

# PROFIBUS

Théorie et pratique de la technologie

*Manuel technique*

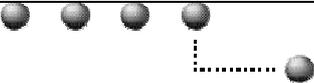


*Open Solutions for the World of Automation*

La traduction de ce manuel technique a été assurée par les organismes suivants:



france.profibus@wanadoo.fr  
4 rue des Colonels Renard - 75017 Paris  
Tél. +33 (0)1 45 74 63 22 – Fax +33 (0)1 45 74 03 33



**Haute école spécialisée  
bernoise**  
Ecole d'ingénieurs de Berne

**Centre de Compétence PROFIBUS**

Education  
Formation  
Etudes et  
Réalizations



Max Felser  
support@profibus.ch  
<http://www.hta-be.bfh.ch>



## Nos engagements

Asseoir et confirmer notre position de première organisation mondiale vouée à l'essor des réseaux industriels pour doter nos interlocuteurs (clients, membres de l'association des utilisateurs PROFIBUS, presse...) de solutions inédites, d'avantages concurrentiels et d'informations à la pointe de l'innovation.

Élaborer, promouvoir et pérenniser les normes prônant l'ouverture de la communication et du contrôle-commande industriels dans les domaines du manufacturier et des procédés continus.

## Introduction

De tous temps, l'automatisation industrielle n'a eu de cesse de progresser. Si son essor était naguère confiné au périmètre d'une usine, l'avènement des bus de terrain, fruits d'une innovation intense, a permis de passer d'automatismes centralisés à l'ère de l'intelligence distribuée.

Voilà depuis plus de 10 ans, l'ambition de PROFIBUS.

Cette décennie a consacré PROFIBUS au rang de premier bus de terrain mondial. Fort du remarquable succès de ces dernières années, PROFIBUS poursuit sa percée industrielle avec un enthousiasme et une énergie inégalés. Axés à l'origine sur la communication, les efforts de développement de PROFIBUS ciblent aujourd'hui l'intégration,

l'ingénierie et, plus particulièrement, les profils applicatifs, qui lui permettent d'être le seul bus apte à satisfaire les exigences globales du manufacturier et des procédés continus.

Autre levier de progrès : les technologies de l'information (TI) jouent aujourd'hui un rôle moteur dans la montée en puissance des automatismes. Les bus de terrain modernes en ont adopté les principes pour se rapprocher du niveau gestion de l'entreprise. À cet égard, l'automatisation industrielle suit les tendances du monde de la bureautique, dont les TI ont depuis longtemps « révolutionné » infrastructure, systèmes et procédures. L'intégration des TI à l'automatisation industrielle ouvre de

multiples horizons nouveaux à la transmission des données homogène et transparente entre systèmes d'automatisme. Dans la droite ligne de cet objectif, PROFIBUS s'est enrichi d'un standard de communication basé sur Ethernet, PROFINet.

Préférant l'ouverture aux solutions propriétaires, PROFIBUS prime la compatibilité et l'évolutivité de vos investissements ou la « pérennité des choix », mot d'ordre de l'association des utilisateurs PROFIBUS (PNO).

Autant d'axes de progrès de la technologie PROFIBUS qui offrent aux membres de l'organisation des perspectives résolument inscrites dans la durée.

## Table des matières

Table des matières.....2	5. Profils applicatifs métiers ..... 21
1. Des automatismes « communicants » .....3	5.1 PROFIdrive..... 21
1.1 Les nouvelles donnes de la communication industrielle .....3	5.2 Équipements PA ..... 22
1.2 Quelques définitions .....4	5.3 Hydraulique ..... 24
1.3 La normalisation internationale .....5	5.4 Appareils SEMI..... 24
2. Survol de PROFIBUS.....6	5.5 Identification ..... 24
2.1 Genèse.....6	5.6 E/S déportées pour PA..... 24
2.2 Implantation.....6	6. Profils systèmes..... 25
2.3 Organisation.....6	7. Gestion des équipements..... 27
2.4 L'« arsenal » PROFIBUS.....7	7.1 Fichiers GSD..... 27
2.4.1 Techniques de transmission.....7	7.2 Fichiers EDD..... 28
2.4.2 Protocoles de communication.....8	7.3 Concept FDT/DTM..... 29
2.4.3 Profils.....8	8. Certification des équipements..... 30
2.5 Leadership mondial .....8	8.1 Procédure d'essai ..... 30
3. Architecture de communication.....9	8.2 Certificat de conformité..... 30
3.1 Techniques de transmission.....9	9. Implémentation..... 31
3.1.1 Transmission RS 485 .....9	9.1 Composants classiques..... 31
3.1.2 Transmission MBP.....10	9.2 Interfaces ..... 32
3.1.3 Transmission optique.....11	10. PROFInet..... 33
3.1.4 Sécurité intrinsèque FISCO.....12	10.1 Modèle d'ingénierie PROFInet..... 33
3.2 Protocole de communication DP.....12	10.2 Modèle de communication PROFInet..... 34
3.2.1 Fonctions de base de DP-V0.....13	10.3 Modèle d'intégration PROFIBUS/Ethernet 34
3.2.2 Fonctions de DP-V1.....16	10.4 XML..... 34
3.2.3 Fonctions de DP-V2.....16	10.5 OPC et OPC DX..... 34
3.2.4 Adressage par numéro d'emplacement et index .....17	11. PROFIBUS International ..... 35
4. Profils applicatifs génériques .....19	Index ..... 37
4.1 PROFIsafe.....19	
4.2 HART sur PROFIBUS DP .....19	
4.3 Horodatage.....20	
4.4 Redondance d'esclave .....20	

### Organisation du manuel

Ce document décrit les fondements et l'état de l'art de la technologie PROFIBUS fin 2002. Il a pour but d'offrir une description exhaustive du premier bus de terrain mondial, sans trop entrer dans les détails.

Ce manuel s'adresse aussi bien au lecteur débutant, soucieux d'acquérir des rudiments, qu'au spécialiste avide de compléments techniques. Aussi tenons-nous d'emblée à souligner que, malgré le soin apporté à sa rédaction, cet ouvrage n'est pas contractuel et seuls les documents PROFIBUS consultables sur l'Internet font foi. N'hésitez pas à vous y reporter pour en savoir plus.

Les **chapitres 1 et 2** exposent les grands principes des bus de terrain et leur mise en œuvre dans PROFIBUS.

Les **chapitres 3 à 6** étudient les caractéristiques clés de PROFIBUS et développent certains thèmes survolés au chapitre 2. Ces quatre chapitres suivent l'architecture modulaire de PROFIBUS en abordant successivement les techniques de transmission, les profils applicatifs (génériques et métiers) et les profils systèmes.

Les **chapitres 7 à 9** ont davantage une vocation pratique puisqu'ils concernent la gestion, l'implémentation et la certification des équipements.

Le **chapitre 10** présente le fonctionnement de PROFInet.

Le **chapitre 11** complète le manuel de détails sur l'organisation PROFIBUS International (**PI**) et l'association des utilisateurs PROFIBUS (**PNO**).

## 1. Des automatismes « communicants »

Capacités de communication étendues et systèmes d'information cohérents : telles sont les briques technologiques indispensables à l'édification des solutions d'automatisation de demain. De nos jours, les flux d'information sont de plus en plus transversaux entre appareils de terrain, mais aussi verticaux pour intégrer les divers échelons de la hiérarchie productive. Les systèmes de communication hiérarchisés et coordonnés tels que PROFIBUS avec des liens effectifs avec AS-I et ETHERNET (via PROFInet), offrent les conditions préalables pour une communication totalement transparente dans les différents domaines de production, des capteurs actionneurs à la gestion de l'entreprise (figure 1).

### 1.1 Les nouvelles donnes de la communication industrielle

À la base de la pyramide industrielle, les signaux des organes TOR sont transmis sur un bus de **capteurs-actionneurs**. Simplicité et efficacité économique sont ici de rigueur ; il s'agit d'acheminer sur un même câble données et alimentation. C'est le domaine d'élection du réseau AS-I.

Au **niveau terrain**, la périphérie décentralisée (E/S, transmetteurs, variateurs de vitesse, analyseurs, vannes et interfaces opérateurs) dialogue avec les automatismes sur un puissant réseau temps réel. La transmission des données de production est cyclique, tandis que

celle des alarmes, configurations et diagnostics est acyclique, au gré des besoins. PROFIBUS répond à cette double exigence en offrant une solution universelle pour le manufacturier et le process.

Le dialogue interautomate (API et PC industriels) relève du **niveau cellule**, qui peut aussi communiquer avec l'informatique de l'entreprise sur des réseaux Ethernet et TCP/IP, des intranets et l'Internet ; il faut échanger de gros volumes de données et compter sur une multitude de puissantes fonctions de communication.

À l'image de PROFIBUS, le standard PROFInet s'inscrit parfaitement dans cette logique.

Dans ce manuel, PROFIBUS fait figure de « colonne vertébrale » du système d'information de l'usine. PROFInet, pour sa part, est brièvement présenté au chapitre 10. Quant au bus AS-I, nous vous conseillons de consulter la documentation constructeur pour en savoir plus.

Les **bus de terrain** sont des réseaux industriels utilisant une panoplie de supports de transmission série (cuivre, fibre optique, sans-fil) pour relier les équipements disséminés dans l'atelier (capteurs, actionneurs, variateurs, transmetteurs...) à un système de contrôle-commande ou de gestion centralisé. L'avènement du bus de terrain remonte aux années 80. Son but : substituer la technologie numérique au traditionnel câblage analogique en fil à fil (4-20 mA ou  $\pm 10$  V). La diversité des besoins industriels et la préférence des grands

constructeurs pour les solutions propriétaires ont donné naissance à plusieurs bus de terrain aux caractéristiques variées ; celles-ci sont maintenant entérinées par les normes internationales CEI 61158 et CEI 61784 dont PROFIBUS fait partie intégrante.

Les réseaux de communication sur Ethernet ont récemment fait leurs premiers pas dans l'automatisation industrielle ; ils offrent de nombreuses possibilités d'échanges entre les divers niveaux de la pyramide industrielle et l'informatique de l'entreprise. PROFInet en est un exemple.

Du besoin de coordonner le développement et l'implantation de ces bus de terrain sur le marché est né un certain nombre d'associations rassemblant offreurs, utilisateurs et instituts de recherche telles que **PNO** (*PROFIBUS Nutzen Organisation*) et son homologue international *PROFIBUS International* (**PI**). Ces deux organisations œuvrent à l'essor de PROFIBUS et de PROFInet.

Les **utilisateurs** sont les grands **bénéficiaires** de cette technologie en constant développement, synonyme de réduction du coût total de possession, de gains de performance et d'amélioration de la qualité en phases d'élaboration et d'exploitation d'un site automatisé. Ces avantages se multiplient tout au long de la vie de l'automatisme (configuration, câblage, développement, documentation, montage, mise en service et production). Autre bénéfice : la réduction des coûts globaux pendant le cycle de vie d'une installation grâce à une facilité de modification et à une disponibilité permanente garanties par la régularité des diagnostics, la maintenance préventive, la simplicité du paramétrage, la cohérence des flux de données et la gestion des actifs industriels.

Face aux solutions traditionnelles, les bus de terrain permettent de gagner en productivité et en flexibilité tout en s'imposant comme LE préalable à la délocalisation de l'intelligence au plus près des machines.

Aujourd'hui, PROFIBUS investit des pans entiers de l'industrie : fabrications continue et discontinue, mais aussi gestion du trafic,

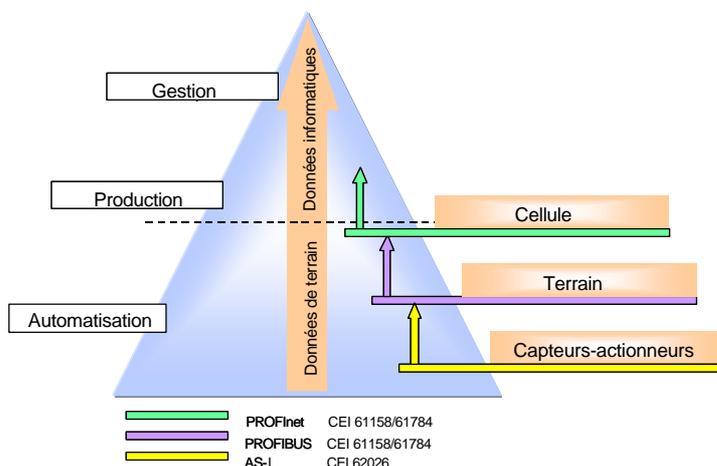


Fig. 1 : Les différents échelons de la communication industrielle

Émetteur	Récepteur	Désignation et rôle des différentes couches de l'édifice OSI	
7	7	Application	Véritable interface entre le réseau et le programme d'application, dotée de commandes applicatives (lecture, écriture)
6	6	Présentation	Représentation (codage) des données en vue de permettre leur analyse et interprétation par la couche suivante
5	5	Session	Établissement et libération de liaisons temporaires entre stations ; synchronisation des communications
4	4	Transport	Gestion de la transmission pour la couche 5 (erreurs d'acheminement, découpage en paquets)
3	3	Réseau	Établissement et libération de liaisons, mise en œuvre de mécanismes pour éviter la congestion du réseau
2	2	Liaison de données	Gestion des règles d'accès au bus ( <i>Medium Access Control</i> , MAC) et de sécurisation des échanges
1	1	Physique	Caractéristiques mécaniques, électriques et fonctionnelles de la liaison (connectique, codage et débit des signaux)
Support de transmission			

Fig. 2 : Les sept couches du modèle OSI

production et distribution d'énergie électrique.

## 1.2 Quelques définitions

Le **modèle de référence OSI** (*Open Systems Interconnection*), adopté en 1983 par l'ISO, définit un langage commun aux échanges de données entre stations d'un réseau, fondé sur des règles d'interconnexion et des interfaces de transfert désignant un « protocole de communication ». Ce protocole, construit en **sept couches**, définit les éléments, structures et tâches nécessaires à toute communication (Fig. 2). Chaque couche remplit une fonction bien précise dans l'architecture OSI. Toutefois, à défaut d'être utiles, certaines couches peuvent en être exclues ; c'est ainsi que PROFIBUS se cantonne aux couches 1, 2 et 7.

Un **protocole de communication** définit un ensemble de règles d'échange entre deux stations ou plus, à l'aide de messages ou « trames ». Une trame contient plusieurs champs de contrôle et de données utiles. Ces dernières sont précédées d'un en-tête (adresse

de l'émetteur et du destinataire, détails sur le message suivant) et suivies d'un champ de sécurité destiné à vérifier la qualité et l'intégrité de la transmission (détection des erreurs).

Les bus de terrain ont pour caractéristique d'optimiser et de simplifier la transmission de petits volumes de données à temps critique.

La **gestion d'accès MAC** (*Medium Access Control*) veille au respect des méthodes d'accès au bus en décidant du moment d'émission d'une station ; si les stations **actives** sont libres de lancer la transmission, les stations **passives** ne peuvent agir qu'à la demande d'une station active.

Il convient de distinguer les procédures d'accès « déterministes » à capacités temps réel (PROFIBUS en maître-esclave) pour lesquelles le temps d'acheminement des données est garanti, des procédures aléatoires « non déterministes » (CSMA/CD sur Ethernet).

L'**adressage** est indispensable pour identifier sans équivoque une station du réseau : ce peut être une

fonction matérielle (par commutateur d'adresses) ou logicielle (paramétrage à la mise en service).

Les **services de communication** se chargent de la transmission, cyclique ou acyclique, des données de la station. Leur nombre et type dépendent du domaine d'application du protocole. Il existe ainsi des services en **mode connecté** (avec établissement de la liaison source-destinataire, synchronisation initiale des stations et surveillance des échanges) et des services en **mode non connecté**, constitués de messages à diffusion multidestinataire ou *multicast* (émission d'une même trame à un groupe prédéfini de stations) et à diffusion générale ou *broadcast* (envoi à toutes les stations du bus).

Les **profils** servent à définir les caractéristiques et le comportement d'appareils de terrain, de familles d'équipements ou de systèmes complets. Seuls les appareils et systèmes utilisant un profil indépendant du constructeur peuvent prétendre à l'interopérabilité et exploiter pleinement les avantages de la

Norme	Contenu	Couche OSI
CEI 61158-1	Présentation générale	-
CEI 61158-2	Spécification de la couche physique et définition de ses services	1
CEI 61158-3	Définition des services de la couche liaison	2
CEI 61158-4	Spécification du protocole de la couche liaison	2
CEI 61158-5	Définition des services de la couche application	7
CEI 61158-6	Spécification du protocole de la couche application	7

Tableau 1 : Les six volets de la norme CEI 61158

Profils	Couche Liaison	Couche Physique	Réseau
Profil 3/1	Sous-ensembles de la CEI 61158 : transmission <u>asynchrone</u>	RS 485 Fibre plastique Fibre verre Fibre PCF	PROFIBUS
Profil 3/2	Sous-ensembles de la CEI 61158 : transmission <u>synchrone</u>	MBP (cf. § 3.1.2)	PROFIBUS
Profil 3/3	ISO/CEI 8802-3 TCP/UDP/IP/Ethernet	ISO/CEI 8802-3	PROFINet

Tableau 2 : Caractéristiques de la famille CPF3 des profils de communication PROFIBUS

solution bus de terrain.

Les **profils applicatifs** concernent principalement les équipements (appareils de terrain, commandes et outils d'intégration). Ils définissent des services de communication et des tâches répondant à la spécificité de chaque métier. Bénéficiant du consensus des fabricants, ils permettent de développer des équipements conformes au profil et interopérables. **Les profils systèmes** définissent des classes de systèmes dotés de fonctionnalités, d'interfaces de programmation et d'outils d'intégration.

### 1.3 La normalisation internationale

La **normalisation internationale** est la condition *sine qua non* de la reconnaissance, de la promotion et de la réussite d'un bus de terrain. PROFIBUS est donc devenu norme allemande en 1991/1993 (DIN 19245-1 à 3), puis norme européenne en 1996 (EN 50170).

Au niveau international, PROFIBUS et d'autres bus de terrain sont normalisés CEI 61158 depuis 1999. L'année 2002 a permis de finaliser la mise à jour de la norme et d'y incorporer les plus récents développements de PROFIBUS et de PROFINet.

Sous le titre anglais *Digital Data Communication for Measurement and Control – Fieldbus for Use in Industrial Control Systems*, la **CEI 61158** est découpée en 6 parties numérotées 61158-1, 61158-2 et ainsi de suite. La partie 1 est une introduction tandis que les parties 2 à 6 suivent la hiérarchie des couches 1, 2 et 7 de l'OSI (tableau 1).

Ces différents volets de la CEI 61158 définissent, entre autres, les nombreux services et protocoles régissant la communication entre stations, dont on peut extraire un sous-ensemble adapté à certains bus de terrain.

L'offre bus de terrain étant pléthorique, la CEI 61158 décline 10 types de protocoles, numérotés de 1 à 10, le type 3 revenant à PROFIBUS, et le type 10 à PROFINet.

La CEI 61158 stipule que la communication sur réseau de terrain n'est possible, par définition, qu'entre équipements appartenant au même type de protocole.

Intitulée *Profile Sets for Continuous and Discrete Manufacturing Relative to Fieldbus Use in Industrial Control Systems*, la norme internationale **CEI 61784**, fondée sur la CEI 61158, édicte « un jeu de profils de communication spécifiques à un protocole, applicable à la conception des équipements impliqués dans les communications des industries manufacturières et de process ».

La CEI 61784 précise, parmi le jeu complet de « services » et « protocoles » énoncés dans la CEI 61158 (et d'autres normes), les sous-ensembles utilisés par un bus de terrain donné. Sont ainsi définis des **profils de communication** propres à chaque bus et regroupés dans des familles ou **CPF (Communication Profile Families)**, selon leur mise en œuvre dans chaque réseau de terrain.

Concrètement, les profils **PROFIBUS** appartiennent à la famille « CPF3 », elle-même subdivisée en 3/1, 3/2 et 3/3 (tableau 2).

## 2. Survol de PROFIBUS

**PROFIBUS** est un réseau numérique ouvert répondant aux besoins d'un large éventail d'applications, notamment du manufacturier et du process. Il se prête aussi bien à la transmission de données exigeant une extrême réactivité, avec des temps de réponse courts, qu'aux échanges d'informations complexes.

La **communication PROFIBUS** respecte les normes internationales CEI 61158 et CEI 61784, tandis que les aspects **application** et **ingénierie** font l'objet de directives du PNO. Ce cadre normatif répond aux besoins d'ouverture et d'indépendance vis-à-vis des fournisseurs, tout en garantissant la communication entre équipements multi-constructeurs.

### 2.1 Genèse

PROFIBUS puise ses origines en Allemagne, dans une structure associative regroupant, en 1987, une dizaine de constructeurs épaulés par les pouvoirs publics. À cette initiative se sont ralliées 21 entreprises et instituts de recherche visant à créer et à réaliser un bus de terrain série avec pour condition préalable la standardisation de l'interface à l'équipement de terrain. C'est dans cette optique que les entreprises membres de la *Central Association for the Electrical Industry* (ZVEI)

ont apporté leur soutien à un standard de communication européen conçu aussi bien pour le manufacturier que pour le process.

Première étape : la spécification d'un complexe protocole de communication adapté aux échanges de données volumineux, PROFIBUS FMS (*Fieldbus Message Specification*). Celui-ci fut relayé en 1993 par un protocole plus simple à configurer et plus rapide, PROFIBUS DP (*Decentralized Periphery*), proposé aujourd'hui en trois versions évolutives : DP-V0, DP-V1 et DP-V2.

### 2.2 Implantation

Fort de ces deux protocoles de communication enrichis de multiples protocoles applicatifs et d'un nombre croissant d'équipements, PROFIBUS poursuit son implantation dans l'automatisation de la production tout en investissant, depuis 1995, le milieu du process. Aujourd'hui, ses quelque 500 000 réalisations et plus de 5 millions de nœuds en font le numéro 1 mondial des réseaux de terrain (plus de 20 % du marché). De même, plus de 2000 produits PROFIBUS figurent au catalogue d'une multitude de constructeurs.

### 2.3 Organisation

Le succès de PROFIBUS tient à deux facteurs clés : une techno-

logie d'avenir et la réussite du **PNO**, association sans but lucratif fondée en 1989. Secondée par 22 antennes régionales réparties aux quatre coins du globe et coiffée par **PI**, créé en 1995, la communauté PROFIBUS recense aujourd'hui plus de 1100 membres de par le monde. Ses objectifs sont le développement technologique et la promotion de PROFIBUS afin d'accroître sa reconnaissance et son implantation à l'échelle planétaire.

PI agit sur de multiples fronts : il préside au développement multisectoriel et à l'acceptation universelle de PROFIBUS ; il accompagne ses membres, utilisateurs et constructeurs, en leur prodiguant conseils, informations et assistance en matière d'assurance qualité ; il participe à la normalisation de cette technologie au sein des instances normatives internationales.

PI est la plus vaste organisation d'utilisateurs de bus de terrain au monde. Elle constitue un formidable gisement de compétences confronté à un double défi : conserver un rôle précurseur et moteur dans l'élaboration de technologies de pointe, poursuivre les objectifs d'ouverture et de pérennisation des investissements PROFIBUS. Autant de **missions** et de **responsabilités** qui incombent aux dirigeants de ces associations dont l'engagement (cf. Introduction) sert

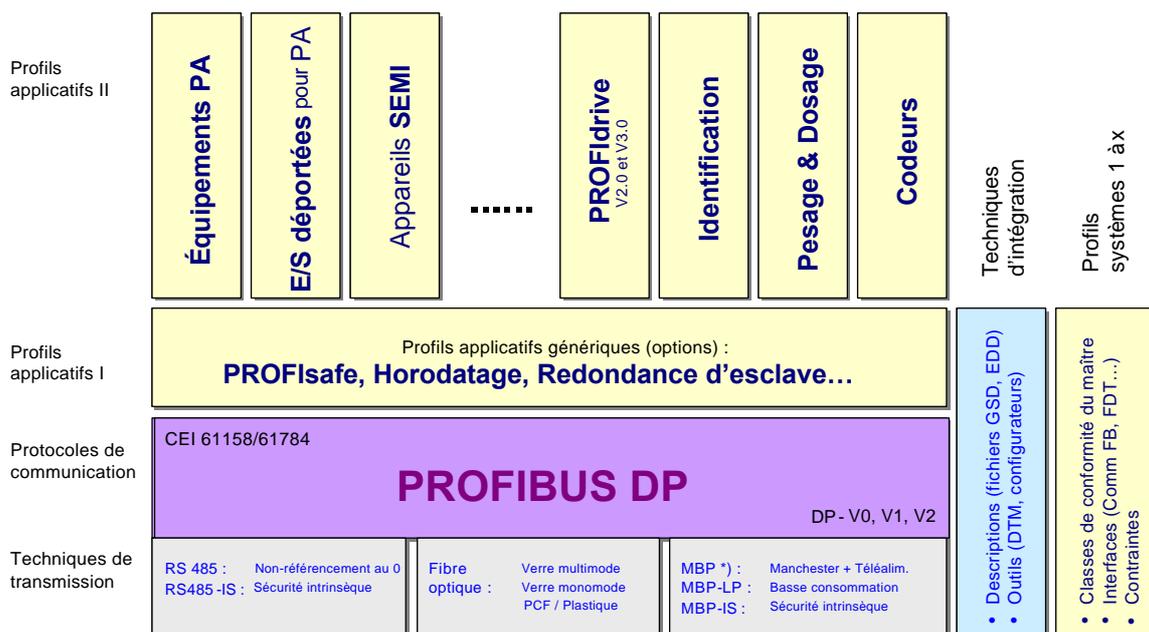


Fig. 3 : Les principaux constituants de l'architecture PROFIBUS

de fil conducteur à tous les acteurs et partisans de la technologie PROFIBUS.

## 2.4 L'« arsenal » PROFIBUS

De conception modulaire, **PROFIBUS** offre une large gamme de techniques de transmission, de profils applicatifs et systèmes, et d'outils de gestion des équipements. Il couvre ainsi toute la diversité et la spécificité des besoins du manufacturier et du process. La profusion d'installations PROFIBUS témoigne de l'universalité de cette technologie unanimement reconnue.

D'un **point de vue technologique**, le socle de l'architecture PROFIBUS (Fig. 3) est bâti sur le modèle OSI (cf. § 1.2), qui fournit une description abstraite des différentes étapes de la transmission sans donner le détail de sa mise en œuvre ni de son contenu. La figure 3 reprend les trois couches OSI (1, 2 et 7) utilisées par PROFIBUS dont elle précise la définition et l'emploi.

Les spécifications convenues entre fabricants et utilisateurs sur certains équipements figurent au-dessus de la couche 7, dans les profils applicatifs I et II.

Chevauchant plusieurs couches, les deux pavés, à droite de la figure 3, intègrent :

- des fonctions et outils de description et d'intégration d'équipements (cf. chapitre 7),
- un ensemble de standards (interfaces, profils maîtres et

systèmes) destinés principalement à la réalisation de systèmes uniformes et normalisés (cf. chapitre 6).

Du **point de vue utilisateur**, PROFIBUS revêt la forme de quatre « briques de base » orientées applications qui, à défaut d'être rigoureusement définies, reflètent la réalité industrielle. Chacune résulte d'un assemblage type de modules tirés des blocs « Techniques de transmission », « Protocoles de communication » et « Profils applicatifs » de la figure 3. Les exemples qui suivent expliquent ce principe avec les versions les plus connues de PROFIBUS (Fig. 4).

**PROFIBUS DP** a pour principale cible l'automatisation de la fabrication ; basé sur la transmission RS 485, il exploite l'une des versions du protocole de communication DP, ainsi qu'un ou plusieurs profil(s) applicatif(s) propres au manufacturier, comme **Systèmes d'identification** ou **Robotique/Commande numérique**.

**PROFIBUS PA** occupe le créneau de l'automatisation de process, en s'appuyant notamment sur la transmission MBP-IS (cf. § 2.4.1), la version DP-V1 du protocole DP et le profil applicatif **Équipements PA**.

**La commandes d'axes sur PROFIBUS** a pour domaine privilégié les entraînements électriques à vitesse variable : bâtie sur une transmission RS 485, son protocole est le DP-V2 et son profil applicatif **PROFIdrive**.

**PROFIsafe** concerne avant tout les applications de sécurité, présentes dans la quasi-totalité des secteurs industriels ; il utilise une transmission RS 485 ou MBP-IS, l'une des versions du protocole de communication DP et le profil applicatif **PROFIsafe**.

### 2.4.1 Techniques de transmission

PROFIBUS multiplie les techniques de transmission.

**RS 485** est la plus utilisée ; elle emprunte une paire torsadée blindée et autorise des débits pouvant atteindre 12 Mbit/s.

La récente spécification de l'interface **RS 485-IS** mentionne un support à 4 fils offrant une protection EEx-i en zone explosible ; elle donne les valeurs maximales de tension et d'intensité à ne pas dépasser sur des équipements individuels ou en réseau. Contrairement au modèle FISCO (cf. § 3.1.4), qui ne possède qu'une source d'énergie en sécurité intrinsèque, toutes les stations sont des sources actives.

La transmission **MBP** couplant codage Manchester et téléalimentation des instruments de terrain par le bus (**Bus Powered**), héritée de la norme internationale CEI 1158-2 (cf. § 3.1.2), sert aux applications de process à sécurité intrinsèque. Par rapport à la procédure utilisée dans le passé, le modèle FISCO, dédié à l'interconnexion de dispositifs de terrain à sécurité intrinsèque, simplifie grandement les phases d'étude et

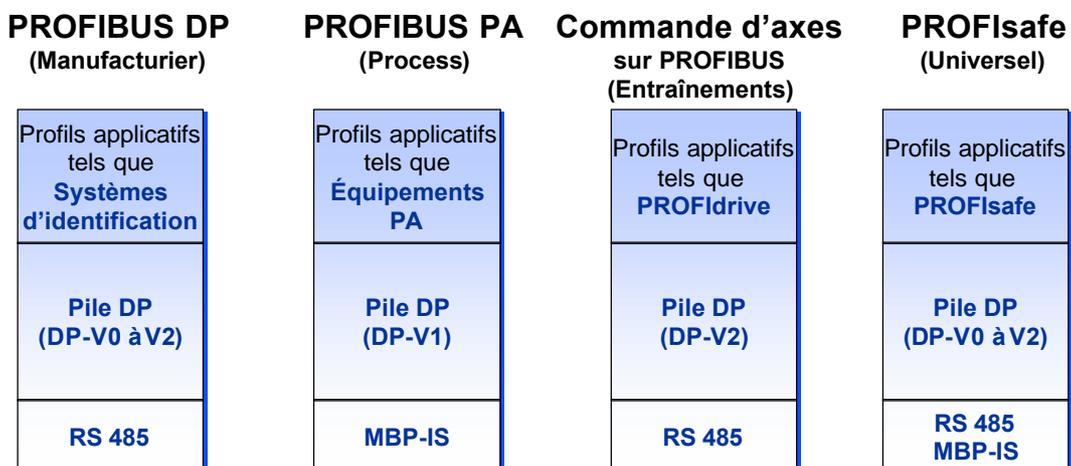


Fig. 4 : Les quatre déclinaisons applicatives de PROFIBUS

d'installation.

Enfin, la **fibre optique** convient aux milieux très parasités ou aux transmissions longues distances (cf. § 3.1.3).

## 2.4.2 Protocoles de communication

PROFIBUS DP et ses protocoles DP-V0 à DP-V2 offrent une panoplie d'options permettant d'optimiser les communications interapplications. Précisons toutefois que le précurseur des protocoles PROFIBUS fut FMS.

**FMS** (*Fieldbus Message Specification*) est principalement destiné à la gestion de cellules, c'est-à-dire au dialogue entre automatismes (API et PC).

**DP** (*Decentralized Periphery*) est réservé aux échanges simples, rapides, cycliques et déterministes, au niveau terrain, entre le maître du bus et ses esclaves. Les fonctionnalités du protocole d'origine, **DP-V0**, se sont élargies pour englober la version **DP-V1** chargée de transmettre des trames acycliques entre maître et esclave. Il existe également une troisième version, **DP-V2**, qui assure le dialogue direct et transversal entre esclaves, en mode isochrone (cf. 3.2.3).

L'**accès au bus**, géré par la couche 2 « **Liaison de données** », définit la procédure de transfert entre maître et esclaves, ainsi que la communication intermaître par la méthode du jeton (Fig. 5). La couche 2 se charge également de la sécurisation des données et du traitement des trames.

La couche 7 « **Application** », véritable interface entre le réseau et l'applicatif, offre divers services d'échanges de données cycliques et acycliques.

## 2.4.3 Profils

Les « profils » sont des spécifications émanant des constructeurs et utilisateurs qui définissent certaines propriétés, performances, paramètres et comportement d'équipements et de systèmes appartenant à une famille de produits développés en conformité avec ce profil. Le but est de faciliter l'interopérabilité et, dans certains cas, l'interchangeabilité des abonnés du bus. Ces profils tiennent compte des spécificités de l'application et du type d'appareils, des commandes et des méthodes d'intégration (ingénierie) mis en œuvre. Ce terme désigne aussi bien une poignée de caractéristiques destinées à une classe donnée d'appareils que le cahier des charges complet régissant les applications d'un secteur précis de l'industrie. Dans tous ces cas de figure, on parle de « **profils applicatifs** ».

Les profils applicatifs se subdivisent à leur tour en trois types : les « **profils génériques** », c'est-à-dire multiapplications (PROFIsafe, Redondance d'esclave, Horodatage...), les « **profils métiers** » axés sur une application donnée (PROFIdrive, SEMI ou Équipements PA) et les « **profils systèmes et maîtres** » qui décrivent les performances spécifiques du système dont disposent les appareils de terrain.

Il existe ainsi une grande variété de profils PROFIBUS, résolument orientés applications.

## 2.5 Leadership mondial

Le succès de **PROFIBUS** tient à de multiples facteurs :

- **PROFIBUS** offre aux responsables d'usine et aux opérateurs une technologie universelle, ouverte à toute l'industrie.
- **PROFIBUS** joue un rôle clé dans la nette réduction des coûts d'ingénierie d'une machine ou d'une installation.
- **PROFIBUS** a su, de façon cohérente et logique, étendre son champ d'action tout en respectant les besoins de chaque métier. **PROFIBUS** est ainsi le « bus de tous les terrains ».
- Unanimement reconnu et largement utilisé, **PROFIBUS** s'intègre parfaitement à une foule de systèmes d'automatisme et d'ingénierie.
- Fer de lance de la stabilisation et de la promotion des plateformes de communication, **PROFIBUS** travaille en permanence au développement de profils applicatifs et au rapprochement du monde de l'automatisation industrielle et de l'univers des technologies de l'information et de la gestion d'entreprise.

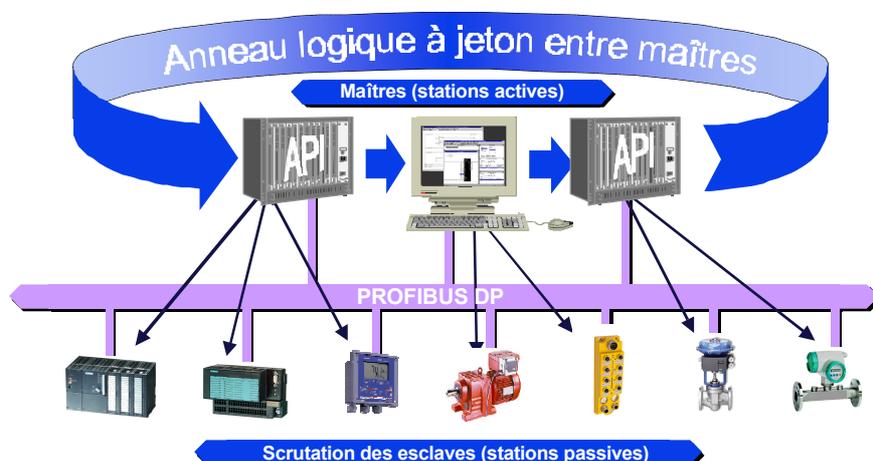


Fig. 5 : La gestion d'accès à PROFIBUS : configuration maître-esclaves et passage de jeton

### 3. Architecture de communication

#### 3.1 Techniques de transmission

Rappelons que la couche 1 du modèle OSI assure la transmission physique des données. Elle en définit donc les caractéristiques électriques et mécaniques : type de codage et d'interface normalisée (RS 485).

**PROFIBUS** spécifie plusieurs versions de couches « Physique », selon la technique de transmission (tableau 4), qui sont toutes conformes aux normes internationales CEI 61158 et la CEI 61784.

##### 3.1.1 Transmission RS 485

**RS 485** est une technique de transmission simple et économique convenant surtout aux tâches

Débit [kbit/s]	Longueur de segment [m]
9,6/19,2/45,45/93,75	1200
187,5	1000
500	400
1500	200
3000/6000/12000	100

Valeurs données pour un câble de type A aux caractéristiques suivantes :

Impédance	135 à 165 Ω
Capacité	30 pf/m
Résistance de boucle	110 Ω/km
Ø conducteur	> 0,64 mm
Section conducteur	> 0,34 mm <sup>2</sup>

Tableau 3 : Correspondance débit/longueur de segment pour un câble de type A

exigeant des débits élevés. Son support de transmission est la paire torsadée blindée.

La liaison RS 485 est simple d'emploi ; l'installation du câble est à la portée du néophyte. La structure du bus permet l'ajout ou le retrait de stations ou la mise en service par étapes du réseau sans répercussion sur les autres stations. Les extensions futures (dans des limites définies) ne pénalisent pas les stations en exploitation.

À cela s'ajoute la possibilité d'exploiter cette liaison en zone à

sécurité intrinsèque (cf. « RS 485-IS », en fin de page).

#### Caractéristiques

L'utilisateur a le choix du débit, dans la plage de 9,6 kbit/s à 12 Mbit/s. Ce choix, effectué au démarrage du réseau, vaut pour tous les abonnés du bus. Un maximum de 32 stations sont raccordables, la longueur maximale de la ligne dépendant de la vitesse de transmission. Toutes ces propriétés sont résumées dans le tableau 4.

#### Consignes d'installation

##### Topologie

Tous les équipements sont reliés en bus, selon une structure linéaire. Un seul segment peut interconnecter 32 stations (maîtres ou esclaves). À chaque extrémité du segment, le bus s'achève par une terminaison active (Fig. 6). Pour écarter tout risque d'erreur, les deux terminaisons sont toujours alimentées. La terminaison est d'ordinaire activée au niveau des équipements ou des connecteurs. Au-delà de 32 abonnés ou en cas d'extension du réseau, il faut utiliser des répéteurs pour relier les divers segments de bus.

##### Connectique

Il existe sur le marché différents types de câble (notés « A » à « D ») qui, selon l'application, permettent de raccorder les équipements entre eux ou aux éléments de réseau (coupleurs de segments, jonctions ou links et répéteurs). En RS 485, PI recommande l'emploi d'un câble de type A (tableau 3).

Nombreux sont les fournisseurs de câbles PROFIBUS ; PI préconise le système de montage rapide (*FastConnect*) qui, lorsqu'il est utilisé avec le bon câble et un dénudeur spécial, accélère, fiabilise et simplifie énormément le câblage.

En raccordant les stations, veillez à ne pas inverser les lignes de données. Il est impératif d'utiliser une ligne blindée (type A) pour garantir un antiparasitage optimal du système. Ce blindage doit être relié à la masse à chaque extrémité, tout en assurant une bonne conductivité avec des colliers de blindage couvrant la

zone la plus large possible. Il est en outre recommandé de vérifier que la ligne de données a son propre cheminement, le plus possible dissocié de tous les câbles de puissance. Il importe également de ne jamais utiliser de lignes de dérivation pour des débits supérieurs ou égaux à 1,5 Mbit/s.

Les connecteurs du commerce permettent de raccorder les câbles d'arrivée et de départ directement sur le connecteur. Les lignes de dérivation n'ont donc pas d'utilité et le connecteur de bus peut être inséré et retiré à tout moment, sans rupture de la communication. Le type de connecteur adapté à la transmission RS 485 dépend de l'indice de protection : un connecteur Sub-D 9 points est idéal pour une protection IP 20. En IP 65/67, trois possibilités sont envisageables :

- Connecteur rond M12, normalisé CEI 947-5-2,
- Connecteur Han@Brid, conforme DESINA,
- Connecteur hybride Siemens.

Ce dernier existe aussi en version mixte combinant transmission optique et alimentation en 24 V de périphériques sur un réseau cuivre.

Précisons également que les problèmes de transmission sur PROFIBUS sont généralement imputables à des erreurs de câblage ou d'installation, auxquelles peuvent remédier des **testeurs de bus**, capables de détecter bon nombre de défauts de câblage, avant même la mise en service.

Les coordonnées des fournisseurs de connecteurs, câbles, répéteurs et testeurs PROFIBUS figurent dans notre « Catalogue produits », consultable en ligne sur le site [www.profibus.com](http://www.profibus.com).

#### RS 485-IS

Cette interface est largement plébiscitée par les utilisateurs avides de hauts débits en zones à sécurité intrinsèque (IS).

C'est pour répondre à cette demande que le PNO a élaboré une directive de configuration des solutions « RS 485-IS », avec interchangeabilité simple des équipements.

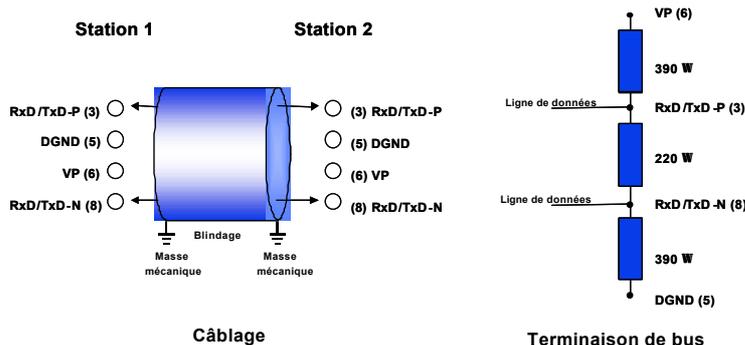


Fig. 6 : Câblage et terminaison de bus de la liaison RS 485

Y sont stipulés les niveaux d'intensité et de tension que doit respecter la totalité des stations pour sécuriser leur fonctionnement. Un circuit électrique autorise des maxima de courant, sous une tension donnée. Lorsque l'on connecte les sources actives, la somme des intensités de toutes les stations ne doit pas dépasser la valeur maximale autorisée.

Par rapport au modèle FISCO (limité à une **seule** source d'énergie en sécurité intrinsèque), l'interface RS 485-IS apporte un « plus », **toutes** les stations représentant des sources actives.

Les progrès permanents accomplis par les organismes de recherche et d'essai laissent envisager la possibilité de connecter jusqu'à 32 stations sur un bus à sécurité intrinsèque.

### 3.1.2 Transmission MBP

La transmission **MBP** tire son acronyme des deux propriétés suivantes :

- Codage **Manchester**,
- Alimentation électrique des appareils de terrain par le bus (**Bus Powered**).

Cette appellation remplace et clarifie la terminologie utilisée jusqu'ici pour la transmission à sécurité intrinsèque (*Physics in accordance with IEC 61158-2, 1158-2...*) ; elle se justifie par le fait que, dans sa version définitive, la CEI 61158-2 décrit **différentes** techniques de raccordement, dont MBP, ce qui prête à confusion.

MBP est une transmission **synchrone**, au débit fixe de **31,25 kbit/s**. Elle est bien implantée dans le process car elle répond aux deux grandes exigences de la chimie et de la pétrochimie : sécurité intrinsèque et alimentation des instruments de terrain sur le bus par un câble bifilaire (tableau 4). Elle fait de PROFIBUS un réseau sécurisé, exploitable en atmosphère explosible.

### Consignes d'installation

#### Raccordement

En règle générale, la transmission MBP à sécurité intrinsèque se cantonne à un segment spécifique d'une usine (équipements de terrain en zone dangereuse), lequel est ensuite relié au segment

	MBP	RS 485	RS 485-IS	Fibre optique
Transmission	Numérique, synchrone orienté bit, codage Manchester	Numérique, différentielle, signaux non référencés au 0 V	Numérique, différentielle, signaux non référencés au 0 V	Numérique, optique, signaux non référencés au 0 V
Débit	31,25 kbit/s	9,6 à 12 000 kbit/s	9,6 à 1500 kbit/s	9,6 à 12 000 kbit/s
Sécurisation	En-tête, caractères de début et de fin protégés contre les erreurs	Distance de Hamming = 4, bit de parité, caractères de début et de fin	Distance de Hamming = 4, bit de parité, caractères de début et de fin	Distance de Hamming = 4, bit de parité, caractères de début et de fin
Support	Paire torsadée blindée	Paire torsadée blindée, type A	Câble à 4 fils torsadés blindés, type A	Fibre de verre multimode ou monomode, PCF, fibre plastique
Téléalimentation	En option, sur fil de données	Sur fil supplémentaire	Sur fil supplémentaire	Sur ligne mixte
Protection en zone explosible	Sécurité intrinsèque (EEx ia/ib)	-	Sécurité intrinsèque (EEx ib)	-
Topologie	Linéaire et/ou arborescente avec terminaison	Linéaire avec terminaison	Linéaire avec terminaison	Étoilée et annulaire en standard ; linéaire possible
Nombre maxi de stations	32 par segment ; 126 au total par réseau	32 par segment sans répéteur ; 126 avec répéteur	32 par segment sans répéteur ; 126 avec répéteur	126 par réseau
Nombre maxi de répéteurs	4	9 avec rafraîchissement du signal	9 avec rafraîchissement du signal	Illimité avec rafraîchissement du signal (retard du

RS 485 (système de pilotage et outils d'ingénierie dans la salle de conduite) à l'aide de « coupleurs de segments » ou de « jonctions », encore appelées *links* (Fig. 7).

Les **coupleurs de segments** sont des convertisseurs de signaux RS 485↔MBP, totalement transparents au protocole.

Les *links*, quant à eux, sont intelligents. Ils font de tous les équipements de terrain connectés au segment MBP un seul esclave RS 485. Dans ce cas, le débit du segment RS 485 n'est pas limité, ce qui permet de réaliser des réseaux rapides avec des équipements de terrain transmettant en MBP.

## Topologies

PROFIBUS sur MBP accepte des topologies arborescentes ou linéaires, les deux étant combinables.

Dans un réseau **linéaire**, les stations sont raccordées au tronçon principal à l'aide de connexions en T. La topologie **arborescente**, pour sa part, s'apparente à la technique classique d'installation des équipements de terrain. Le tronçon principal multifilaire est remplacé par un câble de bus bifilaire et le répartiteur de terrain sert toujours à relier les appareils et à détecter l'impédance de la terminaison de bus. Dans un réseau arborescent, tous les abonnés au bus sont câblés en parallèle dans le répartiteur de terrain. Il faut toujours tenir compte des longueurs maximales admissibles des dérivations pour calculer la

longueur totale de la ligne. Pour les applications à sécurité intrinsèque, une dérivation ne doit pas dépasser 30 m.

## Support de transmission

Le support physique de la transmission MBP est un câble bifilaire blindé (Fig. 6). Chaque extrémité du tronçon principal est équipée d'une terminaison de ligne passive, constituée d'un élément RC connecté en série ( $R = 100 \Omega$ ,  $C = 2 \mu F$ ). La terminaison est déjà intégrée au coupleur de segments ou au link. L'inversion des pôles sur une station transmettant en MBP ne nuit pas à la fonctionnalité du bus, l'équipement étant normalement doté d'un système de reconnaissance automatique de polarité.

## Nombre de stations et longueur de ligne

Le nombre de stations raccordable à un segment est limité à 32 ; cette capacité est encore réduite par le mode de protection retenu et, éventuellement, l'alimentation sur le bus.

Dans le cas de réseaux réalisés en sécurité intrinsèque, la tension et l'intensité d'alimentation maximales sont définies dans des limites précises. Même pour des applications sans sécurité intrinsèque, la puissance de l'unité de téléalimentation est limitée.

Pour déterminer de façon empirique la longueur maximale de la ligne, il suffit de calculer les exigences en courant des appareils de terrain raccordés, de choisir

l'alimentation, puis la longueur de ligne correspondant au choix du câble. L'intensité nécessaire  $\Sigma$  est donnée par la somme des courants de base des équipements connectés au segment choisi, à laquelle s'ajoute une marge supplémentaire de 9 mA par segment, destinée au courant de service du FDE (*Fault Disconnection Electronics*), équipement de déconnexion sur défaut qui empêche la paralysie du bus par des appareils défectueux.

Le raccordement d'équipements alimentés par le bus et d'équipements alimentés par une source externe est autorisé. Dans ce dernier cas, précisons que les équipements consomment également un courant de base sur la terminaison de bus, dont il faut tenir compte dans le calcul du courant d'alimentation maximal disponible.

Rappelons que le modèle FISCO simplifie nettement l'étude, l'installation et le développement des réseaux PROFIBUS en zones explosibles (cf. § 3.1.4).

## 3.1.3 Transmission optique

Certaines applications de bus de terrain s'accommodent mal de la transmission filaire. C'est le cas des milieux industriels à forte pollution électromagnétique ou des réseaux à longue portée : des contraintes auxquelles remédie parfaitement la fibre optique. La directive PROFIBUS n° 2.022 est consacrée à la transmission FO. Au cours de son élaboration, on veilla tout naturellement à garantir l'intégration des équipements PROFIBUS existants au réseau optique, sans avoir à modifier le comportement de la couche 1 de PROFIBUS : d'où l'assurance d'une **rétrocompatibilité** avec les **installations PROFIBUS en service**.

Le tableau 5 recense les différents **types de fibre optique** exploitables. Trois topologies sont possibles : **étoilée, annulaire et linéaire**.

Dans le cas le plus simple, un réseau optique fait appel à des coupleurs électriques/optiques, reliés à l'équipement et à la fibre optique sur une interface RS 485, qui permettent de basculer d'un

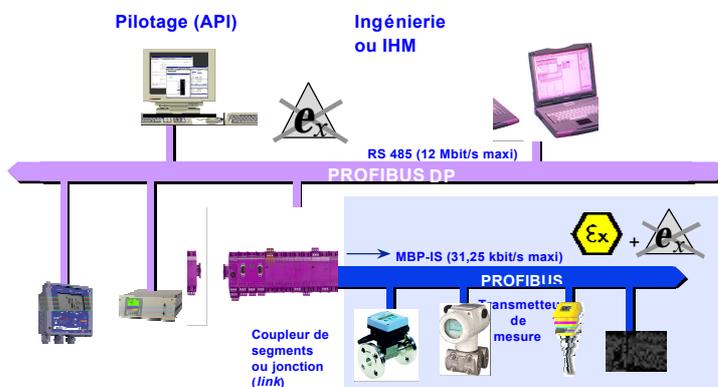


Fig. 7 : Topologie de réseau et téléalimentation des équipements de terrain sur le bus en transmission MBP

support de transmission à l'autre, selon les circonstances.

### 3.1.4 Sécurité intrinsèque FISCO

Le modèle **FISCO** (*Fieldbus Intrinsically Safe Concept*) simplifie considérablement l'étude, l'installation et l'extension des réseaux PROFIBUS dans les environnements à risques.

Développé par **PTB** (*Physikalisch Technische Bundesanstalt*) en Allemagne, il fait aujourd'hui autorité en matière d'exploitation des bus de terrain en zone explosible.

Le modèle repose sur le constat suivant : un bus est « sûr » et ne nécessite aucun calcul de sécurité intrinsèque lorsque ses quatre constituants (appareils de terrain, câbles, coupleurs de segments et terminaisons) respectent les limites prescrites de tension, d'intensité, de consommation, d'inductance et de capacité. Pour en attester, ils peuvent être certifiés par des organismes d'accréditation habilités comme PTB (Allemagne) ou UL (USA).

L'utilisation d'équipements FISCO permet non seulement de multiplier le nombre d'abonnés sur une même ligne de bus, mais aussi de les remplacer en cours d'exploitation par des appareils d'autres constructeurs, ou encore de prolonger la ligne, sans avoir besoin d'effectuer de fastidieux calculs ni de certifier le système. Bref, FISCO offre toutes les libertés du *plug & play* en zones dangereuses ! Seul impératif : se plier aux règles de choix de l'alimentation, de la longueur de ligne et de la terminaison de bus, citées précédemment (cf. «Consignes d'installation MBP»).

La transmission MBP et FISCO obéit aux principes suivants :

#### Contraintes et limites du modèle FISCO

- Une seule source d'alimentation par segment
- Agrément FISCO de toutes les stations
- Longueur de câble maxi : 1000 m (classe de protection contre l'inflammation i, catégorie a) ou 1900 m (classe de protection contre l'inflammation i, catégorie b)
- Caractéristiques électriques du câble :
  - $R' = 15 \text{ à } 150 \text{ } \Omega/\text{km}$
  - $L' = 0,4 \text{ à } 1 \text{ mH/km}$
  - $C' = 80 \text{ à } 200 \text{ nF/km}$
- Toutes les associations d'alimentation et d'appareils de terrain doivent garantir que les variables d'entrée admises ( $U_i$ ,  $I_i$  et  $P_i$ ) de n'importe quel appareil sont supérieures, en cas de défaut, aux variables de sortie maximales autorisées ( $U_0$ ,  $I_0$  et  $P_0$  ou, aux USA,  $V_{max}$ ,  $I_{max}$  et  $P_{max}$ ) de l'alimentation correspondante.

#### Avantages pour l'utilisateur

- Support *plug & play*, même en zones dangereuses
- Pas de certification du système
- Interchangeabilité des équipements et extension du réseau sans calculs complexes
- Optimisation du nombre d'équipements raccordés

- Aucune énergie ne transite sur le bus lorsqu'une station émet.
- Chaque segment possède une **seule** source d'énergie, l'alimentation.
- Chaque appareil de terrain consomme un courant de base constant (10 mA mini), en continu.
- Les appareils de terrain se comportent comme des collecteurs de courant passifs.
- La terminaison de ligne passive est réalisée à chaque extrémité du tronçon principal du bus.
- Trois topologies sont admises : linéaire, arborescente et en étoile.

En matière d'alimentation, chaque station du bus nécessite un courant de base d'au moins 10 mA pour alimenter l'équipement. Les signaux de transmission sont générés par l'équipement émetteur par modulation de  $\pm 9 \text{ mA}$  du

courant de base.

### 3.2 Protocole de communication DP

Le protocole de communication DP (*Decentralized Peripherals*) est destiné aux **échanges** série **rapides**, principalement cycliques, entre automatismes (API, PC, ou contrôleurs) et la périphérie décentralisée (E/S, variateurs, vannes, transmetteurs, analyseurs), au **niveau terrain**. Les fonctions de communication correspondantes sont définies par les fonctionnalités DP de base (version DP-V0). Pour répondre aux exigences spécifiques de plusieurs marchés, DP-V0 s'est progressivement enrichi pour aboutir aujourd'hui à deux autres versions, DP-V1 et DP-V2, aux caractéristiques bien précises. Ce découpage reflète la chronologie des travaux de spécification visant à satisfaire les besoins croissants de chaque application. Notons que les versions V0 et V1 contiennent à la fois des caractéristiques **obligatoires** et des options, tandis que V2 ne spécifie que des options.

Type de fibre	Diamètre du cœur ( $\mu\text{m}$ )	Portée
Verre multimode	62,5/125	2-3 km
Verre monomode	9/125	> 15 km
Plastique	980/1000	< 80 m
HCS®	200/230	env. 500 m

Tableau 5 : Caractéristiques des différentes fibres optiques utilisables sur PROFIBUS

Voici un aperçu de leur contenu :

**DP-V0** assure les fonctions DP de base, dont l'échange de données cyclique, ainsi que le diagnostic de station, de module et de voie.

**DP-V1** y ajoute des services orientés process, notamment la communication acyclique destinée au paramétrage, à l'exploitation, à la visualisation et au traitement des alarmes des appareils de terrain intelligents. Cela permet d'accéder en ligne aux stations, à l'aide d'outils d'ingénierie. DP-V1 définit en outre différents types d'alarme : alarme d'état, alarme de mise à jour et alarme constructeur.

**DP-V2** intègre d'autres améliorations, principalement destinées aux applications d'entraînement comme, par exemple, la communication isochrone et les échanges directs entre esclaves (*Data eXchange Broadcast*). DP-V2 peut aussi servir de bus de pilotage de mouvements rapides en commande d'axes.

Les différentes versions de DP sont étudiées dans le détail par la norme CEI 61158. Les paragraphes suivants en exposent les particularités.

### 3.2.1 Fonctions de base de DP-V0

Le contrôleur de cellule (maître)

- lit les entrées de ses esclaves et
- écrit leurs sorties,

le tout de façon cyclique. Le temps de cycle du bus doit être inférieur à celui du programme de l'automatisme central, qui avoisine 10 ms pour de nombreuses applications. La course au débit n'est pourtant pas le seul critère de réussite d'un bus ; simplicité des traitements, qualité des diagnostics et immunité aux parasites sont aussi des facteurs clés. DP

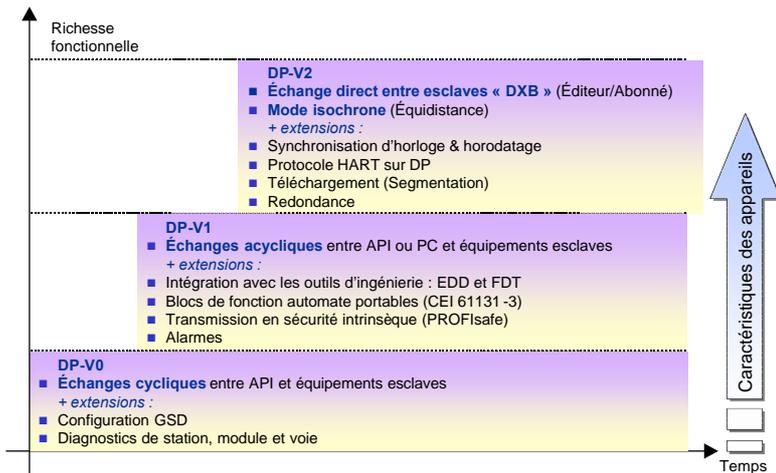


Fig. 8: Fonctionnalités des versions PROFIBUS DP avec les fonctions clés

possède tous ces attributs (tableau 6).

### Vitesse de transmission

DP ne nécessite qu'environ 1 ms (à 12 Mbit/s) pour transmettre 512 bits d'entrée et 512 bits de sortie à 32 stations déportées. La figure 9 illustre ces performances, en fonction du nombre de stations et du débit. Dans DP, entrées et sorties transitent dans un seul cycle de message et les données utilisateur sont transmises avec le service SRD (*Send and Receive Data*) de la couche 2.

### Diagnostics

Les puissantes fonctions de diagnostic de DP permettent de localiser rapidement les défauts, à l'aide de messages dédiés, émis sur le bus et rapatriés au maître. On distingue trois niveaux de messages :

#### Diagnostics de station

Renseigne sur l'état général d'une station (surchauffe, baisse de tension ou interface occupée).

#### Diagnostics de module

Signale l'attente d'un diagnostic sur une plage donnée d'E/S d'une station (module de sorties 8 bits, par exemple).

#### Diagnostics de voie

Précise la cause d'un défaut sur un bit ou une voie d'E/S (court-circuit sur sortie, par exemple).

### Configuration du réseau et types d'équipement

DP peut fonctionner en mode monomaître et multimaître, ce qui lui procure une grande souplesse de configuration. Un bus dessert un maximum de 126 équipements, maîtres ou esclaves. Les spécifications de configuration du réseau définissent :

- le nombre de stations,
- l'affectation des adresses de station par rapport aux adresses d'E/S,
- la cohérence des données d'E/S,
- le format des messages de diagnostic,
- le paramétrage du bus.

### Types d'équipement

Chaque réseau DP peut héberger trois types d'équipement :

#### Maître DP de classe 1 (DPM1)

Il s'agit d'un contrôleur de cellule (API ou PC) échangeant périodiquement des informations avec les esclaves DP déportés, dans un cycle de message paramétré. Jouissant d'un libre droit d'accès au bus, le maître DPM1 peut lire les mesures (entrées) des appareils de terrain et écrire les consignes (sorties) des actionneurs, à intervalles fixes. Ce cycle répétitif est à la base de toute fonction d'automatisation.

### Maître DP de classe 2 (DPM2)

C'est un outil d'ingénierie, de configuration ou de conduite servant à la mise en service, à la maintenance et au diagnostic du réseau : paramétrage des équipements raccordés, analyse des valeurs de mesure et des paramètres, demande d'information sur l'état de fonctionnement d'un appareil. Disposant lui aussi d'un libre accès au bus, le maître DPM2 n'a pas besoin de lui être en permanence connecté.

### Esclave

C'est un équipement périphérique (bloc d'E/S, variateur, IHM, vanne, transmetteur, analyseur) qui, en entrée, lit les données du terrain et/ou, en sortie, utilise des informations pour agir sur le procédé. On trouve aussi dans cette catégorie des appareils limités au traitement d'entrées ou de sorties. Du point de vue de la transmission, les esclaves sont des stations passives qui se bornent à répondre aux interrogations directes du maître. Ce sont là des fonctions simples, efficaces et économiques qui, sous DP-V0, sont déjà totalement intégrées au matériel.

En configuration **monomaître**, un **seul** maître détient le bus durant l'exploitation du réseau (Fig. 10) : l'API orchestre les échanges avec les esclaves déportés sur le support de transmission. Cette configuration garantit un temps de cycle ultracourt.

En **multimaître**, plusieurs maîtres se partagent le bus. Ils forment soit des sous-réseaux indépendants, constitués d'un maître DPM1 et de ses esclaves, soit des équipements de configuration et de diagnostic supplémentaires. Les entrées/sorties des esclaves peuvent être lues par tous les maîtres DP. Néanmoins, un seul maître DP (à savoir, le DPM1 désigné à la configuration) peut accéder en écriture aux sorties.

### Comportement du réseau

Pour garantir l'interchangeabilité des équipements de même type, le **comportement du réseau DP** est lui aussi standardisé et surtout

Méthode d'accès au bus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Passage de jeton entre maîtres et mode maître-esclave entre maître et esclaves</li> <li>• Configuration monomaître ou multimaître</li> <li>• Nombre maxi de stations sur le bus : 126 (maître et esclaves confondus)</li> </ul>
Communication	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poste à poste (transmission des données utilisateur) ou diffusion multidestinataire (commandes)</li> <li>• Transmission cyclique entre maître et esclaves</li> </ul>
Modes d'exploitation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Operate</b> : Transfert cyclique des E/S</li> <li>• <b>Clear</b> : Lecture des entrées et maintien des sorties en sécurité positive</li> <li>• <b>Stop</b> : Diagnostic et paramétrage, sans transmission de données utilisateur</li> </ul>
Synchronisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les commandes permettent la synchronisation des entrées et des sorties</li> <li>• Mode Synchro : Synchronisation des sorties</li> <li>• Mode Freeze : Synchronisation des entrées</li> </ul>
Fonctionnalités	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transfert cyclique des données utilisateur entre maître et esclave(s) DP</li> <li>• Connexion/déconnexion dynamique de chaque esclave ; contrôle de la configuration des esclaves</li> <li>• Puissantes fonctions de diagnostic (3 niveaux de messages)</li> <li>• Synchronisation des entrées et/ou des sorties</li> <li>• Adressage des esclaves sur le bus (en option)</li> <li>• Maximum de 244 octets d'E/S par esclave</li> </ul>
Sécurisation des données	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distance de Hamming = 4</li> <li>• Au niveau des esclaves DP, détection par chien de garde d'une défaillance du maître</li> <li>• Protection de l'accès aux sorties des esclaves</li> <li>• Surveillance de la transmission des données utilisateur par minuterie de surveillance réglable dans le maître</li> </ul>
Types d'équipement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maître DP de classe 1 (DPM1) : contrôleur de cellule (API, PC...)</li> <li>• Maître DP de classe 2 (DPM2) : outil d'ingénierie ou de diagnostic</li> <li>Esclaves DP : appareils de terrain (E/S TOR ou analogiques, variateurs, vannes)</li> </ul>

Tableau 6 : Caractéristiques fondamentales de DP-V0

tributaire de l'état de service de DPM1.

DPM1 peut être commandé en local ou sur le bus, depuis l'outil de configuration. On distingue trois principaux états :

#### Stop

Pas de transmission entre DPM1 et les esclaves

#### Clear

Lecture des entrées des esclaves par DPM1 et maintien de leurs sorties en sécurité positive (à « 0 »)

#### Operate

Phase de transfert de DPM1 : en transmission cyclique, lecture des entrées et écriture des sorties des esclaves

DPM1 informe tous ses esclaves de son état, à l'aide d'une commande de diffusion multidestinataire, selon une périodicité configurable.

La réaction automatique du système à un défaut en phase de transfert de DPM1 (défaillance d'un esclave, par exemple) est dictée par le paramètre de configuration **auto clear**.

Si celui-ci est **vrai**, DPM1 bascule les sorties de tous ses esclaves en sécurité positive dès que l'un d'eux n'est plus en mesure de transmettre des données utilisateur. DPM1 passe ensuite à l'état **Clear**.

Si **auto clear** est **faux**, DPM1 reste opérationnel (*Operate*) même en cas de défaut, et c'est l'utilisateur qui dicte la réaction du système.

### Communication cyclique entre DPM1 et esclaves

La transmission de données entre DPM1 et ses esclaves est automatiquement prise en charge par DPM1 (Fig. 11), dans un ordre défini et répétitif. Lors de la configuration du bus, l'utilisateur précise l'affectation d'un ou de plusieurs esclaves au DPM1 et indique les esclaves à intégrer ou à retirer de la transmission cyclique.

Cette transmission se déroule en trois temps : paramétrage, configuration et transfert des données. Au cours des deux premiers, chaque esclave DP compare sa configuration réelle à sa configuration théorique : type d'équipement, format, longueur de l'information et nombre d'E/S doivent concorder. L'esclave peut alors passer à la phase de transfert. Ces contrôles garantissent une protection optimale contre les erreurs de paramétrage. Outre le transfert des données, automatiquement exécuté par DPM1, un nouveau paramétrage peut être envoyé aux esclaves sur demande de l'utilisateur.

### Modes Synchro et Freeze

DPM1 ne se contente pas d'exécuter automatiquement le transfert des données utilisateur d'une station ; il peut aussi envoyer des commandes à un groupe d'esclaves ou à la totalité des esclaves en même temps. Ces

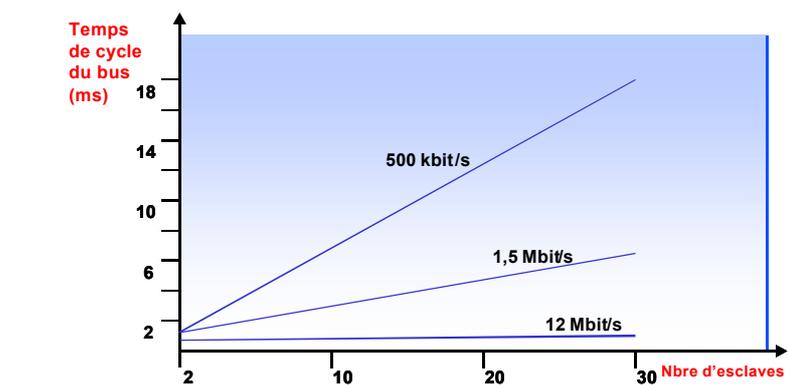


Fig. 9 : Temps de cycle du bus en configuration DP monomaître.  
Limite : 2 octets d'entrée et de sortie par esclave

commandes multidestinatoires utilisent deux modes, « synchro » et « freeze », pour assurer la **synchronisation sur événement** des esclaves.

Lorsqu'ils reçoivent de leur maître une commande de synchronisation, les esclaves sont en mode **synchro**. Les sorties de tous les esclaves adressés sont alors gelées dans leur état présent. Au cours des transmissions suivantes, les valeurs de sortie sont stockées dans l'esclave, sans modification de leur état. Ces données ne sont pas envoyées aux sorties tant qu'une nouvelle commande de synchronisation n'est pas reçue du maître. Le mode synchro prend fin sur une commande de désynchronisation *Unsync*.

De même, une commande **Freeze** provoque le gel des esclaves adressés ; l'état des entrées est alors figé à la valeur en cours. Ces données ne sont pas rafraîchies tant que le maître n'envoie pas de nouvelle commande de freeze. Le mode freeze prend fin sur une commande de dégel *Unfreeze*.

### Sécurisation

Les exigences de sécurité et de fiabilité de la transmission imposent de doter DP de puissantes fonctions de protection contre les erreurs de paramétrage ou la défaillance des équipements de transmission. Pour cela, des mécanismes de surveillance sont implantés au niveau du maître DP et des esclaves sous forme de surveillance temporelle. L'intervalle de surveillance est fixé à la configuration.

### Côté maître

DPM1 surveille la transmission des esclaves à l'aide du temporisateur *Data\_Control\_Timer*, qui équipe chaque esclave. La surveillance temporelle est déclenchée lorsque la transmission échoue dans l'intervalle de surveillance, ce dont est informé l'utilisateur. Si la fonction de réaction automatique (à l'erreur est validée (*auto clear* = vrai), DPM1 quitte l'état *Operate*, bascule les sorties de ses esclaves en sécurité positive et passe à l'état *Clear*.

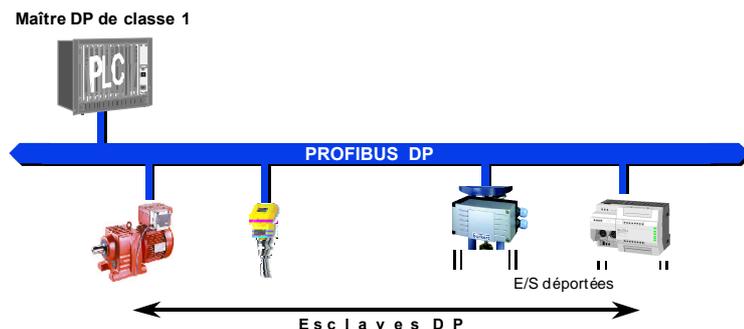


Fig. 10 : Configuration PROFIBUS DP monomaître

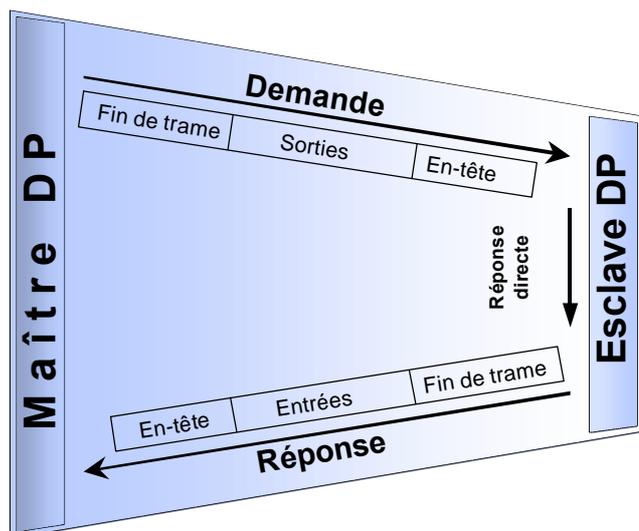


Fig. 11 : Transmission cyclique des données utilisateur dans DP

### Côté esclave

L'esclave utilise le chien de garde pour détecter les erreurs du maître ou de la transmission. En l'absence d'échange avec le maître dans l'intervalle du chien de garde, l'esclave bascule automatiquement ses sorties en sécurité positive.

Cette sécurisation s'accompagne d'un mécanisme de contrôle d'accès destiné aux sorties des esclaves d'une configuration multimaître. Cela garantit que les esclaves ne sont directement accessibles que par le maître habilité. Les autres maîtres doivent se contenter d'une image des entrées des esclaves, lisible sans droit d'accès.

### 3.2.2 Fonctions de DP-V1

#### Communication acyclique

La spécificité de DP-V1 réside dans sa transmission acyclique des données qui autorise le paramétrage et l'étalonnage des appareils de terrain en exploitation, ainsi que l'acquiescement d'alarmes. Cette transmission acyclique est parallèle à la communication cyclique, mais de moindre priorité. La figure 13 en illustre l'enchaînement type : le maître de classe 1, détenteur du jeton, peut dialoguer avec l'esclave 1, l'esclave 2 et ainsi de suite, selon une séquence d'échange fixe, jusqu'au dernier esclave de la liste (liaison MS0). Puis il passe le jeton au maître de classe 2, lequel peut employer le temps restant du cycle de programme ou « temps mort » pour établir une liaison acyclique

avec n'importe quel esclave (le 3 dans notre exemple) et échanger ainsi des enregistrements (liaison MS2); au terme du temps de cycle, il restitue le jeton au maître de classe 1. Cet échange acyclique peut durer plusieurs cycles de scrutation ou mobiliser leurs « temps morts » ; après quoi, le maître de classe 2 utilise son temps mort pour libérer la liaison. Tout comme le maître de classe 2, le maître de classe 1 peut aussi dialoguer en mode acyclique avec ses esclaves (liaison MS1).

À cela s'ajoutent d'autres services, récapitulés dans le tableau 7.

#### Diagnostic étendu

Le diagnostic de station de DP-V1 gagne en précision par rapport à

celui de DP-V0 en se scindant en deux catégories : alarmes et messages d'état (Fig. 12).

### 3.2.3 Fonctions de DP-V2

#### Intercommunication des esclaves (DXB)

Cette fonction permet un dialogue rapide et transversal entre esclaves (diffusion générale) sans passer par le maître. Dans ce cas, l'esclave déclaré « éditeur » esquivé le maître et envoie sa réponse aux esclaves de la séquence d'échange ou « abonnés » (Fig. 15). Les esclaves peuvent ainsi directement lire les entrées des autres abonnés, ce qui ouvre la voie à de toutes nouvelles applications et abaisse jusqu'à 90 % les temps de réponse sur le bus.

#### Synchronisme d'horloge (mode isochrone)

Cette fonction synchronise l'horloge des maîtres et des esclaves, quelle que soit la charge du bus. Elle sert à des applications de positionnement extrêmement précis, exigeant des giggers d'horloge inférieures à 1 µs. Un signal d'horloge cale tous les appareils raccordés au bus sur le cycle du maître, sous la forme d'un télégramme de commande globale *Global\_Control*. Un message spécial de « signe de vie » contrôle ensuite cette synchronisation. La figure 14 en montre le principe : temps alloué aux échanges, noté

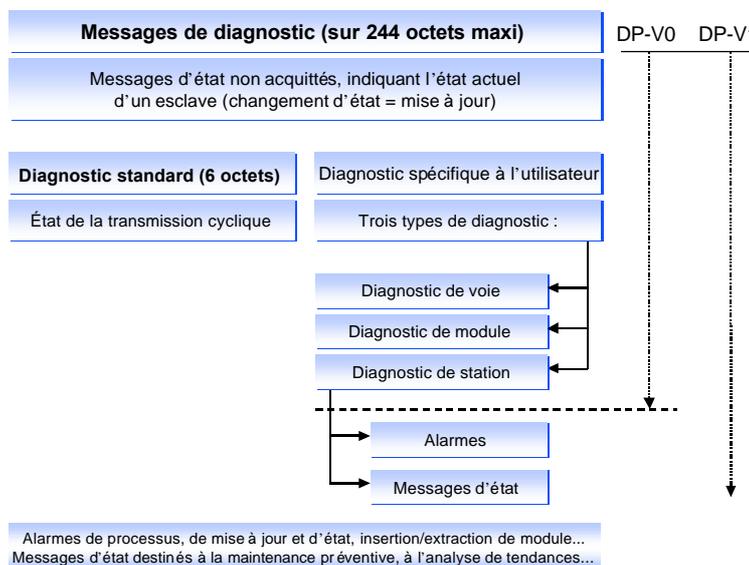


Fig. 12 : Structure des messages de diagnostic dans DP-V0 et DP-V1

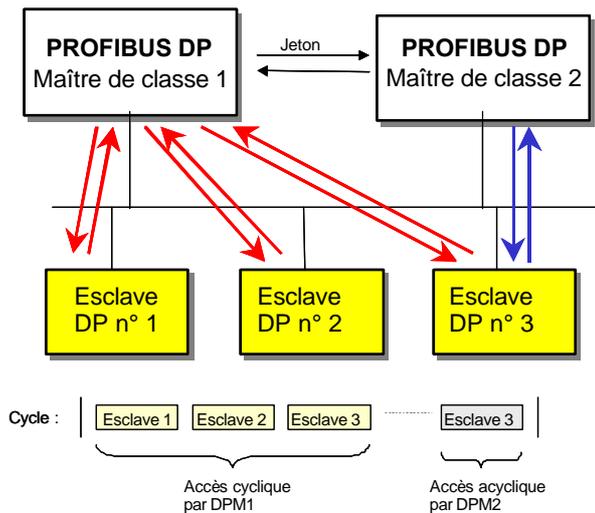


Fig. 13 : Principe de la communication cyclique et acyclique dans DP-V1

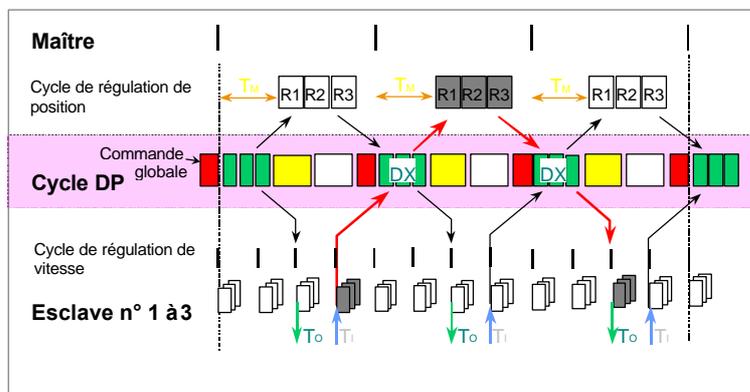


Fig. 14 : Synchronisme d'horloge (mode isochrone)

« DX » (vert), accès à un maître de classe 2 (jaune) et marge de réserve (blanc). La flèche rouge en retrace la chronologie : saisie des données réelles ( $T_i$ ), régulation ( $R_x$ ) et délivrance des valeurs de consigne ( $T_o$ ), sur habituellement deux cycles de bus.

### Gestion horaire

Cette fonction synchronise toutes les stations sur un « temps système » dont la dérive ne dépasse pas 1 ms. Concrètement, un maître envoie en temps réel un horodatage à tous les esclaves abonnés aux services MS3 (mode non connecté), conçus à cette fin. Cela permet un suivi précis des événements, particulièrement utile à l'acquisition de fonctions temporelles dans les réseaux comprenant de nombreux maîtres. De même, le diagnostic des défauts ainsi que l'énumération chronologique des événements s'en trouvent facilités.

### Téléchargement

Cette fonction permet de charger un volume quelconque de

données dans un appareil de terrain ; quelques commandes suffisent, par exemple, pour mettre à jour des programmes ou remplacer des équipements sans devoir procéder à des chargements manuels.

### Appel de fonction

Il s'agit de services de gestion de programme (lancement, arrêt, retour, redémarrage) ou d'appel de fonction (acquisition de mesures, par exemple), exécutés dans un esclave DP.

### 3.2.4 Adressage par numéro d'emplacement et index

Pour adresser les données, PROFIBUS perçoit les esclaves comme des **bricks de base** physiques ou les découpe en **modules fonctionnels** logiques. Ce modèle vaut également, dans les fonctions DP de base, pour la transmission cyclique où chaque module possède un nombre constant d'octets d'entrées/sorties dont la position de transmission dans le télégramme des données utilisateur reste fixe. L'adressage s'appuie sur des identificateurs qui caractérisent le type de module (entrée, sortie ou entrée/sortie), l'ensemble de ces identificateurs constituant la configuration d'un esclave, elle aussi contrôlée par DPM1 au démarrage du réseau.

La communication acyclique est également bâtie sur ce modèle. Tous les blocs de données validés

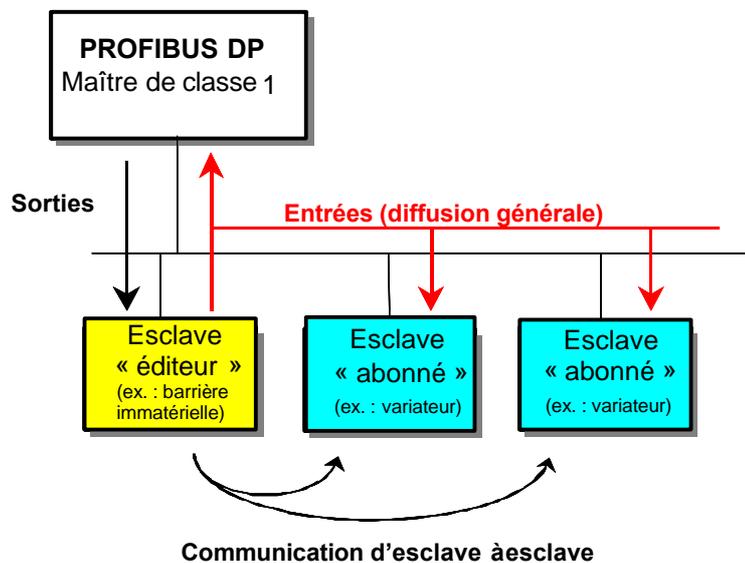


Fig. 15 : Échange croisé entre esclaves

Services de communication acyclique entre maître DPM1 et esclaves	
Lecture	Lecture par DPM1 d'un bloc de données de l'esclave
Écriture	Écriture par DPM1 d'un bloc de données dans l'esclave
Alarme	Transmission d'une alarme de l'esclave au maître, qui en accuse réception : ce n'est qu'après réception de cet acquit que l'esclave peut envoyer un nouveau message d'alarme ; il n'y a donc aucun risque d'écraser une alarme.
Acquittement d'alarme	Acquittement par DPM1 d'une alarme de l'esclave
État	Transmission d'un message d'état de l'esclave au maître, sans acquittement de ce dernier
La transmission s'effectue en mode connecté sur une liaison MS1, établie par DPM1 et étroitement liée à la connexion assurant la transmission cyclique ; elle peut être utilisée par le maître ayant paramétré et configuré l'esclave en question.	

Services de communication acyclique entre maître DPM2 et esclaves	
<i>Initiate</i> et <i>Abort</i>	Établissement et libération d'une liaison de transmission acyclique entre DPM2 et l'esclave
Lecture	Lecture par DPM2 d'un bloc de données de l'esclave
Écriture	Écriture par DPM2 d'un bloc de données dans l'esclave
<i>Data_Transport</i>	Écriture acyclique par DPM2 de données applicatives (définies par les profils) dans l'esclave et, au besoin, lecture des données de l'esclave au cours du même cycle
La transmission s'effectue en mode connecté sur une liaison MS2, établie au préalable par DPM2 à l'aide du service <i>Initiate</i> . Les services de lecture, d'écriture et <i>Data_Transport</i> sont alors opérationnels. Au terme du transfert, la liaison est libérée par DPM2 à l'aide du service <i>Abort</i> . Un esclave peut activer plusieurs liaisons MS2 à la fois, leur nombre étant néanmoins fonction des ressources de l'esclave.	

Tableau 7 : Services de communication acyclique

en lecture ou en écriture sont aussi considérés comme appartenant aux modules et peuvent être adressés par numéro d'emplacement et index ; le **numéro d'emplacement** repère le

module, et l'**index**, les blocs de données rattachés au module. Précisons que la longueur maximale d'un bloc de données est de 244 octets (Fig. 16). Sur des appareils modulaires, chaque

module reçoit un numéro d'emplacement, partant de 1 et suivant l'ordre croissant d'implantation des modules dans l'équipement. Le numéro 0 est réservé à l'appareil lui-même.

Les appareils compacts sont traités comme un ensemble de modules virtuels, adressable selon le même principe (n° d'emplacement + index).

Le champ « Longueur » de la demande de lecture/écriture permet aussi de lire ou d'écrire des portions de bloc de données. Si l'accès au bloc réussit, l'esclave envoie une réponse de lecture ou d'écriture positive ; s'il échoue, l'esclave émet une réponse négative, précisant la classe de problème rencontrée.

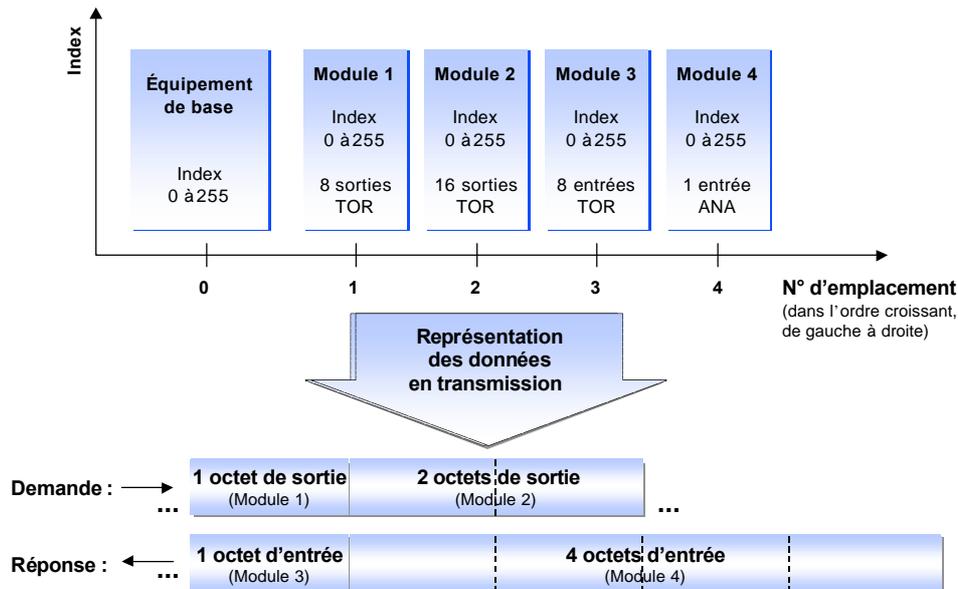


Fig. 16 : Principe d'adressage dans DP par numéro d'emplacement et index

## 4. Profils applicatifs génériques

Les profils applicatifs **génériques** décrivent les fonctions et caractéristiques de PROFIBUS pour plusieurs applications. Ils peuvent aussi se combiner aux profils applicatifs **métiers** (cf. chapitre 5).

### 4.1 PROFIsafe

Pendant longtemps, les architectures d'automatismes distribuées, tant dans le manufacturier que dans le process, se sont heurtées à un obstacle majeur : leurs fonctions de sécurité restaient câblées en fil à fil, au moyen de composants électromécaniques, ou déportées sur des bus dédiés. Version sécurisée de PROFIBUS, PROFIsafe est une solution globale, cohérente et ouverte qui satisfait aux contraintes de sécurité les plus connues.

PROFIsafe définit le raccordement sur PROFIBUS de composants de sécurité (arrêts d'urgence, barrières immatérielles, détecteurs de trop-plein...) à des automatismes à haute disponibilité et sûreté de fonctionnement, conformes aux normes les plus sévères du domaine, telles que la catégorie 4 de l'EN 954, l'AK6 de la DIN 19250 ou le niveau **SIL3 (Safety Integrity Level)** de la CEI 61508. PROFIsafe sécurise ces communications à l'aide d'un format de données utilisateur et d'un protocole particuliers.

PROFIsafe est une spécification émanant de constructeurs, d'utilisateurs, de comités de normalisation et d'organismes de contrôle qui font référence en matière de sécurité (TÜV et BIA). Il s'appuie sur des normes dont la CEI 61508 qui résout notamment les problèmes de développement logiciel.

PROFIsafe prend en compte certaines erreurs pouvant survenir dans la transmission série (retard, perte ou répétition de messages, erreur de séquence ou d'adressage, altération des données), qu'il détecte ou corrige à l'aide de quatre mécanismes :

- Numérotation en continu des télégrammes de sécurité,

- Délai de réception (*time out*) des messages et des acquittements,
- Identificateur pour l'émetteur et le récepteur (mot de passe),
- Vérification de cohérence des données par polynôme CRC (Contrôle de Redondance Cyclique).

La combinaison judicieuse de ces mesures, associée à un moniteur SIL breveté surveillant la fréquence des messages erronés, garantissent le respect des niveaux SIL 3 et au-delà

PROFIsafe est une **solution logicielle** intégrée aux équipements sous la forme d'une couche supplémentaire, coiffant la couche 7 du modèle OSI (Fig. 17) ; tous les composants PROFIBUS classiques (câbles, ASIC ou protocoles) restent utilisables, ce qui pérennise l'existant et facilite les remises à niveau.

Les équipements PROFIsafe peuvent donc cohabiter sans conflit avec les appareils de terrain classiques, sur un même câble réseau.

Basé sur une communication acyclique, PROFIsafe accepte la transmission RS 485, FO ou MBP ; il allie donc réactivité (essentielle au manufacturier) et sécurité intrinsèque (vitale pour le process).

Dans ce dernier domaine, il suffit de fournir et de préparer un **seul** type d'équipement standard pour un fonctionnement normal ou sécurisé, les fonctions de sécurité étant configurables dans l'application (SIL2 pour la fiabilité opérationnelle).

Pilote logiciel générique,

PROFIsafe convient à un large éventail d'environnements de développement et d'exploitation. Ses spécifications figurent dans le document « Profil de sécurité PROFIsafe » (n° 3.092).

### 4.2 HART sur PROFIBUS DP

La prolifération d'instruments HART pose un nouveau défi à la plupart des utilisateurs : intégrer ces équipements à PROFIBUS.

La spécification « HART sur PROFIBUS DP » offre une solution ouverte qui cumule tous les avantages de la communication PROFIBUS sans rien changer au protocole et aux services, ni aux unités de données de protocole (**Protocol Data Units**) ou aux séquences de commandes et aux caractéristiques fonctionnelles de PROFIBUS.

Cette spécification définit un profil PROFIBUS mis en œuvre dans le maître et l'esclave, au-dessus de la couche 7, ce qui permet de calquer le modèle client-maître-serveur de HART sur PROFIBUS : un travail qui a bénéficié du partenariat de la fondation HART pour garantir sa totale conformité avec les spécifications du même nom.

L'application cliente HART est intégrée dans un maître PROFIBUS et le maître HART, dans un esclave PROFIBUS (Fig. 19) servant de multiplexeur et de gestionnaire de la communication avec les instruments HART.

La transmission des messages HART emprunte une voie indépendante des liaisons MS1 et MS2. Un maître **HMD (HART Master Device)** accepte plusieurs clients, dont le nombre dépend de l'application.

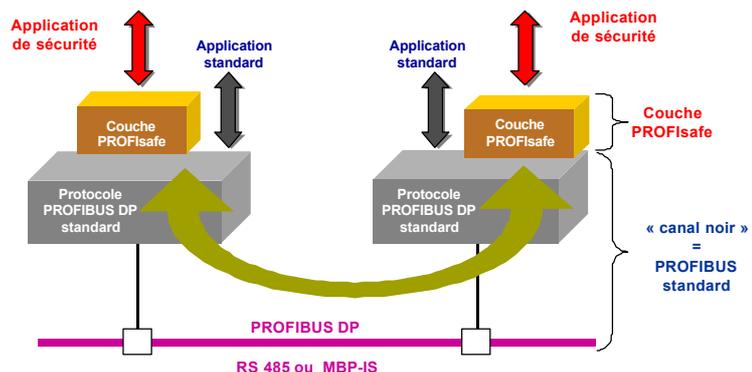


Fig. 17 : Profil PROFIsafe mixant applications standard et de sécurité

Différents composants permettent de raccorder les instruments HART à PROFIBUS avec le maître HMD (directive PROFIBUS n° 3.102 « Profil PROFIBUS pour HART »).

### 4.3 Horodatage

Lorsqu'il s'agit de consigner des fonctions temporelles dans des réseaux (diagnostic, localisation de défauts), il est utile de pouvoir horodater avec précision certains événements et actions.

PROFIBUS répond à cette attente avec un profil *ad hoc* intitulé « Horodatage » (directive PROFIBUS n° 2.192). Il a pour préalable la synchronisation de l'heure des esclaves par une horloge maître, à l'aide des services MS3. Un événement peut ainsi être marqué d'un temps système précis et lu en conséquence. Les différents types

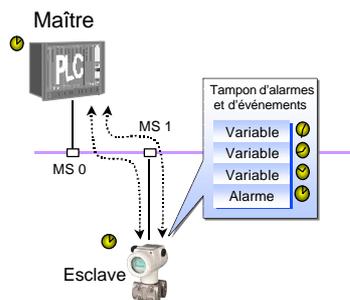


Fig. 18 : Transmission d'alarmes et de variables horodatées

de messages sont regroupés sous le titre « Alertes » et hiérarchisés en « alarmes » prioritaires (transmission de diagnostic) et d'« événements » non prioritaires. Dans les deux cas, le maître procède à une lecture acyclique (liaison MS1) des variables du procédé et des alarmes horodatées, extraites du tampon d'alarmes et d'événements de l'appareil de terrain (Fig. 18).

### 4.4 Redondance d'esclave

De nombreuses applications souhaitent l'installation d'équipements de terrain à communication redondante. PROFIBUS a pour cela mis au point une spécification (directive PROFIBUS n° 2.212) définissant un mécanisme de « redondance d'esclave » dont le principe et les caractéristiques sont les suivants (Fig. 20) :

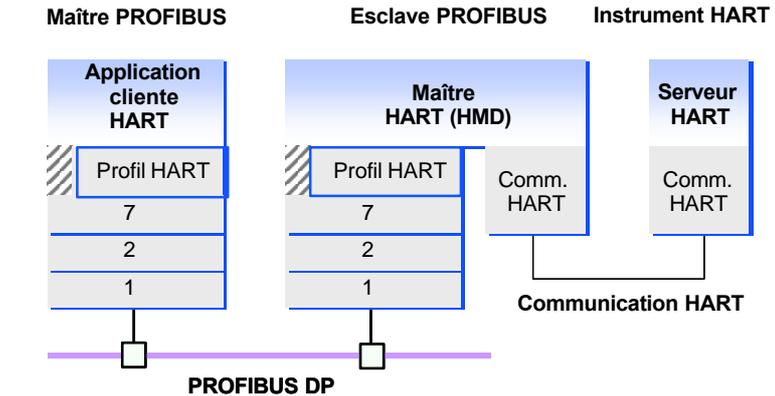


Fig. 19 : Intégration d'instruments HART dans PROFIBUS DP

- Les esclaves sont équipés de deux interfaces PROFIBUS distinctes, l'une qualifiée de « primaire » et l'autre de « secours » ; celles-ci peuvent occuper un **seul** appareil ou se répartir sur **deux** appareils.
- Les appareils intègrent deux piles protocolaires indépendantes dotées d'une couche « extension de redondance » spéciale.
- Une **communication redondante (RedCom)** s'établit entre les piles, au sein d'un même appareil ou entre deux appareils, indépendamment de PROFIBUS ; ses performances sont largement tributaires des temps d'inversion de redondance.
- Les redondances de maître, de ligne et d'esclave sont possibles, indépendamment les unes des autres.
- L'esclave de secours ne nécessitant aucune configuration supplémentaire, il est inutile de faire appel à des outils complexes.
- La surveillance complète des deux interfaces de l'esclave est possible.
- L'esclave n'a aucune incidence sur la charge du bus et, par conséquent, sur la réactivité de PROFIBUS.

La redondance des esclaves PROFIBUS est gage de haute

En temps normal, les données ne sont envoyées qu'à l'esclave primaire qui, seul configuré, répercute les diagnostics sur l'esclave de secours. Sur détection d'une défaillance de l'esclave primaire, l'esclave de secours prend le relais, soit de sa propre initiative, soit à la demande du maître. En outre, le maître surveille tous les esclaves et émet un message de diagnostic dès que l'esclave de secours passe lui aussi en défaut et n'assure plus la redondance.

Ce mécanisme peut fonctionner sur une ou deux lignes PROFIBUS, en cas de redondance supplémentaire de ligne. L'utilisateur en tire plusieurs avantages :

- Une seule version d'appareil suffit pour implémenter différentes architectures redondantes.

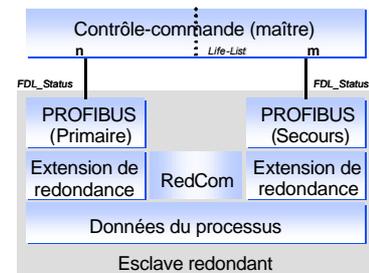


Fig. 20 : Redondance d'esclave sur PROFIBUS

disponibilité, de courts temps d'inversion et de tolérance aux pannes, sans perte de données.

## 5. Profils applicatifs métiers

La supériorité de PROFIBUS sur les autres bus du marché tient principalement à son extraordinaire champ d'application. À l'origine de nouveaux standards, PROFIBUS a développé des profils répondant aux spécificités de différents métiers industriels et unifié les aspects cruciaux de toutes ces applications en un bus normalisé et ouvert, apte à pérenniser l'existant.

Le tableau 8 énumère les profils métiers PROFIBUS existants ou à l'étude.

### 5.1 PROFIdrive

Le profil PROFIdrive définit le comportement des commandes de moteur (du simple convertisseur de fréquence au servorégulateur à hautes performances dynamiques) et leur mode d'accès aux données d'entraînements électriques sur PROFIBUS.

L'intégration des variateurs de vitesse dans les solutions d'automatisation est étroitement liée à la tâche qui leur est confiée. Aussi PROFIdrive prévoit-il six classes d'application couvrant la

majorité des cas de figure.

Les **variateurs de vitesse standards (classe 1)** commandent le moteur à l'aide d'une simple consigne (vitesse de rotation, par exemple), la régulation de vitesse étant directement réalisée par le variateur.

Pour les **entraînements à fonction technologique (classe 2)**, l'application automatisée est scindée en plusieurs sous-applications autonomes, certaines tâches assurées traditionnellement par l'automate central étant prises en charge par les variateurs. PROFIBUS sert dans ce cas d'interface numérique.

Cette solution impose des échanges directs, d'esclave à esclave, entre commandes de moteurs.

Pour les **applications de positionnement (classe 3)**, le variateur intègre en outre un régulateur de position, couvrant ainsi un spectre applicatif extrêmement large (par exemple, vissage et dévissage de bouchons de bouteilles). Ces tâches de positionnement sont transférées sur PROFIBUS au variateur, qui en

assure la mise en œuvre.

La **commande numérique centralisée ou CNC (classes 4 et 5)** permet la coordination synchronisée des mouvements d'axes de plusieurs entraînements. PROFIBUS sert alors à boucler le circuit de régulation de position ainsi qu'à synchroniser l'horloge (Fig. 21). Cette solution dynamique (*Dynamic Servo Control*) convient également à des applications ultrasophistiquées impliquant des moteurs linéaires.

Le **déport des fonctions d'automatisation** par transmission synchronisée sur l'horloge et arbres électroniques (**classe 6**) peut être réalisé par une communication d'esclave à esclave, en isochrone. Au rang des applications types figurent les arbres électriques (electrical gears), les cames profilées (curve discs) et les synchronismes angulaires (angular synchronous processes).

PROFIdrive définit un modèle d'équipement sous forme de modules fonctionnels qui, en interne, fonctionnent ensemble et reflètent l'intelligence de l'entraînement. On attribue à ces modules des « objets » décrits

Désignation	Objet	Version et n° de directive
<b>PROFIdrive</b>	Comportement et mode d'accès des variateurs de vitesse aux données d'entraînements électriques à vitesse variable sur PROFIBUS	V2 3.072 V3 3.172
<b>Équipements PA</b>	Caractéristiques des instruments de process sur PROFIBUS	V3.0 3.042
<b>Robots/Commande numérique</b>	Commande de robots (manutention et assemblage) sur PROFIBUS	V1.0 3.052
<b>Pupitres opérateurs</b>	Couplage d'interfaces homme-machine (IHM) simples aux constituants d'automatismes de plus haut niveau	V1.0D 3.082
<b>Codeurs</b>	Raccordement de codeurs rotatifs, angulaires et linéaires (mono et multitours)	V1.1 3.062
<b>Hydraulique</b>	Commande d'équipements hydrauliques sur PROFIBUS (en partenariat avec VDMA)	V1.5 3.112
<b>SEMI</b>	Caractéristiques des équipements de fabrication de semiconducteurs sur PROFIBUS (norme SEMI).	3.152
<b>Appareillage BT</b>	Échange de données entre appareils basse tension (interrupteurs-sectionneurs, départs-moteurs...) sur PROFIBUS DP	3.122
<b>Dosage/pesage</b>	Mise en œuvre de systèmes de pesage et de dosage sur PROFIBUS DP	3.162
<b>Identification</b>	Communication entre équipements d'identification (lecteurs de codes à barres, transpondeurs)	3.142
<b>Pompes à liquides</b>	Mise en œuvre de pompes hydrauliques sur PROFIBUS DP (en partenariat avec VDMA)	3.172
<b>E/S déportées pour PA</b>	Définition d'un modèle d'équipement simplifié et de types de données différents de PROFIBUS PA (les E/S déportées occupant une place particulière dans les opérations du bus)	3.132

Tableau 8 : Les profils applicatifs métiers de PROFIBUS

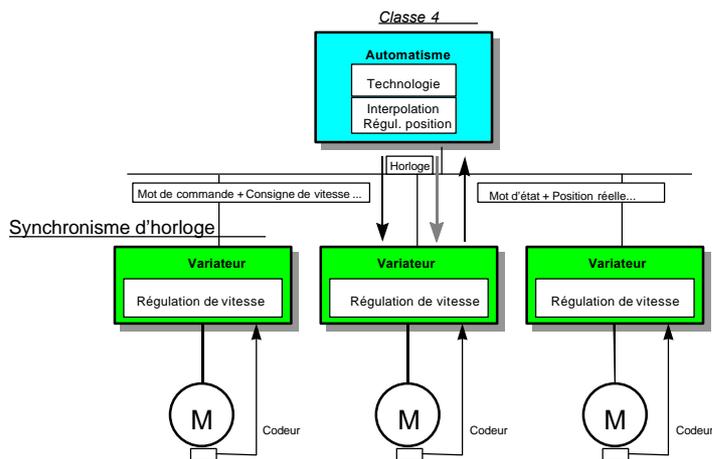


Fig. 21 : Exemple de positionnement PROFIdrive avec interpolation et régulation de position centralisées

dans le profil et définis par fonction. Tous ces paramètres dictent les performances globales de l'entraînement.

Contrairement à d'autres profils de commandes de moteurs, PROFIdrive ne définit que les mécanismes d'accès aux paramètres ainsi qu'un sous-ensemble d'une trentaine de « paramètres de profil » (tampons de défaut, variateurs, identification des équipements...).

Tous les autres paramètres (plus de 1000 pour des applications complexes), **propres aux constructeurs de variateurs**, garantissent à ces derniers un maximum de souplesse dans la mise en œuvre de la commande. Tous les paramétrages sont accessibles en mode acyclique sur la voie correspondante du protocole DP-V1.

La version 3 de PROFIdrive reprend le protocole DP-V2 dont elle exploite les innovations : communication d'esclave à esclave et mode isochrone (cf. 3.2.3).

Les deux versions de PROFIdrive font l'objet de directives consultables sur Internet (n° 3.072 pour V2 et n° 3.172 pour V3).

## 5.2 Équipements PA

De nos jours, les capteurs de process « intelligents » peuvent exécuter tout ou partie des traitements naguère centralisés dans les systèmes d'automatisme. Le profil PA définit l'ensemble des fonctionnalités et paramètres de différentes classes d'instruments

de process intervenant dans le flux de données : signaux capteur, valeur de process prétraitée (pour être lue par le système de contrôle-commande), état de la mesure. Les différentes étapes de cette chaîne de traitement sont représentées en figure 25.

Le profil PA se compose d'**exigences générales** contenant des spécifications applicables à tous les types d'appareils et de **fiches techniques d'équipement** renfermant le cahier des charges de classes d'appareils précis. La version actuelle (3.0) dispose de fiches techniques pour les équipements suivants :

- Capteurs de pression et de pression différentielle,
- Capteurs de niveau, de température et de débit,
- Entrées et sorties analogiques et TOR,
- Vannes et actionneurs,
- Analyseurs.

### Modèle de bloc

L'industrie des procédés utilise couramment des **blocs** pour décrire les caractéristiques et fonctions d'un point de mesure ou d'un traitement effectué à un niveau du contrôle-commande ; elle combine ensuite ces différents blocs pour représenter l'application. Le profil PA s'inspire de ce modèle (Fig. 22).

Il existe **trois catégories** de blocs :

#### Bloc physique (PB)

Décrit les caractéristiques de l'appareil : nom, constructeur,

version, numéro de série... Il n'y a qu'un bloc physique par appareil.

#### Bloc transducteur (TB)

Contient toutes les données de traitement d'un signal brut issu d'un capteur, avant transfert à un bloc de fonction. À défaut de traitement, ce bloc peut être omis.

Les équipements multifonctions à deux capteurs ou plus ont un nombre équivalent de blocs TB.

#### Bloc de fonction (FB)

Renferme toutes les données nécessaires au traitement final d'une mesure, avant transmission au système de contrôle-commande, ou au traitement d'un réglage avant exécution.

On distingue quatre grands blocs de fonction :

#### Entrée analogique (AI)

Fournit au système de contrôle-commande la mesure du capteur/TB.

#### Sortie analogique (AO)

Fournit à l'équipement la valeur donnée par le système de contrôle-commande.

#### Entrée TOR (DI)

Fournit au système de contrôle-commande une valeur TOR de l'équipement.

#### Sortie TOR (DO)

Fournit à l'équipement la valeur donnée par le système de contrôle-commande.

Ces blocs, intégrés dans les instruments de terrain par les constructeurs sous forme logicielle, résument toutes les fonctionnalités de l'appareil. En règle générale, plusieurs blocs interviennent dans une application ; la figure 22 en schématise la structure pour un appareil de terrain multifonction.

La chaîne de traitement d'un signal a deux maillons.

Les fonctions du premier, « conditionnement de la mesure » (correspondant aux étapes d'étalonnage, de linéarisation et de mise à l'échelle de la figure 25), relèvent des **blocs transducteurs TB** ; celles du second, « prétraitement de la mesure »

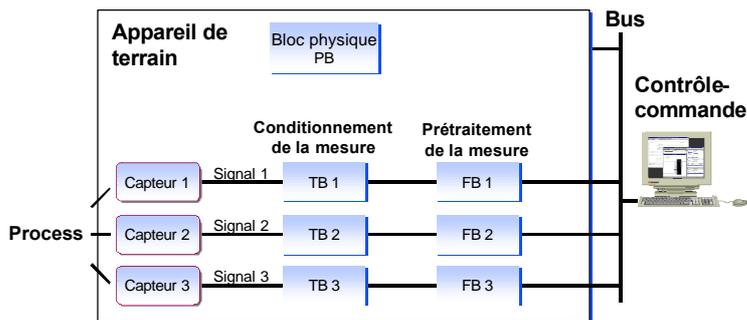


Fig. 22 : Représentation par blocs d'un appareil de terrain multifonction

(filtrage, contrôle de seuils, sécurité et choix du mode d'exploitation), incombent aux **blocs de fonction FB**.

### Quelques aspects de PA

Ce manuel ne peut donner qu'un bref aperçu des spécifications PA. Pour le détail, consultez la directive PROFIBUS n° 3.042 ou l'ouvrage « PROFIBUS PA » de Ch. Diedrich et Th. Bangemann (Oldenbourg-Industrie-verlag).

### Illustration de la chaîne de traitement du signal

Le profil PA spécifie les fonctions et paramètres de chaque étape de la chaîne de traitement (Fig. 25) : à titre d'exemple, la figure 23 et le tableau 9 donnent le détail de l'étalonnage, et la figure 24 du contrôle de seuils.

### Principe d'adressage

Les blocs sont définis par leur adresse de début et les paramètres par un index relatif dans le bloc, au choix du constructeur. Pour accéder aux paramètres, à l'aide par exemple d'une interface opérateur, la structure des blocs propres à l'appareil est stockée dans le répertoire de ce dernier.

### Paramètres batch

Pour les procédés batch, le profil PA permet de stocker plusieurs jeux de paramètres, même à la mise en service. Le procédé batch en cours bascule alors sur le jeu de paramètres qui lui est attribué, durant l'exploitation.

### Modularité

PROFIBUS fait la distinction entre équipements « compacts » et « modulaires » ; dans ce contexte, un bloc de fonction est un « module ». Le profil PA offre pour

cela tout un choix de blocs de fonction. Les équipements à modularité configurée sont décrits comme des appareils multivariables.

### Appareils multivariables

Les instruments de process traitent plusieurs variables, à l'aide par exemple de multiples capteurs ou sous forme de variables dérivées, sont aujourd'hui légion. Cette évolution se retrouve dans les blocs transducteurs qui distinguent des valeurs primaires **PV (Primary Values)** et des valeurs secondaires **SV (Secondary Values)**.

### Contrôle de seuils

Cette fonction fait partie intégrante de la chaîne de traitement reliant le système de contrôle-commande et l'appareil de terrain. Le profil PA

prévoit pour cela des mécanismes servant à signaler les dépassements de seuils d'avertissement et d'alarme (Fig. 24).

### État de la mesure

La valeur délivrée par un capteur s'accompagne d'une information d'état qui renseigne sur la qualité de la mesure. On distingue ainsi trois niveaux, **mauvais**, **incertain** et **bon**, que complète une information donnant le détail de chaque niveau de qualité.

### Sécurité

Le profil PA décrit également des caractéristiques de fonctionnement sécurisé. En cas de défaut détecté dans la chaîne de mesure, la sortie de l'équipement est fixée à une valeur paramétrable par l'utilisateur. Celui-ci a le choix entre trois types de comportement de sécurité.

Paramètre	Description
Seuil haut ( <i>LEVEL_HI</i> )	Plage de mesure du niveau de remplissage
Seuil bas ( <i>LEVEL_LO</i> )	
Étalonnage haut ( <i>CAL_POINT_HI</i> )	Partie de la plage de mesure du capteur correspondant à la plage de mesure du niveau
Étalonnage bas ( <i>CAL_POINT_LO</i> )	

Tableau 9 : Paramètres de la fonction d'étalonnage

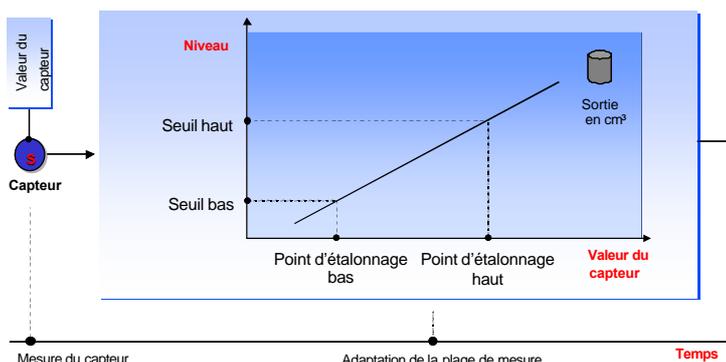


Fig. 23 : Principe de l'étalonnage

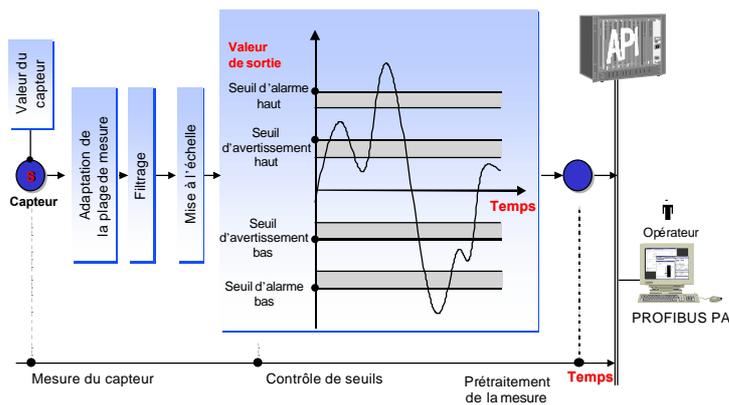


Fig. 24 : Principe du contrôle de seuils

enregistrements,...) et fonctions (accès acyclique, par exemple) des équipements choisis. C'est pourquoi elles bénéficient d'un modèle d'équipement simplifié et quantitativement limité, le but étant d'offrir un support optimal, basé sur des formats d'échanges cycliques.

### 5.3 Hydraulique

Ce profil décrit les formats d'échange et les paramètres des

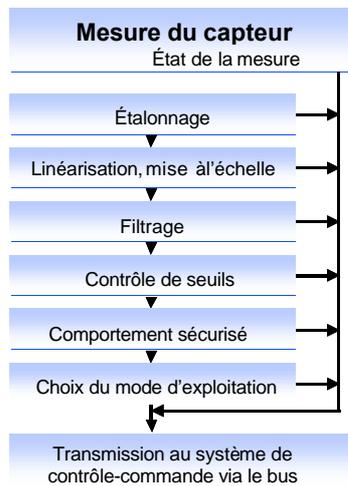


Fig. 25 : Chaîne de traitement du signal de mesure dans PA

vannes proportionnelles, pompes et entraînements hydrostatiques ; il suit de près les définitions de PROFIdrive. La fourniture de ces paramètres fait appel soit à une voie de paramétrage sur DP-V0, soit à une communication acyclique sur DP-V1.

Les détails de ce profil figurent dans la directive PROFIBUS n° 3.112.

### 5.4 Appareils SEMI

Certains types d'équipements utilisés dans l'automatisation des procédés sont aussi mis à contribution dans la fabrication des semiconducteurs : c'est le cas des pompes à vide et des débitmètres.

Aussi l'organisation sectorielle SEMI (*Semiconductor Equipment and Materials International*) a-t-elle édité une norme de communication entre équipements de fabrication de semiconducteurs (SECS, *Semiconductor Equipment Communication Standard*) à laquelle se conforme le profil applicatif SEMI de PROFIBUS.

Ce profil est divisé en 4 parties : définitions générales, régulateurs de débit massique, manomètres à vide et pompes à vide.

### 5.5 Identification

Ce profil concerne les lecteurs de codes à barres et les systèmes à transpondeur, qui exploitent pleinement les fonctionnalités de DP-V1 : la voie de transmission cyclique sert au transfert de petits volumes d'informations de commande et d'état, tandis que la voie acyclique transmet de gros volumes de données issues du lecteur ou du transpondeur. La définition de blocs de fonction standards a facilité l'usage de ces systèmes et ouvre aujourd'hui la voie à des solutions ouvertes et conformes à la normalisation internationale ISO/CEI 15962 et ISO/CEI 18000.

### 5.6 E/S déportées pour PA

En raison de leur forte modularité granulaire, les E/S déportées ont du mal à épouser le modèle « idéal » défini pour les instruments PA ; de ce fait, elles occupent une place à part dans les applications d'automatismes de process décentralisés. Qui plus est, leur sensibilité aux contraintes économiques influence beaucoup les configurations (modules, blocs,...), ressources (mémoire,

## 6. Profils systèmes

Les **profils**, nous l'avons vu, ont pour but de spécifier les caractéristiques et le comportement d'équipements et de systèmes ; ces derniers, regroupés par classes ou familles, sont alors indépendants des fournisseurs, interopérables et interchangeables sur le bus.

Dans cet esprit, les **profils maîtres** de **PROFIBUS** décrivent des classes de contrôleurs d'automatisme, chacune d'elle gérant un « sous-ensemble » donné de toutes les fonctionnalités qui peuvent caractériser un maître, à savoir :

- Communication cyclique,
- Communication acyclique,
- Diagnostic et traitement d'alarmes,
- Gestion horaire,
- Communication d'esclave à esclave et mode isochrone,
- Sécurité.

Les **profils systèmes** de **PROFIBUS** vont encore plus loin en décrivant des classes de systèmes dotés de fonctionnalités maîtres, d'éventuelles « **interfaces de programmation normalisées** » (blocs de fonction conformes CEI 61131-3, couche de sécurité et FDT) et d'« **options d'intégration** » (fichiers GSD, EDD et DTM). La figure 26 illustre les grandes plates-formes actuelles.

Dans PROFIBUS, les profils maîtres et systèmes viennent en contrepoint des profils applicatifs

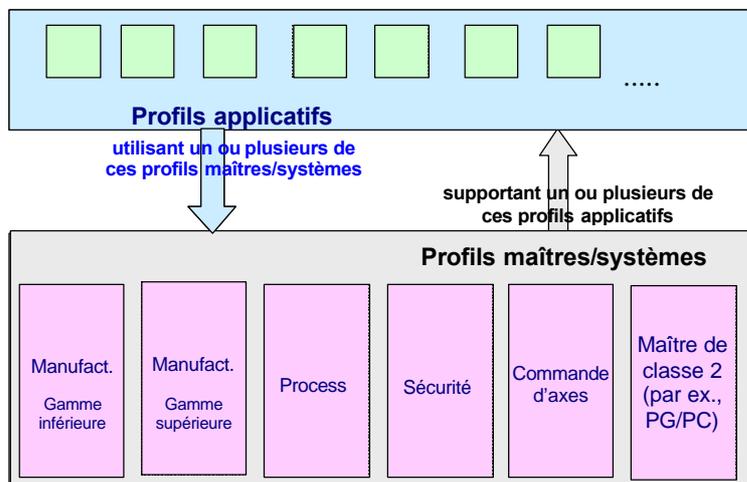


Fig. 26 : Les profils maîtres/systèmes de PROFIBUS

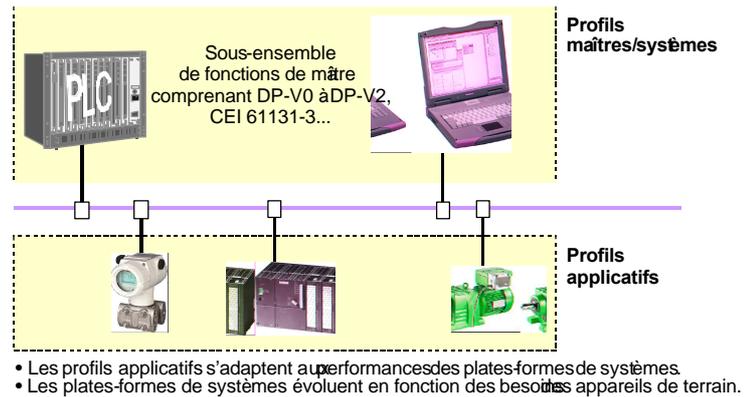


Fig. 27 : Interaction des profils systèmes et applicatifs de PROFIBUS

(Fig. 27).

En clair,

- les profils maîtres/systèmes décrivent les paramètres systèmes applicables aux appareils de terrain,
- les profils applicatifs nécessitent ces paramètres systèmes afin de simplifier leurs caractéristiques définies.

En utilisant ces profils, les **fabricants d'appareils** se concentrent sur les profils systèmes existants ou spécifiés, et les **fournisseurs de systèmes** peuvent bâtir les plates-formes nécessaires aux profils applicatifs existants ou spécifiés.

PROFIBUS compte plusieurs profils systèmes, testés et éprouvés sur le terrain (Fig. 26), qui feront bientôt l'objet de spécifications et seront suivis d'autres profils répondant aux futurs besoins de l'automatisation industrielle.

### Blocs de fonction normalisés (blocs de communication Comm FB)

Pour réaliser des profils systèmes indépendants du constructeur, il faut compléter la **plate-forme de communication** existante d'une interface de programmation d'applications (Fig. 27), à l'aide de blocs de fonction normalisés.

Si les programmeurs d'applications peuvent habituellement accéder aux données de communication cycliques (liaison MS0) par la mémoire image du processus d'un système de contrôle-commande, il n'y avait jusqu'ici aucune interface de programmation, indépendante du système, pour les données acycliques. La grande diversité des fabricants et leur offre pléthorique d'équipements font de la normalisation un impératif pour permettre aux utilisateurs d'intégrer les différents appareils de terrain sans être pour autant des spécialistes des applicatifs des divers systèmes de contrôle-commande. À cette fin, la directive « Blocs de communication et proxy suivant CEI 61138-3 » du PNO stipule des blocs de fonction, disponibles dans une « combinaison de normes » basée sur la célèbre CEI 61131-3 (langages de programmation) et les services de communication PROFIBUS de la CEI 61158.

Cette directive définit des blocs de communication pour les maîtres de classes 1 et 2, et les esclaves, de même que plusieurs fonctions auxiliaires. Les fonctionnalités techniques d'un appareil de terrain peuvent alors être désignées par une identification compacte, utilisée uniformément par tous les blocs. Ces derniers partagent également un même concept

d'affichage des erreurs dont le codage est conforme à la CEI 61158-6.

Les **constructeurs d'API** des profils et classes de systèmes correspondants intègrent ces blocs de communication standards *Comm FB* à des « bibliothèques CEI » spécifiques à chaque automate. En contrepartie, les **fabricants d'appareils de terrain** créent des blocs de fonction *Proxy FB* uniformes, exploitables par tous les systèmes de contrôle-commande.

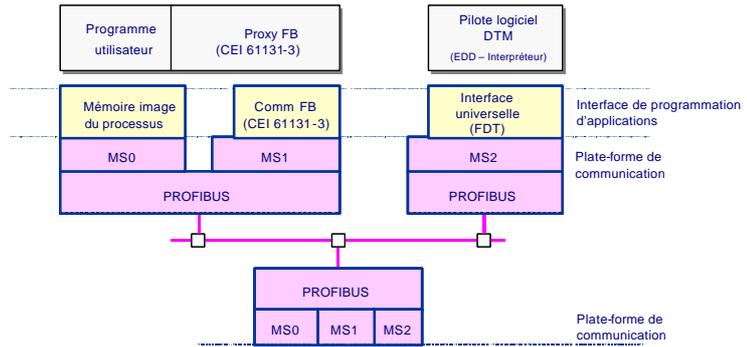


Fig. 28 : Interface de programmation d'applications

### Interface de programmation d'applications

Pour faciliter au maximum l'emploi de ces services de communication par les programmeurs d'applications, les bibliothèques de langages de programmation normalisés proposent des blocs ou des appels de fonction. Associés à l'interface FDT, les blocs de communication *Comm FB* enrichissent l'interface de programmation d'applications (Fig. 28).

### Blocs de fonction *Proxy FB*

Ces blocs représentent une fonction technique d'un équipement en fournissant tous les paramètres d'entrée et de sortie nécessaires, à l'interface du bloc. Créés généralement une fois pour toutes par les fabricants d'appareils de terrain, ils peuvent être mis en œuvre dans les systèmes de contrôle-commande des classes/profils systèmes appropriés, sans réglage particulier (Fig. 29).

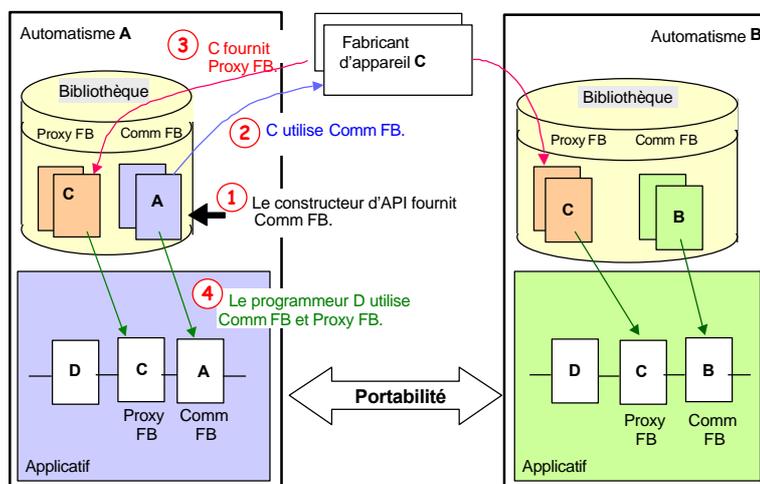


Fig. 29 : Portabilité des blocs de fonction *Comm FB* et *Proxy FB*

## 7. Gestion des équipements

De nos jours, les appareils de terrain traitent quantité d'informations et exécutent des fonctions réalisées jusqu'alors au sein d'automates et de commandes centralisés. Pour mener à bien ces tâches, les outils de mise en service, de maintenance, de programmation et de paramétrage de ces appareils exigent un **descriptif précis et exhaustif de leurs données et fonctions** : type d'applicatif, configuration, étendue et unités de mesure, valeurs par défaut, seuils, identification... Il en va de même de l'API ou du contrôleur, dont les paramètres et formats de données doivent aussi être connus (à savoir « intégrés ») pour fiabiliser les échanges avec le terrain.

Dans cette optique, PROFIBUS a mis au point plusieurs « techniques d'intégration » permettant de standardiser la gestion des équipements. Les performances de ces méthodes et outils sont optimisées pour remplir des tâches précises, ce qui permet de qualifier cette intégration d'« évolutive » ; elle fait l'objet d'une spécification de trois volumes.

Pour des raisons historiques, ce sont les fichiers **GSD** (cf. § 7.1) qui ont la faveur des industriels du manufacturier, mais le concept d'interface universelle **FDT** (§ 7.3) marque aussi des points. Le domaine du process, pour sa part, privilégie les fichiers **EDD** (§ 7.2) et le concept **FDT** (Fig. 30).

Il existe trois façons de décrire un

équipement PROFIBUS :

Les **caractéristiques de transmission** de l'appareil sont recensées dans un fichier électronique **GSD** créé par le fabricant et fourni avec l'équipement, dans un format défini. Cette méthode convient très bien aux applications simples.

Les **caractéristiques applicatives** de l'appareil sont décrites dans un langage électronique universel **EDDL** (*Electronic Device Description Language*). Il en résulte un fichier **EDD** émanant lui aussi du fabricant. Basée sur un interpréteur, cette méthode a fait ses preuves dans les applications de moyenne complexité.

Dernière solution, cette fois adaptée aux **tâches complexes** : toutes les spécificités de l'équipement (interface utilisateur de paramétrage, diagnostic...) sont rassemblées dans un gestionnaire de type d'équipement **DTM** (*Device Type Manager*) qui sert de « **pilote logiciel** » de l'équipement, par rapport à l'interface normalisée **FDT** résidant dans l'outil d'ingénierie ou le système de contrôle-commande.

### 7.1 Fichiers GSD

Ce fichier texte ASCII contient à la fois les généralités et les spécificités de transmission de l'appareil de terrain. Chacune de ses entrées en décrit une caractéristique. À l'aide de mots clés, un outil de configuration extrait du fichier GSD l'identification de l'équipement, ses paramètres réglables, le type de

données correspondant et les seuils autorisés. On distingue des mots clés **obligatoires** (par ex., fournisseur *Vendor\_Name*) et des mots clés **facultatifs** (synchronisation *Sync\_Mode\_supported*). Le fichier GSD remplace le traditionnel manuel technique et effectue des contrôles de saisie et de cohérence automatiques, même en phase de configuration.

### Structure

Un fichier GSD comporte trois volets :

### Spécifications générales

Elles mentionnent le nom du fournisseur, la désignation des équipements, les versions matérielle et logicielle, les débits acceptés, la durée des intervalles de surveillance et l'affectation des signaux sur le connecteur de bus.

### Spécifications maîtres

Réservées aux maîtres, elles recensent tous leurs paramètres : nombre maxi d'esclaves raccordables, possibilités de téléchargement.

### Spécifications esclaves

Elles énumèrent toutes les spécificités des esclaves : nombre et type de voies d'E/S, définition des messages de diagnostic et description des constituants d'une machine modulaire.

Il est possible d'y insérer des fichiers en mode point contenant les symboles des équipements. Le format du GSD garantit une grande souplesse d'exploitation : constitué de listes (par ex., débits supportés par l'équipement), il ménage assez de place pour décrire les éléments constitutifs d'un appareil modulaire. Les messages de diagnostic peuvent aussi s'accompagner de textes en clair.

Deux cas d'exploitation du fichier GSD se présentent, selon qu'il concerne

- des équipements compacts dont la configuration est connue à la livraison : ce GSD peut être entièrement créé par le fabricant,
- des équipements modulaires dont la configuration n'est pas

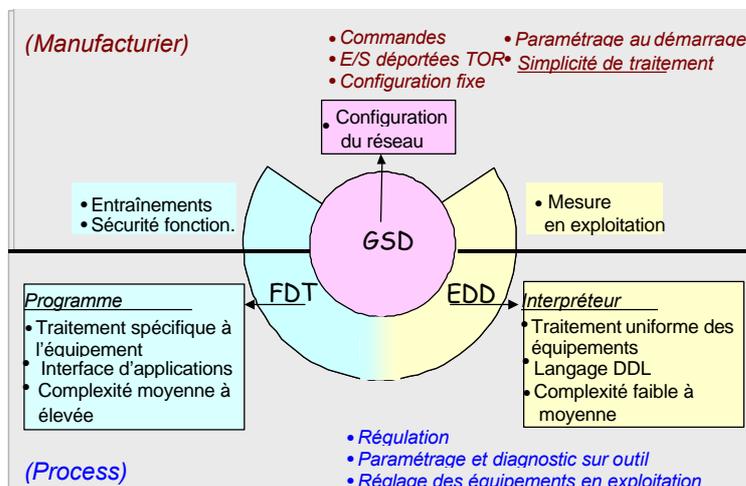


Fig. 30 : Les techniques d'intégration de PROFIBUS

figée à la livraison : l'utilisateur doit alors utiliser le configurateur pour élaborer le GSD en fonction de la configuration réelle du module.

En lisant le fichier GSD d'un configurateur PROFIBUS, l'utilisateur peut faire un usage optimal des caractéristiques de communication de l'équipement.

### Pièce maîtresse de la certification

Les fabricants d'appareils sont responsables du contenu et de la qualité de leurs fichiers GSD. La présentation d'un « profil GSD » (renseignant sur le profil d'une famille de produits) ou d'un fichier GSD individuel, spécifique au matériel, est indispensable à la certification de l'équipement.

### Assistance PROFIBUS

Pour faciliter la création et la vérification de ces fichiers GSD, les fabricants peuvent télécharger un éditeur/contrôleur spécial depuis le site [www.profibus.com](http://www.profibus.com).

Les formats de fichiers GSD sont précisés dans la directive PROFIBUS n° 2.122.

### Perspectives d'évolution

Les nouvelles fonctions de communication de PROFIBUS sont en permanence intégrées dans les fichiers GSD par le PNO : ainsi, les mots clés de DP-V1 sont pris en compte dans la révision 3 et ceux de DP-V2, dans la révision 4.

### Identification de l'équipement

Chaque esclave PROFIBUS ou maître DPM1 doit avoir un **numéro d'identification** ; cette règle d'or permet au maître d'identifier les types d'équipement présents sur le bus, sans alourdir la charge de traitement du protocole. Le maître compare ce numéro à celui figurant dans la configuration. Le transfert des données utilisateur ne peut débuter tant que le bon type d'équipement et la bonne adresse de station ne sont pas raccordés au bus. Cette précaution vise à protéger au mieux le système de toute erreur de configuration.

Pour chaque type d'appareil, les fabricants doivent demander ce numéro au PNO qui en assure l'attribution et la gestion. Les

formulaire correspondants peuvent être obtenus auprès de n'importe quelle antenne régionale du PNO ou sur le site [www.profibus.com](http://www.profibus.com).

### Identification du profil

Des numéros d'identification génériques ont été réservés à l'instrumentation de process (9700h à 977Fh) et aux entraînements (3A00h à 3AFFh). Tous les appareils de terrain rigoureusement conformes aux définitions de la version 3.0 (ou supérieure) du profil Équipements PA ou de la version 3 de PROFIdrive peuvent être numérotés dans ces plages. La définition de ces numéros d'identification de profil renforce l'interchangeabilité des appareils. Le choix du numéro à utiliser pour identifier l'équipement concerné dépend de plusieurs facteurs comme le type et le nombre de blocs de fonction existants pour le profil PA. Le numéro 9760H est réservé aux instruments PA multivariables à plusieurs blocs de fonction. De même, la désignation de leurs fichiers GSD obéit à des règles strictes, reprises en détail dans le profil PA.

Le premier numéro d'identification de PROFIdrive (3A00h) sert à vérifier, lors de l'établissement de la liaison DP-V1, que maître et esclave utilisent le même profil. Les esclaves qui acquittent cet identifiant acceptent la voie de paramétrage de DP-V1 décrite dans PROFIdrive. Les autres numéros servent à repérer les fichiers GSD indépendants du fournisseur pour permettre l'interchangeabilité des équipements multisources sans avoir à reconfigurer le bus. Par exemple, le mode VIK-NAMUR et son fichier GSD PROFIdrive sont définis comme un composant de PROFIdrive pour l'industrie chimique.

### 7.2 Fichiers EDD

Le fichier GSD ne convenant pas à la description des paramètres et fonctions **applicatifs** (configuration, étendue et unités de mesure, valeurs par défaut...) d'un appareil de terrain, il a fallu développer un langage de description électronique d'équipement plus puissant et universel, **EDDL** (*Electronic Device*

*Description Language*) ; celui-ci recense avant tout l'ensemble des fonctionnalités de l'équipement, auxquelles s'ajoutent des mécanismes pour

- intégrer les descriptions de profils existants dans le descriptif de l'équipement,
- permettre des renvois aux objets existants de façon à ne décrire que les suppléments,
- autoriser l'accès aux dictionnaires standards,
- attribuer une description à un équipement.

Grâce à EDDL, tout fabricant peut créer le **fichier EDD** de son matériel et, à l'image de GSD, fournir ainsi les informations correspondantes à l'outil d'ingénierie, puis au système de contrôle-commande.

### Portée

Le fichier EDD est une source d'information très polyvalente et fort utile à nombre d'activités, comme par exemple

- l'ingénierie,
- la mise en service,
- l'exploitation,
- la gestion des actifs industriels,
- la documentation et le commerce électronique.

### Avantages

Le fichier EDD multiplie les avantages tant pour l'utilisateur que pour le fabricant.

Côté **utilisateur**, son interface unifiée est synonyme

- de réduction des dépenses de formation,
- de fiabilité opérationnelle,
- d'universalité (un seul outil pour toutes les applications),
- de validation des saisies.

Côté **fabricant**, l'édition d'un fichier EDD, d'emblée très facile et économique,

- ne nécessite aucune connaissance particulière en développement,
- s'appuie sur l'existant (fichiers EDD et bibliothèques de textes),
- s'adapte à tous les équipements, du plus simple au plus complexe.

Évolutif et indépendant des systèmes d'exploitation, le fichier EDD pérennise les investissements de l'utilisateur comme du fabricant.

### Perspectives d'évolution

À l'instar du GSD, le langage EDDL sera amené à évoluer pour prendre en compte les progrès des équipements. Les travaux en cours s'orientent vers une spécification unique portant sur la sémantique dynamique et la description d'esclaves modulaires.

La spécification EDDL, partie intégrante de la norme internationale CEI 61804, est incluse dans la directive PROFIBUS n° 2.152.

### 7.3 Concept FDT/DTM

Les langages de description utilisés jusqu'ici pour la configuration et le paramétrage des appareils ont leurs limites. Ce constat se confirme lorsqu'il faut, par exemple,

- mettre à la disposition de l'opérateur les caractéristiques complexes, hors normes, d'équipements de terrain intelligents (fonctions de diagnostic),
- supporter des procédures de maintenance ou assurer des fonctions de maintenance préventive, comme c'est le cas dans le domaine de l'optimisation des actifs industriels,
- « encapsuler » dans le logiciel l'exploitation des équipements (sécurité, étalonnage).

Ces tâches complexes nécessitent un outil auxiliaire permettant d'une part aux fabricants d'appareils de fournir à leurs utilisateurs les caractéristiques étendues et très précises des appareils de terrain, sous une forme standardisée, d'autre part aux constructeurs d'automatismes d'intégrer ces caractéristiques au système de contrôle-commande au travers d'interfaces normalisées.

Pour répondre à ces exigences, un groupe de travail du PNO et de la ZVEI (*Central association for the electrical industry*) ont développé et diffusé un nouveau concept d'interface de développement universelle et indépendante du bus

de terrain, baptisée « FDT » (Fig. 31).

### FDT (*Field Device Tool*)

Cette universalité offre la possibilité d'implémenter les composants logiciels créés pour l'occasion sur toutes les plates-formes d'ingénierie et d'intégration des systèmes d'automatisme équipés de l'interface.

La spécification FDT utilisée aujourd'hui est la version 1.2, contenue dans la directive PROFIBUS n° 2.162.

### DTM (*Device Type Manager*)

Les spécificités, fonctions et dialogues utilisateur nécessaires au paramétrage, à la configuration, au diagnostic et à la maintenance d'un équipement se retrouvent dans un **pilote logiciel « DTM »** intégré à l'outil d'ingénierie ou au système de contrôle-commande par l'interface FDT. Ce pilote utilise la fonction de routage de l'outil d'ingénierie pour dialoguer avec tous les appareils communicants de l'installation. Il en exploite également le gestionnaire des différentes composantes et versions du projet d'automatisme. Tel un pilote d'imprimante qu'il faut installer sur son PC, le DTM appartient à l'équipement et est inclus dans la fourniture du fabricant.

### Création

Ce pilote peut être généré de plusieurs manières :

- Programmation spéciale dans un langage évolué,
- Réutilisation de composants ou d'outils existants encapsulés dans DTM,
- Création à partir d'une description d'équipement existante à l'aide d'un compilateur ou d'un interpréteur,
- Emploi du kit DTM de MS Visual Basic.

Les pilotes DTM permettent d'accéder directement aux appareils de terrain aux fins d'étude, de diagnostic et de maintenance, à partir d'une station d'ingénierie centralisée. Précisons que le DTM n'est pas un outil autonome, mais un composant ActiveX aux interfaces définies.

### Avantages

Indépendant du protocole de communication, le couple FDT/DTM et sa représentation des fonctionnalités de l'équipement sous forme de composants logiciels offrent à l'utilisateur de nouvelles perspectives d'intérêt. Il procure des options d'intégration là où elles sont les plus utiles (ingénierie, maintenance et gestion d'actifs) et s'affranchit des techniques de transmission des différents bus de terrain et de l'environnement de développement propriétaire des systèmes d'automatisme. L'interface unifiée FDT préfigure l'ère de l'intégration totale des outils et méthodes régissant l'édifice industriel, de l'atelier à la direction.

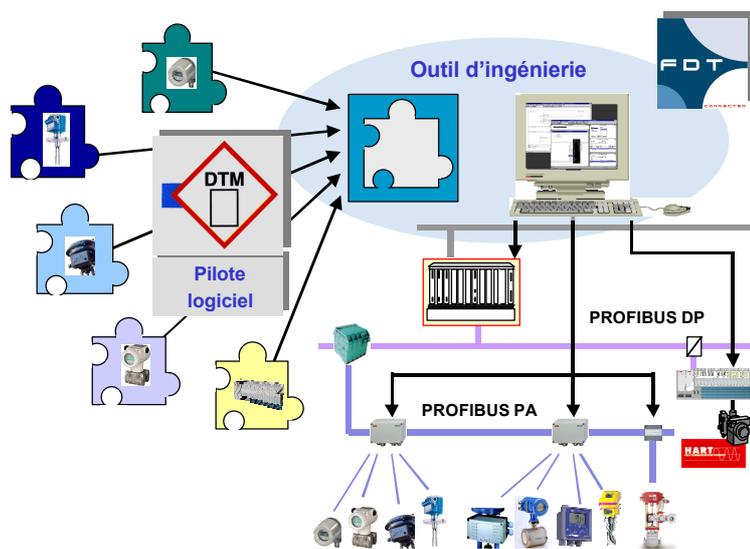


Fig. 31 : Le couple FDT/DTM

## 8. Certification des équipements

Pour permettre aux équipements PROFIBUS de différents types et constructeurs de parfaitement assurer leurs tâches d'automatisation, il est impératif de garantir des échanges « zéro défaut » sur le bus. Cela exige des constructeurs le strict respect du protocole de communication et des profils applicatifs de PROFIBUS.

Dans cette optique, le PNO a mis au point une **procédure de certification** qui débouche, pour les équipements ayant réussi les tests, sur la délivrance d'un certificat fondé sur un compte-rendu d'essais.

La certification a pour objet de garantir à l'utilisateur l'interopérabilité, en toute sécurité, des équipements multiconstructeurs présents sur un même réseau. Elle s'obtient après avoir soumis l'équipement à une batterie de tests en laboratoire qui vise à déceler et à corriger, avant son utilisation en situation réelle, les erreurs d'interprétation des normes qui ont pu être commises en phase de développement. L'interopérabilité de l'équipement avec d'autres appareils certifiés est également vérifiée. En cas de résultats positifs, le certificat peut être demandé au PNO.

Cette certification (Fig. 32) s'appuie sur la norme EN 45000 qui impose l'accréditation par le PNO de laboratoires d'essai agissant en parfaite indépendance des constructeurs et seuls habilités à effectuer ces tests.

Les procédures d'essai et de certification sont définies par trois directives PROFIBUS : n° 2.032 pour les esclaves DP, n° 2.062 pour les instruments de terrain PA et n° 2.072 pour le maître DP.

### 8.1 Procédure d'essai

Il existe deux préalables aux essais : le numéro d'identification de l'équipement et son fichier de description GSD ou, le cas échéant, EDD.

La procédure d'essai, commune à tous les laboratoires, comporte plusieurs parties :

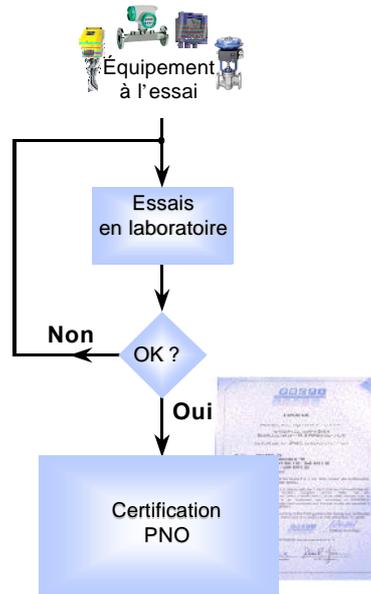


Fig. 32 : Procédure de certification d'un équipement

Le **contrôle GSD/EDD** vérifie la conformité de ces fichiers à la spécification.

Le **test matériel** vérifie la conformité des caractéristiques électriques de l'interface PROFIBUS aux prescriptions : résistances de terminaison, adéquation des pilotes et autres modules, qualité de la ligne.

Le **test fonctionnel** étudie l'accès au bus, le protocole de communication et les fonctionnalités de l'équipement d'essai. Le fichier GSD sert à paramétrer et à personnaliser le système de test. On utilise la procédure de la « boîte noire » qui ne nécessite aucune connaissance de la structure interne de l'implémentation. Les réactions de l'équipement testé et ses performances temporelles sont enregistrées sur le contrôleur de bus. Si nécessaire, les sorties de l'équipement sont également surveillées et consignées.

Le **test de conformité**, rouage essentiel de la procédure d'essai, vérifie que la mise en œuvre du protocole respecte la norme. Il revêt plusieurs formes :

**Machine d'états** : représentation du protocole PROFIBUS sous la forme d'une machine d'états, dont toutes les transitions, visibles de l'extérieur, sont testées. Le

comportement théorique de l'appareil est décomposé en séquences programmables, puis son comportement réel est analysé et comparé au comportement théorique. Enfin, les résultats sont consignés dans un dossier de protocole.

**Comportement sur défaut** : simulation des défauts du bus (coupure de transmission, courts-circuits de la ligne de bus et défaut d'alimentation)

**Adressage** : appel de l'équipement à trois adresses arbitraires de la plage d'adressage et vérification de son fonctionnement

**Diagnostic** : contrôle de concordance entre les données de diagnostic et l'entrée du fichier GSD ainsi que la norme (par déclenchement externe du diagnostic)

**Mixité** : vérification du fonctionnement des esclaves mixtes coopérant avec un maître FMS et DP

**Interopérabilité** : vérification de l'interopérabilité de l'équipement d'essai avec les appareils PROFIBUS d'autres marques, dans un environnement multiconstructeur. Sont ainsi contrôlées la continuité de fonctionnement du site lorsqu'on lui ajoute l'équipement à tester, et l'exploitation multimaître.

Chacune de ces étapes est soigneusement documentée, les enregistrements correspondants étant remis au constructeur et au PNO. Le compte-rendu d'essai est indispensable à la délivrance du certificat.

### 8.2 Certificat de conformité

Si ces essais s'avèrent tous positifs, le constructeur adresse une demande de certificat au PNO. Chaque appareil certifié reçoit alors un numéro de certification. Ce certificat a une durée de validité de 3 ans qui peut être prolongée après un nouveau contrôle.

Vous trouverez les coordonnées des laboratoires d'essai sur le site [www.profibus.com](http://www.profibus.com).

## 9. Implémentation

Ce chapitre explique la mise en œuvre du protocole de communication et des interfaces PROFIBUS dans les automatismes et appareils de terrain.

PROFIBUS propose à cette fin un vaste catalogue de composants et d'outils standards (ASIC et piles PROFIBUS, outils de contrôle et de mise en service), ainsi que des services permettant d'optimiser, au meilleur coût, la tâche de développement des constructeurs. Le catalogue produits du PNO (consultable sur le site [www.profibus.com](http://www.profibus.com)) offre un tour d'horizon complet des composants PROFIBUS. Pour un complément d'informations, reportez-vous à la documentation technique ; pour des conseils avisés, contactez l'un des centres de compétence PROFIBUS.

Lorsqu'il s'agit de mettre en œuvre une interface PROFIBUS, il importe de souligner que la certification porte sur l'équipement global. Les composants classiques échappent à cette procédure et ne garantissent donc pas la conformité du produit final ; néanmoins, leur qualité contribue pour beaucoup à la réussite de la certification des appareils.

### 9.1 Composants classiques

#### Modules d'interface

Un module d'interface complet PROFIBUS est idéal pour les petites ou moyennes applications. Au format carte de crédit, il se greffe à la carte mère de l'équipement et exécute l'intégralité du protocole.

#### Puces de protocole

Pour les gros sites équipés d'une multitude d'appareils, la solution préconisée est une implémentation individuelle de PROFIBUS, à l'aide de composants du commerce tels que :

- des **puces simples** intégrant toutes les fonctions du protocole, sans contrôleur supplémentaire,

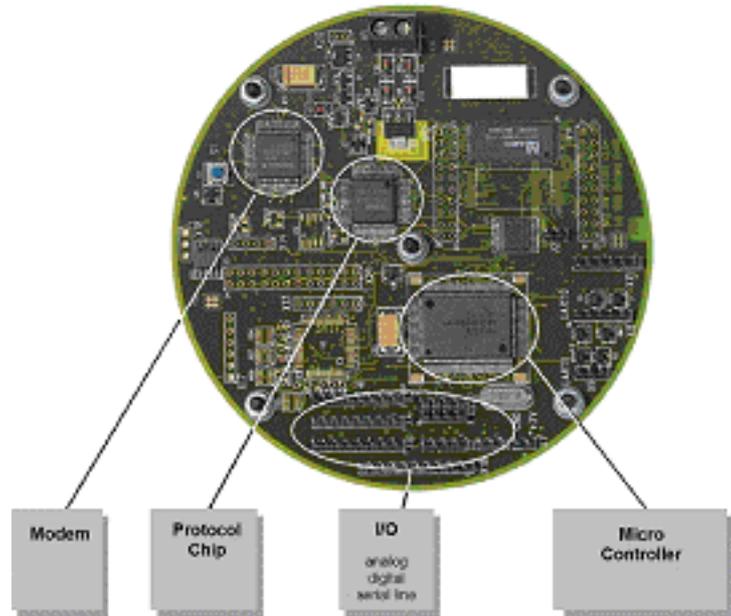


Fig. 33 : Exemple de réalisation d'un esclave PROFIBUS

- des **puces de communication** mettant en œuvre tout ou partie du protocole, moyennant un contrôleur supplémentaire,
- des **puces de protocole** avec microcontrôleur intégré.

Notons que le choix du composant dépend beaucoup de la complexité de l'appareil de terrain et de ses exigences en termes de performances et de fonctionnalités. Voici quelques exemples de réalisation :

#### Esclaves simples

Pour des équipements d'E/S simples, l'idéal est d'utiliser des ASIC regroupant toutes les fonctions du protocole sur une puce unique, sans microprocesseur ni logiciel supplémentaire. Seuls composants externes nécessaires : le pilote d'interface de bus, l'horloge à quartz et l'électronique de puissance.

#### Esclaves intelligents

Dans ce cas, les parties essentielles de la couche 2 de PROFIBUS sont implémentées sur une puce de protocole, le reste étant réalisé sous forme logicielle sur un microcontrôleur. Les ASIC du commerce intègrent pour la plupart toutes les composantes cycliques du protocole,

responsables des transmissions à temps critique.

On peut aussi utiliser des puces de protocole avec contrôleurs interprétés, qui se chargent de la partie du protocole destinée au transfert d'informations moins urgentes.

Ces ASIC offrent une interface universelle, exploitable avec les microcontrôleurs du commerce. Des microprocesseurs intégrant un noyau PROFIBUS sont une autre possibilité.

#### Maîtres complexes

Là encore, les parties temps critique de PROFIBUS résident sur une puce de protocole, le reste étant réalisé sous forme logicielle sur un microcontrôleur. Il existe pour cela plusieurs ASIC de différents fournisseurs, combinables à de nombreux microprocesseurs du commerce.

Le site Internet de PROFIBUS édite un panorama complet des puces de protocole. Pour en savoir plus, contactez directement les fournisseurs.

#### Piles PROFIBUS

De nos jours, il n'est pas rare que les puces et les piles protocolaires PROFIBUS proviennent de fournisseurs différents ; cette

---

diversité entraîne à son tour une multitude de solutions.

Partant de là on peut développer des produits performants et économiques se pliant aux spécificités d'une application, dans la droite ligne des engagements du PNO. Cela prouve également l'ouverture et les capacités multisources de PROFIBUS qui ne se limitent pas aux spécifications mais concernent aussi la mise en œuvre des produits.

Rares sont les solutions logicielles « pures », en raison de leur rapport prix/performance défavorable, comparé aux réalisations sur puce. Elles sont réservées à des applications particulières.

Le site Internet de PROFIBUS publie un tour d'horizon des piles PROFIBUS du commerce. Toutefois, n'hésitez pas à vous renseigner auprès des fournisseurs pour en savoir plus.

## 9.2 Interfaces

### Transmission MBP

La mise en œuvre d'appareils de terrain alimentés par le bus sur une liaison MBP impose de donner la priorité à la faible consommation. En règle générale, il faut se contenter d'un courant de 10-15 mA pour tout l'appareil, sans oublier l'interface de bus et l'instrumentation électronique.

Ces exigences sont satisfaites par des puces modem spéciales qui tirent de la liaison MBP toute l'énergie nécessaire à l'ensemble de l'équipement et alimentent ses autres composants électroniques. Parallèlement, les signaux TOR de la puce de protocole raccordée sont convertis en signal de bus de la liaison MBP, modulé sur l'alimentation. Une configuration type est illustrée en figure 33.

Pour en savoir plus sur la connexion des équipements PROFIBUS sur MBP, consultez la directive PNO n° 2.092.

### Transmission RS 485

Pour les équipements de terrain ne pouvant pas être alimentés par le bus, la solution est l'interface classique RS 485. De plus, ce choix est gage de souplesse

puisque l'appareil peut ensuite être relié à un segment PROFIBUS DP sans coupleur ni *link*.

L'interface RS 485 offre bien des avantages : faible coût, robustesse et débits de 9,6 kbit/s à 12 Mbit/s, sans la moindre modification.

Elle s'est étoffée d'une version à sécurité intrinsèque, la RS 485-IS.

Nombreux sont les offreurs de modules RS 485, qui ont aujourd'hui fait leur preuve dans des millions d'applications.

## 10. PROFINet

PROFINet est une nouvelle spécification qui s'inscrit dans l'évolution de l'automatisation industrielle vers des solutions réparties mettant en jeu des machines et des installations modulaires et réutilisables, pourvues d'une intelligence programmable. Par sa conception globale et homogène (modèle uniforme pour l'ingénierie, l'exploitation et la migration vers d'autres architectures de communication comme PROFIBUS et OPC), PROFINet répond à merveille aux besoins fondamentaux des technologies d'automatisation, à savoir :

- des communications cohérentes, de la production au niveau gestion de l'entreprise, sur Ethernet,
- un modèle d'ingénierie non propriétaire et adapté à l'ensemble de l'usine pour couvrir toutes les facettes du paysage industriel,
- l'ouverture à d'autres systèmes,
- l'adoption des standards informatiques,
- une intégration transparente aux segments PROFIBUS.

**Logiciel source** indépendant du système d'exploitation, PROFINet revêt la forme d'une **spécification** qui en décrit tous les aspects : modèle orienté composants, mécanismes de communication standardisés, concept de « suppléant » (*proxy*) et ingénierie indépendante des constructeurs. Le logiciel PROFINet couvre toutes les communications de l'installation. Cette association de spécification et de code source permet l'intégration simple et performante de PROFINet dans un large éventail d'environnements d'exploitation. Le choix d'un logiciel source sur lequel sont bâties toutes les implémentations de produits est une remarquable façon d'assurer la cohérence de l'interface PROFINet dans les produits et de minimiser les problèmes d'interopérabilité.

### 10.1 Modèle d'ingénierie PROFINet

Pour faciliter la configuration d'un système PROFINet, PROFIBUS a adopté une ingénierie indépendante des constructeurs,

### Les composants de PROFINet

PROFINet utilise les avantages de la technologie des composants « objet », bien établie en informatique, pour en transposer le principe dans les applications d'automatisation. Les machines, installations et leurs constituants sont scindés en « modules technologiques » autonomes, dotés chacun de caractéristiques mécaniques, électriques et électroniques, et d'un logiciel d'application. Les fonctionnalités du module sont encapsulées dans des composants PROFINet, accessibles par des « interfaces » universellement définies. Il est possible de combiner ces composants par leurs interfaces, sur une base modulaire, puis de les interconnecter à l'application.

Dans ce contexte, un « composant » est une unité logicielle encapsulée et réutilisable. PROFINet mise à cette fin sur le modèle COM (*Component Object Model*) de Microsoft, standard de l'informatique, et sa version applications distribuées DCOM. Tous les objets d'un réseau sont alors égaux et, en apparence, identiques.

Cette répartition de l'intelligence permet la conception modulaire d'installations et de machines, tout en assurant la réutilisabilité de leurs constituants.

qui revêt la forme d'un modèle objet permettant le développement d'outils de configuration ainsi que la spécification d'extensions fonctionnelles « sur mesure », propres aux constructeurs.

Ce modèle fait une distinction entre la **programmation** de la logique de commande dans chaque module technologique et la **configuration technologique** de l'installation globale.

La programmation et le paramétrage de chaque appareil s'effectuent comme auparavant avec les outils de différents constructeurs. Le logiciel ainsi créé est ensuite « encapsulé » dans un composant PROFINet au moyen d'une interface d'édition de composants, elle aussi intégrée à l'outil de configuration. Celle-ci décrit le composant logiciel sous la forme d'un fichier XML dont la structure et le contenu sont

spécifiés dans le modèle d'ingénierie PROFINet.

Reste à configurer l'installation en connectant les divers composants PROFINet à l'application, avec l'outil d'ingénierie PROFINet qui joue le rôle d'« éditeur de connexions » : les composants PROFINet lui sont transmis par importation des fichiers XML, l'utilisateur n'ayant plus qu'à interconnecter les composants par simple tracé de lignes graphiques. Cela permet de combiner les applications distribuées de différents constructeurs pour former une application globale (Fig. 34). Avantage décisif, la programmation disparaît totalement, les relations entre composants étant désormais établies sur des lignes ou « interconnexions graphiques ».

Un simple clic de souris suffit

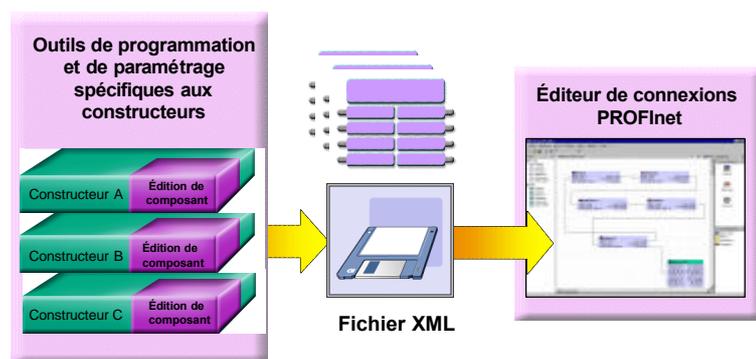


Fig. 34 : Création et interconnexion des composants logiciels

ensuite à télécharger cette information dans l'appareil. Chaque participant du bus connaît alors ses partenaires et relations de communication, ainsi que les données à échanger.

## 10.2 Modèle de communication PROFINet

Le modèle de communication PROFINet définit un standard non propriétaire pour les échanges sur Ethernet avec des mécanismes informatiques de grande diffusion. Il s'appuie sur les standards les plus répandus du monde PC, TCP/IP et COM/DCOM, offrant ainsi un passage direct de la bureautique au niveau automatisé, à la base de toute intégration verticale.

Sous PROFINet, le protocole filaire DCOM (associé aux standards ci-après) définit l'échange de données entre composants de constructeurs différents sur Ethernet. Il s'accompagne également de mécanismes de communication optimisés pour les applications ayant des exigences strictes en matière de temps réel.

Les appareils PROFINet sur Ethernet ont besoin des mécanismes de communication conformes au standard PROFINet (Fig. 35). La connectique nécessaire au raccordement sur Ethernet bénéficie de protections IP 20 et IP65/67.

## 10.3 Modèle d'intégration PROFIBUS/Ethernet

L'intégration des segments PROFIBUS à Ethernet fait appel à un appareil PROFINet possédant la

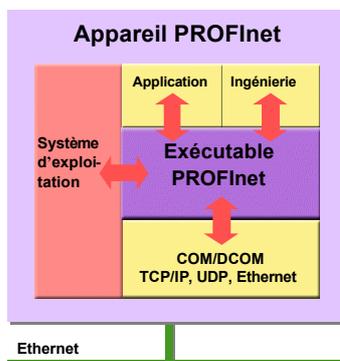


Fig. 35 : Structure d'un appareil PROFINet

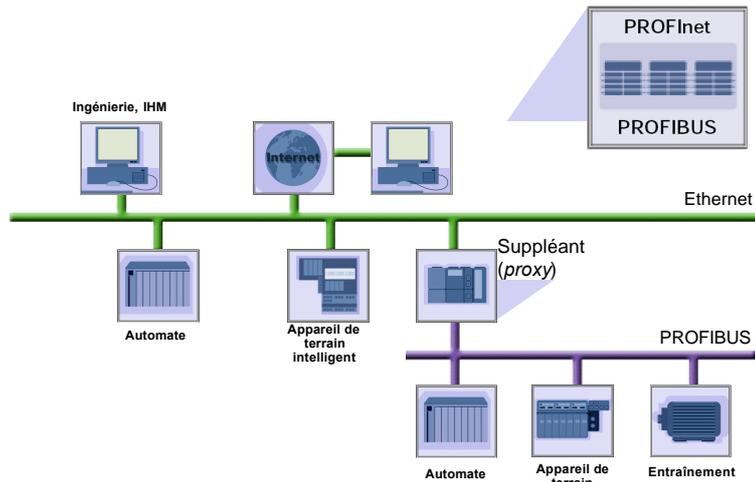


Fig. 36 : Modèle PROFINet de communication transversale via PROFIBUS et Ethernet

fonctionnalité proxy (Fig. 36). Ce proxy fait office de suppléant pour tous les appareils raccordés à PROFIBUS. Que ce soit pour reconstruire ou étendre une installation, toute la gamme de produits PROFIBUS, PROFIdrive et PROFIsafe est réutilisable sans la moindre adaptation : l'idéal pour pérenniser vos investissements ! La fonction proxy permet aussi d'intégrer l'existant à d'autres bus de terrain.

## 10.4 XML

**XML (EXtensible Markup Language)** est un langage de description de données souple et évolutif, basé sur un simple code ASCII. Les documents XML peuvent s'échanger de multiples façons, par exemple, sur disquette ou par messagerie électronique TCP/IP ou HTTP sur l'Internet.

XML a son importance en automatisation, notamment pour les descriptions de paramètres dans FDT. Format d'importation et d'exportation universel des paramètres de terrain, il constitue le levier par excellence de l'intégration verticale de toute l'entreprise, indépendamment du système d'exploitation mis en œuvre.

## 10.5 OPC et OPC DX

OPC est une interface standard ouverte, développée en 1996 pour accéder aux applications Windows en automatisation industrielle. Bâtie sur le modèle DCOM de Microsoft, elle permet à l'utilisateur de choisir et d'interconnecter en toute liberté les meilleurs

composants pour une application donnée, sans se soucier du constructeur, ni de la programmation.

Depuis 2000, données et services OPC sont codés en XML, ce qui permet des échanges entre plateformes autres que Windows par le biais de documents lisibles en XML.

**OPC DX (Data EXchange)**, développé par la fondation OPC pour l'échange de données entre serveurs sur Ethernet, vise à devenir LE protocole de communication industrielle non critique entre produits d'automatisme de fournisseurs et types différents (API, SNCC, PC).

Extension de la spécification OPC **DA (Data Access)**, OPC DX définit en parallèle une interface de développement pour configurer les systèmes raccordés. Contrairement à PROFINet, OPC DX n'est pas une technologie objet, mais est orienté « étiquette », les constituants d'automatisme n'étant pas traités comme des objets COM, mais des noms (étiquettes).

OPC DX permet donc de connecter les différents systèmes d'automatisme d'un site, sur Ethernet. L'accès au niveau terrain reste toutefois impossible ; OPC DX n'a donc aucun impact sur les bus existants et PROFINet.

## 11. PROFIBUS International

Pour assurer la promotion, le développement technique et la suprématie commerciale de PROFIBUS, il faut pouvoir compter sur un ardent défenseur de l'ouverture et sur une plate-forme de travail indépendante des constructeurs : telle est la vocation depuis 1989 du PNO, association sans but lucratif rassemblant toute la communauté PROFIBUS (constructeurs, utilisateurs et instituts de recherche). Le PNO est à son tour membre de **PROFIBUS International (PI)**, fondé en 1995, qui peut aujourd'hui se prévaloir de quelque 23 antennes régionales « **RPA** » (*Regional PROFIBUS Associations*) et de plus de 1100 membres, notamment aux USA, en Chine et au Japon. L'ensemble forme la plus grande organisation mondiale vouée aux communications industrielles (Fig. 38).

Les RPA organisent des manifestations et des journées d'information tout en veillant à ce que les nouvelles exigences du marché soient honorées par les développements futurs de PROFIBUS.

### Missions

PI a pour principales tâches :

- le suivi et le développement de la technologie PROFIBUS,
- la promotion et l'utilisation mondiales de PROFIBUS,
- la protection des investissements des



utilisateurs et des constructeurs, grâce à sa participation active aux travaux de normalisation,

- la défense des intérêts de ses membres au sein des instances normatives,
- l'assistance technique mondiale des entreprises ralliées à PROFIBUS, par le biais de centres de compétence,
- l'assurance qualité par la certification des équipements PROFIBUS.

### Organisation

C'est PROFIBUS Allemagne et, plus particulièrement, son comité consultatif qui préside au développement de la technologie PROFIBUS. Cette tâche est confiée à 5 comités techniques (**TC**) relayés par plus de 35 groupes de travail permanents (**WG**), auxquels s'ajoute un nombre variable de groupes de travail *ad hoc* chargés de missions précises et ponctuelles. Ces WG mobilisent plus de 300 experts pour établir les spécifications et profils PROFIBUS, définir les procédures d'assurance qualité et de normalisation, travailler au sein de commissions de normalisation et conduire des actions marketing (salons professionnels, présentations) favorisant l'essor de PROFIBUS. Le centre de support PI coordonne

toutes les manifestations en cours.

### Membres

Toutes les sociétés, associations, instituts de recherche et individus soucieux d'apporter leur pierre à l'édifice PROFIBUS peuvent adhérer au PNO. Les efforts consentis par ses membres, souvent d'horizons très différents (notamment dans les WG), créent une synergie propice à des échanges de qualité. Ce formidable vivier de compétences engendre des solutions novatrices, optimise les ressources déployées par chaque membre et procure à l'ensemble un indéniable avantage concurrentiel.

### Groupes de travail (WG)

Les WG et leurs 300 membres honoraires contribuent pour beaucoup au succès de PROFIBUS. La figure 37 illustre la répartition des 5 comités techniques du PNO, lesquels se subdivisent en plus de 35 WG dont les travaux de développement ciblent des technologies et des filières industrielles précises.

Tous les membres du PNO sont habilités à participer aux groupes de travail et peuvent ainsi jouer un rôle « proactif » dans l'évolution de PROFIBUS. Les résultats des nouveaux développements sont soumis à l'appréciation des membres avant d'être diffusés par le comité consultatif.

### Centres de compétence

PI a agréé 22 centres de compétence de par le monde ainsi que 7 laboratoires d'essai chargés de la certification des équipements PROFIBUS. Ces organismes procurent conseils et assistance aux utilisateurs et constructeurs, et effectuent les essais de certification. Sous la houlette de PROFIBUS International, ils offrent des services en totale indépendance des constructeurs, conformément à la politique de PROFIBUS.

Ces centres de compétence et laboratoires d'essai sont régulièrement contrôlés, selon une procédure d'agrément en relation directe avec leurs tâches. Leurs coordonnées figurent sur le site Internet de PI.

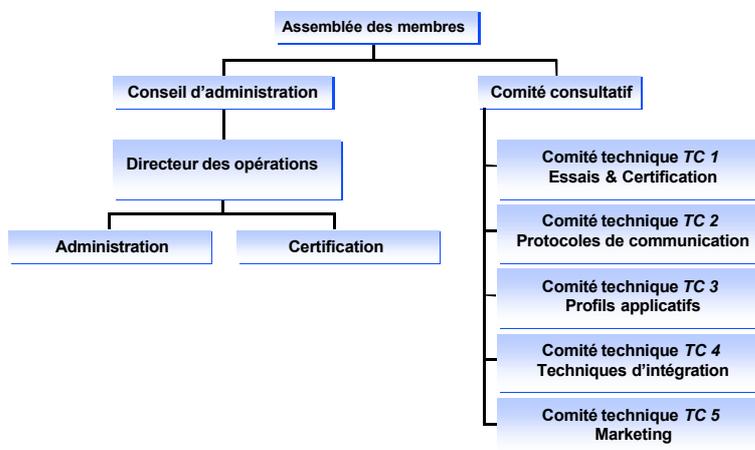


Fig. 37 : L'organigramme du PNO

## Documentation

Le PNO met également à la disposition de tous les utilisateurs et constructeurs un catalogue complet de publications (en anglais) :

Le **standard PROFIBUS** contient la spécification fondamentale de PROFIBUS, ainsi qu'une sélection d'autres documents.

Les **directives** renseignent sur les réalisations, procédures de test, installations, langages de description et spécifications orientées application de PROFIBUS (PROFIsafe, Horodatage...).

Les **profils** contiennent toutes les spécifications de profils agréées par PROFIBUS.

### **Présentations techniques et catalogue produits**

Les idées-forces de PROFIBUS sont exposées dans de nombreuses présentations à caractère technique et commercial. Le catalogue produits répertorie plus de 2000 produits et services

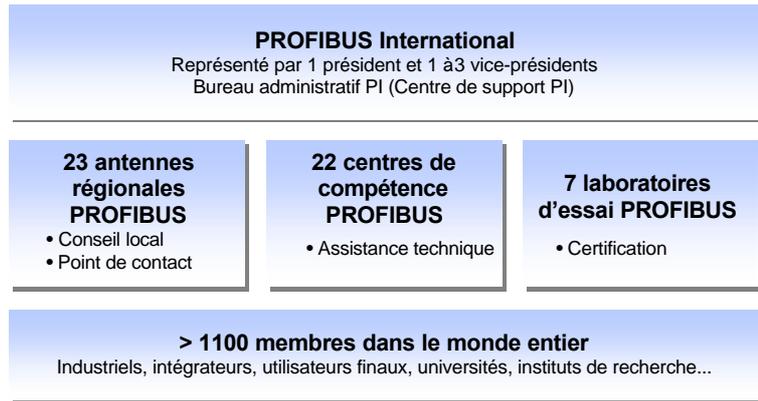


Fig. 38 : L'organigramme de PROFIBUS International

PROFIBUS, qu'il complète d'un excellent tour d'horizon des compétences des membres de PROFIBUS.

Ces documents sont consultables au format PDF sur le site [www.profibus.com](http://www.profibus.com). Sur demande, ils sont aussi disponibles sur cédérom.

De même, vous pouvez obtenir la liste de toutes les publications PROFIBUS auprès du PNO ou sur le site Internet [www.profibus.com](http://www.profibus.com).

## Index

### A

Adressage .....	4
Adressage des données par numéro d'emplacement et index .....	17
AS-I .....	3
Avantages pour l'utilisateur .....	3, 26

### B

Bloc physique (PB).....	23
Bloc transducteur (TB).....	23

### C

CEI	
CEI 61158.....	5
CEI 61784.....	5
Centres de compétence .....	34
Certification.....	29
Comm FB .....	24
Communication	
Automatismes communicants.....	3
Communication acyclique .....	16
Communication cyclique .....	15
Protocoles de communication .....	12
Comportement du réseau.....	14
Composants logiciels .....	27
Concept FDT/DTM .....	27
Consignes d'installation	
MBP .....	11
Coupleur de segments .....	9
CPF .....	5

### D

Délivrance de certificat de conformité .....	29
Diagnostics .....	13
Diffusion générale ou <i>broadcast</i> .....	4, 16
Diffusion multidestinataire ou <i>multicast</i> .....	4
Documentation.....	34
DP .....	8, 12
DP-V0.....	13
DP-V1.....	13
DP-V2.....	13
DPM	
Maître DPM1 .....	13
Maître DPM2 .....	14
DTM.....	25

### E

E/S déportées .....	25
EDD.....	25, 26
Équipements modulaires.....	24
Équipements PA .....	23
Esclaves	
Intercommunication des esclaves.....	16
Redondance d'esclave .....	21

### F

Fibre optique.....	11
FMS.....	8

### G

Gestion d'accès au bus (MAC) .....	4
Gestion des équipements.....	25
GSD.....	25

### H

HART.....	20
Horodatage .....	21
Hydraulique.....	25

### I

Identification de l'équipement .....	26
Implémentations PROFIBUS .....	30

### J

Jonction ou <i>link</i> .....	9
-------------------------------	---

### L

Leadership mondial.....	8
-------------------------	---

### M

MBP.....	10
Modèle de bloc.....	23
Modèle FISCO .....	12
Modèle OSI.....	4
Modes Synchro et Freeze .....	15
Modules d'interface.....	30
Moniteur SIL .....	20

### N

Niveau capteurs-actionneurs.....	3
Niveau cellule .....	3
Niveau terrain .....	3

### O

OPC.....	33
OPC DX.....	33

### P

PNO.....	34
PROFIBUS .....	6
PROFIBUS International.....	6, 34
PROFIdrive.....	22
Profils .....	4, 8
Identification du profil .....	26
Profils applicatifs génériques.....	20
Profils applicatifs métiers.....	22
PROFInet.....	5, 32
Intégration PROFIBUS et Ethernet.....	33
Modèle d'ingénierie.....	32
Modèle de communication .....	33

---

PROFIsafe..... 20

**R**

Répéteur..... 9

RPA..... 34

RS 485

RS 485..... 7

RS 485-IS..... 7, 9

**S**

SEMI..... 25

Succès de PROFIBUS..... 8

Synchronisme d'horloge..... 16

Système

Profils systèmes..... 23

Systèmes d'identification..... 25

**T**

Techniques de transmission..... 9

Téléchargement..... 16

Test de conformité..... 29

Trames..... 4

Types d'équipement..... 13

**V**

Version

Version DP-V1..... 8, 16

Version DP-V2..... 8, 16

**X**

XML..... 33

---

## PROFIBUS

Manuel technique  
Version octobre 2002

Numéro de commande : 4.003

### Édité par :

PROFIBUS Suisse  
Kreuzfeldweg 9  
4562 Biberist  
Tél. : ++41 32 672 03 25  
Fax : ++41 32 672 03 26  
switzerland@profibus.com

France PROFIBUS  
4, rue des Colonels Renard  
75017 Paris  
Tél. : ++33 1 45 74 63 22  
Fax : ++33 1 45 74 03 33  
france@profibus.com

### Exclusion de responsabilité

Malgré tout le soin apporté à la rédaction et à la francisation de cette brochure, le PNO et Profibus International ne garantissent en aucune manière l'absence d'erreurs. Ce document fait l'objet de contrôles réguliers ; les corrections qui s'imposent et vos suggestions d'amélioration seront prises en compte dans les prochaines versions.

Les termes contenus dans cette brochure peuvent être des marques déposées, protégées par les lois de Copyright ; l'emploi de cette terminologie par des tiers constitue en toutes circonstances un non-respect de la législation sur les droits d'auteur.

Cette brochure ne saurait se substituer aux normes CEI 61158 et CEI 61784, ainsi qu'aux directives et profils PROFIBUS. En cas de doute, la normalisation en vigueur prévaut.

©Copyright PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. 2002. Tous droits réservés.



**Australia and New Zealand  
PROFIBUS User Group (ANZPA)**  
c/o OS!tech Pty. Ltd.  
P.O. Box 315  
Kilsyth, Vic. 3137  
Phone ++61 3 9761 5599  
Fax ++61 3 9761 5525  
australia@profibus.com

**PROFIBUS Belgium**  
August Reyerslaan 80  
1030 Brussels  
Phone ++32 2 706 80 00  
Fax ++32 2 706 80 09  
belgium@profibus.com

**Association PROFIBUS Brazil**  
c/o Siemens Ltda IND1 AS  
R. Cel. Bento Bicudo, 111  
05069-900 Sao Paulo, SP  
Phone ++55 11 3833 4958  
Fax ++55 11 3833 4183  
brazil@profibus.com

**Chinese PROFIBUS User Organisation**  
c/o China Ass. for Mechatronics Technology  
and Applications  
1 Jiaochangkou Street Deshengmenwai  
100011 Beijing  
Phone ++86 10 62 02 92 18  
Fax ++86 10 62 01 78 73  
china@profibus.com

**PROFIBUS Association Czech Republic**  
Karlovo nám. 13  
12135 Prague 2  
Phone ++420 2 2435 76 10  
Fax ++420 2 2435 76 10  
czechrepublic@profibus.com

**PROFIBUS Denmark**  
Maaloev Byvej 19-23  
2760 Maaloev  
Phone ++45 40 78 96 36  
Fax ++45 44 65 96 36  
denmark@profibus.com

**PROFIBUS Finland**  
c/o AEL Automaatio  
Kaarnatie 4  
00410 Helsinki  
Phone ++35 8 9 5307259  
Fax ++35 8 9 5307360  
finland@profibus.com

**France PROFIBUS**  
4, rue des Colonels Renard  
75017 Paris  
Phone ++33 1 45 74 63 22  
Fax ++33 1 45 74 03 33  
france@profibus.com

**PROFIBUS Nutzerorganisation**  
Haid-und-Neu-Straße 7  
76131 Karlsruhe  
Phone ++49 7 21 96 58 590  
Fax ++49 7 21 96 58 589  
germany@profibus.com

**Irish PROFIBUS User Group**  
c/o Flomeaco Endress + Hauser  
Clane Business Park  
Kilcock Road, Clane, Co. Kildare  
Phone ++353 45 868615  
Fax ++353 45 868182  
ireland@profibus.com

**PROFIBUS Network Italia**  
Gall. Spagna, 28  
35127 Padova  
Phone ++39 049 870 5361  
Fax ++39 049 870 3255  
pri@profibus.com

**Japanese PROFIBUS Organisation**  
TFT building West 9F  
3-1 Ariake Koto-ku  
Tokyo 135-8072  
Phone ++81 3 3570 3034  
Fax ++81 3 3570 3064  
japan@profibus.com

**Korea PROFIBUS Association**  
#306, Seoungduk Bldg.  
1606-3, Seocho-dong, Seocho-gu  
Seoul 137-070, Korea  
Phone ++82 2 523 5143  
Fax ++82 2 523 5149  
korea@profibus.com

**PROFIBUS Nederland**  
c/o FHI  
P.O. Box 2099  
3800 CB Amersfoort  
Phone ++31 33 469 0507  
Fax ++31 33 461 6638  
netherlands@profibus.com

**PROFIBUS User Organisation Norway**  
c/o AD Elektronikk AS  
Haugenveien 2  
1401 Ski  
Phone ++47 909 88640  
Fax ++47 904 05509  
norway@profibus.com

**PROFIBUS User Organisation Russia**  
c/o Vera + Association  
Nikitinskaya str, 3  
105037 Moscow, Russia  
Phone ++7 0 95 742 68 28  
Fax ++7 0 95 742 68 29  
russia@profibus.com

**PROFIBUS Slovakia**  
c/o Dept. of Automation KAR FEI STU  
Slovak Technical University  
Ilkovičova 3  
812 19 Bratislava  
Phone ++421 2 6029 1411  
Fax ++421 2 6542 9051  
slovakia@profibus.com

**PROFIBUS Association South East Asia**  
c/o Endress + Hauser  
1 Int. Bus. Park #01-11/12 The Synergy  
609917 Singapore  
Phone ++65 566 1332  
Fax ++65 565 0789  
southeastasia@profibus.com

**PROFIBUS User Organisation Southern Africa**  
P.O. Box 26 260  
East Rand  
Phone ++27 11 397 2900  
Fax ++27 11 397 4428  
southernafrica@profibus.com

**PROFIBUS i Sverige**  
Kommandörsgatan 3  
28135 Hässleholm  
Phone ++46 4 51 49 460  
Fax ++46 4 51 89 833  
sweden@profibus.com

**PROFIBUS Schweiz**  
Kreuzfeldweg 9  
4562 Biberist  
Phone ++41 32 672 03 25  
Fax ++41 32 672 03 26  
switzerland@profibus.com

**The PROFIBUS Group U.K.**  
Unit 6 Oleander Close  
Locks Heath, Southampton, Hants, SO31 6WG  
Phone ++44 1489 589574  
Fax ++44 1489 589574  
uk@profibus.com

**PROFIBUS Trade Organization, PTO**  
16101 N. 82nd Street, Suite 3B  
Scottsdale, AZ 85260 USA  
Phone ++1 480 483 2456  
Fax ++1 480 483 7202  
usa@profibus.com

**PROFIBUS International  
Support Center**  
Haid-und-Neu-Straße 7  
76131 Karlsruhe  
Phone ++49 721 96 58 590  
Fax ++49 721 96 58 589  
info@profibus.com  
www.profibus.com

© Copyright by PNO 10/02  
all rights reserved