

PROFIBUS



Objectifs

- Identifier le bus de terrain Profibus
- Comprendre Profibus PA
- Comprendre Profibus DP

Prérequis:

- Auto1, Auto2
- CMSE2 et CMSE3 2

public cible:

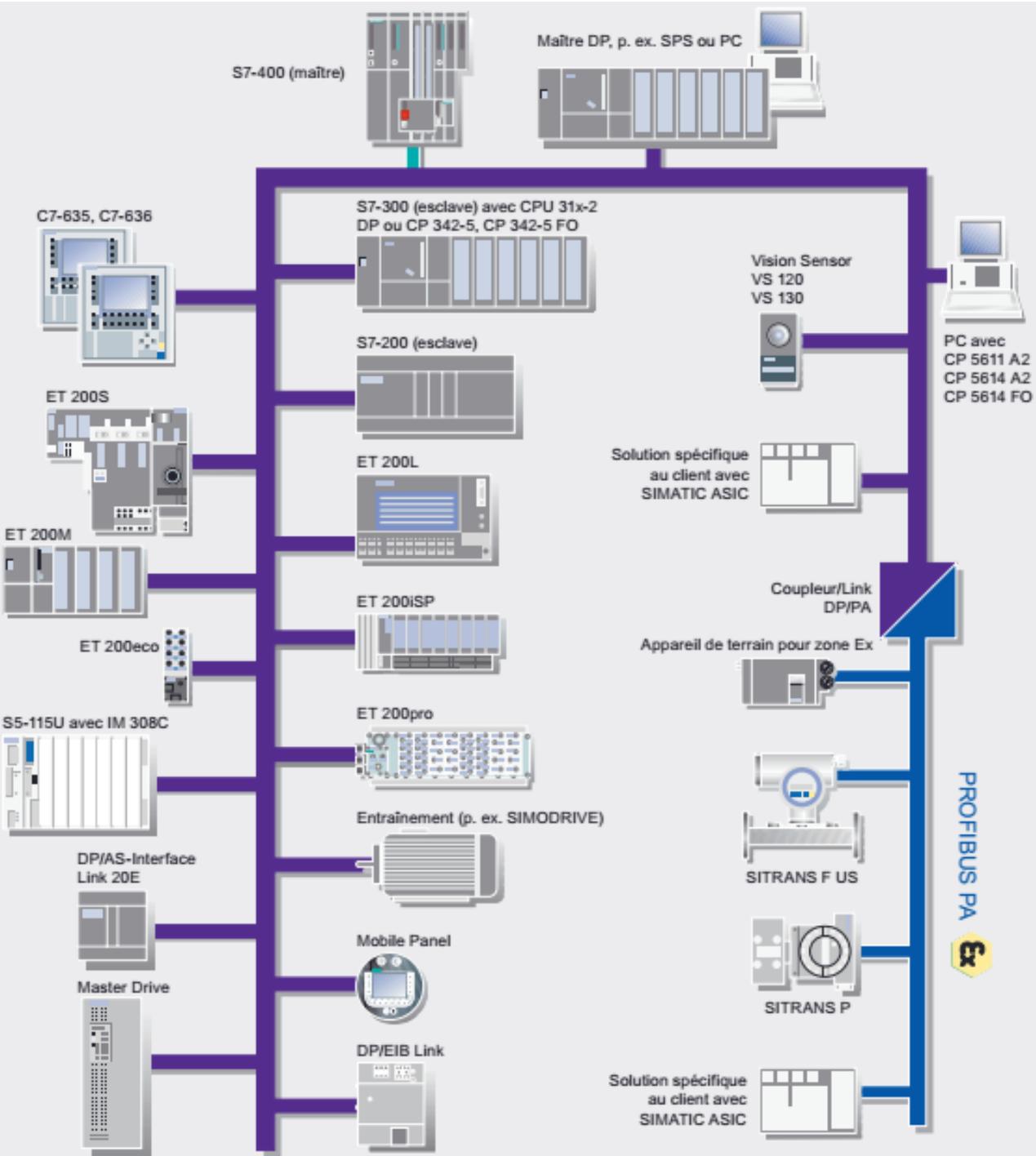
- 3^{ème} année Génie industriel et maintenance

Introduction

- PROFIBUS (*Process Field Bus*) est le nom d'un type de **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 dernières années, mais son usage tend à disparaître au profit d'autres bus de terrain ou de réseaux.

Dans l'industrie, on trouve essentiellement deux variantes :

- ❑ **Profibus-DP** (*Decentralized Peripherals*) est utilisé pour connecter des équipements actifs et des détecteurs à un contrôleur central dans des applications de production industrielle. Le bus propose en standard un certain nombre de moyens de diagnostic.
- ❑ **Profibus-PA** (*Process Automation*) est utilisé pour des équipements de mesure et de surveillance ; il est particulièrement conçu pour les zones à risques (d'explosion notamment).
- Les deux variantes échangeant le même type de trames, deux réseaux DP et PA peuvent être interconnectés à l'aide d'un adaptateur.



PROFIBUS permet de raccorder des appareils de terrain tels que des périphériques décentralisés, des vannes ou des entraînements à des systèmes d'automatisation tels que SIMATIC S7, SIMOTION, SINUMERIK ou à des PC.

Normalisé selon CEI 61158 et EN 50170, PROFIBUS est un système de bus de terrain performant, ouvert et robuste qui propose des temps de réaction courts. Ce standard ouvert pour bus de terrain est supporté par les plus grandes entreprises dans le secteur de l'automatisation industrielle.

PROFIBUS propose une solution de bus de terrain pour l'automatisation complète de la production et des process, avec un échange de données rapide et fiable ainsi que des fonctionnalités intégrées de diagnostic. PROFIBUS peut être aussi utilisé dans des zones à atmosphère explosible ainsi que pour des applications à sécurité intrinsèque et des appareils HART.

Services de communication PROFIBUS

OSI-Layer		PROFIBUS			
7	Application	DPV0	DPV1	DPV2	Management
6	Presentation	--			
5	Session				
4	Transport				
3	Network	FDL			
2	Data Link				
1	Physical	EIA-485	Optical	MBP	

Couche d'application (couche 7 modèle OSI)

Pour utiliser ces fonctions, différents niveaux de service du protocole DP ont été définis:

- ❑ **DP-V0** : comprend notamment l'échange cyclique des données de process entre le maître et les esclaves PROFIBUS DP ainsi que le diagnostic spécifique aux stations, modules et canaux.
- ❑ **DP-V1** englobent la transmission acyclique de données durant le fonctionnement pour les éléments suivants :
 - Paramétrage ainsi que conduite et supervision (à durée non critique)
 - Traitement des alarmes (à durée critique)
- ❑ **DP-V2**
 - **Le mode isochrone** se distingue par un comportement déterministe et synchrone. Les cycles d'exécution synchrones garantissent la transmission cohérente des données selon des intervalles de temps équidistants. Il est ainsi possible de réaliser des régulations délicates, des procédures de positionnement de grande précision et des applications rapides Motion Control.
 - **La communication parallèle** signifie que des esclaves PROFIBUS DP inter communiquent directement via la diffusion générale, sans détour par le maître. Cela permet de réduire considérablement les temps de réaction du bus.
 - Grâce au profil supplémentaire "HART on PROFIBUS DP", il est également possible de communiquer avec des appareils HART.

Couche de sécurité (couche 2 modèle OSI)

- La couche de sécurité FDL (Field bus Data Link) fonctionne avec une méthode d'accès hybride qui combine le **passage de jetons** avec une **méthode maître-esclave**. Dans un réseau PROFIBUS DP, les contrôleurs ou systèmes de contrôle de processus sont les maîtres et les capteurs et actionneurs sont les esclaves.
- Chaque octet est sécurisé avec une parité paire et transféré de manière asynchrone avec un bit de démarrage et d'arrêt. Il ne peut pas y avoir de pause entre un bit d'arrêt et le bit de démarrage suivant lorsque les octets d'un télégramme sont transmis. Le maître signale le début d'un nouveau télégramme avec une pause SYN d'au moins 33 bits ("1" logique = bus inactif).

Différents types de télégrammes sont utilisés. Ils peuvent être différenciés par leur délimiteur de départ (SD):

No data

SD1 = 0x10



Variable length data

SD2 = 0x68



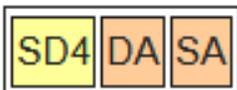
Fixed length data

SD3 = 0xA2



Token

SD4 = 0xDC



SD	Start Delimiter
LE	Length of protocol data unit, (incl. DA,SA,FC,DSAP,SSAP) Longueur de l'unité de données de protocole
LEr	Repetition of length of protocol data unit, (Hamming distance = 4) Répétition de la longueur de l'unité de données du protocole
FC	Function Code
DA	Destination Address
SA	Source Address
DSAP	Destination Service Access Point
SSAP	Source Service Access Point
PDU	Protocol Data Unit (protocol data)
FCS	Frame Checking Sequence calculé en additionnant simplement les octets dans la longueur spécifiée
ED	End Delimiter (= 0x16)

Couche de transmission (couche 1 modèle OSI)

- Trois méthodes différentes sont spécifiées pour la couche de transmission de bits:
 - ❑ **Avec une transmission électrique selon EIA-485(RS-485)** des câbles à paire torsadée avec des impédances de 150 ohms sont utilisés dans une topologie de bus. Des débits binaires de 9,6 kbit/s à 12 Mbit/s peuvent être utilisés. La longueur de câble entre deux répéteurs est limitée de 100 à 1200m, selon le débit utilisé. Cette méthode de transmission est principalement utilisée avec **PROFIBUS DP**.
 - ❑ **Avec la transmission optique via la fibre optique**, les topologies en étoile, en bus et en anneau sont utilisées. La distance entre les répéteurs peut aller jusqu'à 15 km. La topologie en anneau peut également être exécutée de manière redondante.
 - ❑ **Avec la technologie de transmission MBP (Manchester Bus Powered voir INDEXE II)**, les données et l'alimentation du bus de terrain sont alimentées par le même câble. La puissance peut être réduite de manière à pouvoir être utilisée dans des environnements explosifs. La topologie du bus peut atteindre une longueur de **1900 m** et permet une dérivation vers des appareils de terrain (**max. 60 m** de dérivation). Le débit binaire ici est un **31,25 kbit/s fixe**. Cette technologie a été spécialement mise au point pour une utilisation dans l'automatisation des processus pour **PROFIBUS PA**.

Profibus-DP

<https://www.youtube.com/watch?v=zJDsEqCyTqc&t=2s>

Profibus DP / vue d'ensemble

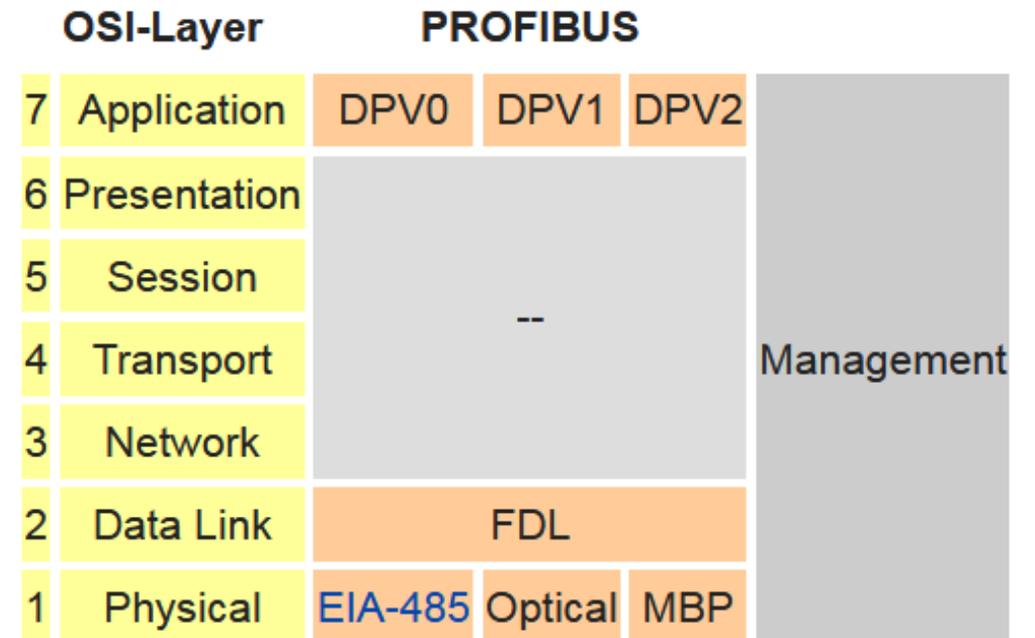
- PROFIBUS DP (périphérie décentralisée) est utilisé en production pour le pilotage de capteurs et d'actionneurs par un automate central. Ses atouts sont en particulier les nombreuses possibilités de diagnostic standard. Les autres domaines d'application sont le groupement "d'intelligence décentralisée", c.-à-d. la mise en réseau de plusieurs automates.
- Le débit peut atteindre 12 Mbit/s sur des câbles à paire torsadée ou/et des câbles à fibre optique. Comme il n'existe pas de différence entre les protocoles PROFIBUS de couche 2, tous les protocoles peuvent être exploités en parallèle dans un réseau PROFIBUS.
- PROFIBUS DP sert à raccorder les appareils suivants :
 - Automates, PC, pupitres opérateurs
 - Appareils de terrain décentralisés, par ex. SIMATIC ET 200
 - Vannes
 - Entraînements

Grâce à ses temps de réaction rapides, PROFIBUS DP convient surtout à l'industrie de fabrication.

Profibus DP / propriétés

PROFIBUS offre différents niveaux de performance :

- **La fonctionnalité de base (DPV0)**
- **Les extensions selon (DPV1)**
- **Mode isochrone et communication parallèle (DPV2)**
- **HART (Annexe III) on PROFIBUS DP**



Profibus DP / Protocole DP

- Le protocole PROFIBUS DP (périphérie décentralisée) a été conçu pour couvrir le niveau terrain au sein de la hiérarchie d'automatisation. La principale caractéristique de PROFIBUS DP est que les données utiles sont représentées sous forme d'une image de données cyclique. Ceci permet de se passer complètement d'interfaces **orientées objet** telles qu'utilisées par les protocoles **FMS** et **S7**.
- Le principe de la communication PROFIBUS DP est un système maître-esclave. Le maître interroge cycliquement un ou plusieurs esclaves.
- A la place de l'interface d'application, on trouve dans la couche 7 (modèle de référence ISO-OSI) du protocole DP l'interface dite **Userinterface** qui, en tant qu'application standardisée, est directement liée avec le DDLM (Direct Data Link Mapper) à la couche 2 (modèle de référence ISO-OSI), c.-à-d. à FDL.
- On distingue deux type de maîtres DP :
 - Le maître de **classe 1** : il pilote cycliquement le process
 - Le maître de **classe 2** : il assure le paramétrage des appareils et le diagnostic
- **Avantages** :
 - protocole de communication très rapide car très proche du matériel
 - utilisable avec des systèmes de marques différentes

On notera également 2 protocoles PROFIBUS supplémentaires pour les appareil SIMATIC tels que: **le protocole FMS et le Procole S7**

Profibus DP / Procédures de transmission physiques / Norme EIA RS-485

- La procédure de transmission **RS-485** est conforme à la transmission de données symétrique selon la norme EIA RS-485. Cette procédure de transmission est prescrite par la norme CEI 61158-2 / EN 61158-2 pour la transmission de données PROFIBUS via câbles bifilaires. Le support utilisé est **une paire torsadée blindée**.
- La ligne de bus est terminée aux deux extrémités par **une résistance de terminaison**. Une telle ligne terminée aux deux extrémités s'appelle **un segment**.
- La connexion des stations au bus s'effectue au moyen d'un boîtier de connexion au bus avec câble de dérivation ou d'un connecteur de bus. Les différents segments sont interconnectés via des répéteurs.
- La longueur maximale d'un segment dépend de **la vitesse de transmission** et du **type de câble** utilisé.

Avantages :

- ✓ structure flexible en ligne ou arborescente avec des répéteurs, boîtier de connexion et connecteurs de bus pour la connexion des stations PROFIBUS
- ✓ La retransmission purement passive des signaux permet d'arrêter des stations sans conséquence pour le réseau (sauf pour les stations qui alimentent les résistances de terminaison)
- ✓ Installation simple du câble bus sans connaissances spécifiques.

Restrictions :

- ✓ la distance franchissable diminue lorsque la vitesse de transmission augmente
- ✓ nécessite des mesures de protection contre la foudre en cas de pose à l'extérieur

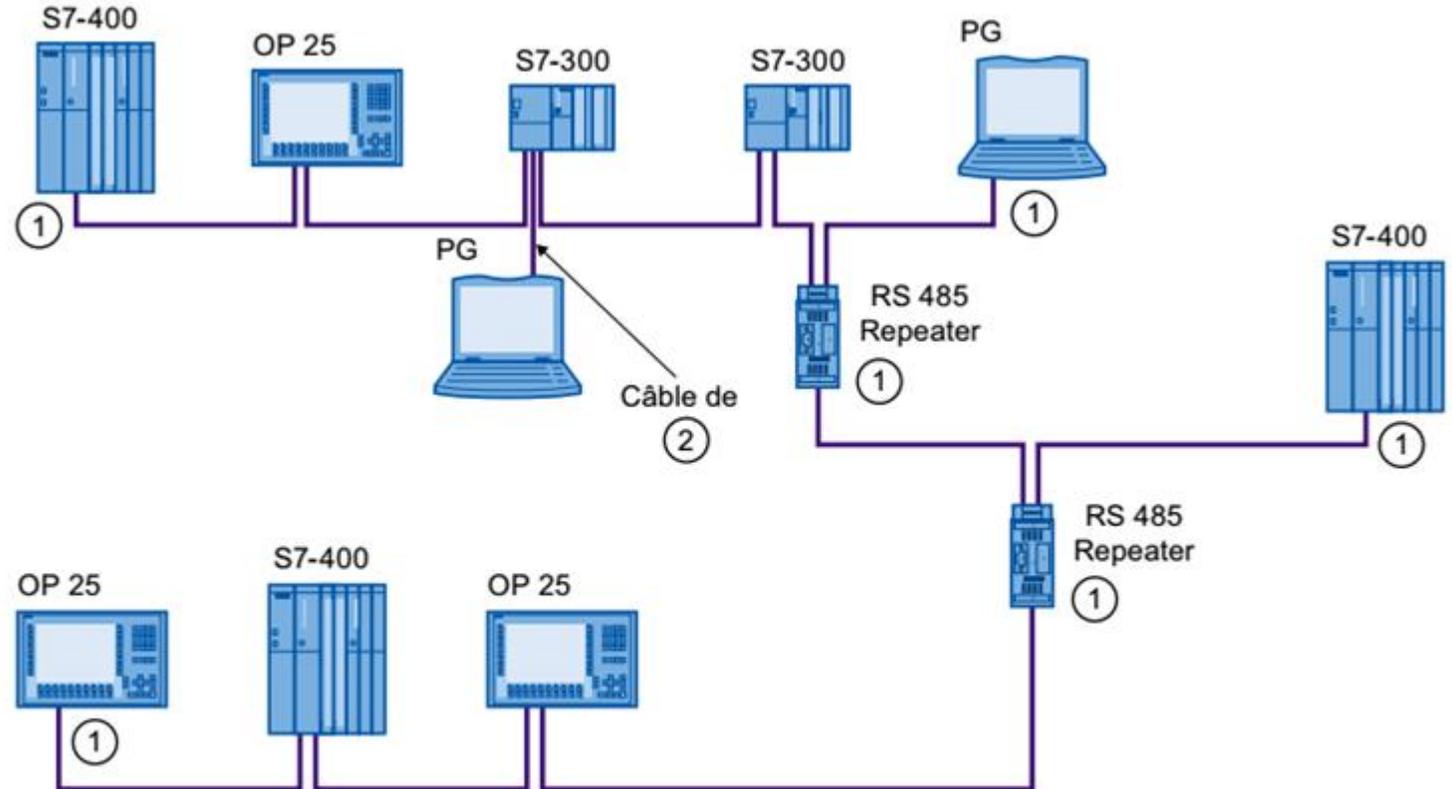
❑ Topologies des réseaux RS 485

L'utilisation de répéteurs RS 485 permet d'interconnecter des segments. Le répéteur RS 485 amplifie les signaux de données sur les lignes du bus. Un répéteur RS 485 s'impose lorsqu'il s'agit de connecter plus de 32 stations à un segment ou que la longueur de segment admissible est dépassée. Le nombre maximal de répéteurs admissibles entre deux stations est de 9. Ils permettent de réaliser des architectures linéaires ou arborescentes.

La figure ci-contre présente une topologie typique en technologie RS 485 avec 3 segments et 2 répéteurs.



répéteur RS 485



Topologie en technologie RS 485

① Résistance de terminaison activée

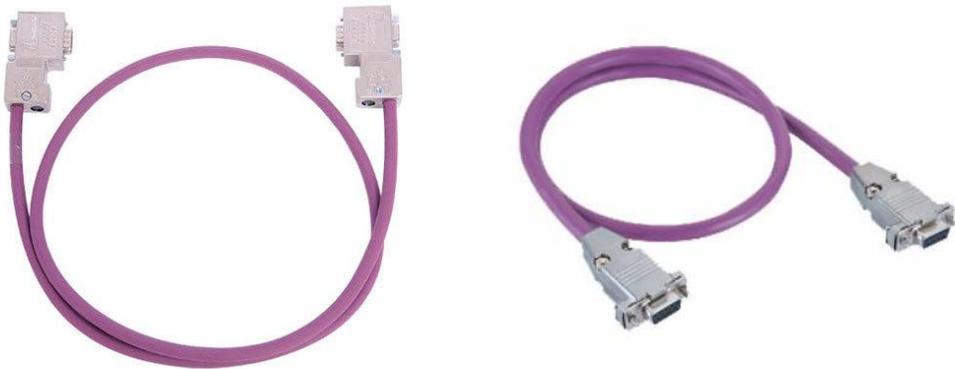
② PG connectée par câble de dérivation (6ES7 901-4BD00-0XA0)



Câble pour PROFIBUS DP, RS 485



Fiche Sub-D + interface PG



Câbles Profibus

Topologie de réseau :	linéaire, arborescente en cas d'utilisation de répéteurs
Support :	câble à paire torsadée, blindée
Longueur max. de segment : (selon le type de câble)	1 000 m pour vitesse de transmission jusqu'à 187,5 kbit/s 400 m pour vitesse de transmission jusqu'à 500 kbit/s 200 m pour vitesse de transmission jusqu'à 1,5 Mbit/s 100 m pour vitesse de transmission jusqu'à 3, 6 et 12 Mbit/s
Nombre de répéteurs connectés en série :	9 max.
Nombre de stations :	32 max. par segment de bus 127 max. par réseau en cas d'utilisation de répéteurs
Vitesses de transmission :	9,6 kbit/s, 19,2 kbit/s, 45,45 kbit/s, 93,75 kbit/s, 187,5 kbit/s, 500 kbit/s, 1,5 Mbit/s, 3 Mbit/s, 6 Mbit/s, 12 Mbit/s

❑ Description de l'interface RS-485

Dans l'industrie, l'**interface série** la plus courante est RS-485 (EIA-485), car le RS-485 utilise une topologie multipoint, qui permet de connecter plusieurs récepteurs et émetteurs.

Il existe deux types de RS-485:

- RS-485 avec **2 contacts**, fonctionne en mode semi-duplex
- RS-485 avec **4 contacts**, fonctionne en mode duplex intégral.

En mode duplex intégral, vous pouvez simultanément recevoir **et** transmettre des données, et en mode semi-duplex transmettre **ou** recevoir.

Dans un segment du réseau RS-485, il peut y avoir jusqu'à 32 appareils, mais avec l'aide de répéteurs supplémentaires et d'amplificateurs de signal jusqu'à 256 appareils. À la fois, un seul émetteur peut être actif.

La vitesse de fonctionnement dépend également de la longueur de la ligne et peut atteindre **10 Mbit/s à 10 mètres**.

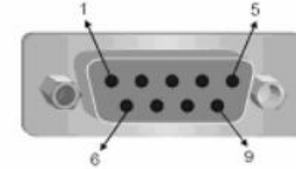
La tension sur les lignes est comprise entre **-7 V et +12 V**.

La norme RS-485 ne définit pas de type de connecteur spécifique, mais il s'agit souvent d'un **bornier** ou d'un **connecteur DB9**.

Le brochage du connecteur RS-485 **dépend du fabricant** de l'appareil et est spécifié dans la documentation correspondante.

PROFIBUS-DP interface (DB9)

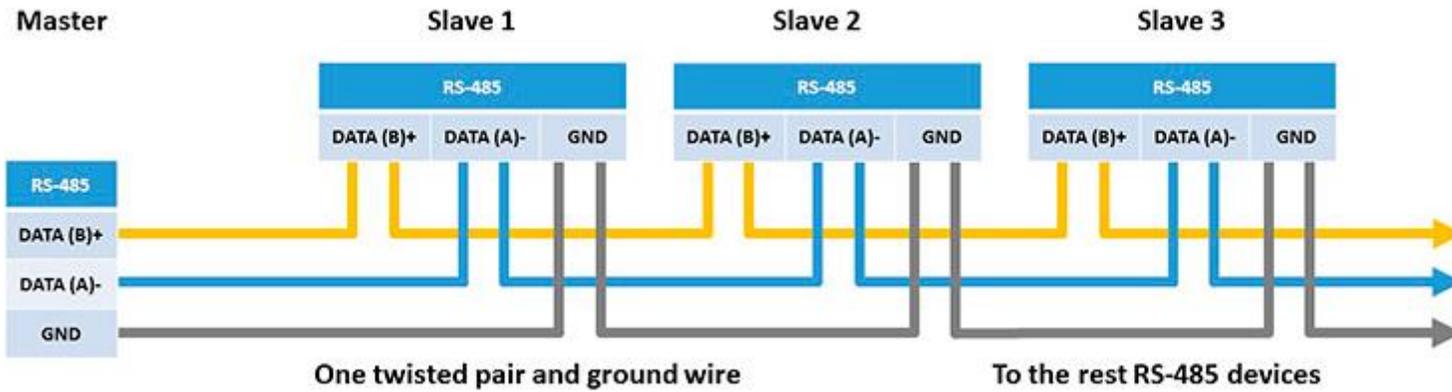
One PROFIBUS-DP module supplies a 9-pin outlet (DB9) to connect the PROFIBUS-DP system.



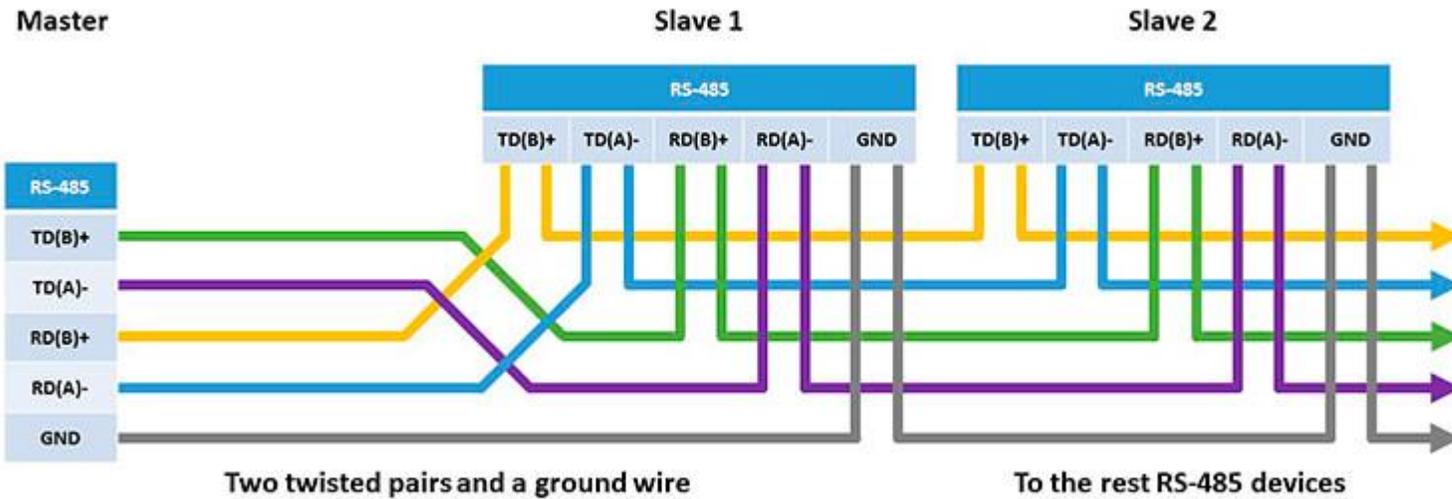
terminal No.	Name	Def./instruction
1	-	reserved
2	-	reserved
3	RxD/TxD-P	receive/send data P (B)
4	-	reserved
5	DGND	(Data reference potential (C))
6	VP	positive voltage
7	-	reserved
8	RxD/TxD-N	receive/send data N (A)
9	-	reserved



Connexion des appareils RS-485 avec 2 contacts.



connexion des appareils RS-485 avec 4 contacts.





RS-485

<https://www.youtube.com/watch?v=3wgKcUDIHuM&t=144s>

REALPARS

Profibus DP / Procédures de transmission pour composants optiques

La variante optique de PROFIBUS SIMATIC NET est réalisée à l'aide d'interfaces optiques intégrées, de **terminaux de bus optiques (OBT)** et de modules de **liaisons optiques (OLM)**.

Les supports utilisés sont des **câbles FO** duplex à fibres en verre, **PCF** ou **plastique**. Les câbles FO duplex se composent de 2 fibres optiques regroupées en un câble dans une gaine commune.

Les modules à interfaces optiques intégrées et terminaux de bus optiques (OBT) ne peuvent être interconnectés qu'en réseaux à architecture linéaire. Avec des OLM, il est possible de réaliser des réseaux à architecture linéaire, en étoile ou annulaire. Offrant une voie de transmission redondante, l'architecture annulaire constitue un réseau à haute disponibilité.

Avantages :

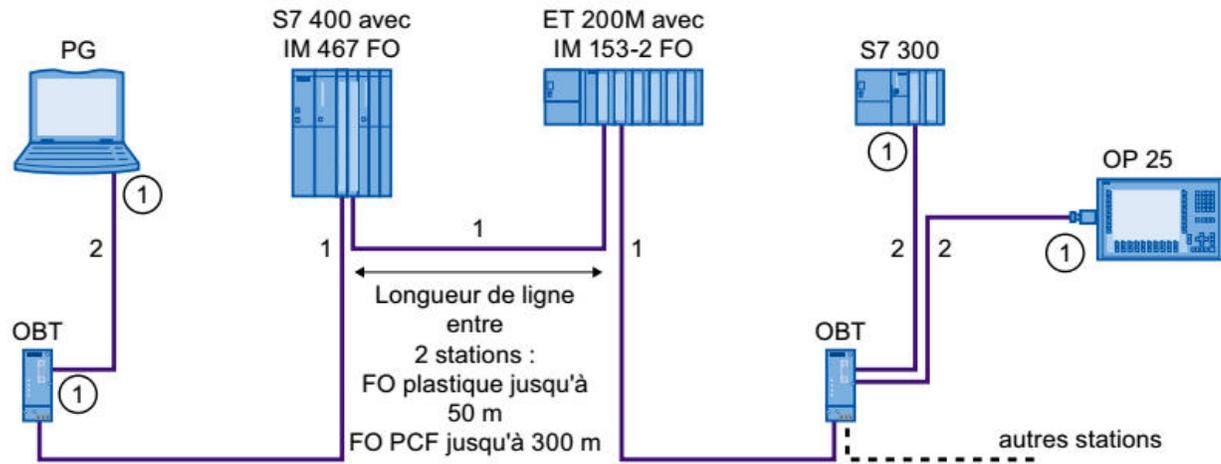
- il est possible de franchir, indépendamment de la vitesse de transmission, de grandes distances entre deux équipements terminaux (liaisons OLM-OLM **jusqu'à 15.000 m**)
- séparation galvanique entre stations et support de transmission et absence de propagation de courant dans le blindage en cas d'interconnexion de secteurs d'installation à potentiels de terre différents
- immunité aux perturbations magnétiques
- pose simple des câbles FO et connectique simple en cas d'utilisation de FO plastique en zone proche

Restrictions :

- les temps de transit des télégrammes **augmentent** par rapport à un réseau électrique
- la confection de FO en verre nécessite des connaissances particulières et des outillages spécifiques
- l'absence d'alimentation au niveau des nœuds (connexions de station, OLM, OBT) interrompt le flux de signaux

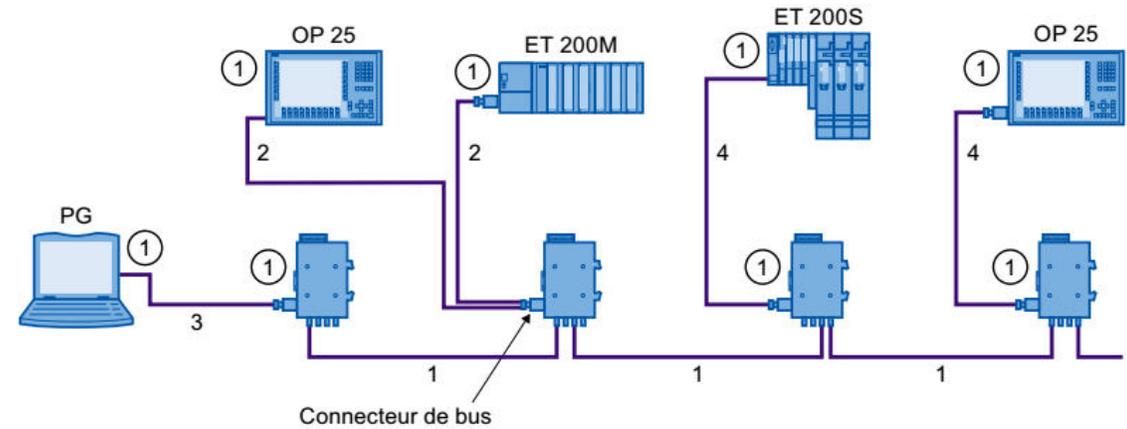
Topologie de réseau :	architecture linéaire avec interfaces optiques intégrées et OBT ; architecture linéaire, en étoile ou annulaire avec OLM
Support :	câble FO en verre , PCF ou plastique
Longueurs de liaison réalisables : (point à point)	avec fibres de verre jusqu'à 15 000 m , selon le type de fibre et d'OLM avec fibres en plastique : OLM : 0 m à 80 m OBT : 1 m à 50 m
Vitesse de transmission :	9,6 kbit/s, 19,2 kbit/s, 45,45 kbit/s, 93,75 kbit/s, 187,5 kbit/s, 500 kbit/s, 1,5 Mbit/s, 3 Mbit/s*, 6 Mbit/s*, 12 Mbit/s
Nombre de stations :	127 max. par réseau (126 en cas d'anneau avec OLM)

Propriétés de la technologie de transmission optique



- ① Résistance de terminaison activée
- 1 Câbles à fibre optiques
- 2 Câble-bus PROFIBUS

Réseau PROFIBUS DP avec stations dotées d'un interface FO



- ① Résistance de terminaison activée
- 1 Câbles à fibre optiques
- 2 Câble-bus PROFIBUS
- 3 Câble de liaison PROFIBUS 830-1 T
- 4 Câble de liaison PROFIBUS 830-2

Exemple d'une topologie linéaire avec OLM



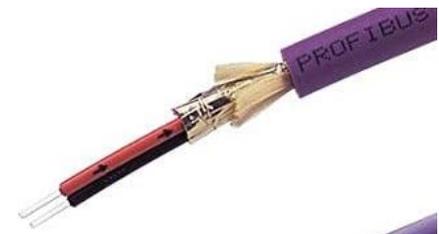
OBT



OLM



Cable FO Duplex



Cable PCF

What is Profibus-PA and How Does it Differ from Profibus-DP?

https://www.youtube.com/watch?v=OZPLOMj_M6U&t=1s

Profibus PA / vue d'ensemble

- **PROFIBUS PA (Automatisation de Process)** est utilisé en technique des process et génie chimique pour le contrôle des instruments de mesure par un système de conduite de process. Cette variante de PROFIBUS est compatible avec un emploi en atmosphère explosible (zones 0 et 1). Les câbles bus ne véhiculent dans un circuit à sécurité intrinsèque qu'un faible courant qui, même en cas d'incident, ne produit pas d'étincelle susceptible de provoquer une explosion. Le débit maximal de données est **de 31,25 kbit/s**.
- La procédure de transmission correspond à la procédure de transmission MBP selon **CEI 61158-2 (identique à EN 61158-2)**.
- Le support utilisé est une paire torsadée blindée. La transmission du **signal codé Manchester (Voir Annexe II)** s'effectue à 31,25 kbit/s. La ligne de données est en général également utilisée pour l'alimentation électrique des appareils de terrain.

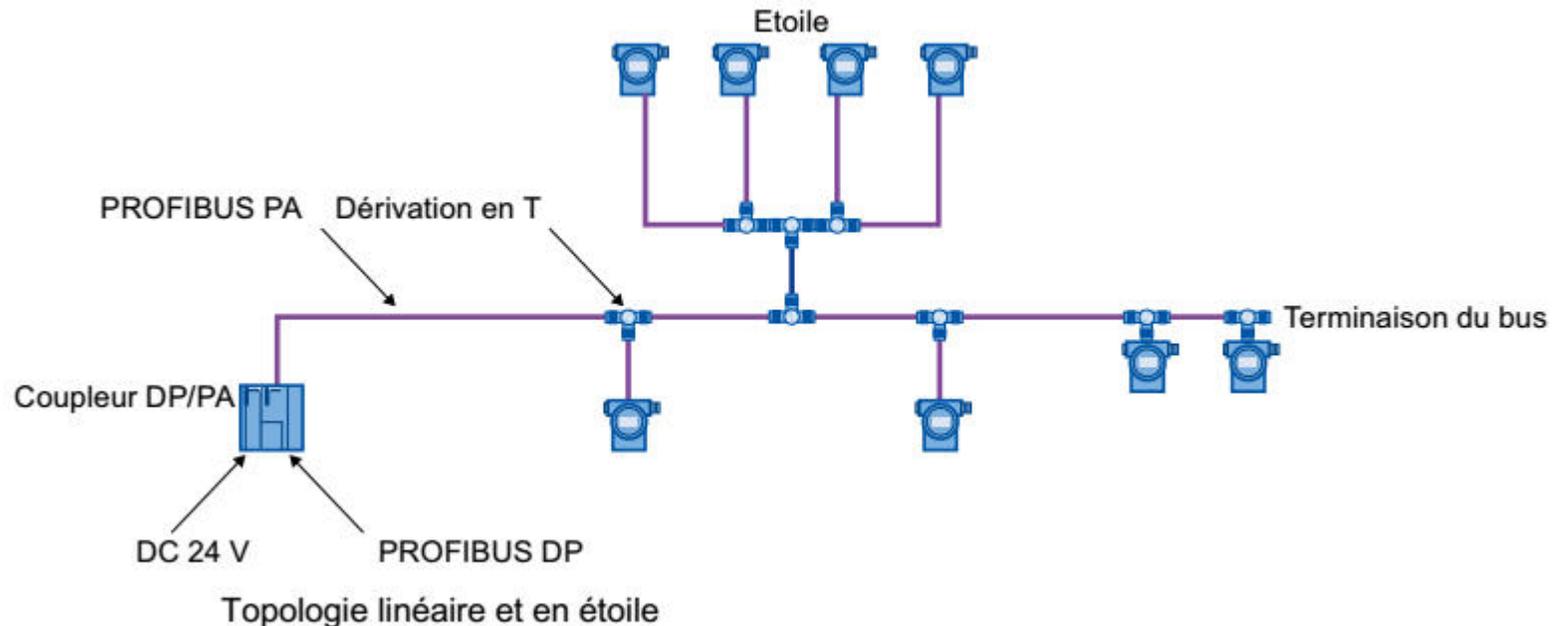
- **Avantages :**
 - câblage simple au moyen de paires torsadées.
 - possibilité d'alimentation à distance via les conducteurs de transmission des signaux
 - possibilité de fonctionnement à sécurité intrinsèque (pour zones à atmosphère explosible)
 - topologie linéaire et arborescente
 - jusqu'à 31 appareils de terrain (+ maître) par segment
- **Restrictions :**
 - Vitesse de transmission : 31,25 kbit/s

□ Propriétés de la technique de transmission MBP selon CEI 61158-2

Topologie de réseau :	topologie linéaire, arborescente et en étoile
Support :	câble à paire torsadée, blindée
Longueur max. de segment :	1900 m
Vitesse de transmission :	31,25 kbit/s
Nombre d'appareils de terrain par segment PA :	31 max.

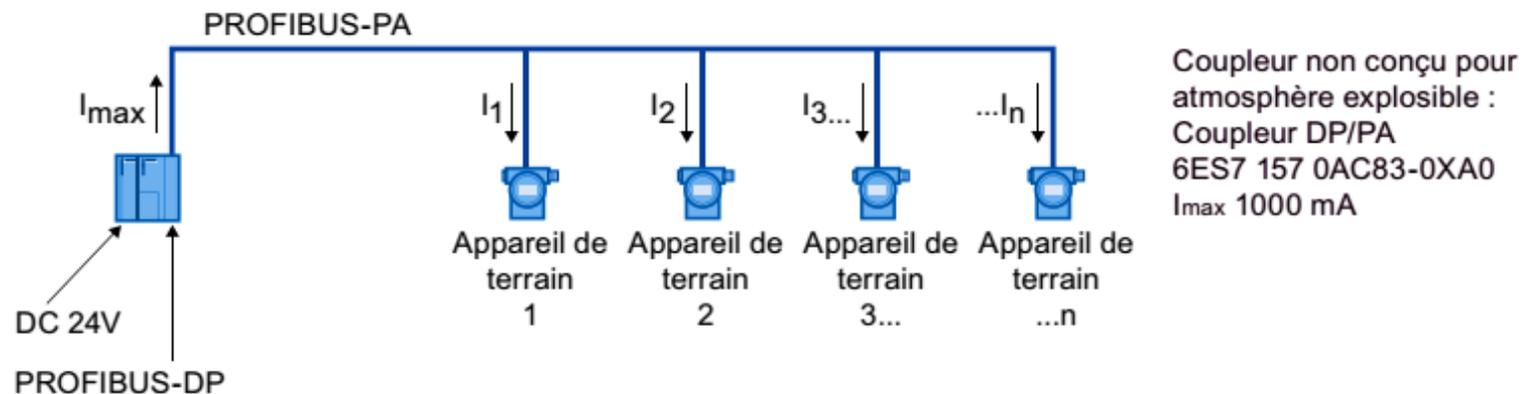
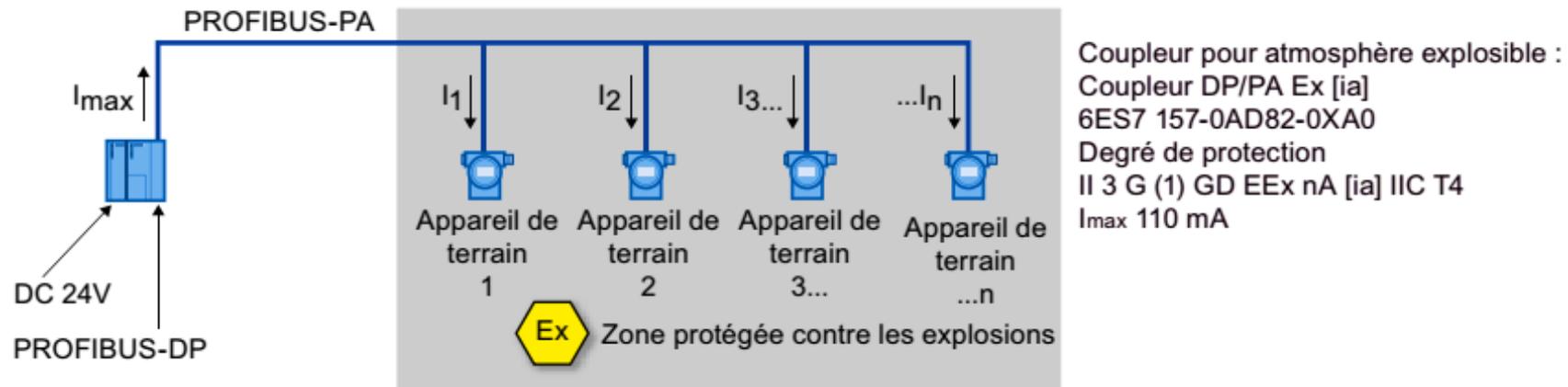
Topologie avec PROFIBUS PA

- La topologie de PROFIBUS PA peut être linéaire ou en étoile.
- La dérivation en T **SplitConnect Tap** permet de réaliser un segment de bus avec des points de connexion d'équipements terminaux. La dérivation **SplitConnect Tap** peut en outre être combinée au SplitConnect Coupler pour constituer un répartiteur. SplitConnect Terminator permet quant à lui d'utiliser la dérivation pour terminer un segment.

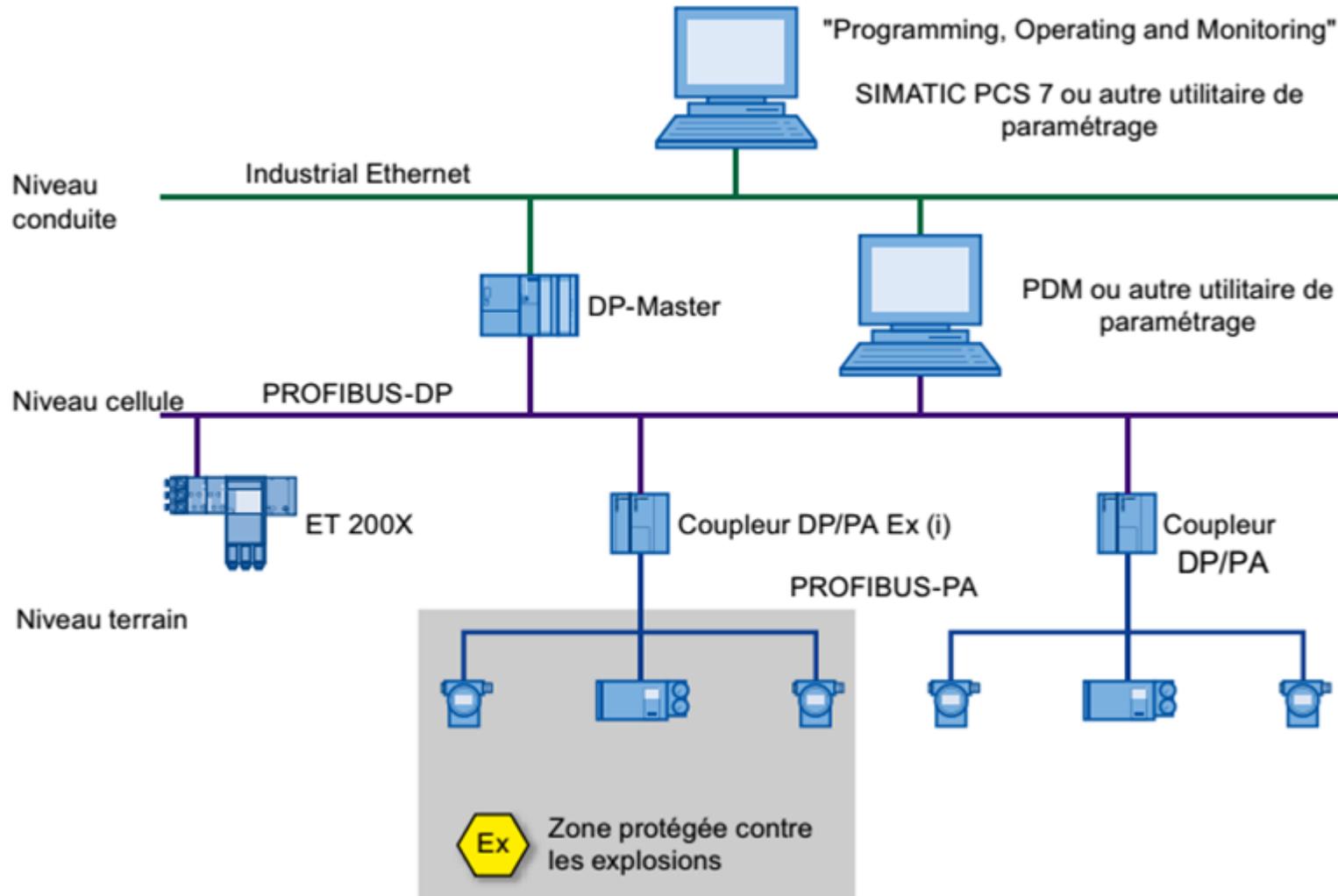


□ Alimentation des appareils de terrain via PROFIBUS PA

- En cas d'utilisation du coupleur de bus DP/PA, les appareils de terrain sont alimentés via la ligne de données PROFIBUS PA.
- Le courant total de tous les appareils de terrain ne doit pas dépasser le courant de sortie maximal du coupleur DP/PA. Le courant de sortie maximal limite donc le nombre d'appareils de terrain connectables au PROFIBUS PA.



□ coupleur DP/PA



Intégration logique des coupleurs DP/PA dans le système



coupleur DP/PA



Cable Profibus PA

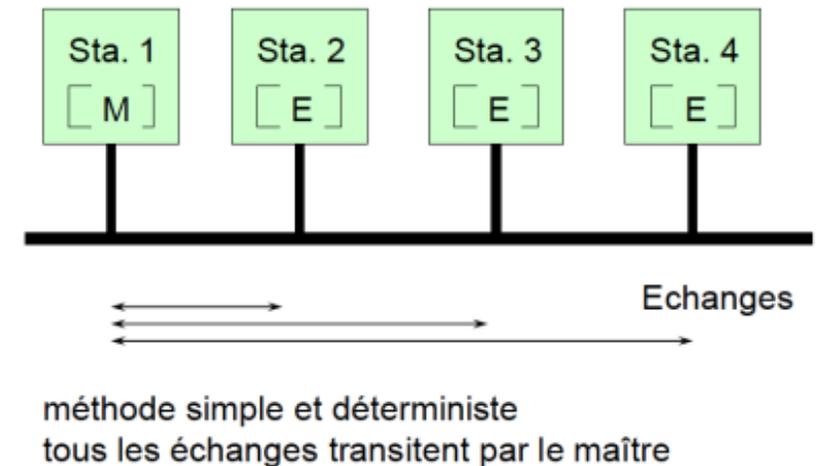
ANNEXE I / METHODES D'ACCÈS AU RÉSEAU

❑ ACCES - MAITRE / 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 PARTAGÉ PAR LE JETON (ACCESS TOKEN)

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 :

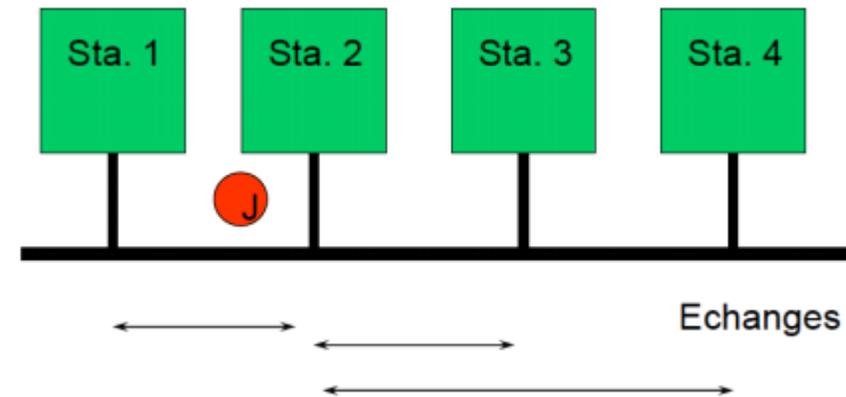
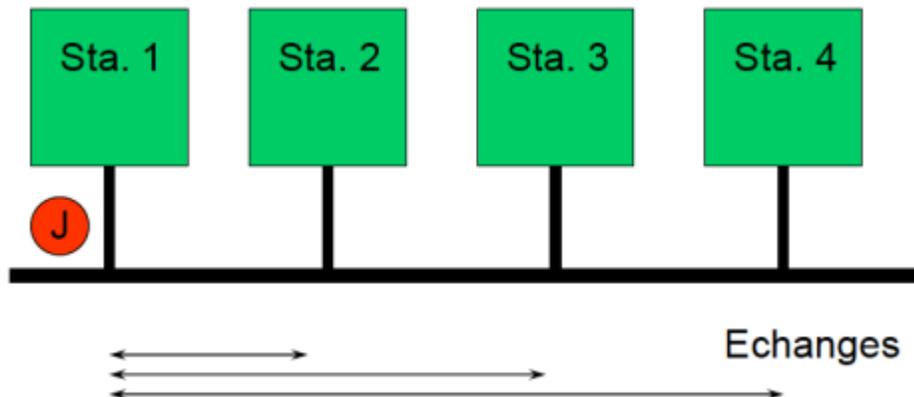
- émet une ou plusieurs trames d'échange d'informations si nécessaire
- passe le jeton à la station suivante

facilement identifiée pour une topologie anneau mise à jour en mémoire pour une topologie bus.

Cette technique d'accès supprime tout risque de collision.

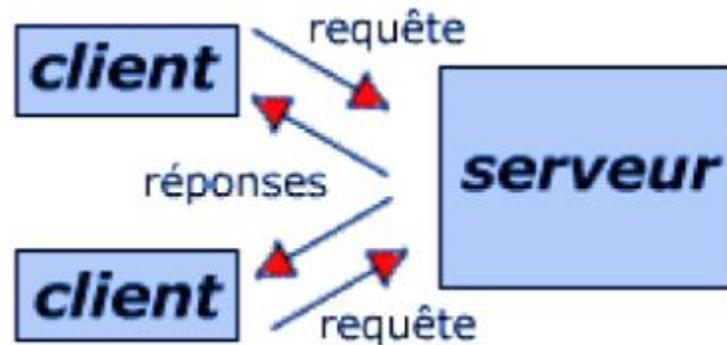
Elle est déterministe si on connaît le volume d'échange de chaque station.

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

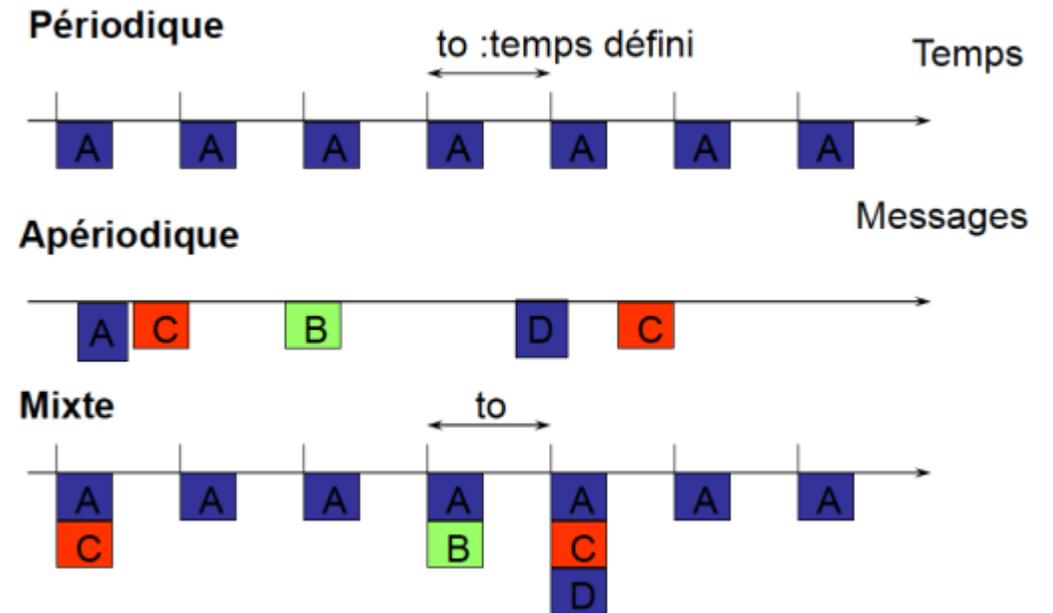
■ PÉRIODIQUE

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

■ APERIODIQUE

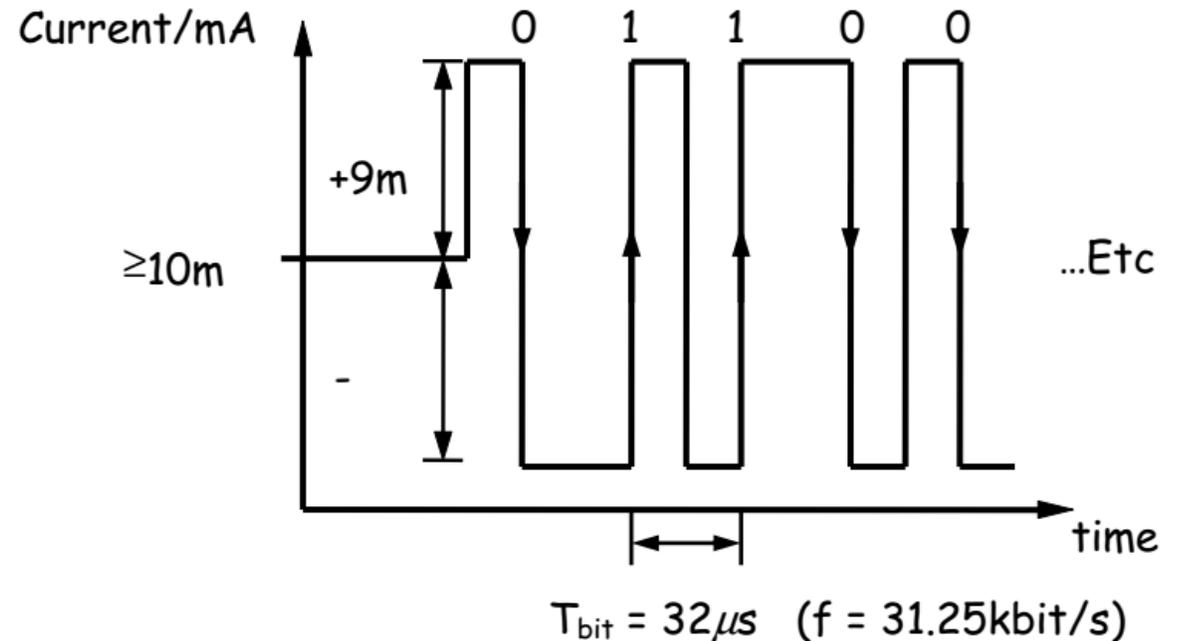
- renouvellement à la demande ou suite à un événement
- Changement d'état – Requête

■ MIXTE périodique / aperiodique



ANNEXE II / Manchester Bus Powered (MBP)

- Défini dans la CEI 61158-2, la transmission MBP utilise un courant changeant pour transmettre la transmission de données sur deux fils.
- Une vitesse de transmission fixe de **31,25 kbit/s** est utilisée et un protocole synchrone spécial «**codé Manchester**» est utilisé. Le codage Manchester signifie simplement que les bits individuels sont transmis sous forme de transitions plutôt que de simples niveaux logiques.
- Comme la transmission de courant analogique traditionnelle de 4 à 20 mA, la transmission H1 permet de combiner l'alimentation et les données de l'appareil sur une paire de fils. De plus, les équipements PA.



ANNEXE III

- **HART PROTOCOL**

Highway Addressable Remote Transducer (HART) est un protocole de communication utilisé en contrôle industriel pour communiquer numériquement avec des capteurs ou actionneurs dits intelligents.

Il consiste à enrichir une boucle de courant 4-20 mA, classiquement utilisée de manière analogique, en y superposant un courant alternatif de valeur moyenne nulle, dont la modulation de fréquence véhicule des informations de manière numérique¹.

Le WirelessHART est une version sans fil de ce protocole.

<https://www.youtube.com/watch?v=pXkun-PEiY0&t=22s>

Références Bibliographiques

- <https://www.youtube.com/user/ParsicAutomation/featured>
- <https://www.automation-sense.com>
- Communication avec SIMATIC, Manuel système, 09/2006, EWA 4NEB 7106075-03 03.
- SIEMENS TIA PORTAL13_help
- Manuel Réseaux PROFIBUS, SIMATIC NET, siemens.
<https://www.profibus.com/>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Profibus>
- tyco/Flow Control Automation, PROFIBUS COMPETENCY CENTRE, AUSTRALIA TECHNICAL SERIES
- <https://ipc2u.com/articles/knowledge-base/the-main-differences-between-rs-232-rs-422-and-rs-485/>