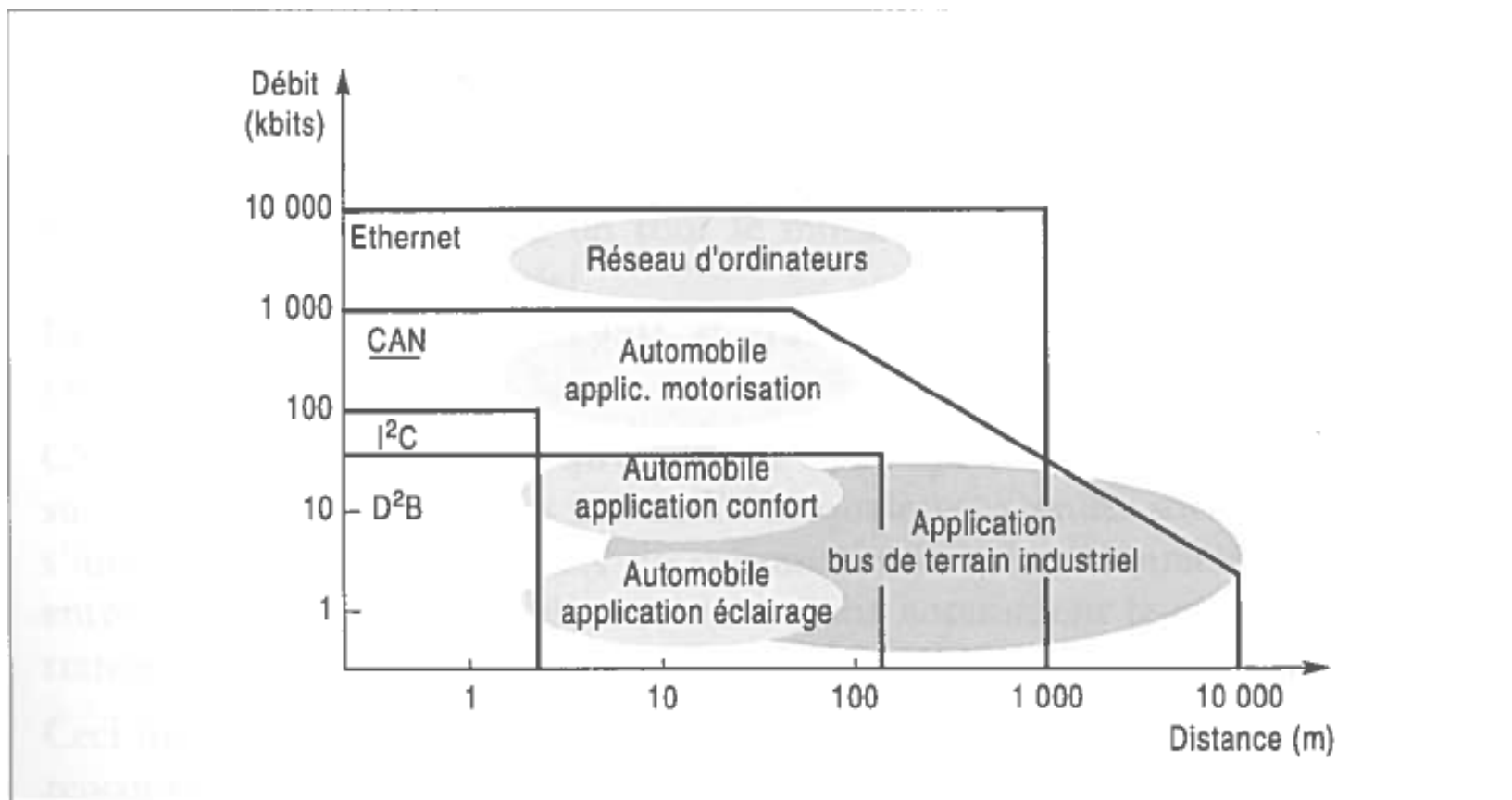
Modèle d'usine intégrée

- Machine outils commandes numériques



Applications industrielles des réseaux

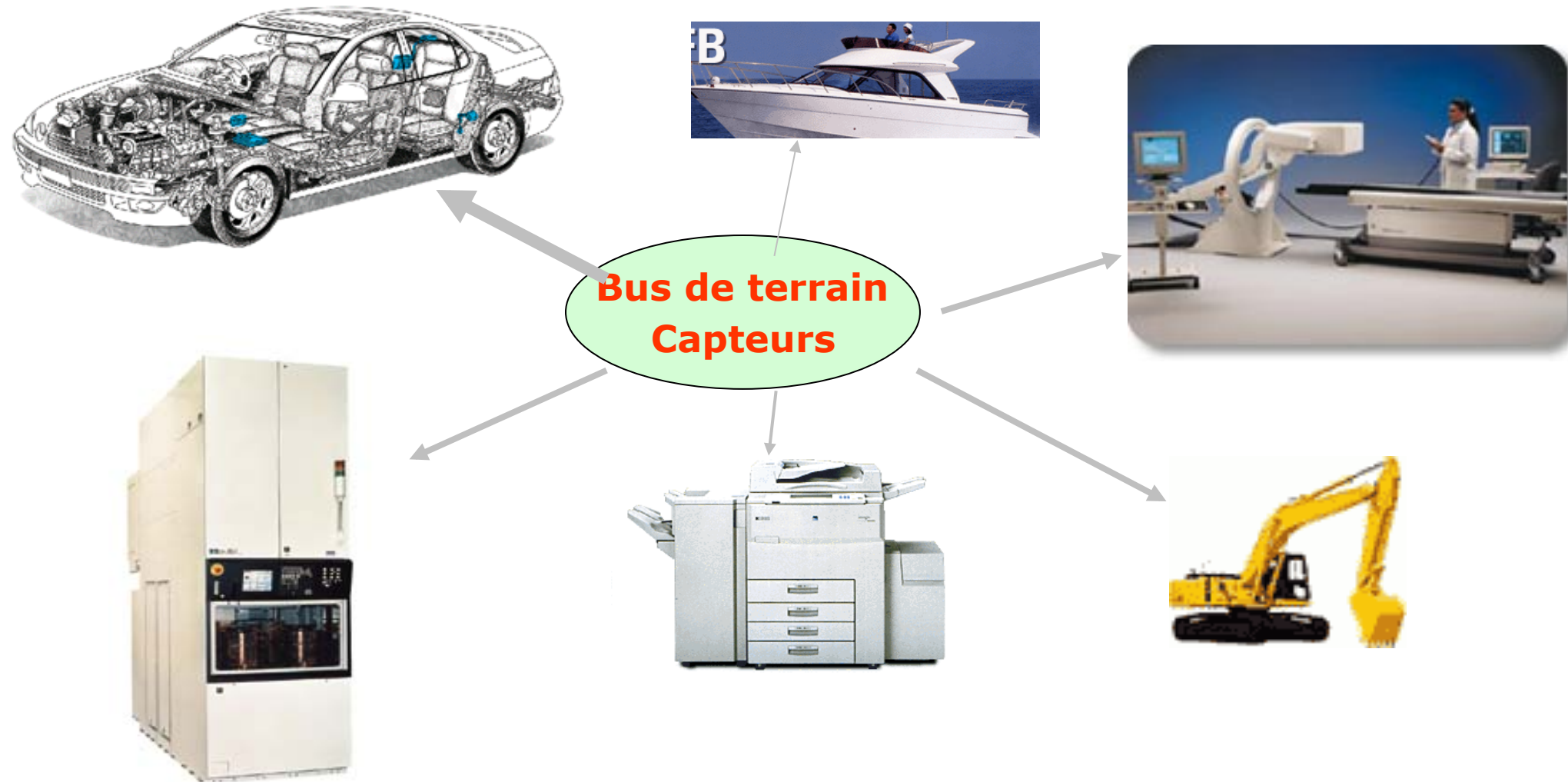




Objectifs et conséquences

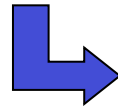
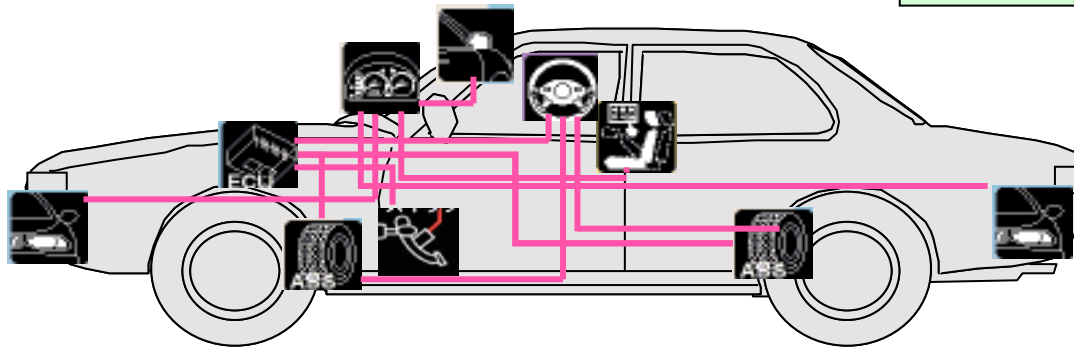
- Interconnexion, communication simplifiée entre plusieurs entités d'un même système
- Réduction de la longueur des liaisons entre les différents éléments grâce à un support commun de transmission (simplification du câblage)
- Gain de place (électronique embarquée)
- Sécurisation des liaisons
- Différents modes de transfert d'information (bit par bit, paquet de bits, synchrone/asynchrone, ...)
- Simplification de la maintenance
- Plus d'interopérabilité →insertion ou suppression d'éléments au sein d'un même système, normalisation des protocoles

Applications industrielles des réseaux

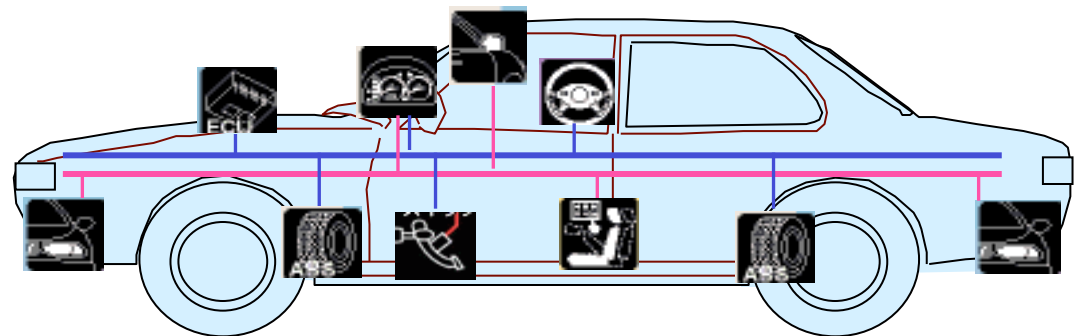


Applications industrielles des réseaux

Câblage traditionnel



Bus de terrain



2 câbles pour l'alimentation électrique 12 V DC

1 paire torsadée pour les transferts d'informations

Contraintes industrielles

- **Temps Réel**

On dit qu'il y a **traitement temps réel** lorsque le temps de réponse à des interrogations est soumis à des contraintes du système. Il faut garantir un temps de réponse avec importance plus ou moins forte.

Il en découle 2 situations:

- Le système transactionnel où l'on tolère le dépassement d'un temps de réponse donné sur quelques échantillons: la contrainte de temps n'entraîne pas de défaillance du système à condition qu'elle se produise avec une probabilité bornée. C'est le temps réel mou.
- La commande de processus où le respect d'un temps de réponse donné doit être garanti dans tous les cas sous peine de voir apparaître une dégradation, voire même un effondrement du système, c'est le temps réel dur.

Contraintes industrielles

- **Déterminisme**

Un système est déterministe quand le comportement des sorties est parfaitement maîtrisé et ce quelles que soient ses entrées

On peut distinguer :

- Le déterminisme temporel lorsqu'il y a respect du timing,
- Le déterminisme évènementiel lorsque tous les évènements sont traités.

Il découle de cette notion plusieurs autres :

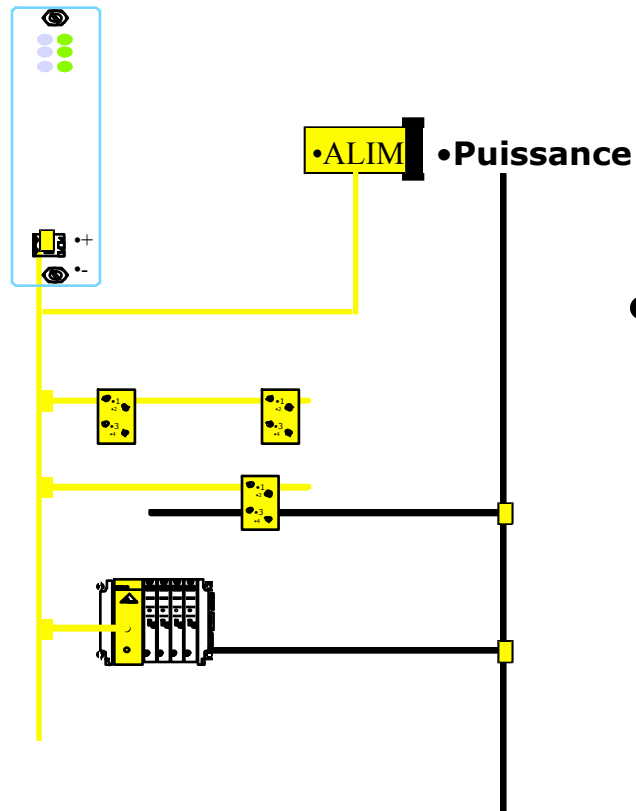
- La prévisibilité montre les possibilités que l'on a de prévoir comment le système va se comporter quelles que soient les circonstances.
- L'urgence : il s'instaure une hiérarchie entre les différents traitements à effectuer ; certains étant plus importants que d'autres.

Caractéristiques des réseaux industriels

- Topologie → Bus
- Méthodes d'accès → Déterministe : M/E, Jeton, Polling
- Débit moyen – longueur des trames faible
- Nombre de nœuds faibles (adressage)
- Modèle OSI simplifié : Couches 1 + 2 + 7

AS-i (Actuator Sensor Interface)

Le Standard International pour le bus de terrain de plus bas niveau



•Réseau de Capteurs / Actionneurs

Caractéristiques de AS-i

- **PHYSIQUES**

- Topologie: Libre
- Médium: Câble 2 fils non blindés
- Distance: 100m (300 répéteurs)
- Nombre de nœuds: 31 esclaves
- Utilisation du courant porteur
- Données et puissance sur le même câble (jaune)

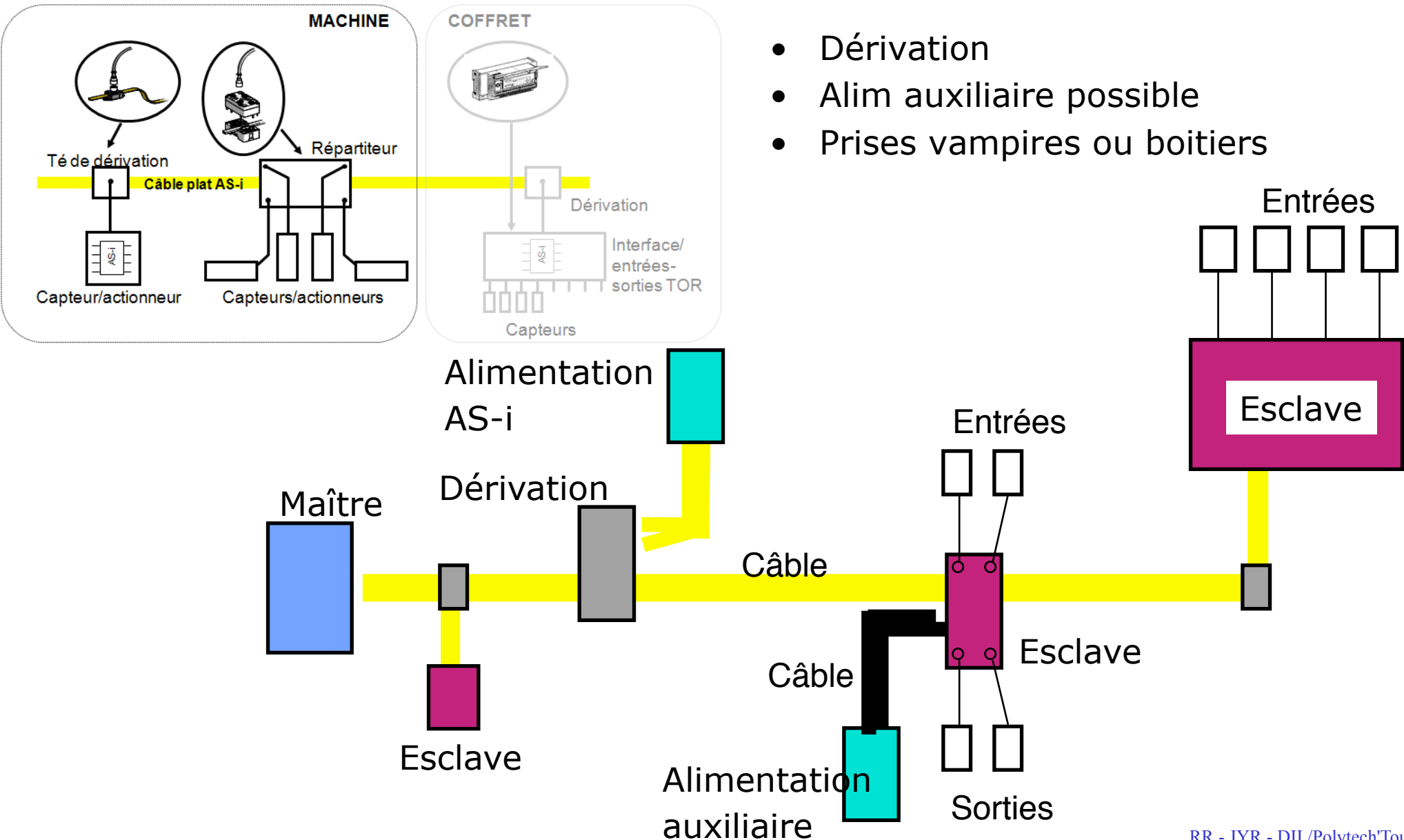
- **DIVERS**

- Esclave = 4 entrées TOR + 4 sorties TOR + 4 bits de paramétrage
- E/S analogique possible
- Câble auto-cicatrisant

- **COMMUNICATION**

- Principe de communication: Maître/Esclave par polling
- Vitesse: temps de cycle < 5ms
- Taille des données: 4 bits

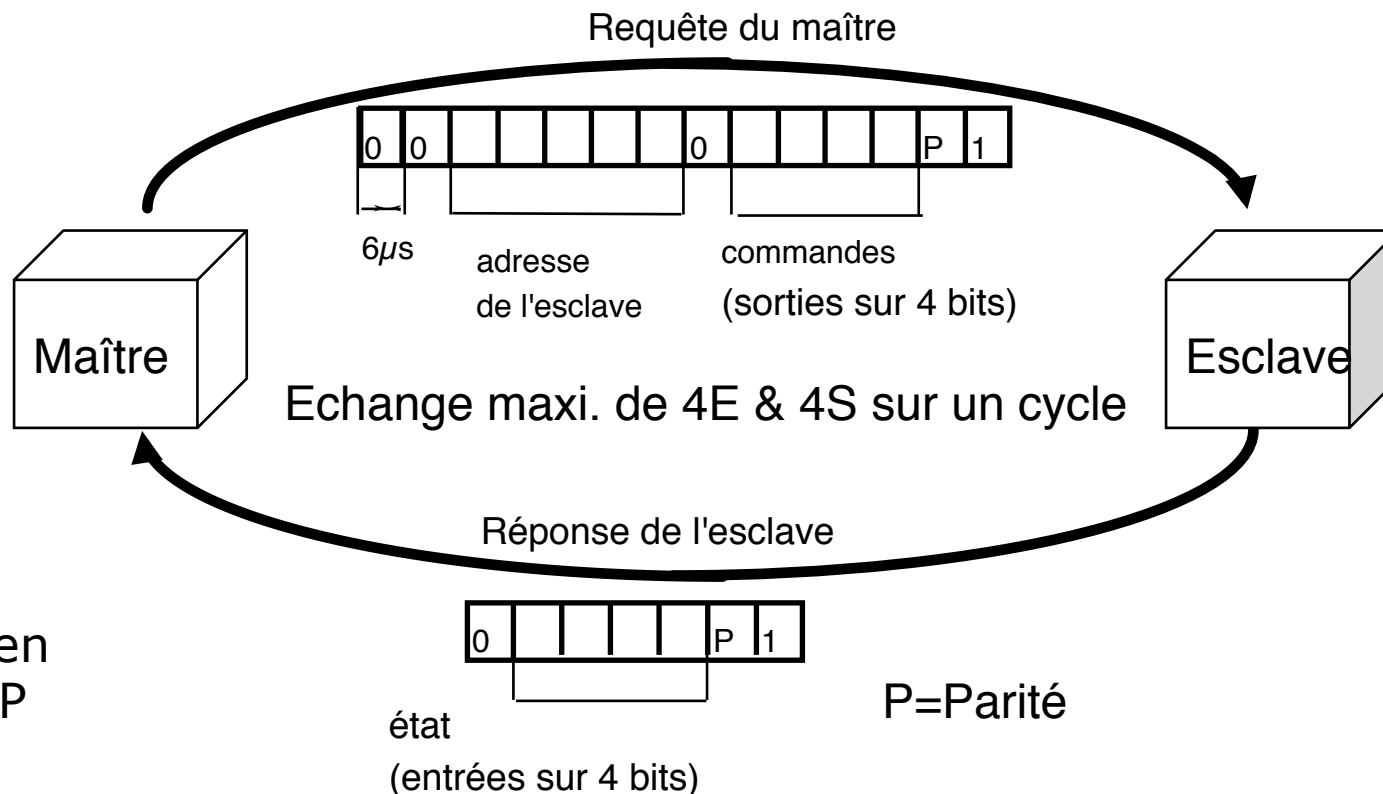
Caractéristiques de AS-i



- Dérivation
- Alim auxiliaire possible
- Prises vampires ou boîtiers

Caractéristiques de AS-i

- Trame courte, efficace et de longueur constante
- Le temps de cycle AS-i est court et répétitif



•Présent en
salle de TP
Polytech

FIP (Flux d'Informations Processus)

Projet français lancé par le ministère de l'industrie dans les années 1990

→ cible = réseaux de terrain

Objectif

- 1) Normalisation des connexions entre capteurs, actionneurs, automates, ...
- 2) Très faible coût => circuit intégré.

Utiliser par Schneider – Télémécanique

En forte perte de vitesse actuellement → cf Ethernet industriel

FIP (Flux d'Informations Processus)

- Caractéristiques d'un réseau de terrain :
 - Les échanges sont toujours parfaitement identifiés, répertoriés au moment de la conception du système.
 - Chaque échange peut donc avoir un identificateur.
 - L'ensemble de ces identificateurs (ou objets) constitue ce que l'on nomme la nomenclature.
 - Principe du fonctionnement
 - Un protocole à scrutation périodique et diffusion : une station scrutée diffuse l'information précise qui lui a été demandée, les stations réceptrices copient ou ignorent cet objet selon sa nomenclature.
- Il faut une station maître ou arbitre du bus qui gère l'accès au médium en fonction de la nomenclature.

FIP (Flux d'Informations Processus)

- **Couche physique**

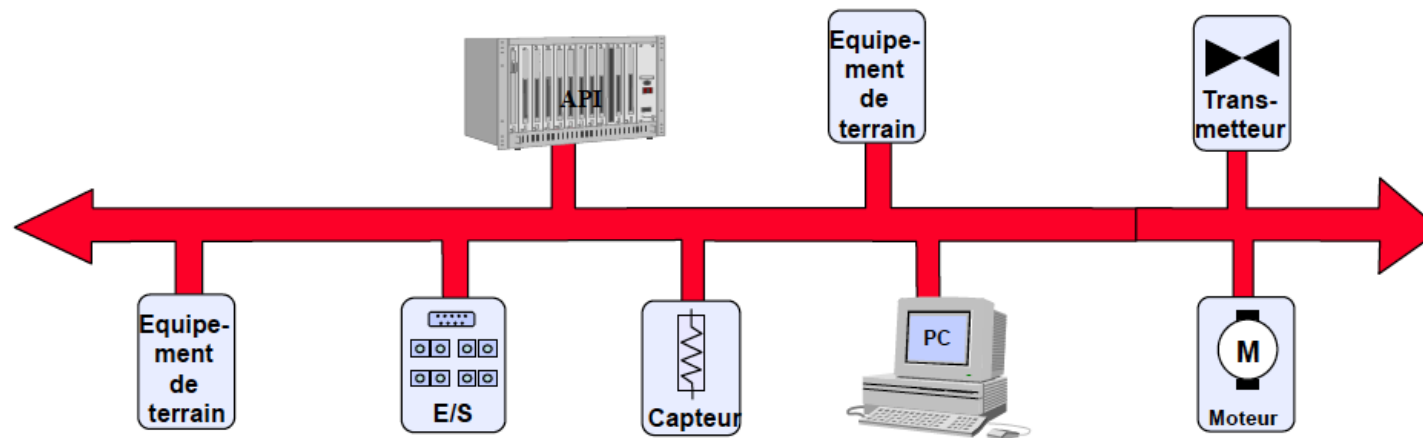
- médium : paire torsadée pour la version la plus lente
- topologie en BUS avec prise passive
- transmission en **bande de base**, codage Manchester
- Débit : 50 Kb/s avec une portée de 2km, 250 Kb/s, et 1 Mb/s sur 500m.

- **Couche liaison de données (couche “gonflée”)**

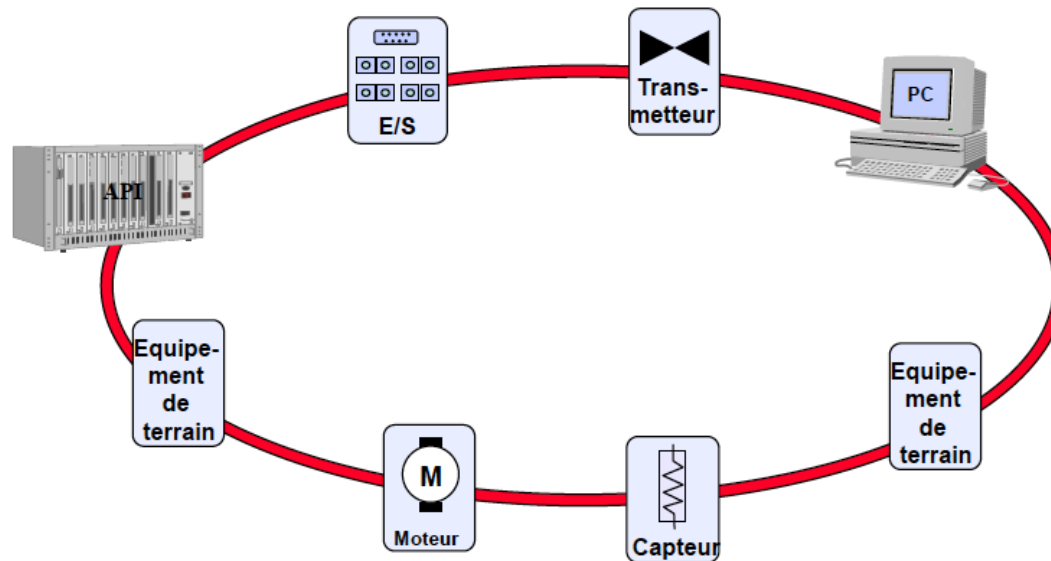
- Gestion centralisée (station maître).
- Scrutation périodique des éléments du réseau
- Adressage des actionneurs ou transferts de messages vers les autres équipements à la demande.
- Bus transporte des messages de la forme : Nom objet - Valeur
- Nomenclature sur 16 bits : trames d'information comportant de 1 à 16 données codées sur 16 bits.
- Protection de toutes les trames par code cyclique : erreurs détectées mais non récupérées.

Cours réseaux de terrain suite

RÉSEAUX EN BUS - PRÉSENTATION



RÉSEAUX EN ANNEAU - PRÉSENTATION



RÉSEAUX EN ANNEAU - CARACTÉRISTIQUES

La topologie bus est aussi appelée « topologie point à point »

Chaque station ne peut s'adresser qu'à sa voisine (ou ses voisines)

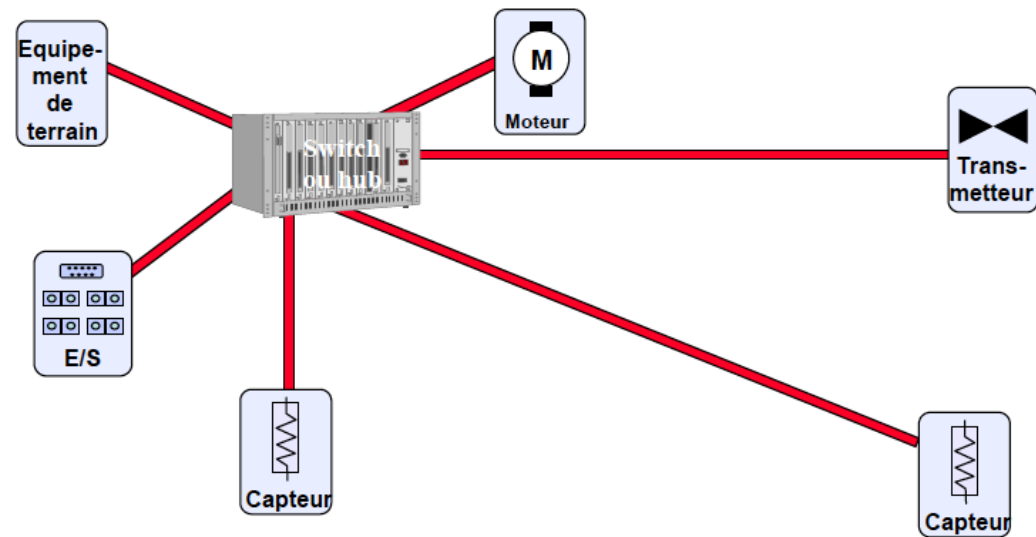
Il est possible d'avoir un anneau monodirectionnel ou bidirectionnel.

Cette topologie permet une localisation rapide des défaillances du médium

La défaillance d'un abonné peut être critique

Le temps de propagation est proportionnel au nombre de stations

RESEAUX EN ETOILE



ACCÈS - MAÎTRE / ESCLAVE

Méthode d'accès est aussi nommée «gestion centralisée ». Elle est basée sur la scrutation (polling) des esclaves.

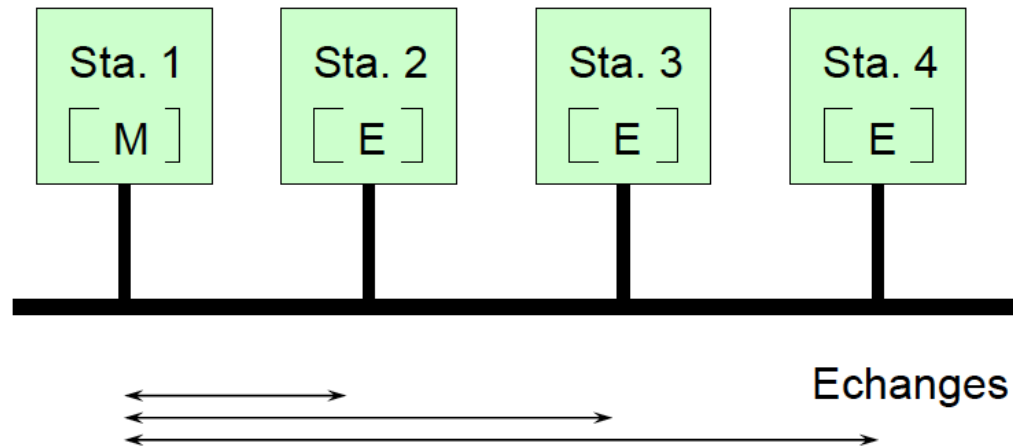
La mise à jour des informations entre le maître et les esclaves peut se faire
totalement
en partie
ou sur événement.

Généralement, il faut déclarer les informations concernant les esclaves au maître.

Cette méthode est simple, déterministe et facile de mise en œuvre.

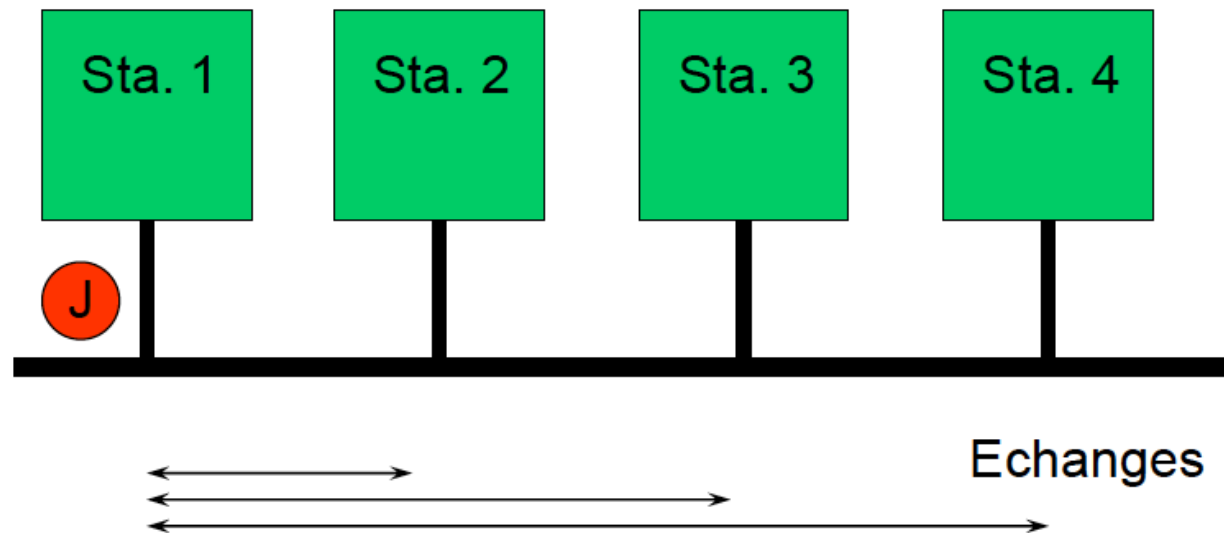
Toutes les informations doivent passer par le maître.

ACCÈS - MAÎTRE / ESCLAVE

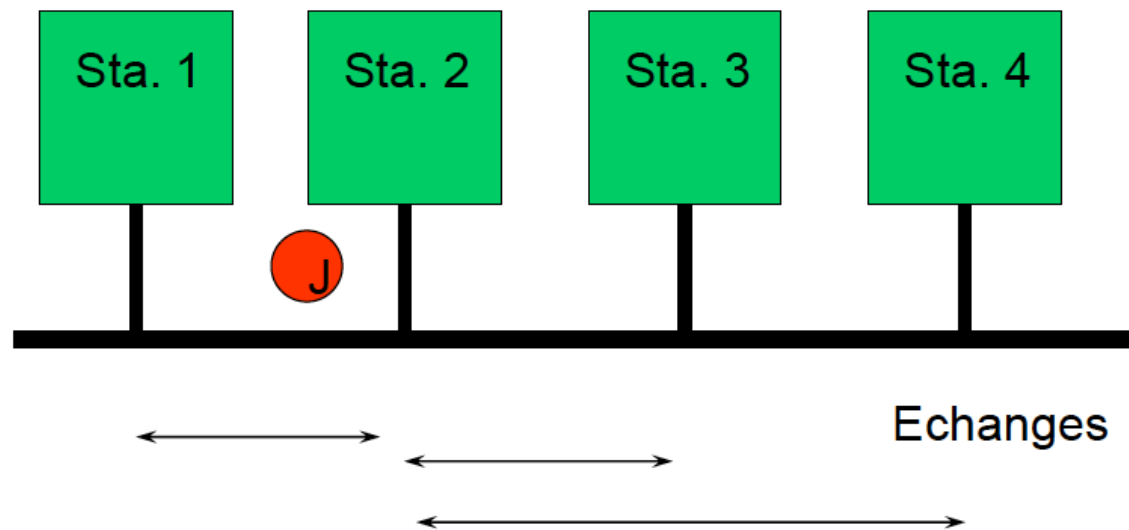


méthode simple et déterministe
tous les échanges transitent par le maître

ACCÈS PARTAGÉ PAR LE JETON



ACCÈS PARTAGÉ PAR LE JETON



ACCÈS PARTAGÉ PAR LE JETON

Cette méthode est basée sur la circulation entre les stations actives d'un **droit d'accès** à la voie, appelé **jeton**.

Une station qui reçoit le jeton :

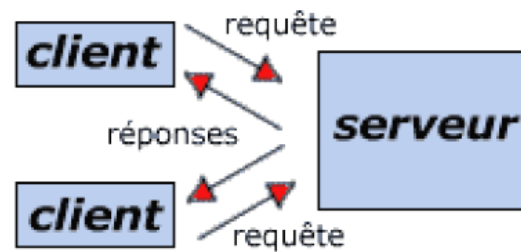
- émet une ou plusieurs trames d'échange d'informations si nécessaire
- passe le jeton à la station suivante
 - facilement identifiée pour une topologie anneau
 - mise à jour en mémoire pour une topologie bus.

Cette technique d'accès supprime tout risque de collision.
Elle est déterministe si on connaît le volume d'échange de chaque station.

Il faut détecter la perte ou la création multiple de jetons.

ACCÈS CLIENT / SERVEUR

- Un système client/serveur fonctionne selon le schéma suivant :



- Le client émet une requête vers le serveur grâce à son adresse, qui désigne un service particulier du serveur
- Le serveur reçoit la demande et répond à l'aide de l'adresse de la machine cliente

TYPE DE TRAFIC

- PERIODIQUE

- ☐ renouvellement périodique de l'échange suivant un rythme prédéfini.
- ☐ Cyclique - Polling

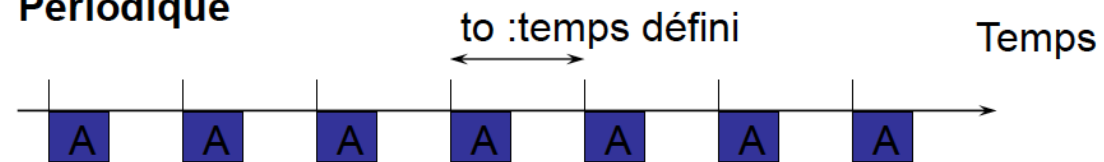
- APERIODIQUE

- ☐ renouvellement à la demande ou suite à un événement
- ☐ Changement d'état - Requête

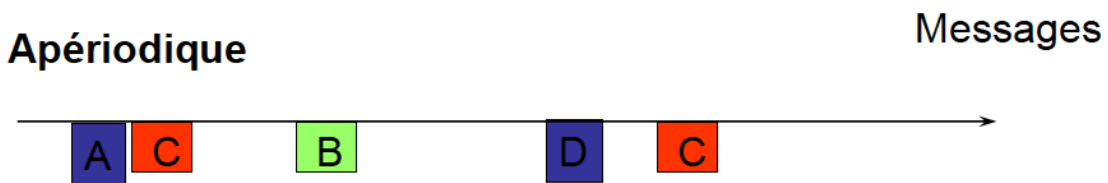
- MIXTE périodique / apériodique

TYPE DE TRAFIC

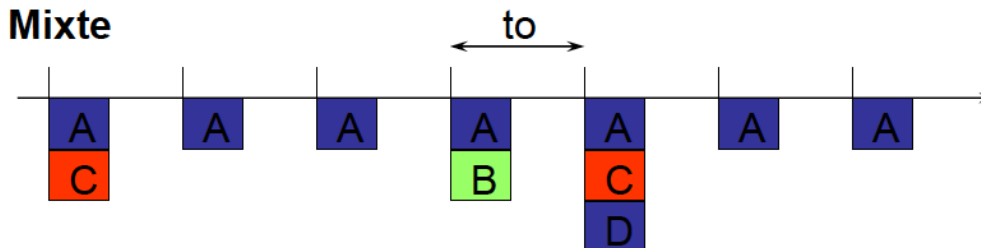
Périodique



Apériodique



Mixte



Modbus

HISTORIQUE

- 1979: Création de MODBUS par MODICON (Modular Digital Controller)

MODICON

- 1994: Modicon fusionne avec Schneider (Telemecanique / April / Square D)



- 1999: MODBUS/TCP
- 2003: Transfert de compétences Schneider → MODBUS-IDA
- 2004: Pré-Standard international IEC62030
- 2005: MODBUS adopté en tant que standard chinois

Modbus-IDA
the architecture for distributed automation

Modbus

- Protocole de communication non-propriétaire, créé en 1979 par Modicon
- Relevant du niveau 7 (applicatif) du Modèle OSI.
- Mode maître / esclave.
- Trames
 - Adresse de l'automate concerné
 - La fonction à traiter (écriture, lecture)
 - La donnée
- Simplicité et fiabilité.
- Encapsulation dans les trames Ethernet grâce à Modbus TCP dont il hérite du mode client / serveur.

Modus

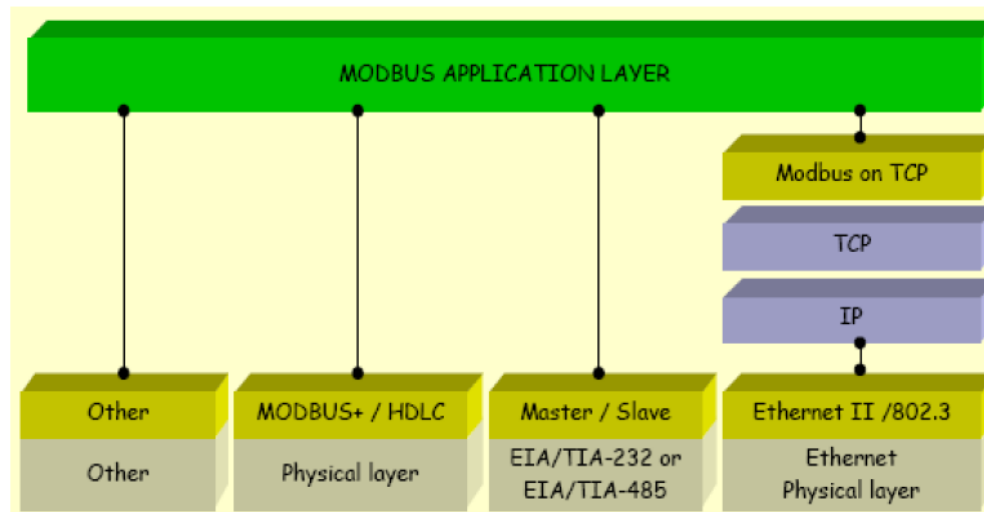
- Protocole de dialogue basé sur une structure hiérarchisée entre un maître et plusieurs esclaves.
- Ce protocole est dans le domaine public et sa spécification est publique.

Modbus

- Le protocole Modbus peut être implémenté :
 - sur une liaison série asynchrone de type RS-232, RS-422 ou RS-485 ou TTY (boucle de courant), avec des débits et sur des distances variables ;
 - via TCP/IP sur Ethernet ; on parle alors de Modbus TCP/IP ;
 - Via Modbus Plus. Modbus Plus est un réseau à passage de jetons à 1 Mb/s, pouvant transporter les trames Modbus et d'autres services propre à ce réseau.

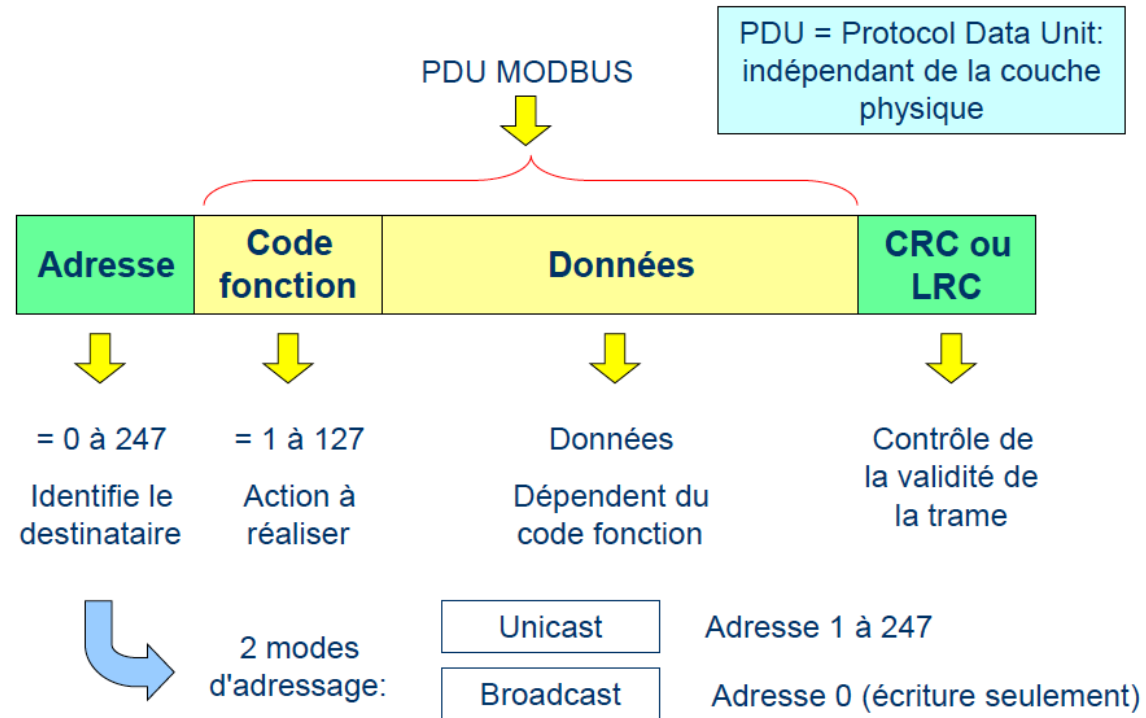
Modbus

MODBUS ET LE MODÈLE OSI



- Méthode d'accès:
 - ❑ maître/esclave pour MODBUS série
 - ❑ Client/serveur pour MODBUS/TCP

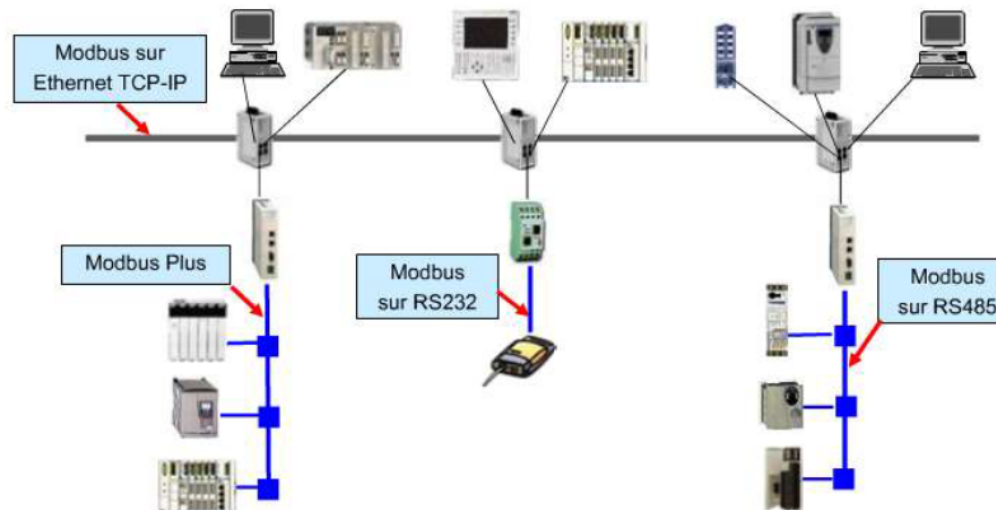
LA TRAME MODBUS LIAISON SERIE



- La trame dans sa globalité se nomme **ADU**: Application Data Unit

TOPOLOGIE

- Utilisation de switches ou hubs au niveau ETHERNET
- Utilisation de passerelles MODBUS/TCP ↔ série



Profibus

HISTORIQUE

	2002	1er Produit PROFInet
	2001	Spécification et Runtime PROFInet Disponible
	2000	Le CERN est le 1000 ^{ème} membre de PROFIBUS International Début de PROFInet .
	1999	1er Centre de compétence PROFIBUS PROFIBUS devient une norme Internationale IEC 61158
	1997	Plus d'un Million de noeuds PROFIBUS installés dans le monde
	1996	PROFIBUS devient une norme Européenne EN 50170
	1995	Création de PROFIBUS International – 1ere application dans le Process (PA)
	1993	Création de france PROFIBUS - DIN 19245 (Part 3)
	1992	Début de l'internationalisation de PROFIBUS (Switzerland, USA, ...)
	1991	PROFIBUS devient une norme Allemande DIN 19245 (Part 1 and 2)
	1990	PROFIBUS Nutzerorganisation : 50 membres
	1989	Projet „Feldbus“ du gouvernement Allemand , création du PNO (PROFIBUS Nutzerorganisation)

LONGUEUR D'UN SEGMENT RS485

Avec du câble de bonne qualité (type A):

Débit	Longueur maximum du segment	
9.6 kbit/s	1 000m	Basse vitesse
19.2 kbit/s	1 000m	
45.45 kbit/s	1 000m	
93.75 kbit/s	1 000m	
187.5 kbit/s	1 000m	
500.0 kbit/s	400m	Haute vitesse
1.5 Mbit/s	200m	
3.0 Mbit/s	100m	
6.0 Mbit/s	100m	
12.0 Mbit/s	100m	

TYPES DE STATIONS

■ Maître DP Classe 1

- Contrôleur central qui échange des données avec des E/S décentralisées (Esclaves DP).
- Plusieurs DPM1 sont autorisés, les stations typiques sont des API, PC, supervision.



■ Maître DP Classe 2

- Outil de configuration, surveillance ou d'engineering qui est utilisé pour la mise en route de réseaux ou pour paramétrer/surveiller des esclaves DP.

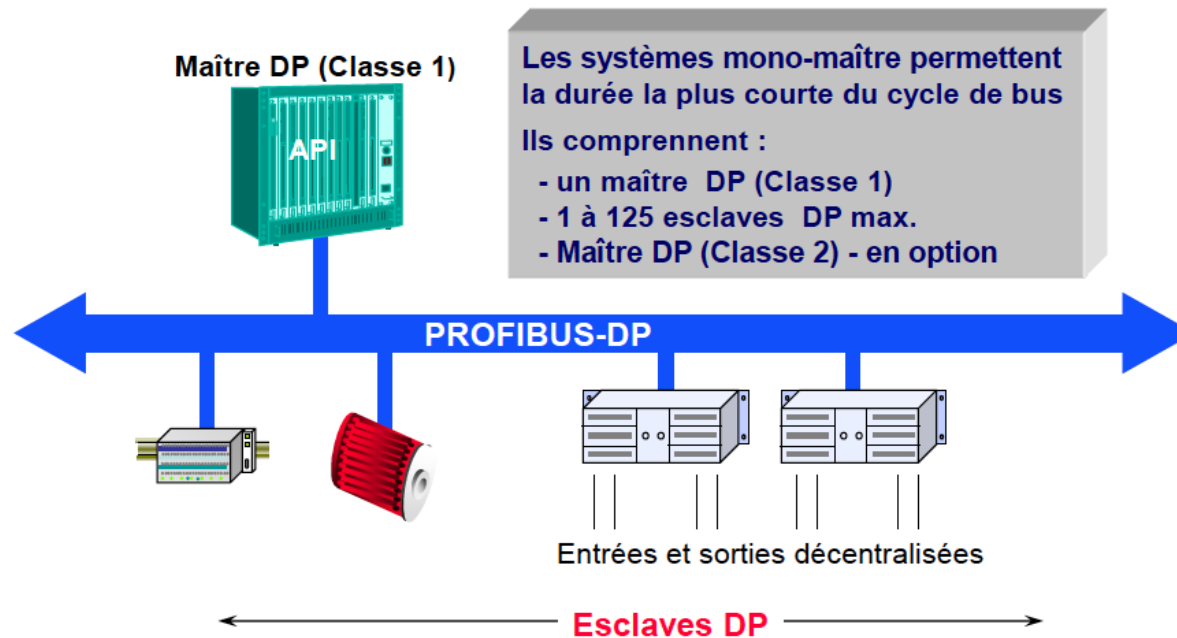


■ Esclave DP

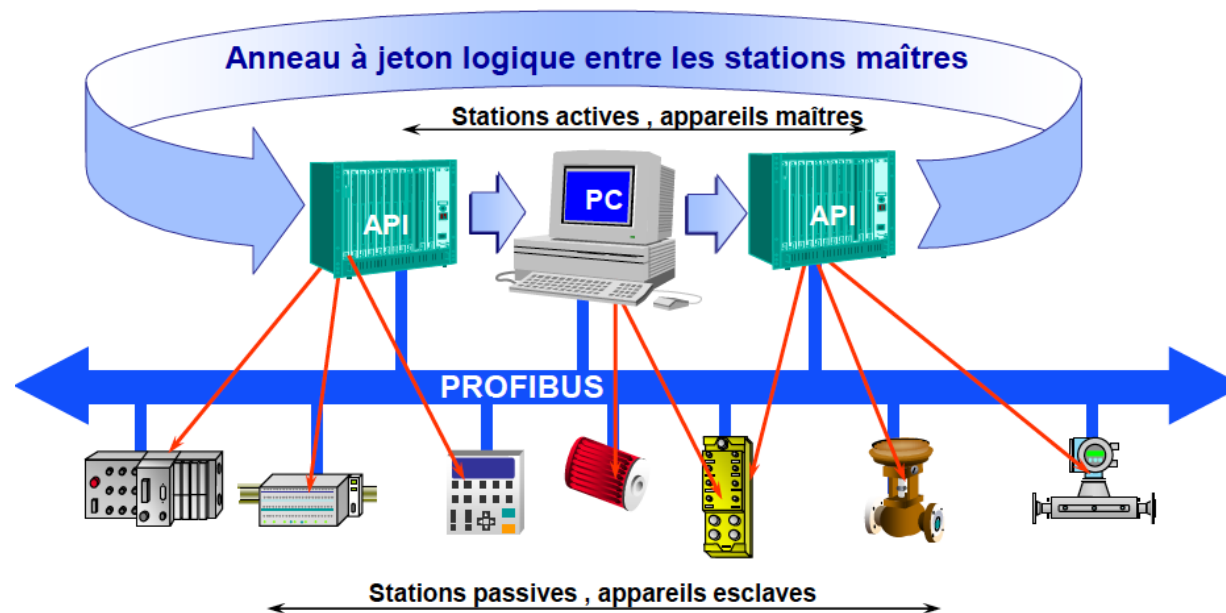
- Appareils de terrain interfaçant directement les signaux d'entrées/sorties.
- Les stations typiques sont des entrées, sorties, entraînements, vannes, pupitres opérateurs...



ARCHITECTURE DE BASE

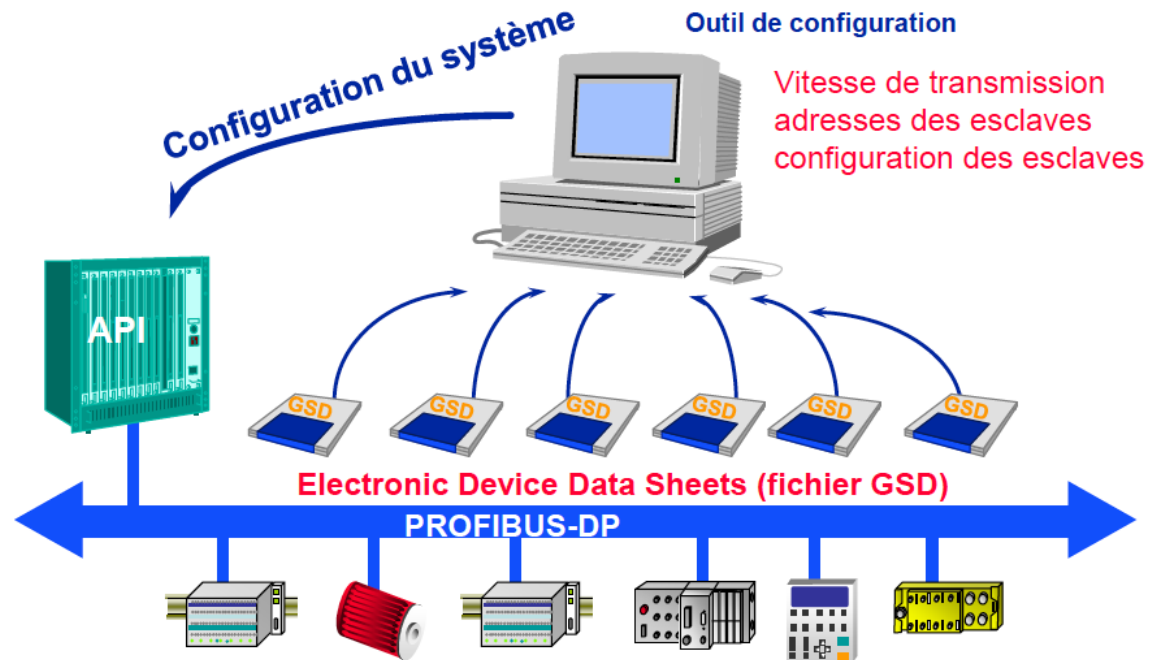


METHODE D'ACCES

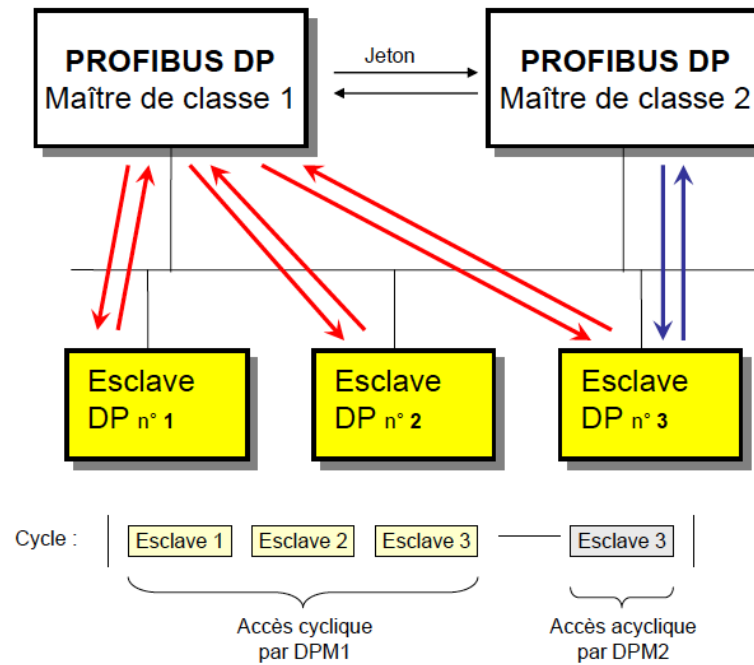


■ Couche liaison FDL (Fieldbus Data Link)

CONFIGURATION

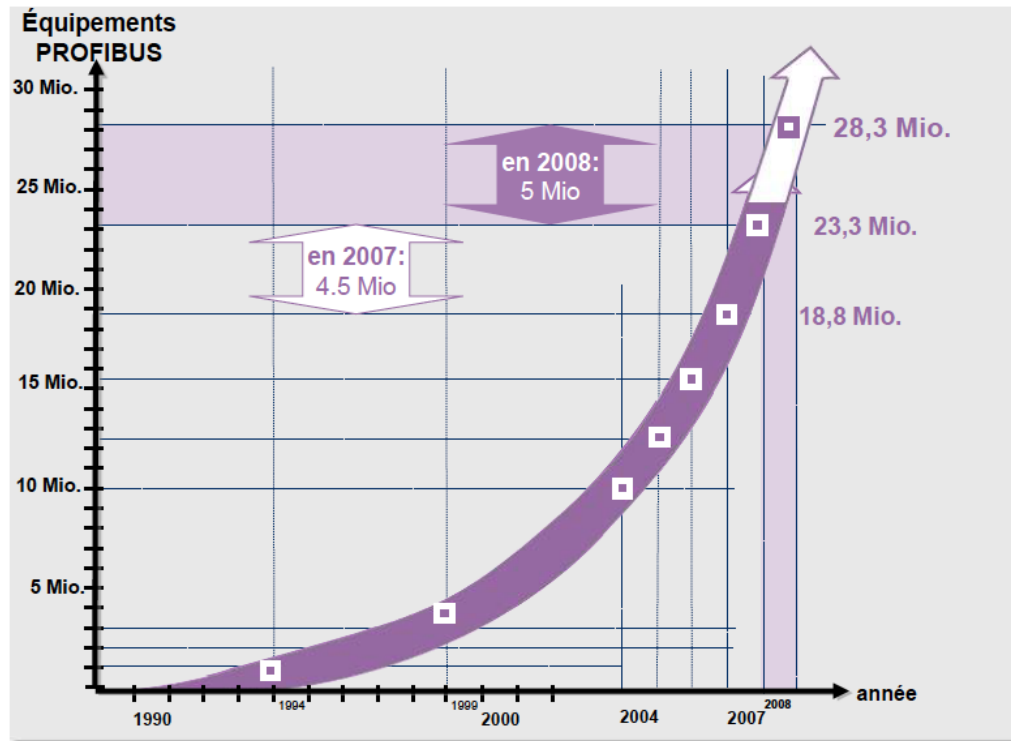


COMMUNICATION CLASSE1 – CLASSE2



- Echanges cycliques et acycliques possibles

EXEMPLE: NOEUDS PROFIBUS INSTALLÉS



Profibus

- Profibus (Process Field Bus)
- Bus de terrain propriétaire et de son protocole, inter-automates et de supervision.
- Il est devenu peu à peu une norme de communication dans le monde de l'industrie ces dix dernières années.
- Son usage tend à disparaître au profit d'autres bus de terrain ou de réseaux.
- L'accès à la documentation technique est payant (990 Euros HT/an).

Profibus DP

- Le bus Profibus-DP (Decentralised Peripheral) (périphérie décentralisée) est utilisé pour la commande **déterministe** dite "**temps réel**" de capteurs, d'actionneurs ou d'automates programmables par une commande centrale, par exemple par un automate programmable virtuel sous PC ("soft PLC") réalisant des fonctions d'automatisme et de régulation.

PROFIBUS DP (Distributed Peripherals)

• PHYSIQUES

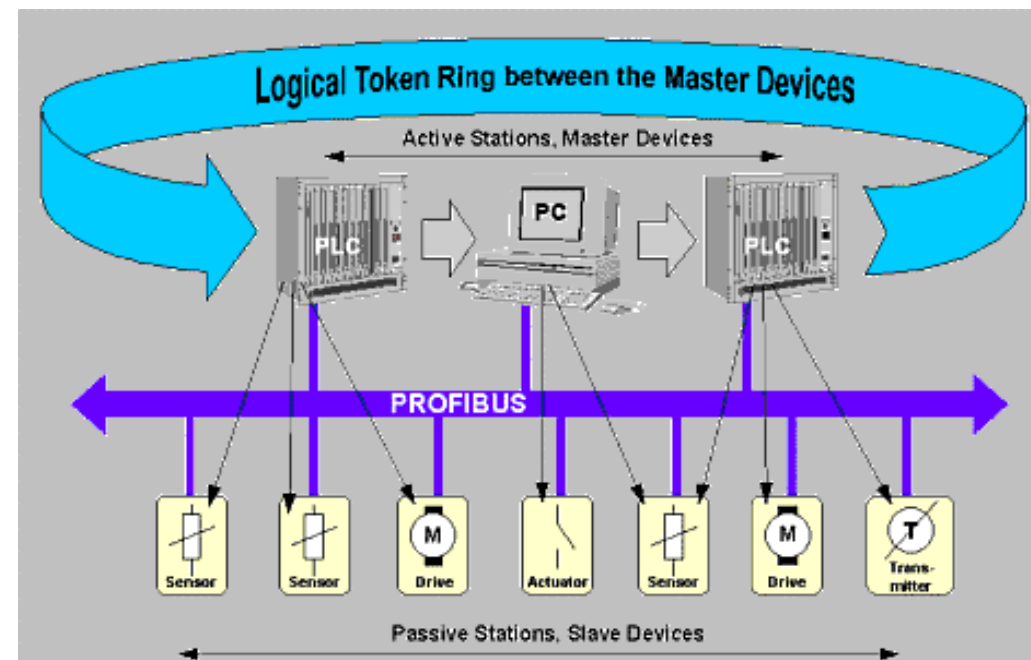
- Topologie: Libre
- Médium: Paire torsadée, fibre
- Distance:
 - 100m à 12 Mbps
 - 1200m à 9.6 Kbps
- Nombre de nœuds: 127

• Variantes

- Profibus PA
 - Plusieurs maîtres possibles
 - Jeton sur bus entre les maitres
 - Données et puissance sur le même câble

COMMUNICATION

- Principe de communication: Maître/Esclave
- Vitesse: 9.6 Kbps à 12 Mbps
- Taille des données: 244 octets



- PROFINet bus de terrain sous TCP/IP devrait remplacer Profibus

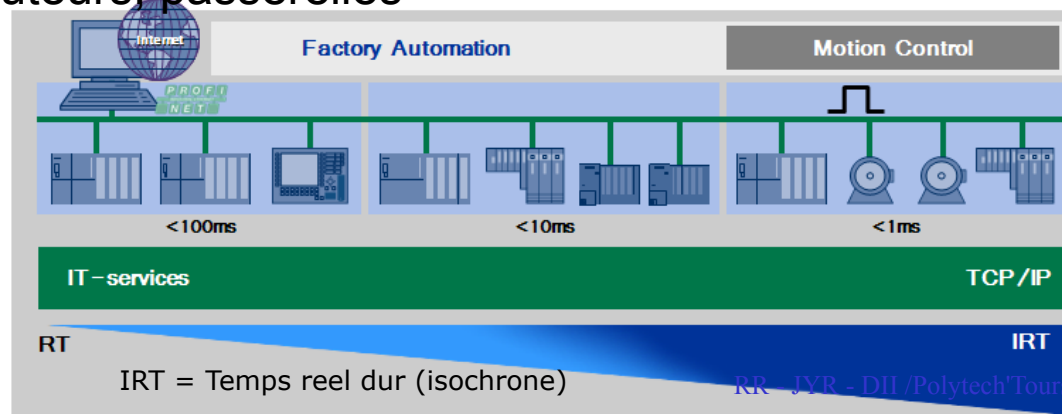
Ethernet + TCP/IP Industriel ?

Contre TCP/IP

- Protectionnisme commerciale et politique
- Chaque Bus de Terrain a ses propres caractéristiques et avantages
- TCP/IP n'est pas temps réel
- Capacité mémoire importante et processeur puissant

Pour TCP/IP

- Le PC Industriel est présent dans le secteur industriel
- Faible coût des cartes Ethernet pour PC
- Protocole TCP/IP bas niveau = Sockets BSD
- Interconnexion existante : ponts, routeurs, passerelles
- Services Internet (IT)
 - Télémaintenance
 - Supervision



PROFINET ET LE MODELE OSI

ISO/OSI				
7b	Services PROFINET IO selon IEC 61158		PROFINET CBA (IEC 61158 Type 10)	
7a		RPC non connecté	DCOM RPC connecté	
6		vide	vide	
5				
4				
3		IP (RFC 791)		
2	Améliorations temps réel selon IEC 61784-2 IEEE802.3,Full-Duplex,IEEE802.1Q, Prio. Tagging			
1	IEEE 802.3 100 Base TX , 100 Base FX			

medium



STRUCTURE DE LA TRAME ETHERNET

PRE	SFD	DA	SA	TYPE	DATA	PAD	FCS
7 octets	1 octet	6 octets	6 octets	2 octets	46 – 1500 octets		4 octets

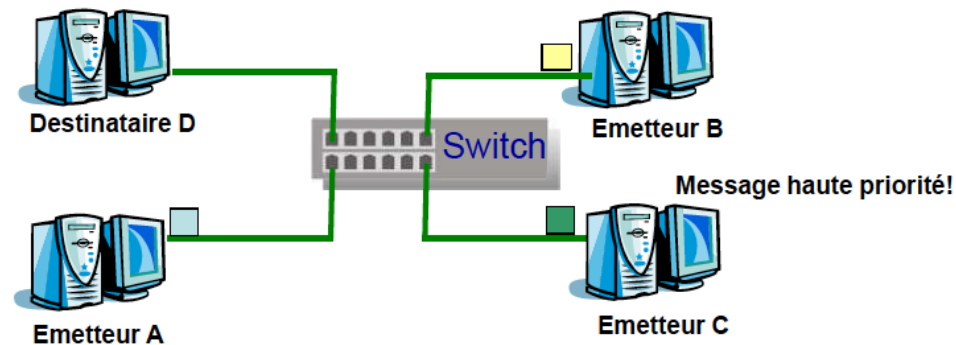
TYPE	Protocole	Description
< 0x5DD		Longueur des données
0x0800	IP	Entête IP
0x0806	ARP	Adress Resolution
0x8100	VLAN-Tag	Entête Virtual LAN
0x8892	PN-RT	PROFINET temps réel
0x88CC	LLDP	Découverte du voisinage

- **PRE:** Préambule
- **SFD:** Start Frame Delimiter
- **DA:** Destination MAC Address
- **SA:** Source MAC Address
- **Type:** Protocole transporté
- **Data:** Données
- **PAD:** octets de remplissage (optionnel)
- **FCS:** contrôle de l'intégrité CRC32

- Interframe gap (eq. 12 octets = 960 ns à 100 Mbps), obligatoire entre chaque trame.

QUALITÉ DE SERVICE (QoS)

- Nécessité de déterminisme pour l'ETHERNET industriel
- Besoin de diminuer le temps de latence au niveau des switches
- IEEE 802.1p permet de prioriser certaines trames grâce à l'ajout du VLAN Tag (champ CoS: Class of Service) .



- Sans QoS: le switch réémet dans l'ordre de réception. (FIFO: First In, First Out)
- Avec QoS: Réémission de la trame C en priorité, si A, B, C sont reçus simultanément.

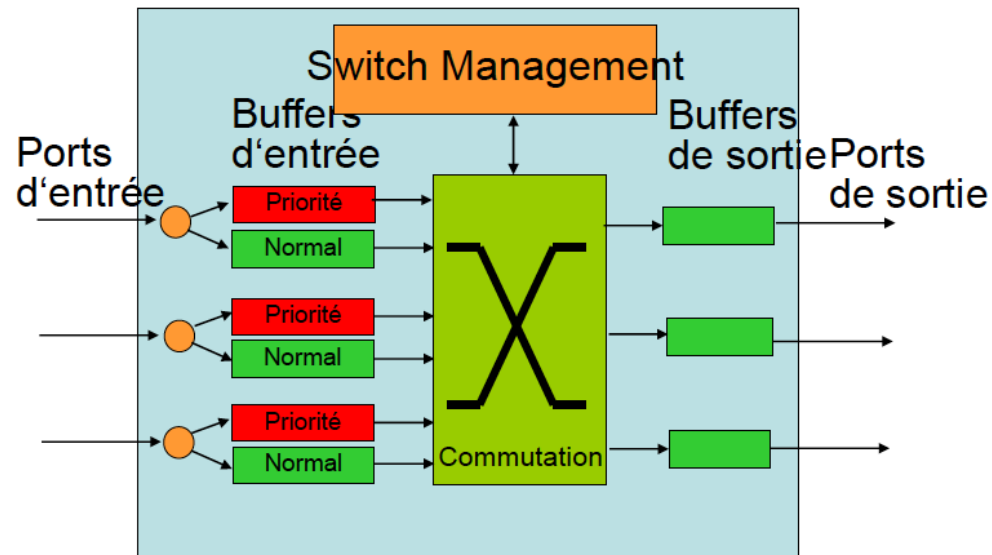
CLASSE DE SERVICE (CoS)

- Priorisation CoS: Le télégramme balisé contient 3 bits de priorité, également désignés par Class of Service (CoS) selon IEEE 802.1p.
- 8 classes de priorité sont définies:



CoS (priorité)	Type de trafic
0	Trafic de données à temps non critique (moins que <i>best effort</i> [paramètre par défaut])
1	Trafic de données normal (<i>best effort</i> [arrière-plan])
2	Réservé (<i>Standard</i>)
3	Réservé (<i>Excellent Effort</i>)
4	Charge contrôlée Transmission de données avec un retard max. de 100ms
5	Service garanti, multimédia interactif Video, jitter et temps de latence < 100ms
6	Service garanti: Voix, jitter et temps de latence < 10ms
7	Réservé : Contrôle du réseau , Management/Diagnostic

CLASSE DE SERVICE (CoS)



- La priorisation réduit le délai dans le switch!

TYPES DE CÂBLES POUR PROFINET

- Différent du câble bureautique
- Utilisé en point à point uniquement
- Longueur max d'un segment: 100 m
- **100 BASE-TX:** Transmission électrique sur paire torsadée cuivre catégorie 5(e)



FONCTIONNALITÉS POUR PROFINET

■ PROFINET nécessite:

- ☐ débit de 100 MBit/s (au moins)
- ☐ Switches
- ☐ Auto négociation / Auto crossover
- ☐ Full duplex
- ☐ Câbles droits

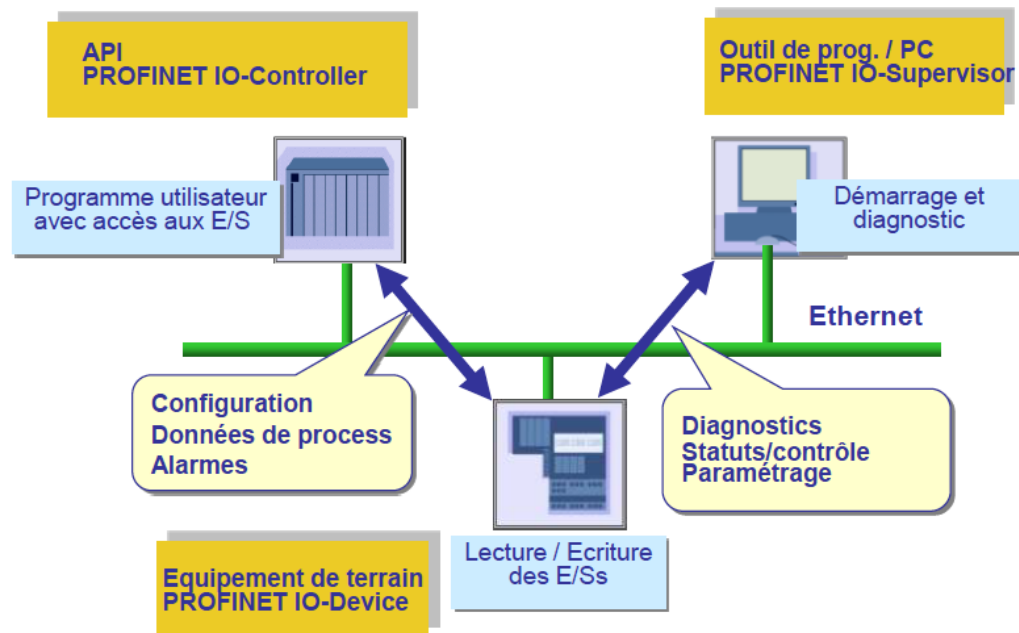
■ PROFINET n'autorise pas:

- ☐ Débit de 10 MBit/s
- ☐ Hubs
- ☐ Câbles croisés

■ PROFINET recommande:

- Connexions 1 Gbit/s ou 10Gbit/s entre les switches
- Utilisation de switches Cut-through
- Utilisation de switches manageables
- Switches avec la fonctionnalité PROFINET IO device, pour la remontée de diagnostic réseau à l'automate

ÉQUIPEMENTS PROFINET IO: STATIONS



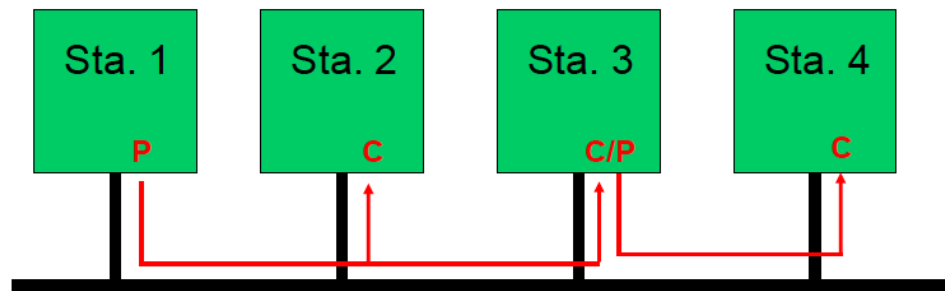
- PROFINET fonctionne suivant le modèle producteur / consommateur

ACCÈS PRODUCTEUR / CONSOMMATEUR

Cette méthode est basée sur la diffusion de données sur le médium par un **équipement Producteur** de données et la prise en compte de ces données par un ou plusieurs **Consommateurs**.

Les données à consommer doivent être définies dans les équipements consommateurs à la configuration du réseau.

Cette technique d'accès permet la diffusion rapide d'informations entre équipements.



SERVICES DE COMMUNICATION

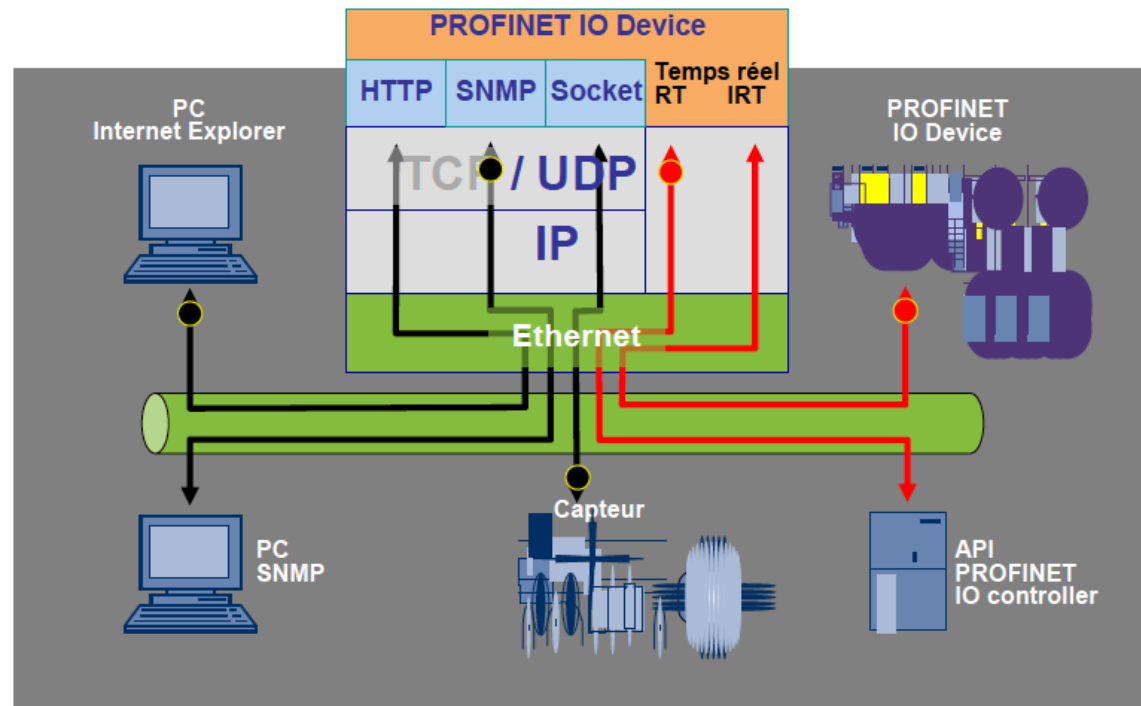
Communication UDP/IP

- Ethernet standard et mécanismes de communication IT
 - Démarrage du système
 - communication acyclique (lecture/écriture)

Communication temps réel (RT)

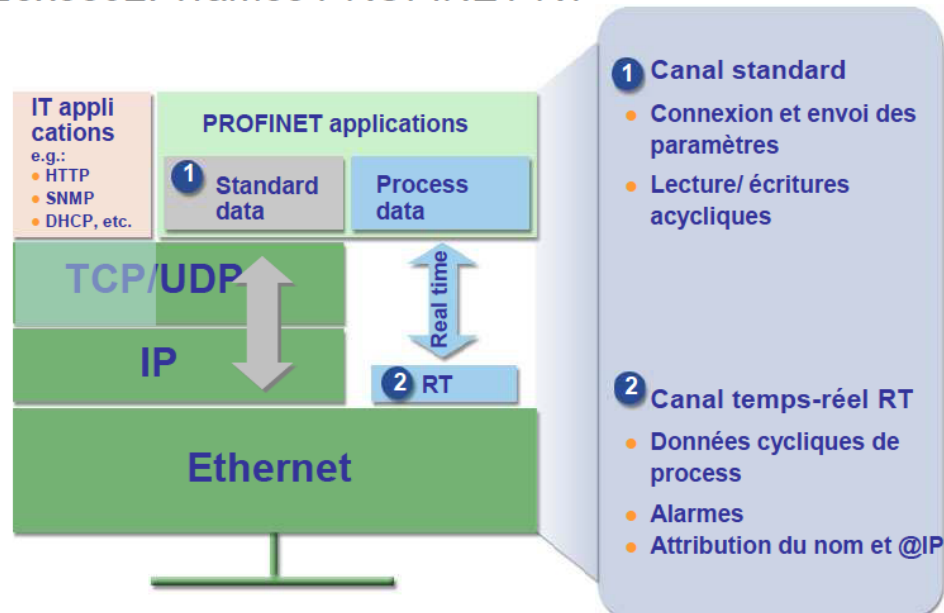
- Attribution d'adresse (via DCP)
- Cyclique
 - Echange de données de process (E/S)
- Acyclique
 - Alarmes

TEMPS RÉEL ET TCP/UDP/IP



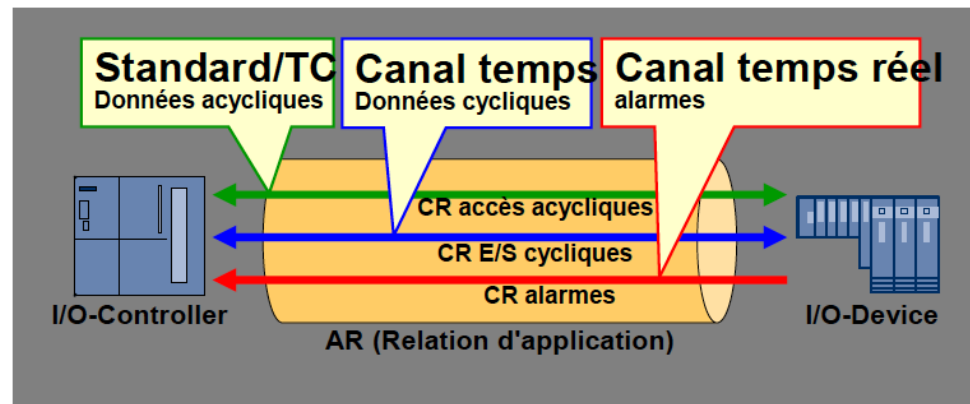
DIFFÉRENCIATION RT ET IT DANS L'ÉQUIPEMENT

- RT reste compatible avec infrastructures Ethernet existantes
- Ethertypes utilisés:
 - ❑ 0x0800: trames TCP/UDP/IP et. 'RT_CLASS_UDP'
 - ❑ 0x8892: Trames PROFINET RT



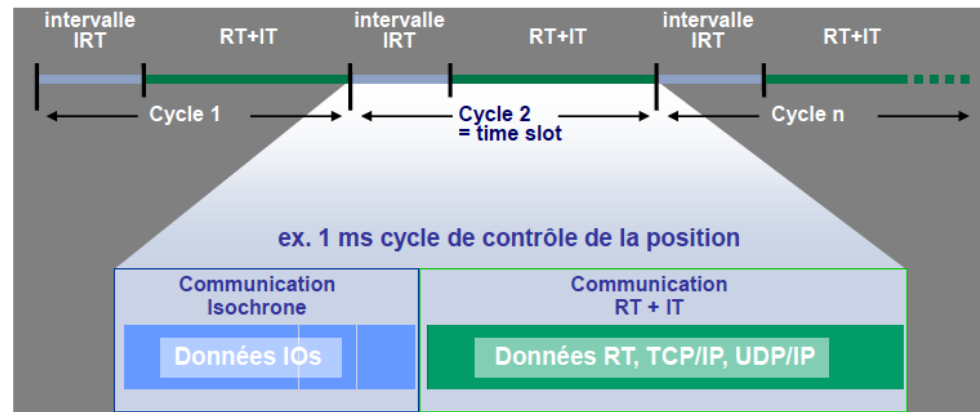
RELATIONS D'APPLICATION/COMMUNICATION

- Une relation d'application (AR) doit être établie entre un IO-Controller et un IO device, pour démarrer le dataexchange.
- Une AR contient plusieurs relations de communication (CRs) pour transférer les données de configuration, paramètres, et alarmes.
- 2 AR min par IO-Device (1 avec IO-Controller, 1 avec IO-Supervisor)



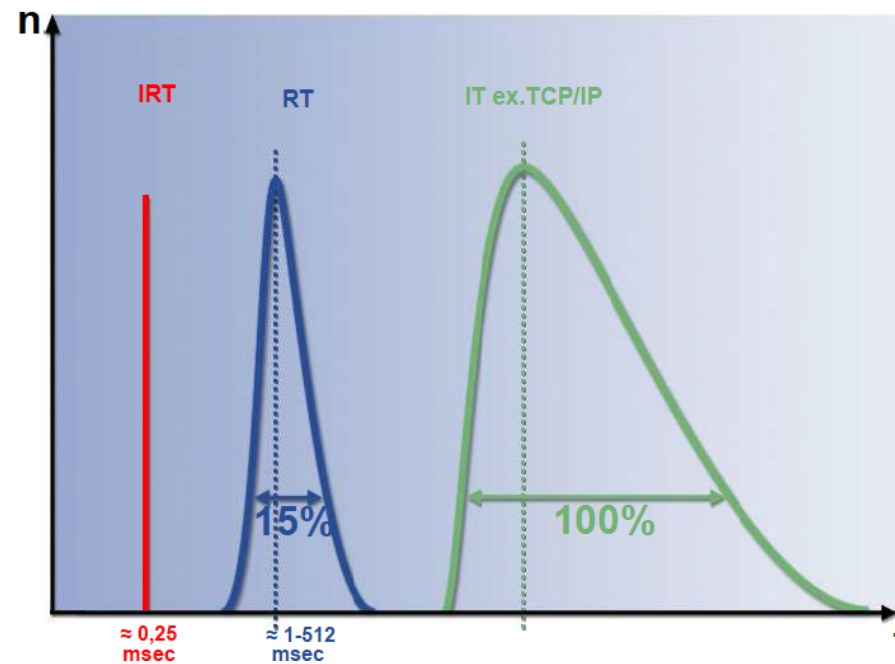
SEGMENTATION DE LA BANDE PASSANTE

- Matériel spécifique (switches) pour l'allocation de la période IRT
 - ❑ Pas d'influence sur la communication RT et IT, ni sur les messages de broadcast/multicast
 - ❑ Haut niveau de performance, même dans le cas de nombreux switches cascades
 - ❑ Transmission des données à intervalles précis



DISTRIBUTION DES TEMPS DE CYCLE TYPE

- Avec IRT:
 - temps de cycle rapide
 - Peu de jitter (déterminisme fort)



LE FICHIER GSD POUR PROFINET IO-DEVICES

- Les propriétés d'un IO-Device sont décrites dans un fichier GSD (General Station Description):
 - Propriétés de l'IO-Devices (ex. Paramètres de communication)
 - Modules (Numéro et type)
 - Données de configuration des modules (ex. 4 Entrées analogiques)
 - Paramètres des modules (ex. 4..20mA)
 - Informations de diagnostic (e.g. court-circuit)
- Le fichier GSD est basé sur XML
 - Construction avec n'importe quel éditeur XML standard
 - Scheme XML standardisé pour définir le format du fichier et des données
 - La structure du fichier GSD correspond à l'ISO 15745

Entête ISO 15745

Couche application
avec propriétés équipement

Couche transport
avec propriétés communication

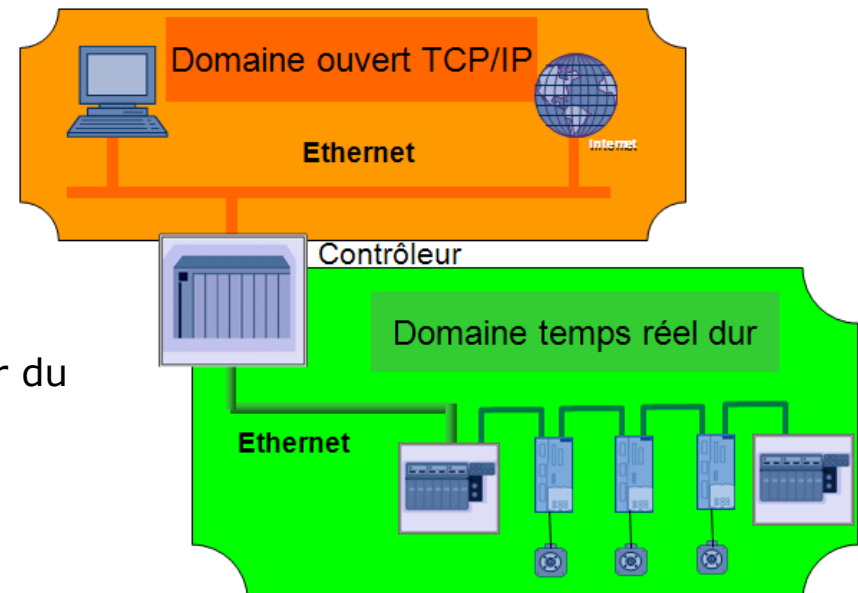
Ethernet + TCP/IP Industriel ?

Ethernet et Temps réel

Real-time class	1	2	3	4
Real-time requirement	low	mean	high	extremely high
User data length	to 500 Kbytes	to 500 byte	32 byte to 200 byte	to 10 byte
Delay time	to 5,000 ms	to 500 ms	to 5 ms	to 0.5 ms
max. jitter of delay time (according to IAONA)	> 1 ms	100 μ s to 3 ms	10 μ s to 400 μ s	0.5 μ s to 15 μ s

Les solutions existantes

- Temps réel dur non garantie
- Réseau Ethernet fermé
 - Point faible en disponibilité (contrôleur)
 - Pas d'accès ouvert localement
 - L'ouverture extérieure dépend du fournisseur du contrôleur



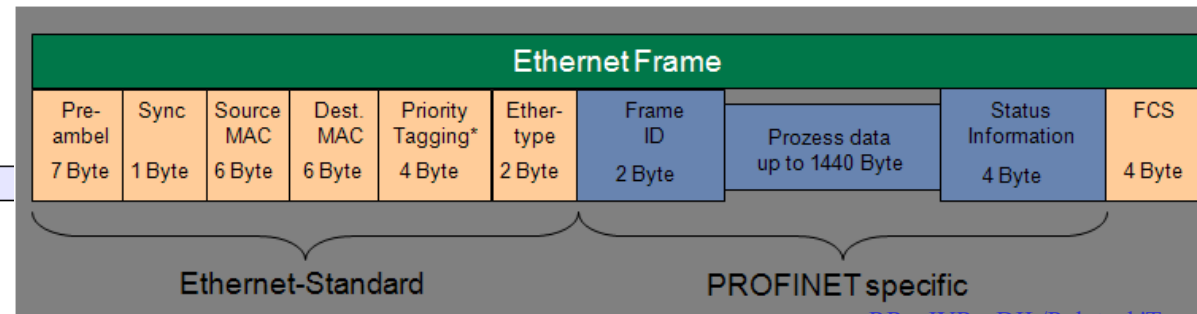
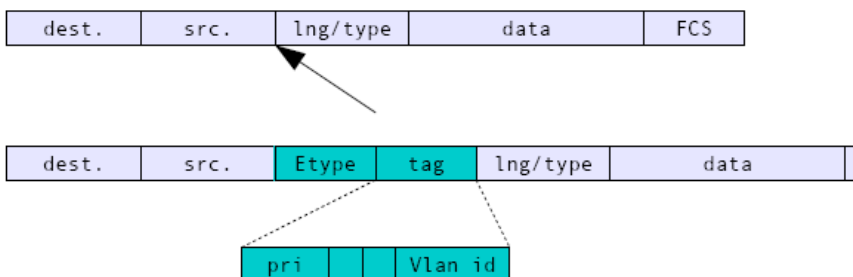
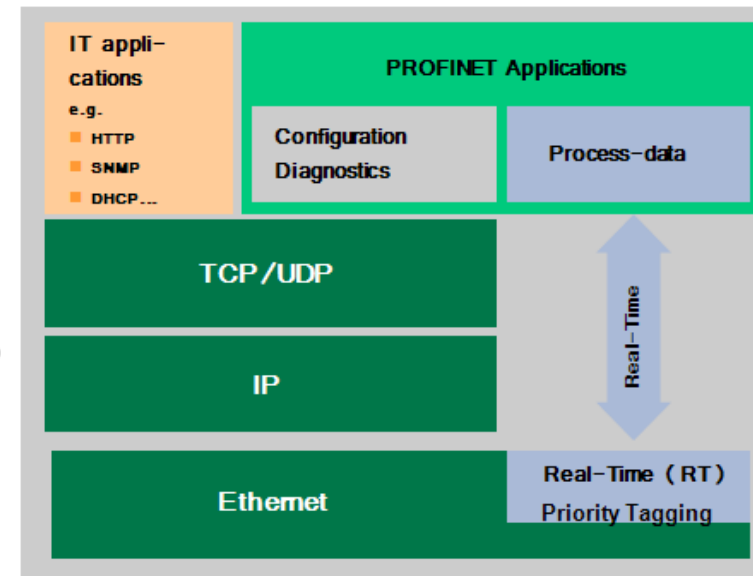
Profinet de Siemens

Ethernet Standard

- Tag de Priorité (802.1Q): 6 classes de priorité pour les trames Ethernet
- Ether type selon IEEE pour les trames PROFINET temps-réel
 - 0x0800: trame IP
 - 0x8892: trame PROFINET temps-réel

Spécifique Profinet:

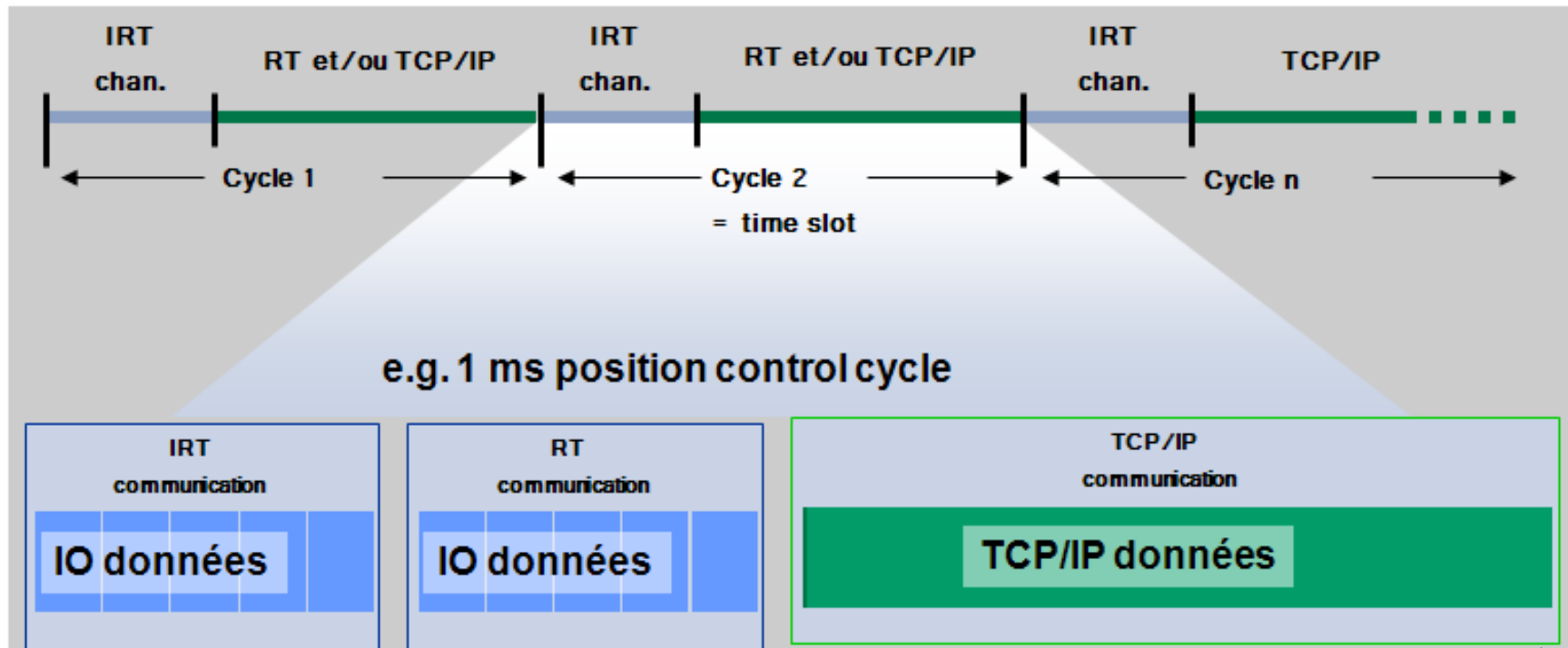
- Allocation des données reçues via le Frame-ID
 - Transmission Cyclique de données (de process)
 - Transmission événementielle (alarmes et événements)
- Informations
 - Status de l'appareil et des données (e.g. Run, Stop, Error)



Dessin 1: Trame Ethernet taggée 802.1q

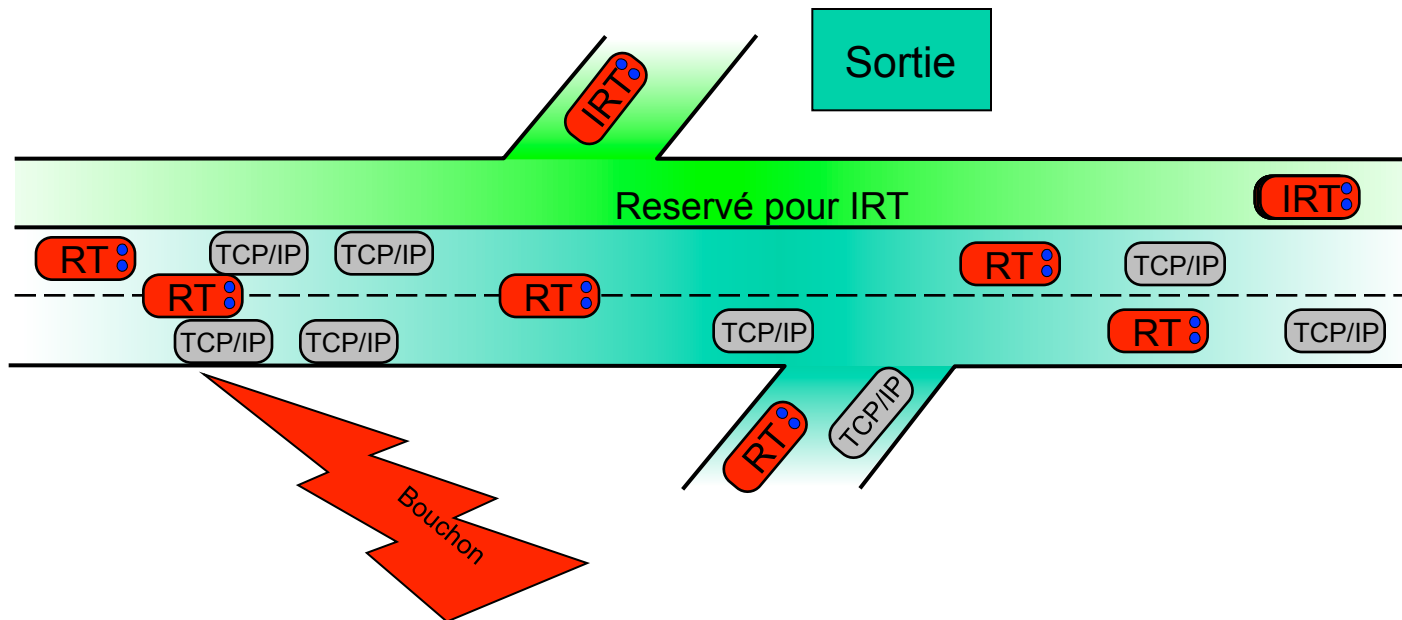
Profinet de Siemens

- Nécessite un support matériel pour l'allocation de créneaux horaires pour les messages temps-réel
 - Aucune influence des échanges TCP/IP ou broadcast/multicast sur les caractéristiques de la communication temps-réel
 - Niveau élevé de performance, même dans le cas de switches cascades
 - Précision élevée des données horodatées
- Technologie de Base pour les applications isochrones



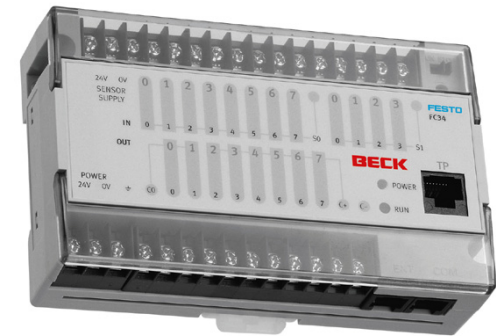
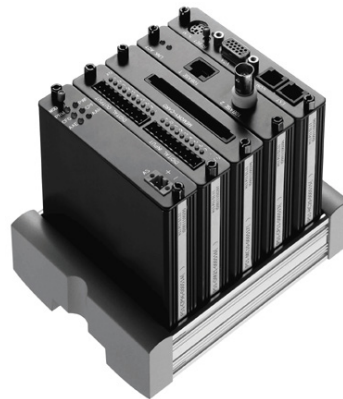
Profinet de Siemens

- Organisation de l'autoroute des données
 - 1 voie réservée pour IRT
 - RT via priorisation
 - Propriétés Real-time garanties, indépendamment de la charge réseau
 - Communication standard ouverte (TCP/IP, IT, etc.)

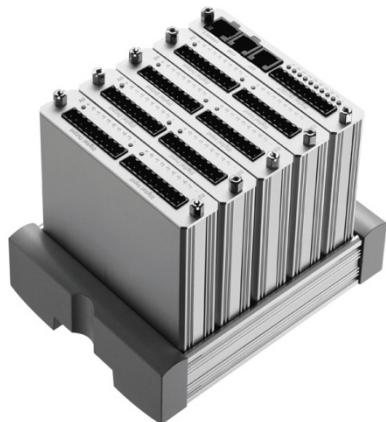


Ethernet Industriel : le matériel existe

- E/S déportées sur ETHERNET TCP/IP (WAGO Contacts)
- Automates



Telemecanique



Un exemple type : CAN en détails

Historique

Depuis les années 1960 la **longueur** de câble utilisée dans l'automobile ne cesse de croître pour dépasser 2000 m en 1995. Le **nombre des connexions** atteint 1800 à cette même date. La fiabilité et la sécurité sont menacés.

Les normes en matière de **pollution** et de consommation d'énergie obligent les constructeurs à multiplier les capteurs et actionneurs intelligents dans leur véhicules accélérant ce processus de multiplication des câbles et connexion depuis une vingtaine d'années.

Le besoin de sécurité accrue (ABS, ESP, AIR-BAG...) et la demande de confort (mémorisation des réglages de conduite, climatisation régulée par passager, système de navigation...) ne font que renforcer cette tendance.

La société BOSCH développe dès le début des années 1980 une solution de multiplexage des informations circulant à bord de la voiture. Le bus **CAN** apparaîtra et sera normalisé dans les années qui suivent (dès 1983).

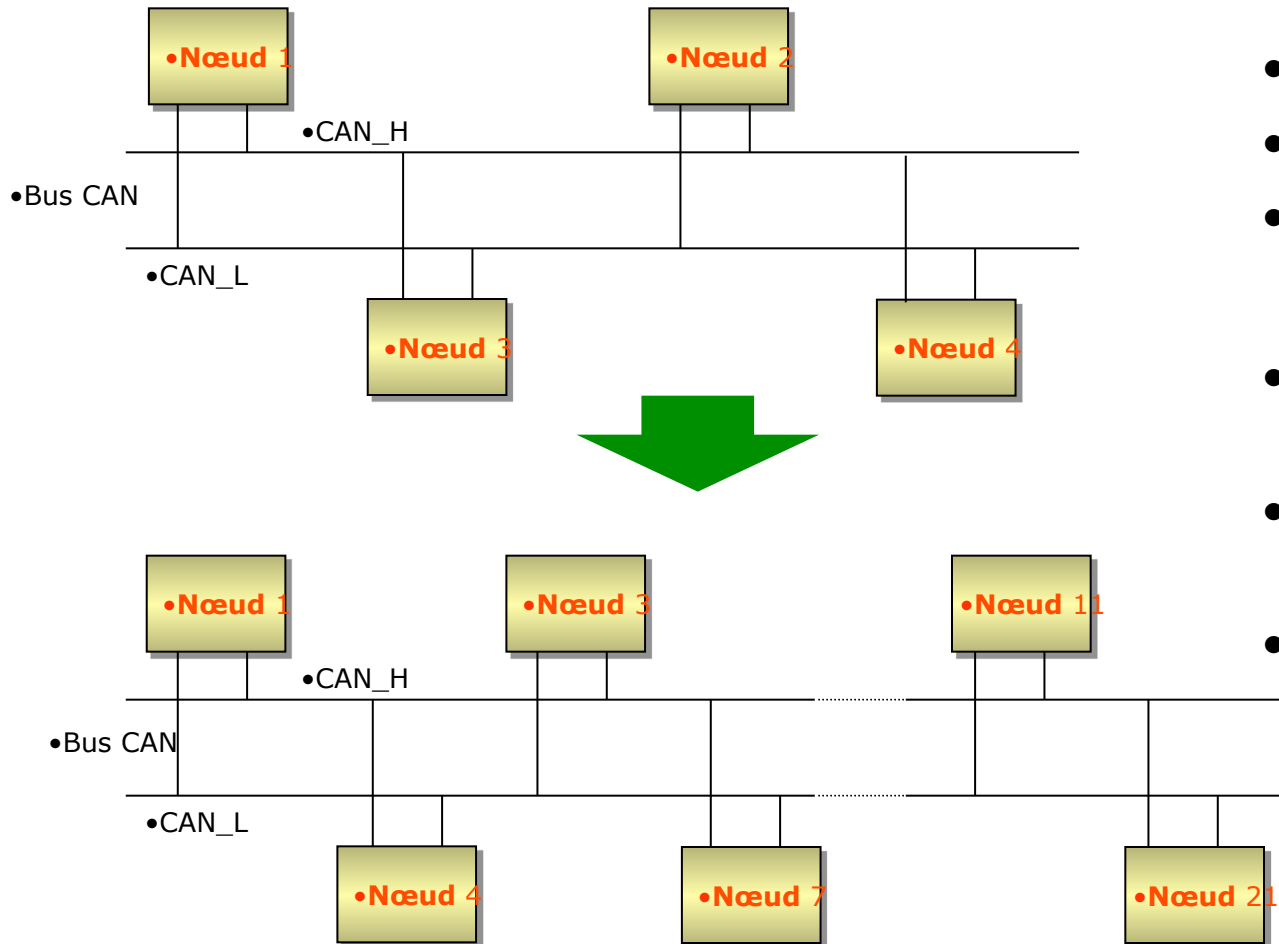
Les composants CAN se démocratisent et investissent d'autres secteurs de l'industrie (moissonneuses, pelleteuse, médical, produits numériques, systèmes électrotechnique...).

Bus CAN et modèle OSI

OSI	OSI	TCP/IP	Bus CAN
Couche application	Niveau application	-	Spécifié par l'utilisateur
Couche présentation	Niveau présentation	-	-
Couche session	Niveau session	-	-
Couche transport	Niveau message	TCP	CanOpen protocol Network / presentation layer
Couche réseau	Niveau paquet	IP	
Couche liaison données	Niveau trame	Acces reseau	MAC /LLC
Couche physique	Niveau physique	Acces reseau	PLS/PMA/MDI

La couche Physique

• Topologie du bus



• Avantages

- Configuration simple
- Câblage réduit
- Ordre des nœuds indifférent

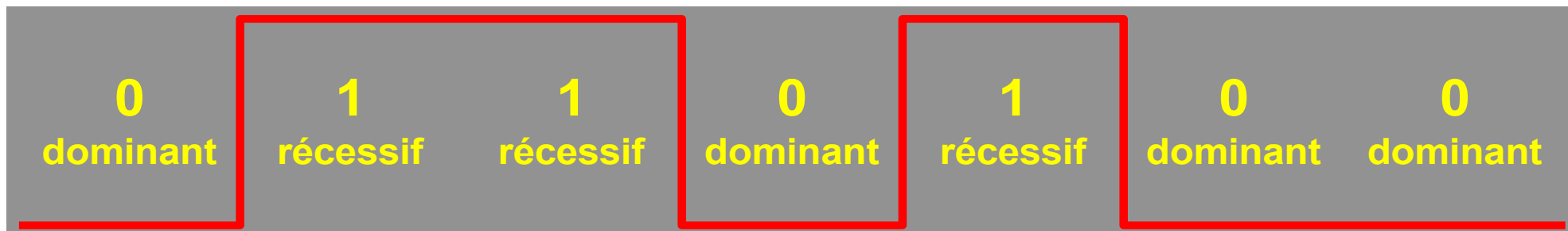
• Désavantages

- L'ensemble des nœuds est affecté en cas de défaut
- Une défaillance est plus délicate à diagnostiquer
- Outils de diagnostic et de maintenance spécialisés

La couche Physique

Codage NRZ : bits dominants et récessifs

- Utilisation de la méthode du NRZ (Non Return To Zero).
- Pendant la durée totale du bit, le niveau de tension de la ligne est maintenu
- Le niveau 0 est dominant – le niveau 1 est récessif

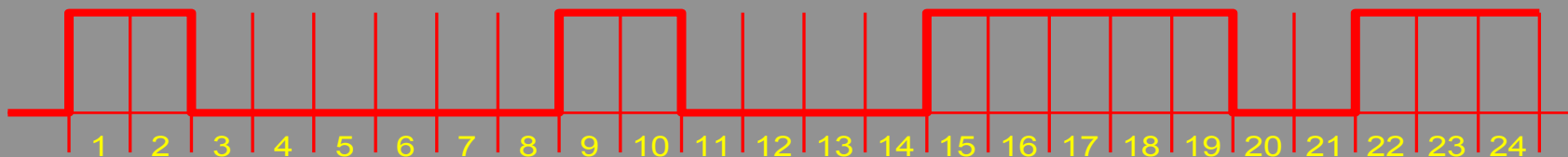


La couche Physique

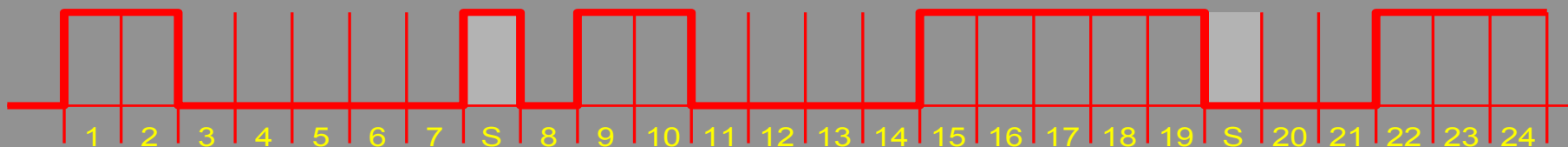
Le bit stuffing

- Problème de fiabilité si un grand nombre de bits identiques se succèdent
- Le Bit Stuffing impose au transmetteur d'ajouter automatiquement un bit de valeur opposée lorsqu'il détecte 5 bits consécutifs dans les valeurs à transmettre (bit ignoré par le receptrer).

Trame à l'émission avant la mise en place des bits de stuffing



Trame avec bits de stuffing (S)



La couche Physique

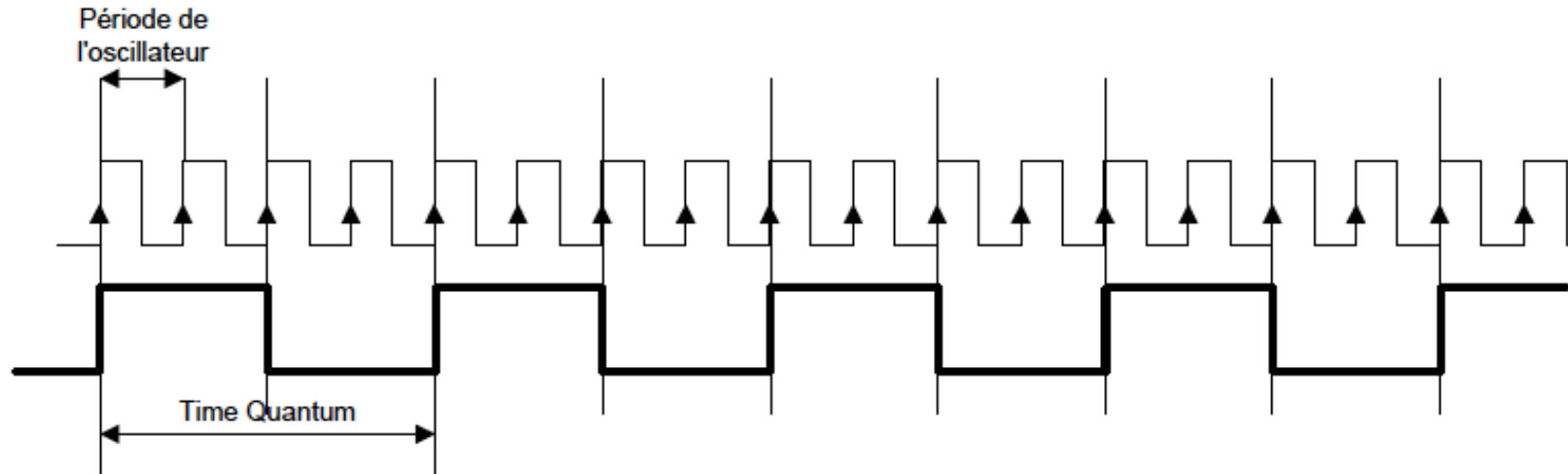


Figure 18 : Construction du Time Quantum

Dans l'exemple ci-dessus, le facteur m est égal à 4.

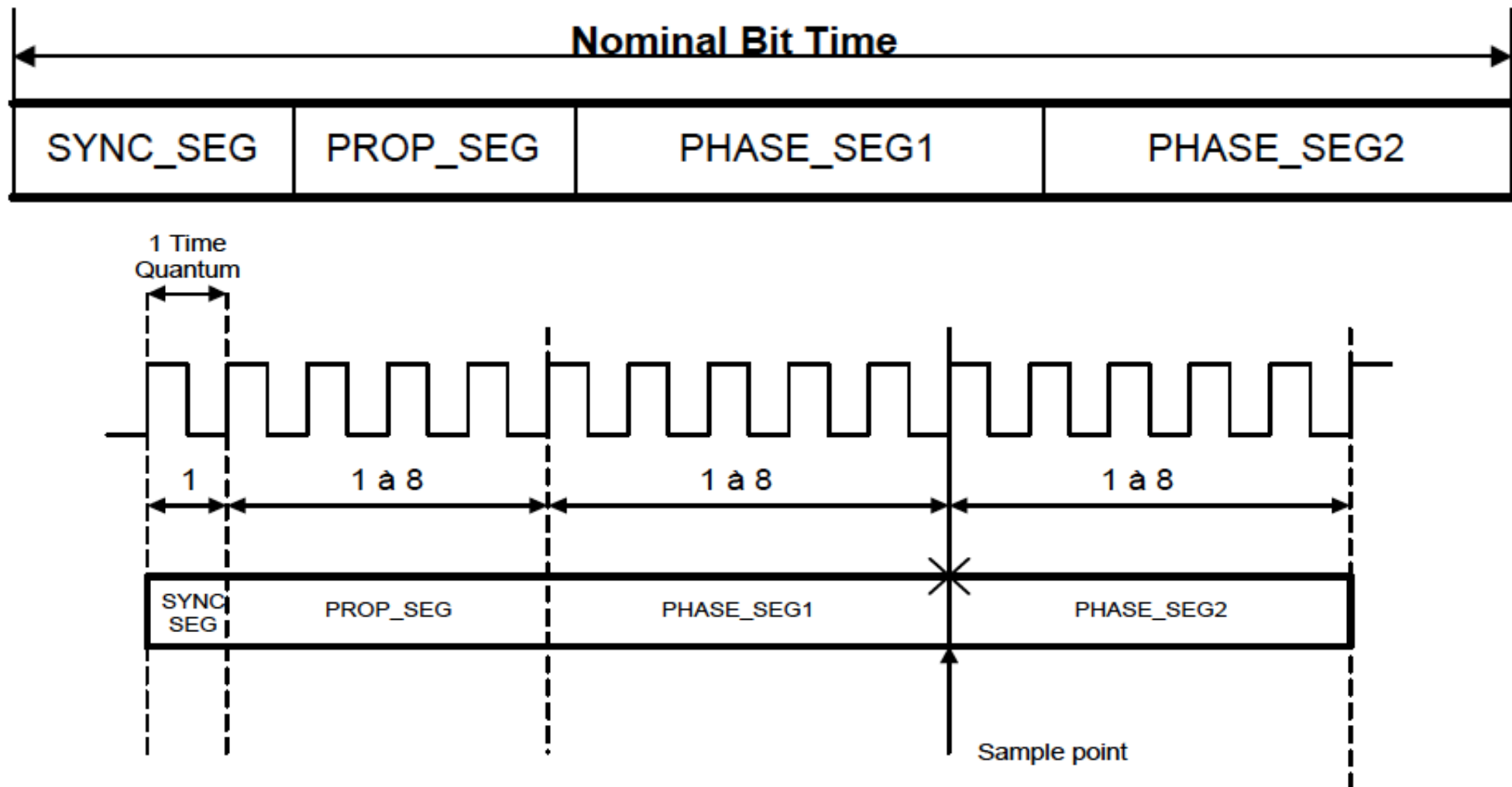
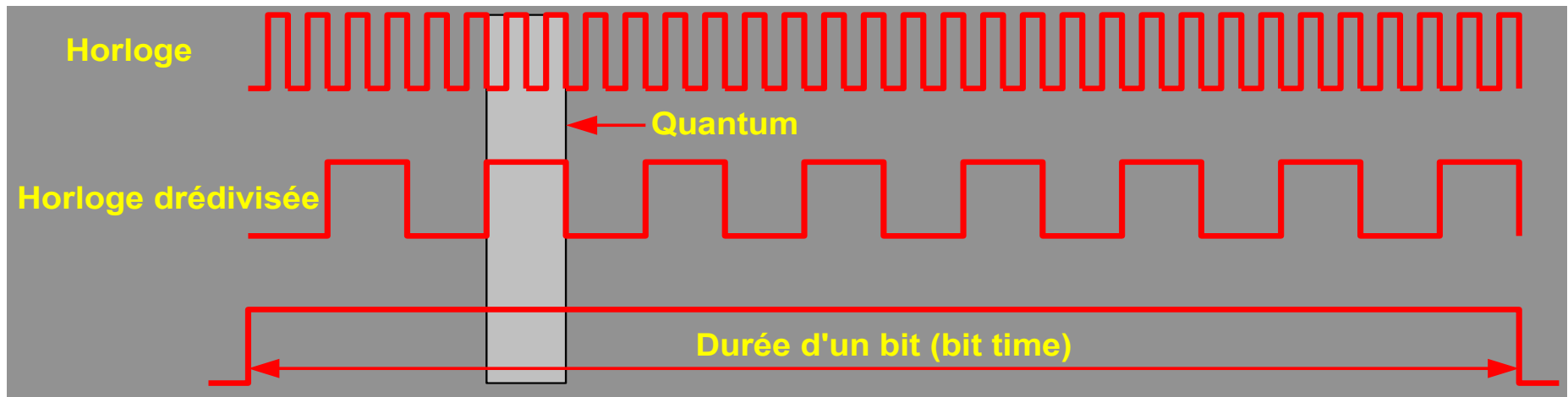


Figure 19 : Durée des différents segments

La couche Physique

Le bit timing

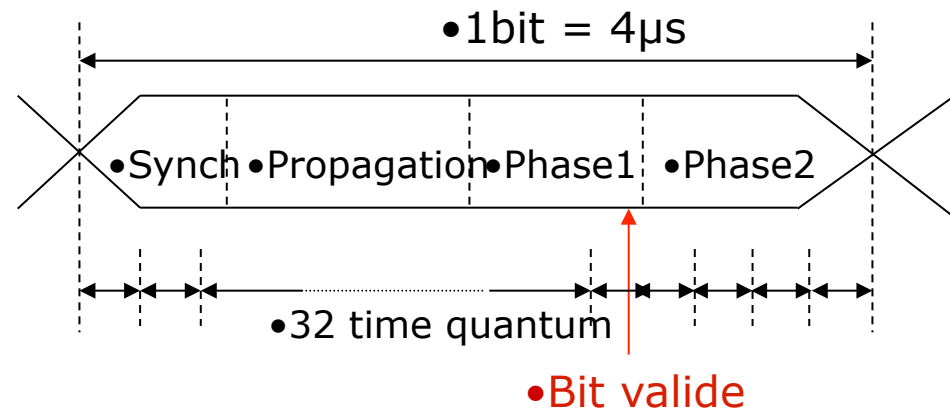
- On définit la plus petite base de temps reconnue sur un bus CAN comme étant le *Time Quantum*.
- Cette base de temps est une fraction de l'horloge de l'oscillateur du bus. Un bit dure entre 8 et 25 quantum



La couche Physique

Bit timing : lecture d'un bit

- 1 bit correspond à 32 coup d'horloge
- La lecture du bit devra être faite au 20^{ème} coup d'horloge

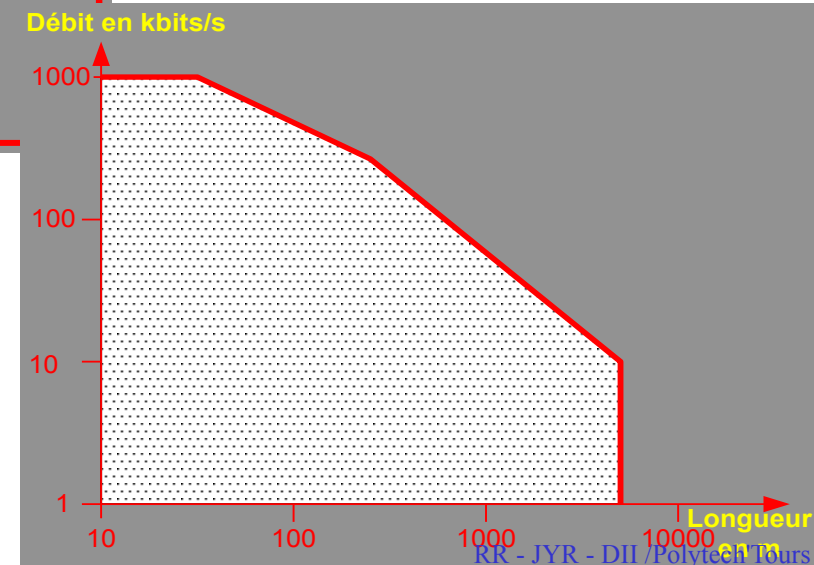


- ISO11898 : High Speed CAN
 - 250 Kbps

La couche Physique

Longueur du bus et débit

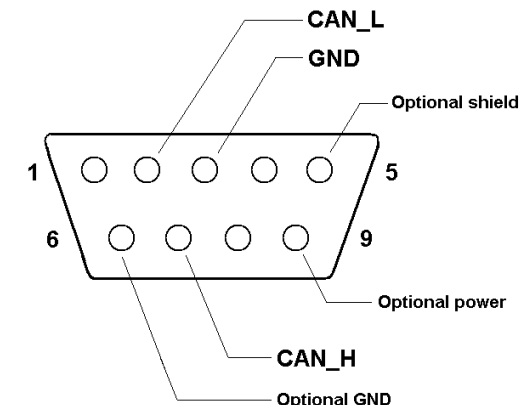
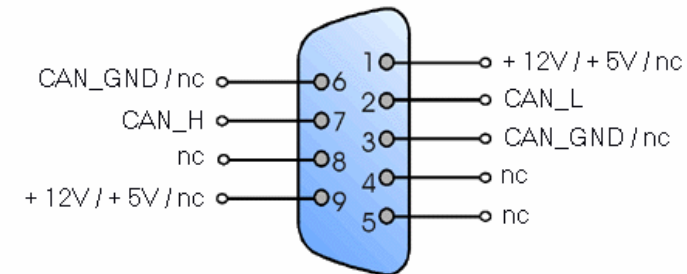
Débit	Longueur	Longueur d'un bit
1 Mbit/s	30 m	1 μ s
800 kbit/s	50 m	1,25 μ s
500 kbit/s	100 m	2 μ s
250 kbit/s	250 m	4 μ s
125 kbit/s	500 m	8 μ s
62,5 kbit/s	1000 m	16 μ s
20 kbit/s	2500 m	50 μ s
10 kbit/s	5000 m	100 μ s



La couche Physique

Support CAN → norme ISO 11898-2

- CAN High Speed.
- Une paire par émission différentielle → On mesure la différence de tension entre les deux lignes (CAN H et CAN L)
- Terminaison par des résistances de 120 Ohm à chacun des bouts
- Différentes connectiques (RS485, usb, ...)

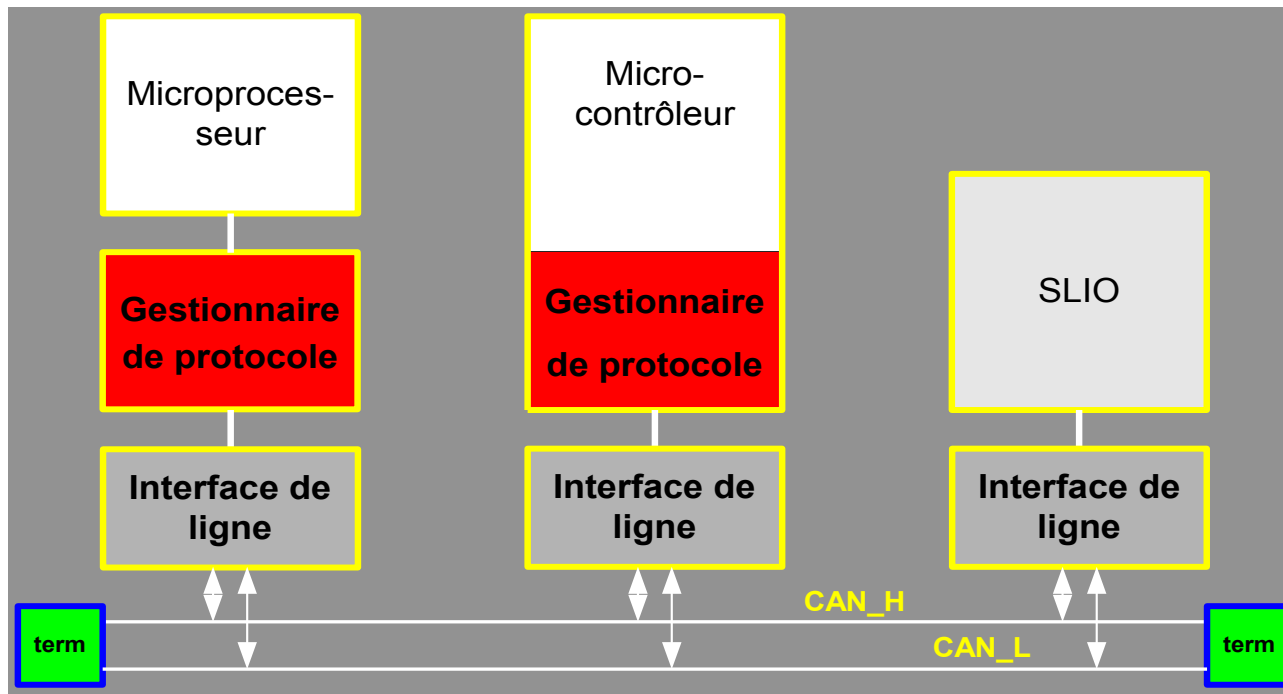


- Fibre optique ou transmission hertzienne possible

La couche Physique

Types de nœuds CAN

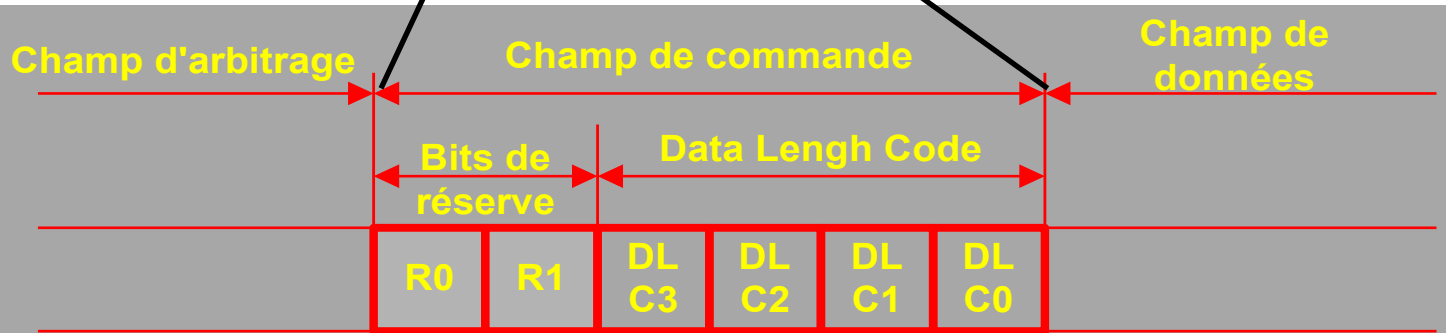
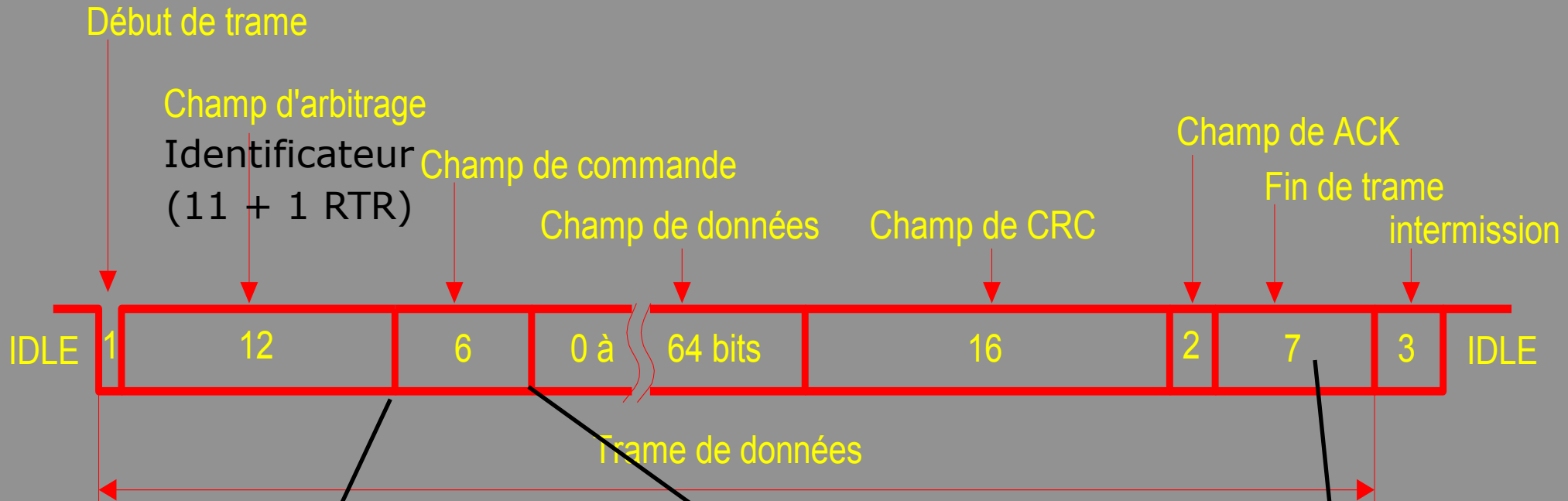
- ✱ les gestionnaires de protocole
- ✱ les microcontrôleurs à gestionnaire CAN intégré
- ✱ les interfaces (*transceivers* - ou encore *drivers*) de lignes
- ✱ les *Serial Linked Input Output* - SLIO



Trames CAN

Trame de données (data frame)

- Standard CAN 2.0A le plus utilisé (CAN2.0B possible via les bits R0 - R1)



7 bits récessifs
(bit stuffing désactivé)

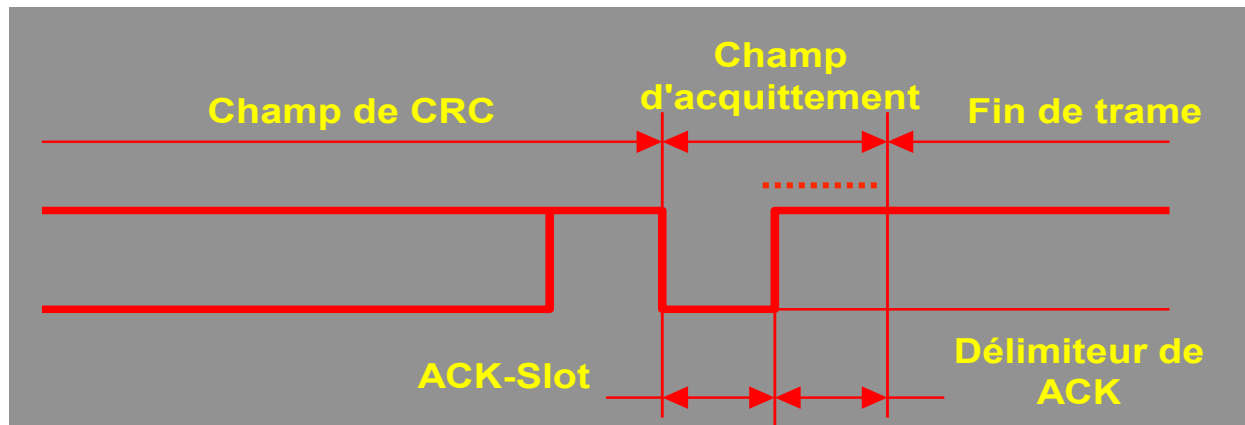
Trames CAN

Le champ de CRC : est composé de la séquence de CRC sur 15 bits suivi du CRC Delimiter (1 bit récessif)

$$\bullet P(X) = X^{15} + X^{14} + X^{10} + X^8 + X^7 + X^4 + X^3 + 1$$

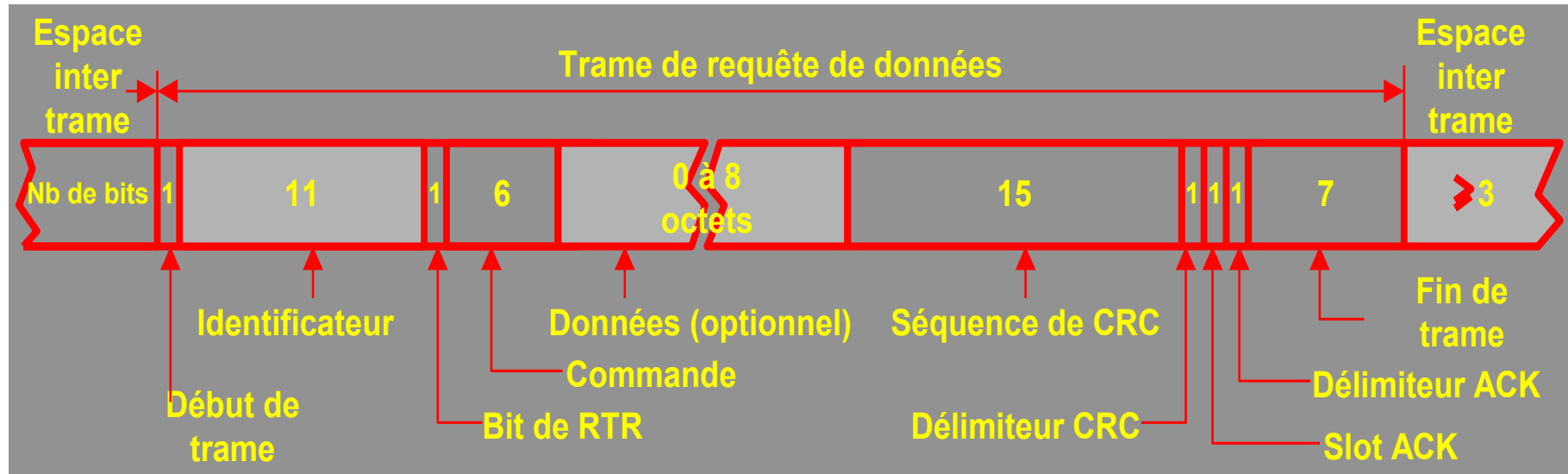
Le champ ACK

- 2 bits = ACK Slot + ACK Delimiter (1 bit récessif)
- le nœud en train d'émettre envoie un bit récessif pour le ACK Slot
- le nœud ayant reçu correctement le message en informe le transmetteur en envoyant un bit dominant pendant le ACK



Frames CAN

Trame de requête



Contrairement au cas précédent, **le bit RTR est récessif**. C'est donc ce bit qui différencie une *data frame* d'une *remote frame*

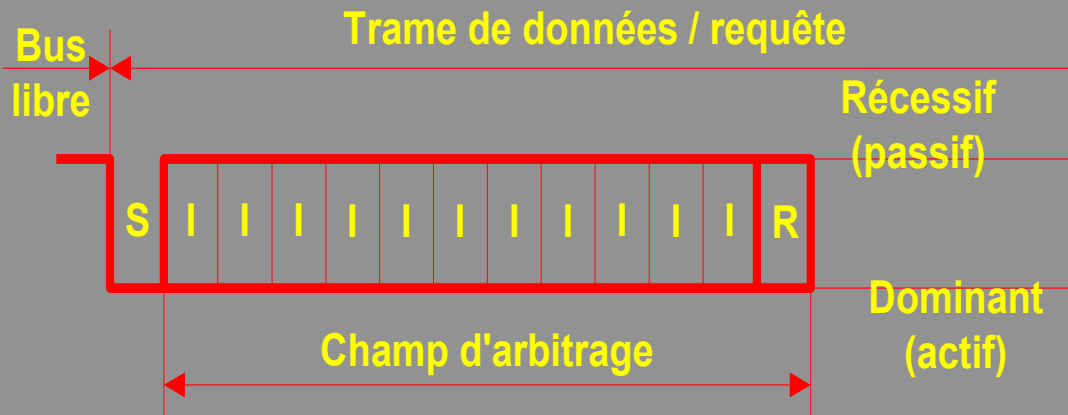
Pour mise en place d'un fonctionnement Requête-Reponse
 Cette trame est moins prioritaire que la trame de données
 Les Remote Frame sont peu utilisées en pratique

Methode d'accès MAC

- Basée sur la diffusion broadcast → proche ethernet
- Chaque station connectée au réseau écoute les trames transmises par les stations émettrices.
- Chaque nœud décide quoi faire du message, s'il doit y répondre ou non, s'il doit agir ou non, etc...
- Le protocole CAN autorise différents nœuds à accéder simultanément au bus
- Arbitrage par priorité → CSMA CD/AMP (*Carrier Sense Multiple Acces with Collision Detection and Arbitration Message Priority*).

CSMA/CD AMP

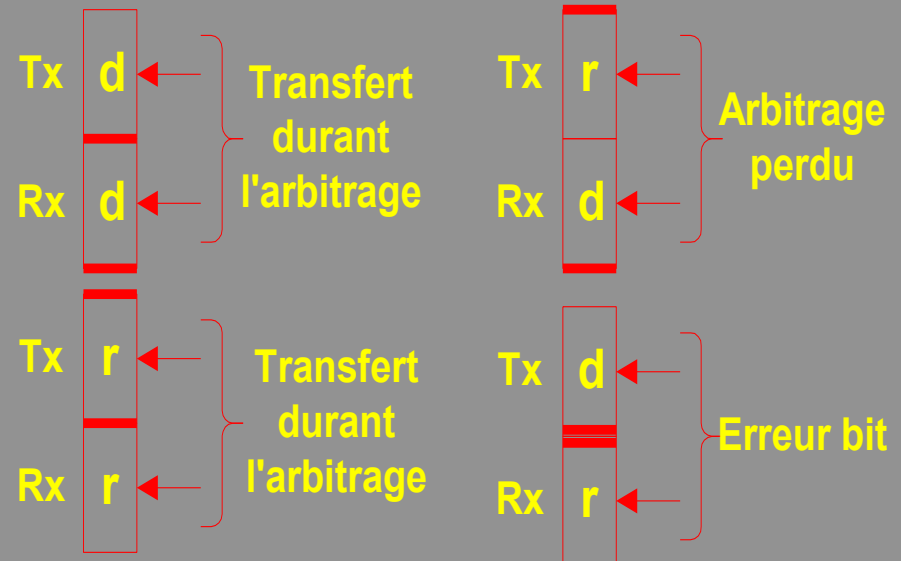
La méthode d'arbitrage



I : 1 parmi 11 bits d'identificateur
 R : Bit RTR
 - récessif : trame de requête
 - dominant : trame de données
 S : bit de départ de trame

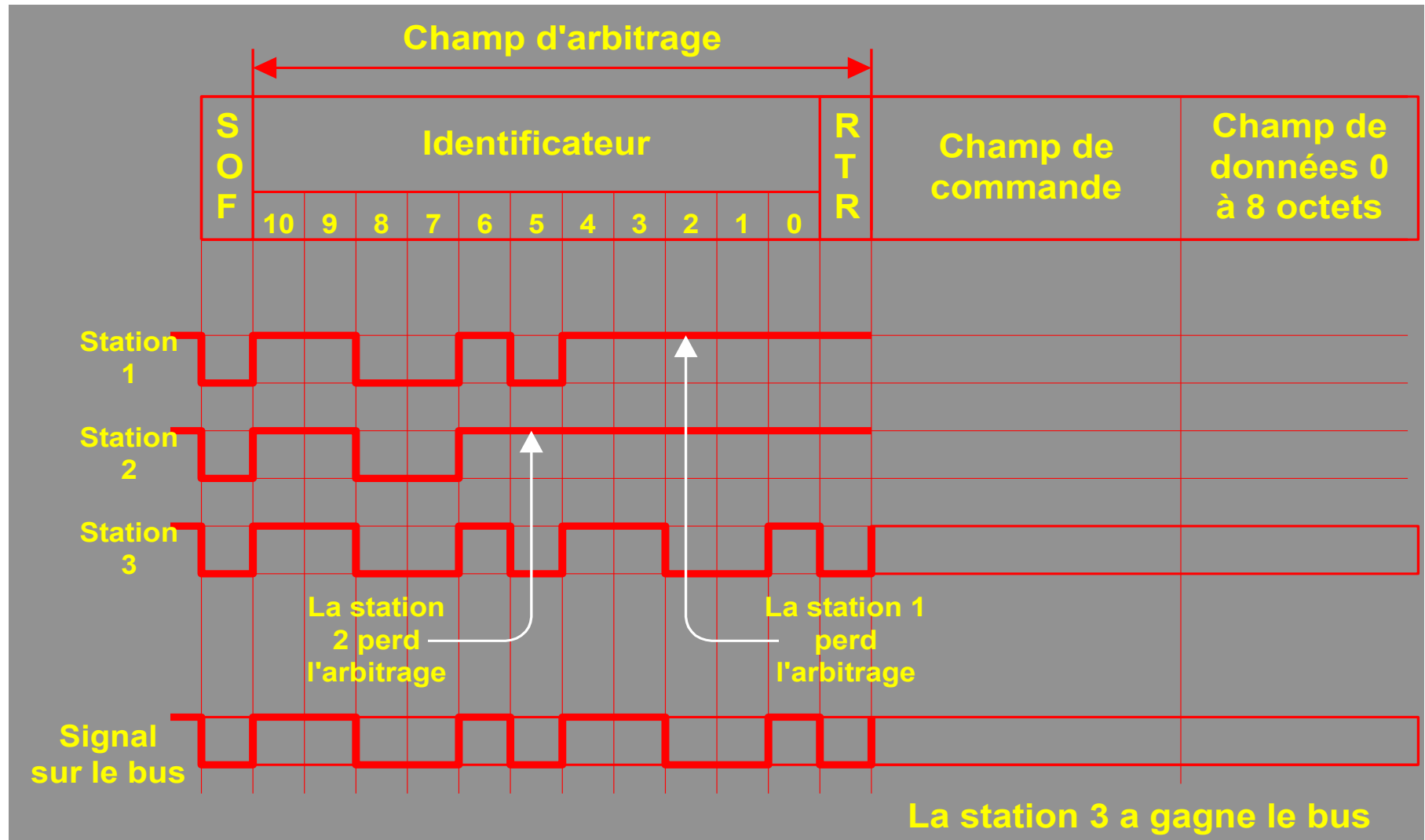
Procédure d'arbitrage

Pendant le champ d'arbitrage, les bits transmis et reçus sont comparés par l'interface CAN



CSMA/CD AMP

Exemple d'arbitrage



CSMA/CD AMP

Champs d'arbitrage

- **Le bit SOF (début de trame de données)** est dominant, il signale à toutes les stations le début d'un échange.
- Toutes les stations doivent se synchroniser sur la transition du bit de départ.
- **Identificateur** : La longueur de l'identificateur est de 11 bits
- Les 7 bits les plus significatifs (de ID_10 à ID_4) ne doivent pas être tous récessifs.
- **Le bit RTR** : Lors d'une *dataframe*, le bit de remote *transmission request* (RTR) doit être dominant.

La gestion des erreurs

- Mécanisme de confinement → pour déterminer si le bus :
 - n'est pas perturbé du tout
 - est peu perturbé
 - est un peu plus gravement perturbé
 - est tellement perturbé qu'il doit passer en bus off
- Le contrôleur du bus passe dans le mode *bus off* lorsque trop d'erreurs se sont produites
- Il se place dans l'état de sommeil (*sleep mode*)
- Il peut reprendre son activité si le taux d'erreur diminue
- Tous les (micro)contrôleurs conformes CAN possèdent deux compteurs internes bien distincts :
 - le *transmit error counter*
 - le *receive error counter*

La gestion des erreurs

De 0 à 127 inclus : état error active

- Le nœud continue de recevoir et d'émettre normalement
- Erreur détectée → envoi de *active error*

De 128 à 255 inclus : état error passive

- Le nœud continue de recevoir et d'émettre normalement
- Erreur détectée → envoi de passive error flag

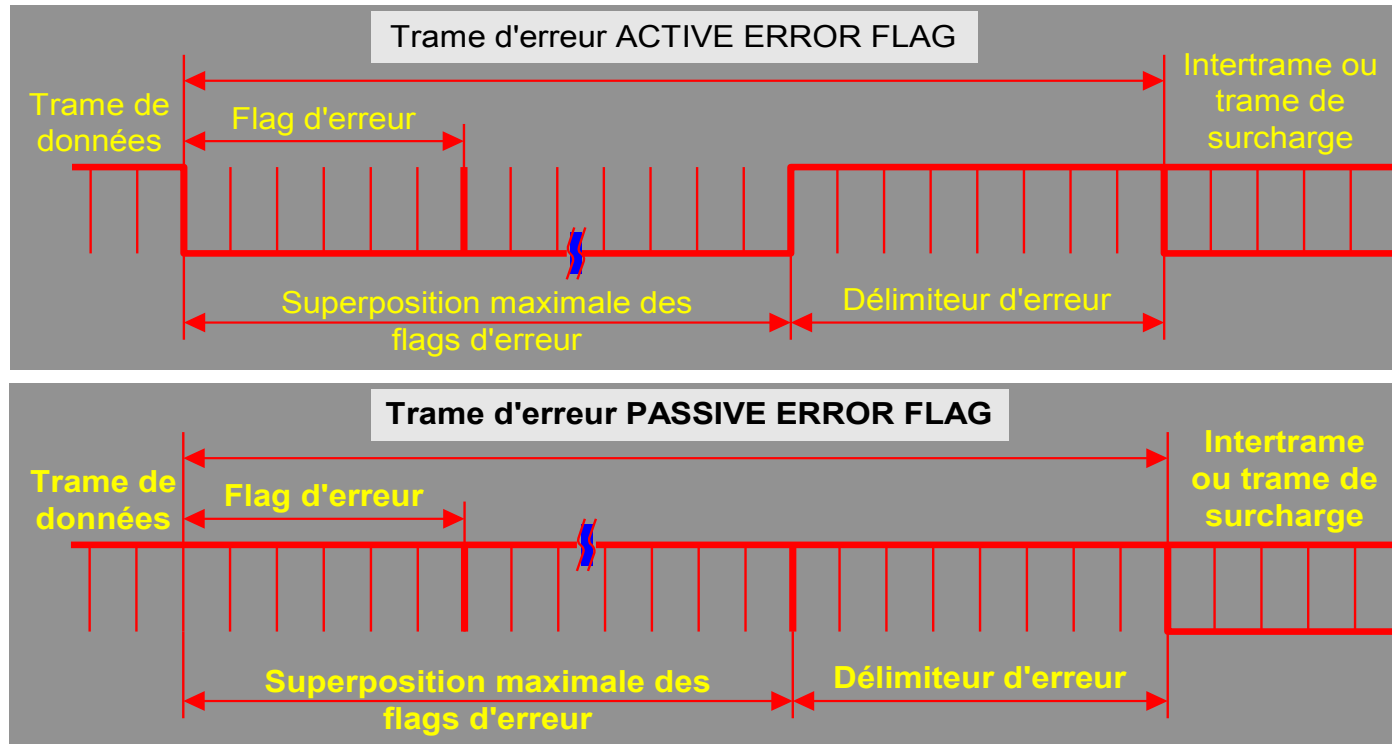
Au-delà de la valeur de 255 : état de bus off

- Le nœud en question cesse de recevoir et d'émettre normalement
- Le protocole autorise un nœud *bus off* à redevenir *error active* (en ayant remis tous ses compteurs d'erreurs à zéro) après que celui-ci ait observé, sans erreur sur le bus, 128 occurrences de 11 bits récessifs

Trames CAN

Trames d'erreurs

- Les 8 bits de l'Error Délimiter donnent l'autorisation aux nœuds du réseau de reprendre leurs communications.

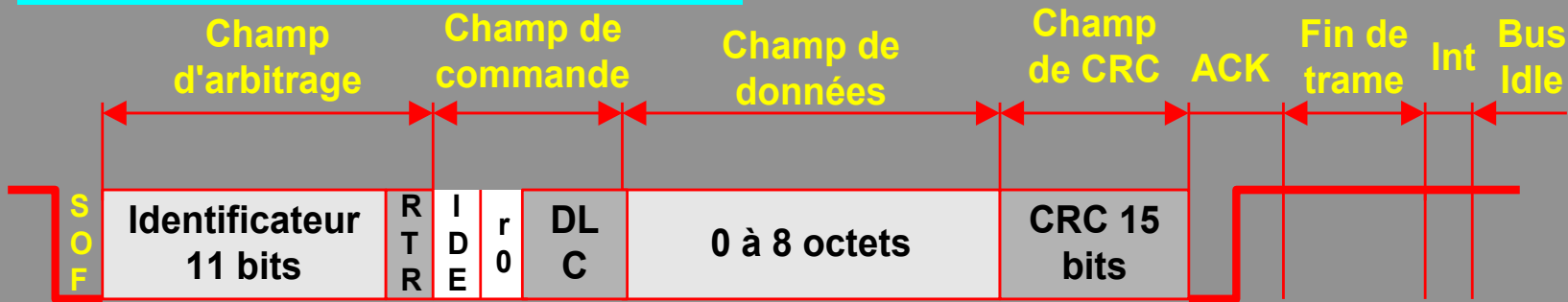


- Des recherches ont montré que le taux d'erreurs non détectées par le protocole CAN est très faible : 1 erreur non détectée pour 1000 années de fonctionnement

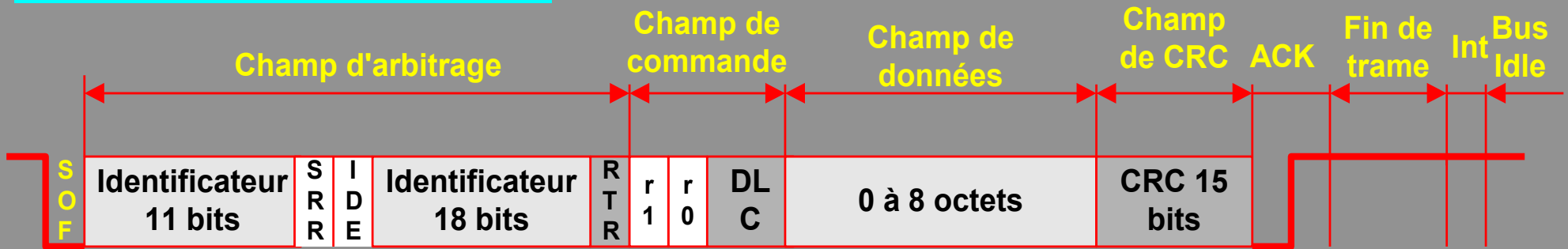
Le bus CAN 2.0B

Format des trames

Format standard - trame 2.0A



Format étendu - trame 2.0B

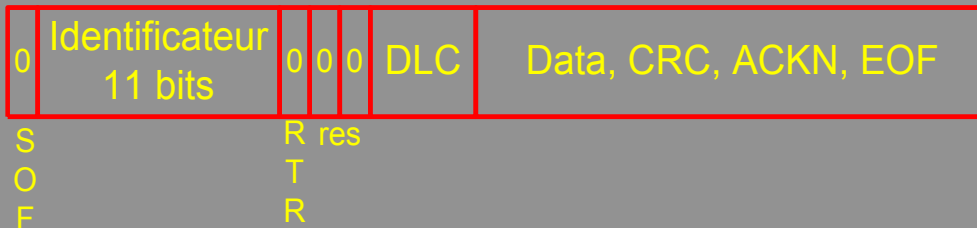


Le bus CAN 2.0B

Le bus CAN2.0B est compatible avec le CAN2.0A

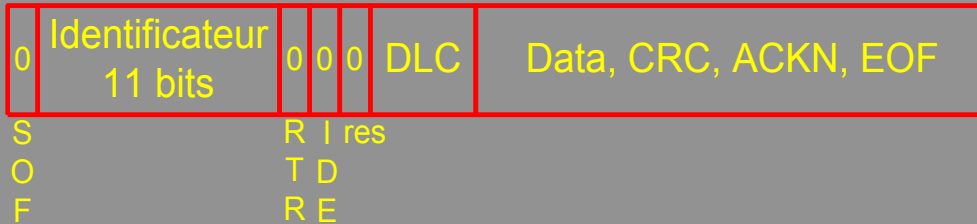
TRAME DE DONNEES

CAN 2.0A



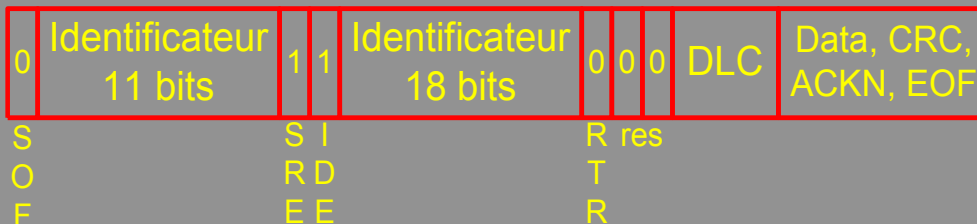
CAN 2.0B

format standard



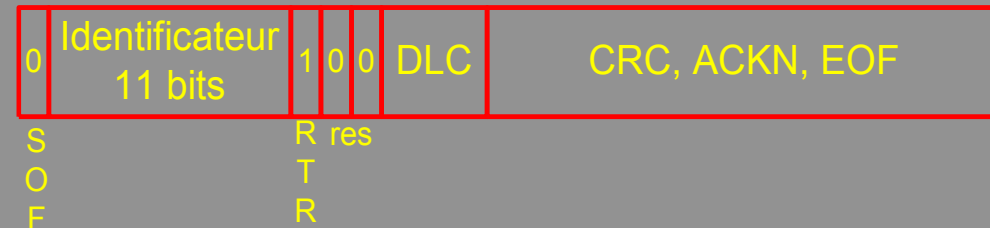
CAN 2.0B

format étendu



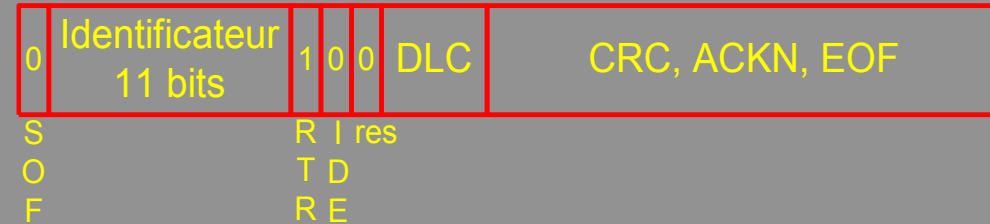
TRAME DE REQUETES

CAN 2.0A



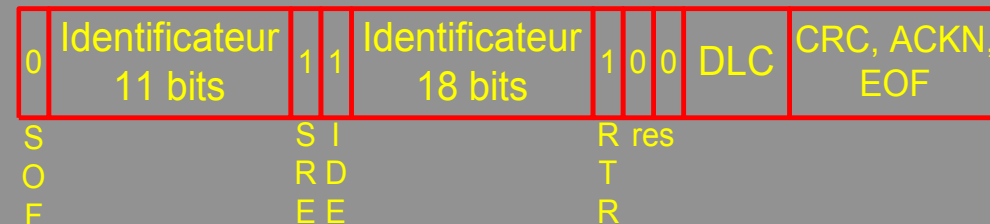
CAN 2.0B

format standard



CAN 2.0B

format étendu



Les composants

Types de composants existants

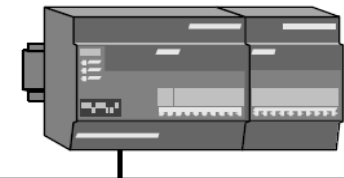
- les gestionnaires de protocole
- les microcontrôleurs avec gestionnaires de protocole
- les interfaces de ligne
- les circuits d'entrées/sorties de type SLIO (série)



Devices for CANopen

Digital In-/Outputs: DIOC 711

- Microcontroller Philips 80C592
- 8 digital Inputs
- 8 digital Outputs
- extendable
- CANopen and CAL
- variable Mapping
- Interrupt inputs selectable
- stores parameter



CANopen

Exemple de mise en œuvre

Programmation via environnement spécialisé

Lecture de Variables mise à jour périodiquement via le bus

API : Programme et librairie fournis

- Les fonctions suivantes fournies par le constructeur de la carte contrôleuse du bus permettent de dialoguer sur le bus et de gérer le process (La carte utilise un contrôleur de bus 82527).
- INIT :
 - **CAN_Open**
 - **CAN_Close**
 - **CAN_SetObjectConfig**
 - **CAN_InitBoard**
- Message operation:
 - **CAN_GetMessage**
 - **CAN_SendMessage**
 - **CAN_RequestRemoteFrame**

Réglage du débit numérique

Le débit numérique se règle avec les commutateurs DIP 6 et 7. Il doit être réglé à une valeur identique sur tous les modules-nœuds.

Remarque: La vitesse de transmission (débit numérique) influence la longueur de bus maximale possible.

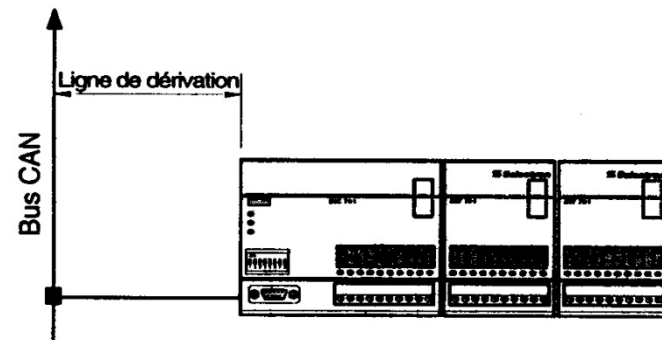
Exemple de mise en œuvre

Commutateur DIP S1	Commutateur:	Fonction:
	1 ... 5	Adresse CAN
	6 ... 7	Débit numérique
	8	Réserve

Commutateur DIP S1

6	7	Débit numérique	Long. max de bus	Ligne dérivation max.
off	off	20kBit/s	1000m	7,5m
ON	off	100kBit/s (*)	500m	3,75m
off	ON	500kBit/s	100m	0,75m
ON	ON	1MBit/s	40m	0,3m

*: Le remplacement de ce débit numérique par 125kBit/s est en préparation.



Exemple de mise en œuvre

Choix des identificateurs pour les noeuds

CAN identifier setup

The following CAN identifier setup ensures logical communications as shown:

CAN identifier

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
ID 10 (Prio 2) Channel selection	ID 9 (Prio 1) Direction	ID 8 (Prio 0) Broadcast	ID 7 (Addr 4)	ID 6 (Addr 3)	ID 5 (Addr 2)	ID 4 (Addr 1)	ID 3 (Addr 0)
ID 2 (Spec 2)	ID 1 (Spec 1)	ID 0 (Spec 0)	RTR-Bit	DLC 3	DLC 2	DLC 1	DLC 0

Prio 2 ... Prio 0: Priorities of messages on CAN bus

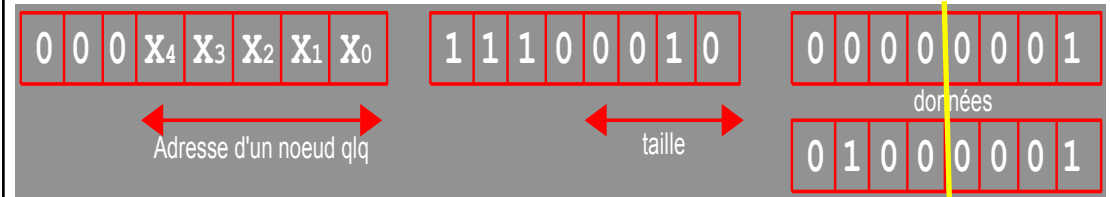
Addr 4 ... Addr 0: Node addresses

Spec 2 ... Spec 0: Assigned with special functions
(mainly for motion communications)

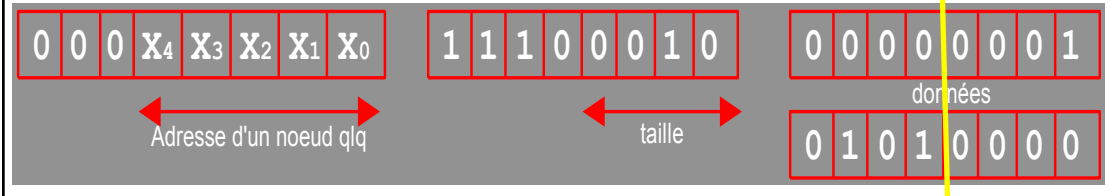
Exemple de mise en œuvre

Mise en place des Messages de commande

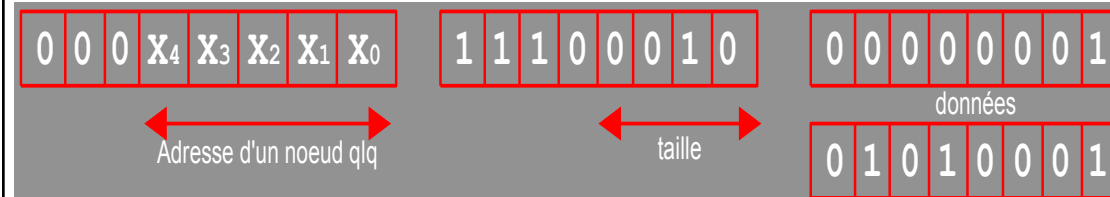
Broadcast-Switch-Poll-Mode-Telegram : tous les nœud commutent dans le mode "poll" ils envoient les données à la suite d'une demande ; (0141h)



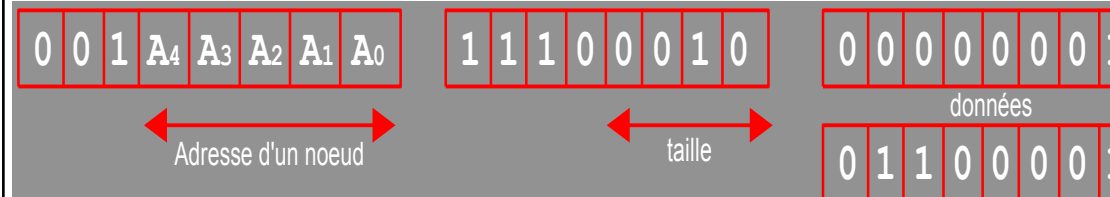
Broadcast-Start-Communication-Telegram : tous les nœuds peuvent démarrer la communication de données (0150h)



Broadcast-Stop-Communication-Telegram : tous les nœuds arrêtent la communication de données (0151h)



Start-Input-Update-Telegram : le nœud actif adressé transmet l'état courant de ses entrées (0161h)

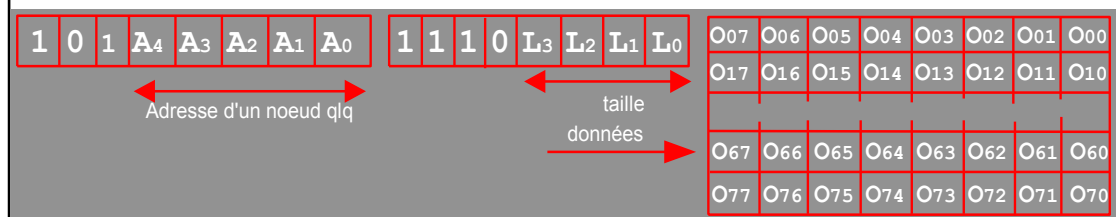


Exemple de mise en œuvre

Messages de données :

ces messages permettent de configurer les sorties (du maître vers les modules) ou de connaître l'état des entrées (des modules vers le maître)

Output-Update-Telegram for digital I/O modules : Les données sont appliquées aux sorties du nœud et à ses extensions. La taille dépend du nombre d'extension, 8 octets maximum (1 nœud + 7 extensions maximum).

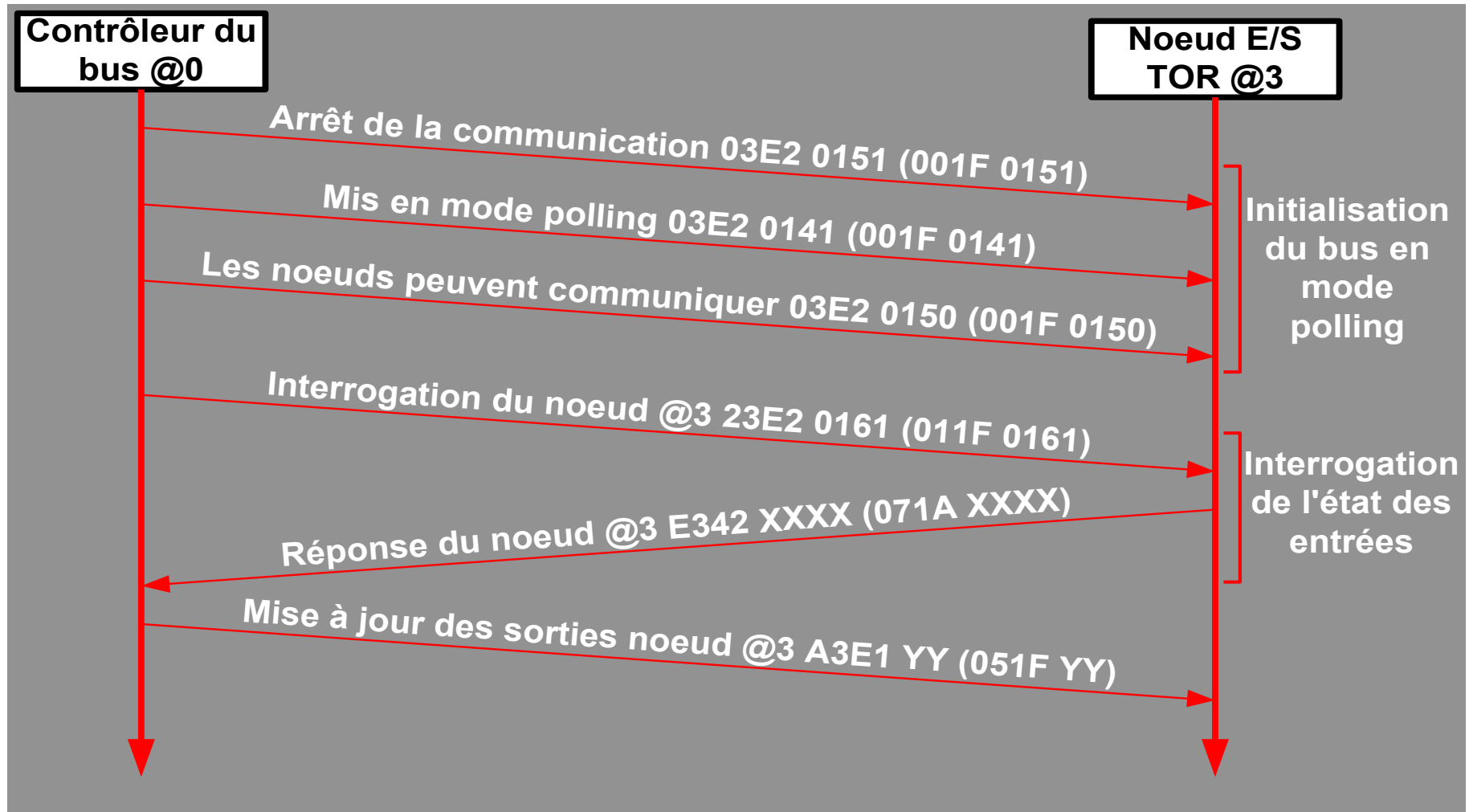


Output-Update-Telegram for analog I/O modules : Les données sont appliquées aux 4 sorties analogiques du nœud



Exemple de mise en œuvre

Echanges sur le bus



Paramètres	<i>CAN low speed</i>	<i>CAN high speed</i>
Débit	125 kb/s	125 kb/s à 1 Mb/s
Nombre de nœuds sur le bus	2 à 20	2 à 30
Courant de sortie (mode émission)	> 1 mA sur 2,2 kΩ	25 à 50 mA sur 60Ω
Niveau dominant	CAN H = 4V CAN L = 1V	CAN H = 3,5 V CAN L = 1,5 V
Niveau récessif	CAN H = 1,75V CAN L = 3,25V	CAN H = 2,5 V CAN L = 2,5 V
Caractéristique du câble	30 pF entre les câbles de ligne	2*120Ω
Tensions d'alimentation	5V	5V

Tableau 3 : Les 2 types de bus CAN

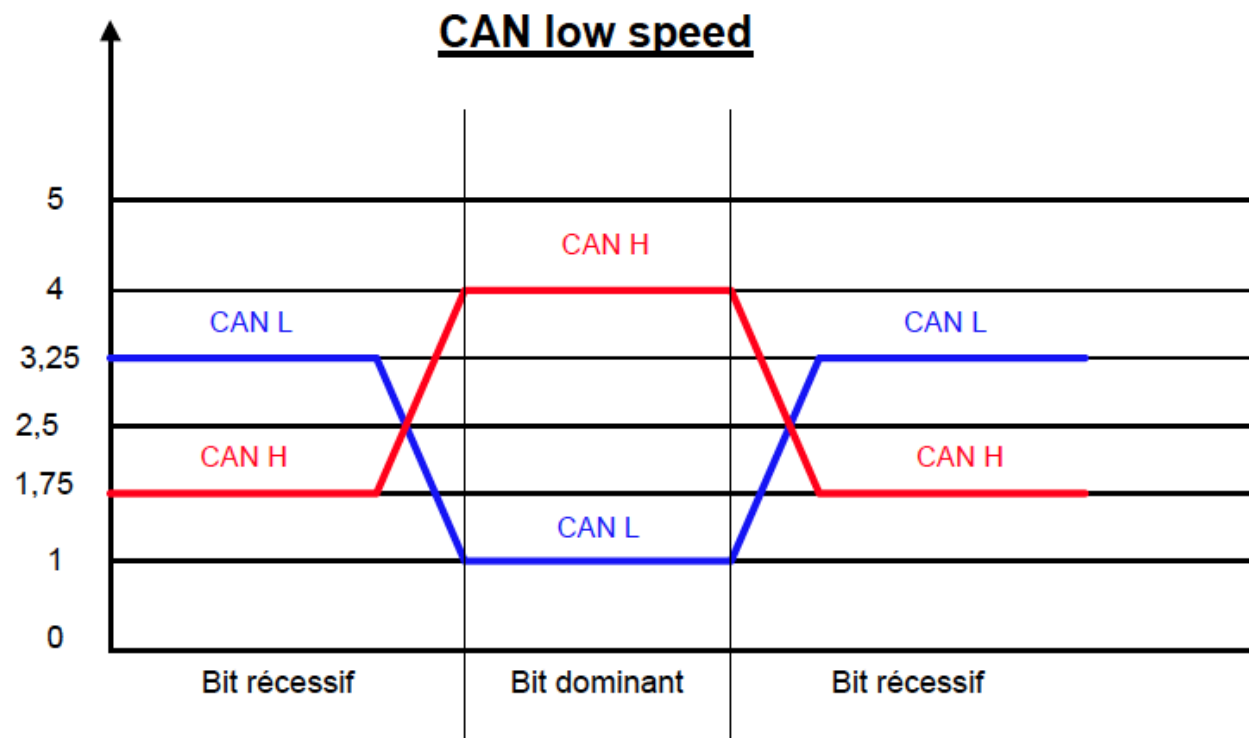


Figure 23 : Niveaux de tension du bus CAN *low speed*

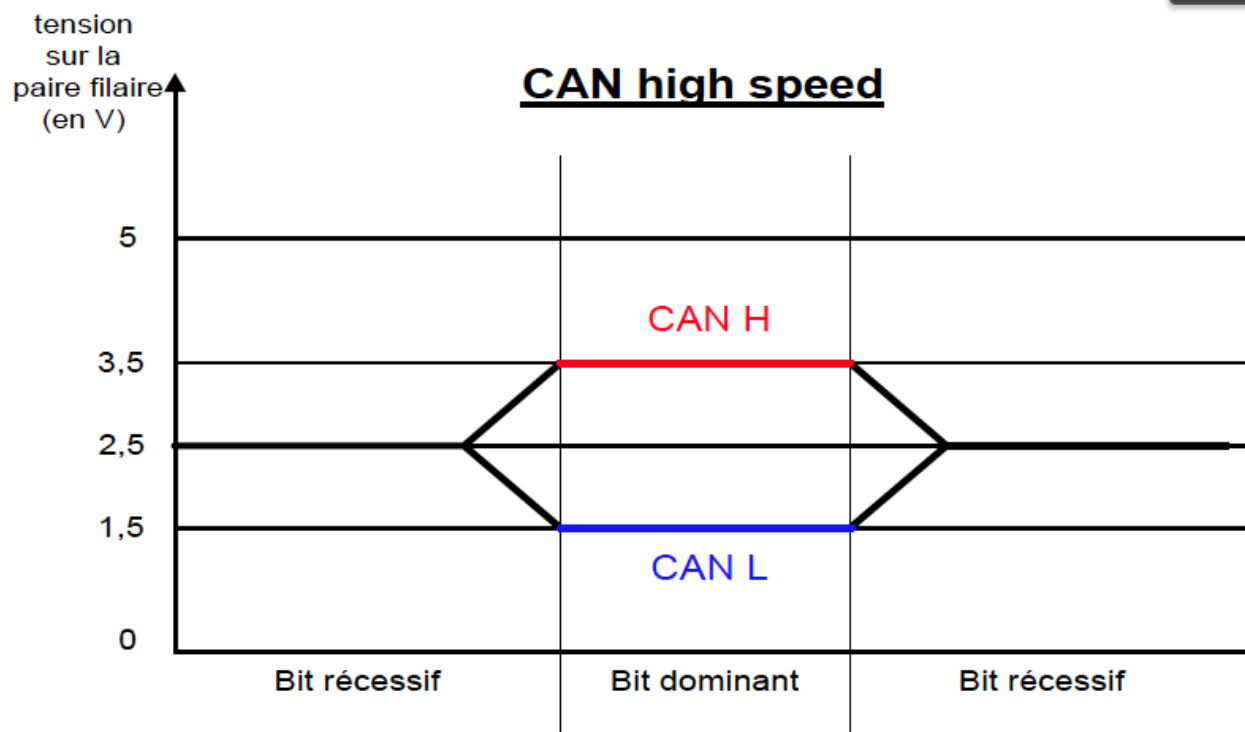


Figure 24 : Niveaux de tension du bus CAN *high speed*

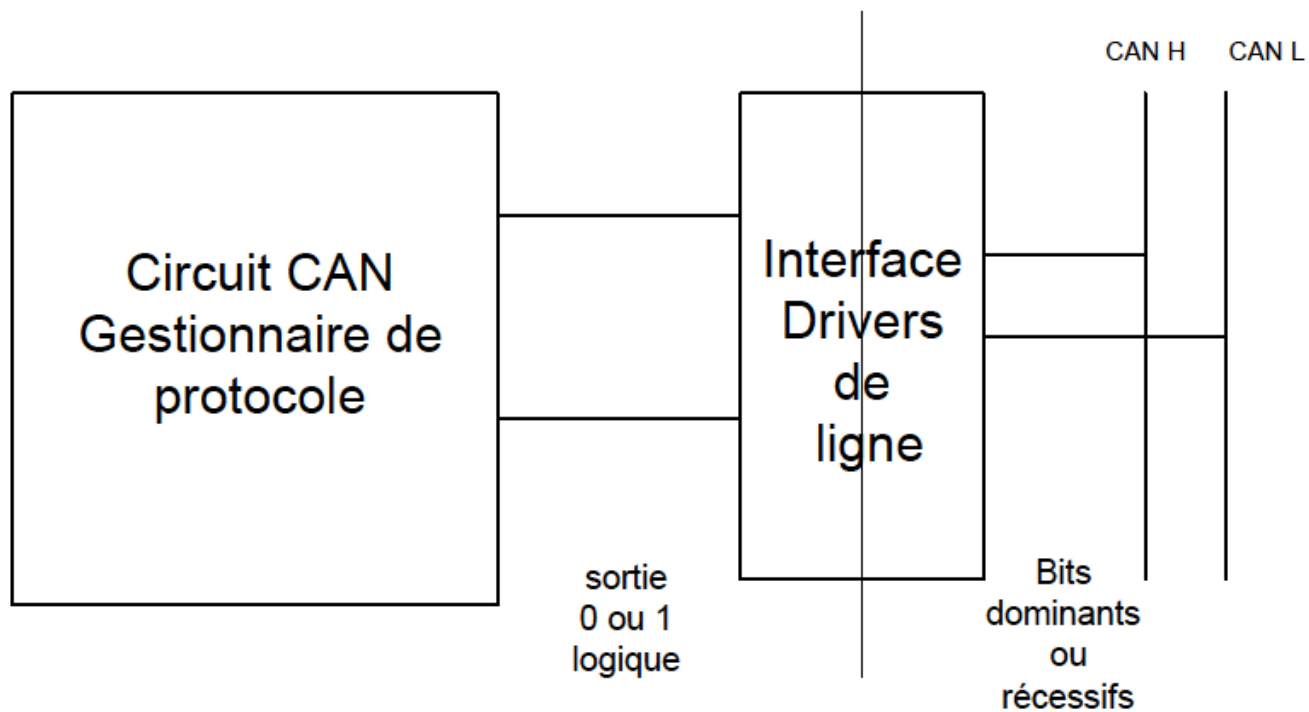


Figure 25 : Schéma de principe d'un circuit CAN

Références

- Le bus CAN de Dominique PARET éditions DUNOD
- Cours de [Michel Gaillard](#) sur le bus CAN du BTS IRIS Lycée Turgot Limoges
- Cours de SUPERVISION ET RESEAUX : Informatique Industrielle
Jean-Yves – AGILiCOM

- Sites internet:

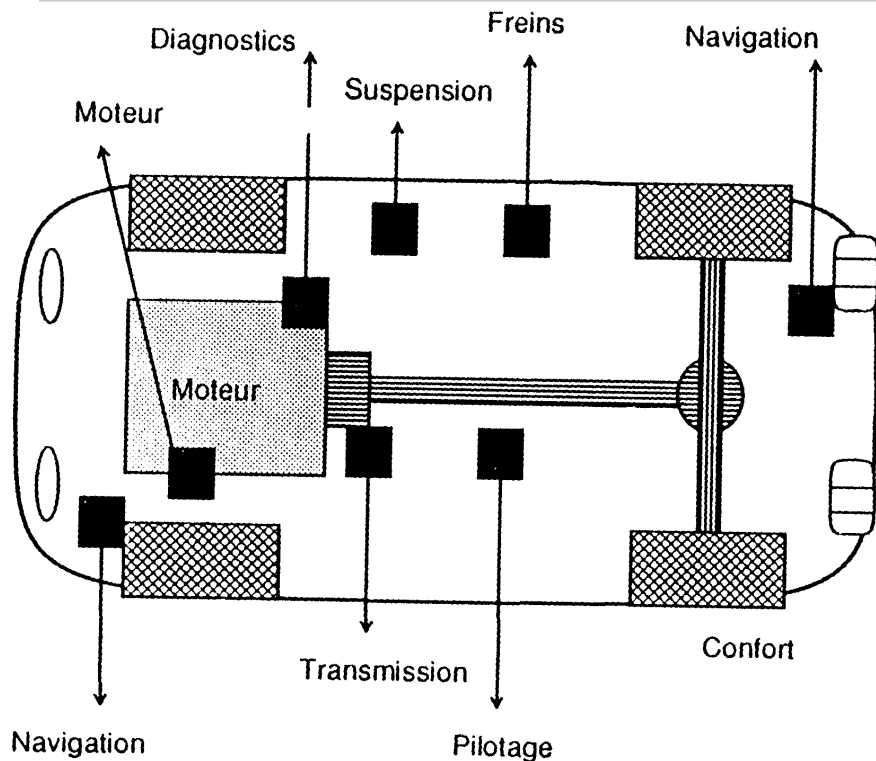
<http://www.hitex.co.uk/softing/cananalysers.html>

http://www.ime-actia.de/web_can/index_can.htm

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

<http://www.vector-cantech.com/index.html>

Exercice



- Environnement ?
- Avantage d'un LAN ?
- Support (lg) ? Topologie ? Protocoles ?
- Format des trames (couche 2) ? Rendement ?
- Débit moyen / classe de fonction ?
- Ethernet industriel ? Tranche canal ?
- Quelles propriétés doivent avoir les services du réseau pour chacune des 4 classes de trafic ?
- Quelles sont les couches du modèle ISO et protocoles associés que vous proposez d'implémenter ?

Application	Point de raccordement au réseau	Besoins
confort	sièges, verrouillage des portes vitres électriques lampes, climatisation distractions	fréquence 10 msg/s délai acceptable 20 à 50 ms 25 à 50 points d'accès
gestion des informations	groupes d'instruments tableau de bord (vitesse, compte-tours, ...), navigation (clignotants, klaxon, ...) diagnostics feux de route état du moteur, ... sécurités	fréquence 100msg/s délai acceptable 1 à 10 ms grande fiabilité 10 à 25 noeuds
commande temps réel	puissance (allumage électronique injection puissance électrique, tenue de route : suspension anti-blocage de roues direction assistée	fréquence 1000 msg/s délai tolérable ~ 1ms très haute fiabilité 5 à 10 noeuds tolérance aux fautes
mainten- ance	collecte des données chargement de programmes de test mesures	fiabilité du transfert des données