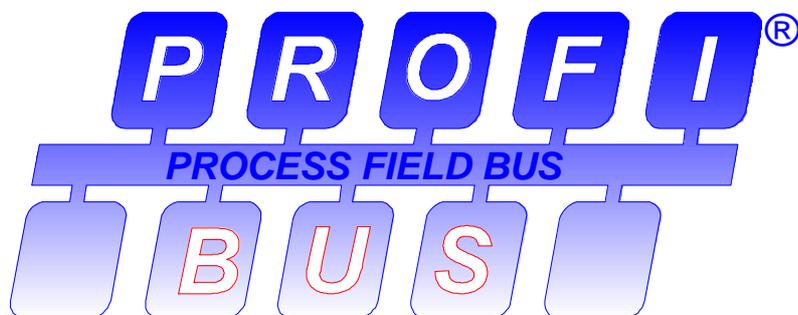


# PROFIBUS



## ***PROFIBUS***

**Manuel Technique**

**Septembre 1999**

## Table des matières

<b>1. Les nouvelles donnes de la communication industrielle.....</b>	<b>2</b>
<b>2. Les différents profils de PROFIBUS.....</b>	<b>3</b>
2.1 Profils de communication.....	3
2.2 Supports physiques.....	3
2.3 Profils applicatifs.....	4
<b>3. Les fondements de PROFIBUS.....</b>	<b>4</b>
3.1 Architecture de communication.....	5
3.2 Transmission RS 485.....	5
3.3 Transmission CEI 1158-2.....	7
3.4 Transmission optique.....	10
3.5 Méthode d'accès sur PROFIBUS.....	10
<b>4. Le profil de communication DP.....</b>	<b>12</b>
4.1 Fonctions DP de base.....	12
4.1.1 Caractéristiques fondamentales.....	13
4.1.2 Configuration du système et types d'équipement.....	13
4.1.3 Comportement du système.....	14
4.1.4 Transmission cyclique de données entre maître DPM1 et esclaves.....	15
4.1.5 Modes Synchro et <i>Freeze</i> .....	15
4.1.6 Sécurisation.....	15
4.2 Fonctions DP étendues.....	16
4.2.1 Adressage des données par numéro d'emplacement et index.....	16
4.2.2 Transmission acyclique de données entre maître DPM1 et esclaves.....	16
4.2.3 Transmission acyclique de données entre maître DPM2 et esclaves.....	17
<b>5. Le profil de communication FMS.....</b>	<b>18</b>
5.1 Services FMS.....	19
5.2 Interface LLI.....	19
5.3 Gestion du réseau.....	20
<b>6. Les profils applicatifs.....</b>	<b>20</b>
6.1 Automatisation des procédés (PA).....	20
6.1.1 La communication sur PA.....	21
6.1.2 Les aspects applicatifs de PA.....	22
6.1.3 Les blocs de fonctions de PA.....	23
6.2 Profil Sécurité (PROFISafe).....	24
6.3 Gestion technique du bâtiment (GTB).....	24
6.4 Profils d'équipement.....	25
<b>7. La configuration et l'identification des équipements.....</b>	<b>25</b>
7.1 Fichiers GSD.....	25
7.2 Identification de l'équipement.....	26
7.3 Fichiers EDD.....	26
7.4 Concept FDT.....	27
<b>8. Les réalisations PROFIBUS.....</b>	<b>27</b>
8.1 Esclaves simples.....	28
8.2 Esclaves intelligents.....	28
8.3 Maîtres complexes.....	28
8.4 Interfaces CEI 1158-2.....	28
<b>9. La certification.....</b>	<b>28</b>
<b>10. Les évolutions de PROFIBUS.....</b>	<b>30</b>
<b>11. L'avenir de PROFIBUS.....</b>	<b>32</b>
<b>12. Les mots clés.....</b>	<b>33</b>

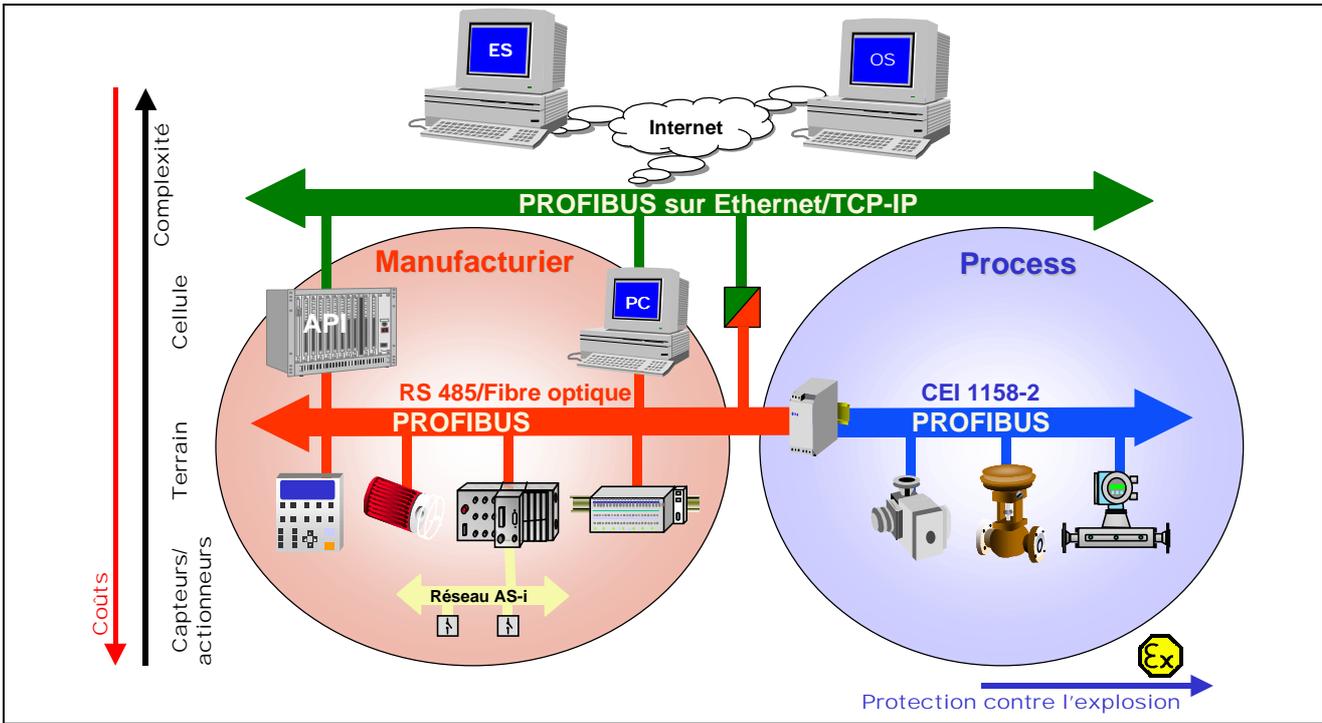


Fig. 1 : Les outils de communication de l'entreprise industrielle et leur place au sein de l'usine

## 1. Les nouvelles donnes de la communication industrielle

Les Technologies de l'Information jouent un rôle moteur dans la montée en puissance des systèmes d'automatismes. Bousculant l'organisation pyramidale de l'entreprise, révolutionnant ses schémas traditionnels et modifiant radicalement ses flux, elles n'épargnent aucun secteur d'activité (continu, manufacturier, logistique, GTB...). Les capacités de communication des équipements industriels et les liaisons transparentes qui irriguent toute l'entreprise sont les briques technologiques indispensables à l'édification des solutions d'automatisation de demain. La communication industrielle devient directe et transversale pour fédérer tous les équipements de terrain, mais aussi verticale afin d'intégrer tous les échelons de la pyramide CIM. Selon les exigences de l'application et ses contraintes économiques, des réseaux de communication évolutifs, parfaitement adaptés à l'industrie, tels PROFIBUS, AS-i et Ethernet, sont les pierres angulaires d'une connexion transparente de tous les domaines de la production.

À la **base** de l'édifice industriel, les signaux des équipements TOR sont transmis par un bus capteurs/actionneurs. Simplicité et économie sont ici de rigueur : il s'agit d'acheminer, sur un même câble, non seulement les données utiles (échanges cycliques), mais aussi l'alimentation en 24 V des appareils de terrain. C'est le domaine de prédilection du réseau AS-i.

Au **niveau terrain**, la périphérie décentralisée (E/S, transmetteurs, variateurs de vitesse, vannes et interfaces opérateur) dialogue avec les automatismes sur un réseau alliant performances et communication en temps réel. Les données du procédé sont transmises de façon cyclique, tandis que les alarmes, paramètres et informations de diagnostic le sont de façon acyclique, au gré des besoins. PROFIBUS répond parfaitement à ces exigences en offrant un maximum de transparence aussi bien dans le domaine manufacturier que celui du process.

Le dialogue inter-automates (API et PC industriels) relève du **niveau cellule**. Il faut échanger de gros volumes de données et compter sur une multitude de fonctionnalités de communication très puissantes. Autre exigence clé : la connectivité transparente des équipements à des réseaux couvrant tous les besoins de l'entreprise, à base d'Ethernet et de protocole TCP/IP (Internet/intranet).

L'explosion des Technologies de l'Information en automatisation crée de nouveaux gisements d'économie, directement puisés dans l'optimisation des procédés, et contribue largement à une meilleure exploitation des ressources. Les réseaux industriels sont les fers de lance de cette révolution. C'est le cas de PROFIBUS, véritable « colonne vertébrale » du système d'information de l'usine et objet du présent manuel. Son intégration à des réseaux reliant toute l'entreprise sur TCP/IP n'est pas en reste dans cet ouvrage : le chapitre 10 lui est consacré. Seule réserve, ce manuel ne traite pas du réseau AS-i : pour en savoir plus, consultez la documentation du constructeur.

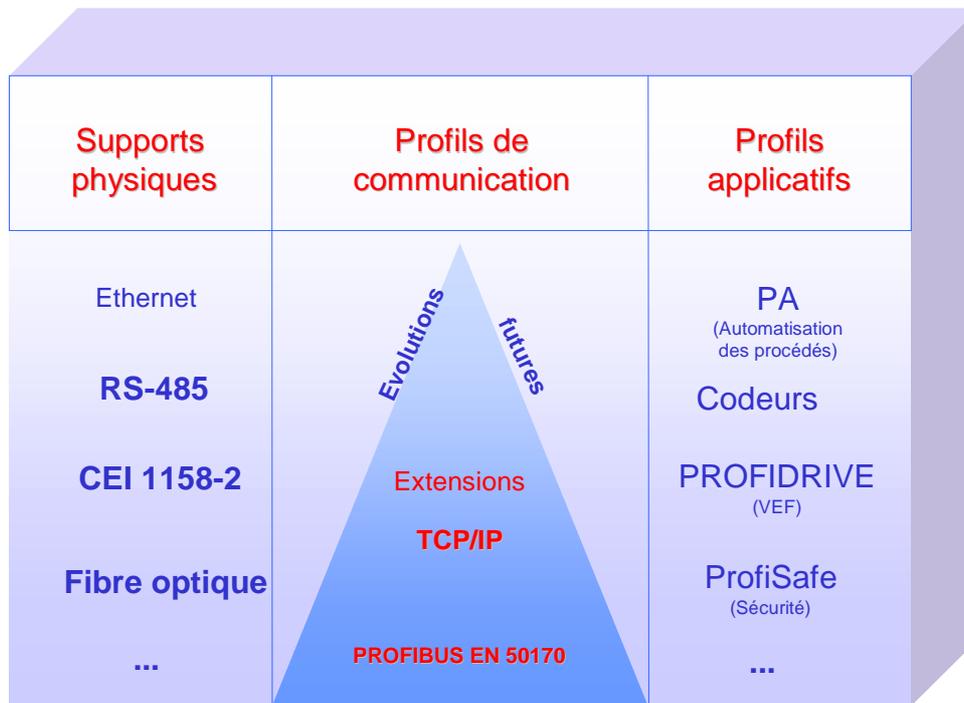


Fig. 2 : Les trois grandes familles de profil PROFIBUS et la convergence de PROFIBUS et d'Ethernet

## 2. Les différents profils de PROFIBUS

PROFIBUS est un réseau de terrain ouvert, non propriétaire, répondant aux besoins d'un large éventail d'applications dans les domaines du manufacturier et du process. Son universalité (indépendance vis-à-vis du constructeur) et son ouverture sont garanties par les normes européennes EN 50170, EN 50254 et international IEC61158. PROFIBUS autorise le dialogue de matériels multi-constructeurs, sans passer par des interfaces spécialisées. Il se prête aussi bien à la transmission de données exigeant des actions réflexes, en des temps de réaction très courts, qu'aux échanges de grandes quantités de d'informations complexes. En perpétuelle évolution, PROFIBUS reste LE réseau de communication industriel du futur.

PROFIBUS se décline en deux protocoles de transmission, appelés **profils de communication**, aux fonctions bien ciblées : DP et FMS. De même, selon l'application, il peut emprunter trois supports de transmission ou supports **physiques** (RS 485, CEI 1158-2 ou fibre optique). En outre, dans le cadre des évolutions techniques du réseau, l'association des utilisateurs du PROFIBUS travaille actuellement sur la mise en place des concepts universels d'« intégration verticale » de tous les niveaux de la pyramide CIM, sous TCP/IP. Enfin, les **profils applicatifs** définissent, pour chaque type d'équipement, le protocole et la technique de transmission adaptés à l'application. Ils s'attachent également à préciser le comportement des équipements, indépendamment de leur constructeur.

### 2.1 Profils de communication

Ces profils ont pour objet de définir la façon dont les données sont transmises en série par l'utilisateur, sur un même support physique.

#### DP

Profil de communication le plus répandu dans l'industrie et le plus prisé pour sa rapidité, ses performances et sa connectique à faible coût, DP est réservé au dialogue entre automatismes et périphérie décentralisée. Il remplace à merveille la transmission classique de signaux parallèles en 24 V dans le manufacturier et de signaux analogiques sur boucle 4-20 mA ou interface Hart dans le process.

#### FMS

Profil universel, il excelle dans les tâches de communication exigeantes et s'accompagne de multiples fonctions applicatives évoluées gérant la communication entre équipements intelligents. Soumis toutefois à l'évolution du PROFIBUS et à la percée du monde TCP/IP au niveau cellule, force est de constater que le profil FMS est appelé à jouer un rôle de moins en moins important dans la communication industrielle de demain.

### 2.2 Supports physiques

Le champ d'action d'un bus de terrain est largement dicté par le choix de son support physique. Aux exigences générales de fiabilité de la transmission, de gestion des longues distances et des débits

élevés, s'ajoutent des critères spécifiques, orientés process : fonctionnement en atmosphère dangereuse et transmission des données et de l'énergie sur un même câble. Autant de critères qu'aucune technique de transmission ne peut aujourd'hui satisfaire à elle seule ; d'où les trois profils physiques de PROFIBUS :

- La liaison RS 485 répondant aux applications universelles de l'industrie manufacturière,
- La transmission CEI 1158-2 adaptée au process,
- La fibre optique, synonyme d'excellente immunité aux parasites et de longues distances.

Précisons, toutefois, que l'avenir est à une couche physique PROFIBUS bâtie sur des composants Ethernet du commerce, capables de transmettre à 10 Mbit/s et 100 Mbit/s.

Dans cette optique, l'offre PROFIBUS comporte déjà des coupleurs et des liaisons assurant la migration d'une technique à l'autre. Si les coupleurs mettent en œuvre le protocole de façon transparente, en tenant compte des contraintes du milieu, les liaisons, par essence « intelligentes », dotent la configuration des réseaux PROFIBUS de fonctionnalités étendues.

### 2.3 Profils applicatifs

Les profils applicatifs de PROFIBUS décrivent l'interaction du protocole de communication avec la technique de transmission utilisée. Ils définissent également le comportement des équipements de terrain sur PROFIBUS. Au premier rang de ces profils « métier » figure PROFIBUS-PA, qui décrit les paramètres et les blocs de fonctions d'instruments de process tels que transmetteurs,

vannes et positionneurs. D'autres profils sont dédiés à la variation électronique de vitesse, à la conduite et à la supervision (IHM), et aux codeurs avec, dans chaque cas de figure, la double mission d'établir des règles de transmission indépendantes du fournisseur et de définir le comportement de chaque type d'équipement.

### 3. Les fondements de PROFIBUS

PROFIBUS spécifie les caractéristiques techniques d'un bus de terrain série destiné à interconnecter des automatismes numériques répartis aux niveaux terrain et cellule. Ce réseau multimaître autorise l'exploitation conjointe de plusieurs systèmes d'automatisation, de développement et de visualisation avec leur périphérie décentralisée, sur un même câble. A cette fin, PROFIBUS distingue des équipements maîtres et des équipements esclaves :

- Les **maîtres** ou *stations actives* pilotent la transmission de données sur le bus. Un maître peut librement émettre des messages sous réserve d'obtenir le droit d'accès au réseau (jeton).
- Les **esclaves** ou *stations passives* sont des équipements périphériques (blocs d'E/S, vannes, entraînements et transmetteurs de mesure) qui n'ont pas le droit d'accéder au bus. Leur action se limite à l'acquiescement des messages reçus ou à la transmission de messages sur demande du maître. N'exploitant qu'une partie minime du protocole, leur mise en œuvre s'avère des plus économiques.

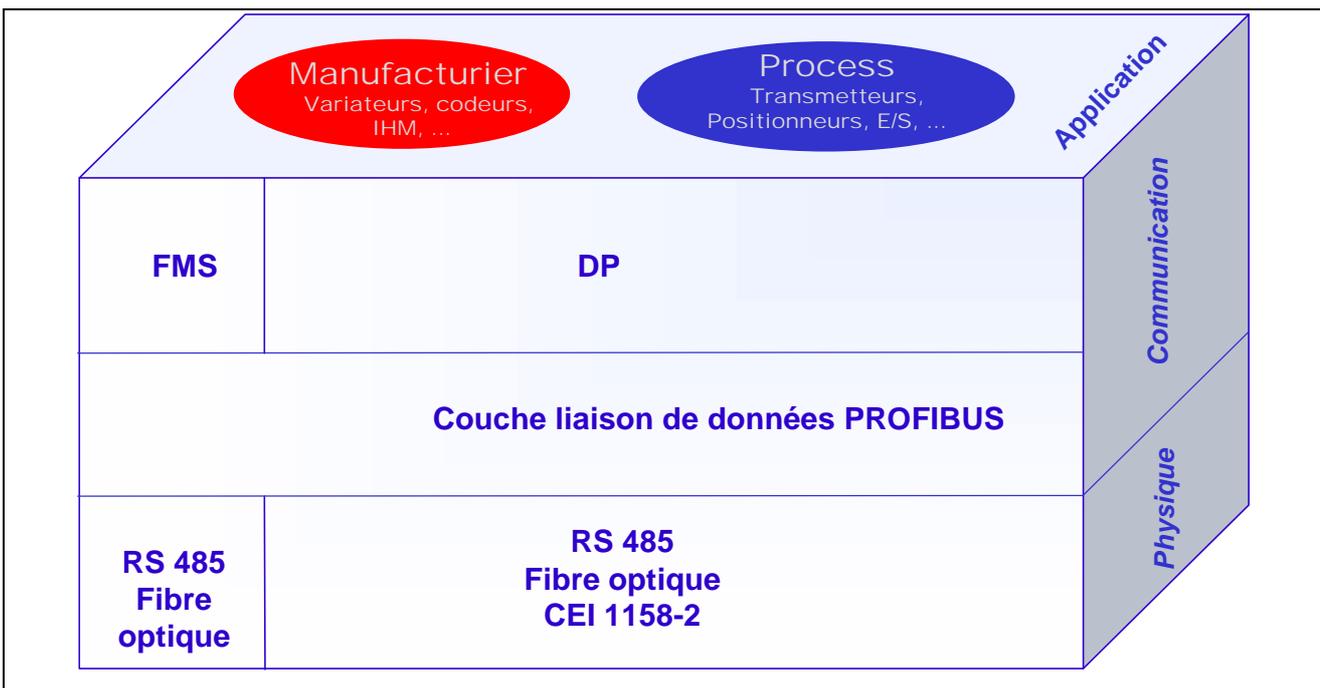


Fig. 3 : Vue d'ensemble de la technologie PROFIBUS

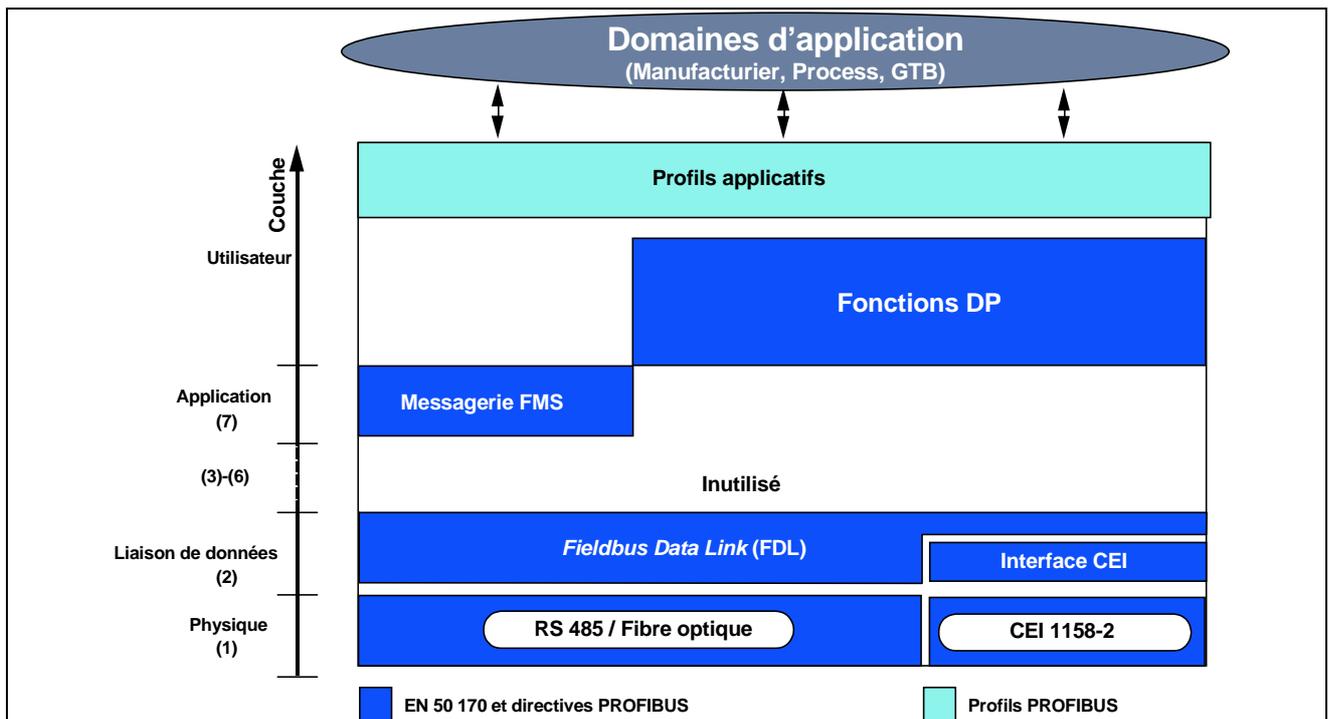


Fig. 4 : L'architecture de communication de PROFIBUS

### 3.1 Architecture de communication

PROFIBUS répond à des normes internationales unanimement reconnues. Son architecture repose sur 3 couches inspirées du modèle en 7 couches de l'OSI, suivant la norme ISO 7498 (figure 4). La couche 1, **physique**, décrit les caractéristiques physiques de la transmission ; la couche 2, **liaison de données**, spécifie les règles d'accès au bus ; enfin, la couche 7, **application**, définit les mécanismes communs utiles aux applications réparties et la signification des informations échangées.

Le profil ultrarapide **DP** n'exploite que les deux couches basses 1 et 2, ainsi que l'interface utilisateur. Cette rationalisation de l'architecture garantit la rapidité et l'efficacité de la transmission. L'adaptateur DDLM (*Direct Data Link Mapper*) facilite l'accès de l'interface utilisateur à la couche 2. Les fonctions applicatives de l'utilisateur et le comportement des divers types d'équipement DP (systèmes et appareils) sont précisés dans l'interface utilisateur.

Le profil universel **FMS** met en œuvre les couches 1, 2 et 7. Cette dernière se compose de la messagerie **FMS** (*Fieldbus Message Specification*) et de l'interface **LLI** (*Lower Layer Interface*). FMS spécifie une pléiade de services de communication évolués entre maîtres et entre maîtres et esclaves. LLI définit la représentation de ces services FMS dans le protocole de transmission de la couche 2.

### 3.2 Transmission RS 485

RS 485 est la technique de transmission privilégiée de PROFIBUS. Elle convient à tous les domaines

exigeant des débits élevés associés à une simplicité d'installation à moindre coût. Son support physique est la paire torsadée blindée.

La mise en œuvre de la liaison RS 485 est d'une grande facilité ; l'installation de la paire torsadée ne requiert pas de connaissance particulière et la structure du bus permet l'ajout ou le retrait de stations ou la mise en service par étapes du système sans répercussion sur les autres stations. Les extensions futures ne pénalisent pas les stations en exploitation.

L'utilisateur a le choix du débit, dans une plage allant de 9,6 kbit/s à 12 Mbit/s. Ce choix, effectué au démarrage du réseau, vaut pour tous les abonnés du bus.

### Conseils pratiques d'installation

Tous les équipements sont raccordés sur un réseau en bus (topologie *linéaire*). Un segment peut interconnecter 32 stations, maîtres ou esclaves.

Support	Paire torsadée blindée
Nombre de stations	32 par segment sans répéteur 126 maxi avec répéteurs
Connectique	Connecteur Sub-D 9 points en protection IP 20 (préconisé) Connecteur M12, HAN@BRID ou connecteur hybride Siemens en protection IP 65/67

Table 1 : Principales caractéristiques de la liaison RS 485

Le bus s'achève par une terminaison active, à chaque extrémité de segment (figure 6). Pour écarter tout risque d'erreur, les deux terminaisons de bus doivent toujours être alimentées. La terminaison peut d'ordinaire être activée au niveau des équipements ou des connecteurs de terminaison de bus.

Si le réseau comporte plus de 32 abonnés ou si l'on souhaite étendre sa portée, il faut utiliser des répéteurs (amplificateurs de ligne) pour relier les divers segments de bus.

La longueur maximale du câble est inversement proportionnelle au débit ; les valeurs de la table 2 sont données pour un câble de type A répondant aux caractéristiques suivantes :

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

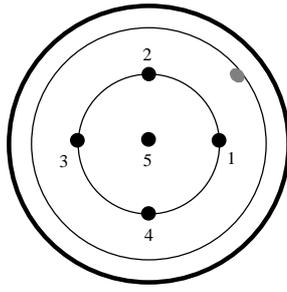
L'emploi de câbles de type B (ancienne génération) est déconseillé. En protection IP 20, les réseaux PROFIBUS sur liaison RS 485 privilégient le connecteur Sub-D 9 points (figure 6). En protection IP 65/67, trois possibilités sont envisageables :

- Connecteur rond M12, normalisé CEI 947-5-2,
- Connecteur HAN@BRID, conforme aux recommandations DESINA (*Decentralized Standardized Installation*)
- Connecteur hybride Siemens.

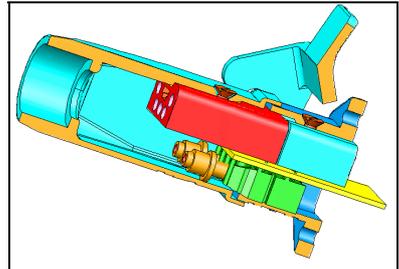
Précisons que le connecteur HAN-BRID existe aussi en version mixte permettant de combiner la transmission des données sur fibre optique et l'alimentation des périphériques en 24 V sur cuivre (figure 5).

Les câbles PROFIBUS sont tous issus de constructeurs de renom. Le système de raccordement rapide mérite une mention particulière : doté d'un câble et d'un dénudeur spécifiques, il est gage de rapidité, de fiabilité et de simplicité de câblage.

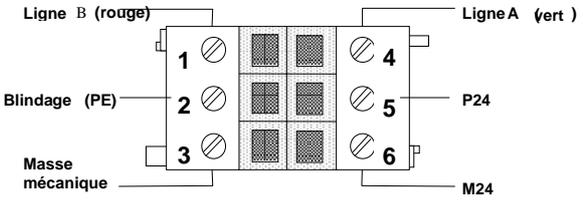
Lors du raccordement des stations, veillez à ne pas inverser les lignes de données. Il est impératif d'utiliser des lignes de données blindées pour garantir un antiparasitage optimal en ambiance à forte pollution électromagnétique. Ce blindage doit être relié à la masse mécanique à chaque extrémité, tout en assurant une bonne conductivité avec



**Connecteur M12 pour RS 485 en IP 65/67**  
 Brochage : 1 = VP, 2 = RxD/TxD-N  
 3 = DGND, 4 = RxD/TxD-P, 5 = blindage



**Connecteur HAN@BRID, version Cu-Fo**  
 Transmission des données (fibre optique) et alimentation de la périphérie en 24 V (cuivre) par un seul connecteur mixte (également disponible en version Cu/Cu)



**Connecteur hybride Siemens**  
 Transmission de l'alimentation 24 V et des données PROFIBUS sur cuivre pour équipements en IP 65

*Fig. 5 : Les différentes connexions PROFIBUS bénéficiant d'une protection IP 65/67*

Débit (kbit/s)	9,6	19,2	93,75	187,5	500	1 500	12 000
Distance/segment (m)	1 200	1 200	1 200	1 000	400	200	100

Table 2 : Correspondances débit/distance pour un câble de type A

des colliers de blindage couvrant la zone la plus large possible. Il est en outre recommandé de dissocier les lignes de données des câbles haute tension. On évitera également les câbles de jonction pour les débits atteignant ou dépassant 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 jonction n'ont donc pas d'utilité et le connecteur peut être inséré ou retiré à tout moment, sans interrompre l'échange de données.

À cet égard, il convient de noter que 90 % des problèmes survenant sur un réseau PROFIBUS sont imputables à des erreurs de câblage et d'installation. On peut y remédier en utilisant des testeurs et des analyseurs de bus, capables de détecter bon nombre de défauts de câblage, avant même de procéder à la mise en service. Les coordonnées des fournisseurs de connecteurs, câbles, répéteurs, testeurs et analyseurs PROFIBUS figurent dans le « Guide des produits PROFIBUS ».

### 3.3 Transmission CEI 1158-2

La technique de transmission synchrone conforme à la norme CEI 1158-2 (débit fixe de 31,25 kbit/s) est utilisée dans le domaine du process et répond aux deux grandes exigences de la chimie et de la pétrochimie : sécurité intrinsèque et téléalimentation des instruments de terrain sur le bus par un câblage bifilaire. PROFIBUS peut donc être utilisé en zone dangereuse.

Les possibilités et les limites de PROFIBUS sur liaison CEI 1158-2, en atmosphère explosible, sont définies par le modèle FISCO (*Fieldbus Intrinsically Safe Concept*). Élaboré par l'institut de physique allemand *Physikalisch Technische Bundesanstalt*,

ce concept fait aujourd'hui autorité dans ce domaine. Six grands principes régissent la transmission CEI 1158-2/FISCO :

- Chaque segment possède une seule source d'énergie, l'unité d'alimentation.
- Aucune énergie ne transite sur le bus lorsqu'une station émet.
- Chaque instrument de terrain consomme un courant de base constant, en régime établi.
- Les instruments de terrain se comportent comme des collecteurs de courant passifs.
- La terminaison de ligne passive est réalisée à chaque extrémité du câble principal du bus.
- Trois topologies sont admises : linéaire, arborescente et en étoile.

En régime établi, chaque station nécessite un courant minimal de 10 mA. Grâce à la téléalimentation, ce courant alimente les appareils de terrain. Les signaux de transmission sont générés par l'équipement émetteur par modulation de  $\pm 9$  mA du courant de base.

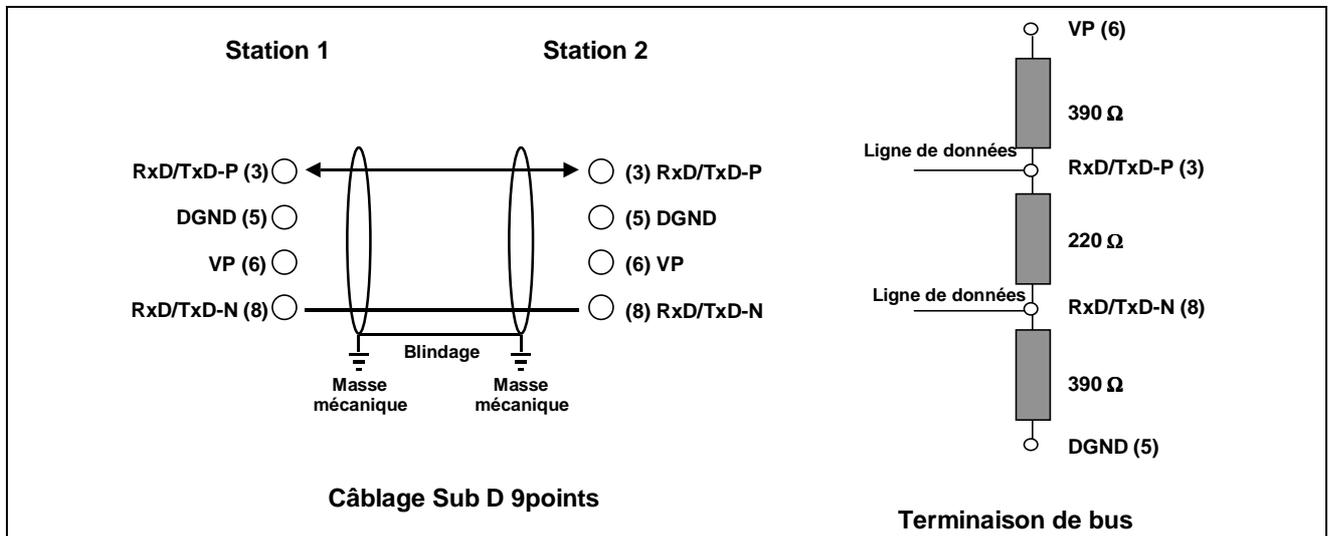


Fig. 6 : Câblage et terminaison de bus de la liaison RS 485 sur PROFIBUS

Transmission	Numérique, protocole synchrone orienté bit, codage Manchester
Débit	31,25 kbit/s, Mode tension
Sécurisation des données	En-tête, caractères de début et de fin protégés contre les erreurs
Support	Paire torsadée blindée
Téléalimentation	En option, par les lignes de données
Protection en zone explosible	Mode sécurité intrinsèque (EEx ia/ib) et antidéflagrant (EEx d/m/p/q)
Topologie	Linéaire ou arborescente (ou les deux)
Nombre de stations	32 maxi par segment, 126 au total
Répéteur(s)	4 maxi (extension du réseau)

Table 3 : Principales caractéristiques de la liaison CEI 1158-2

L'exploitation d'un réseau PROFIBUS en zone dangereuse exige l'homologation et la certification FISCO/CEI 1158-2 de la totalité des équipements utilisés par des organismes habilités tels que PTB, BVS (Allemagne), UL et FM (USA). Si tous ces équipements sont dûment certifiés et si les consignes de sélection de l'alimentation, de la longueur de ligne (table 6) et des terminaisons de bus sont respectées, la mise en service de PROFIBUS ne nécessite aucun autre agrément.

**Conseils pratiques d'installation**

Le poste de conduite et de supervision héberge en général le système de pilotage du procédé ainsi que les outils d'exploitation et de développement communiquant sur PROFIBUS en RS 485. Sur le terrain, un **coupleur de segment** ou un link assure l'adaptation RS 485/CEI 1158-2 et, parallèlement, la téléalimentation des instruments de terrain.

Les **coupleurs de segment** sont des convertisseurs de signaux RS 485/CEI 1158-2, totalement transparents au protocole de bus. Leur utilisation limite néanmoins le débit maximal du segment RS 485 à 93,75 kbit/s.

Les links, quant à eux, sont « intelligents ». Ils regroupent l'ensemble des appareils de terrain raccordés au segment CEI 1158-2 en un seul esclave RS 485. Dans ce cas, le débit du segment RS 485 n'est pas limité : d'où la possibilité de mettre en œuvre des réseaux rapides assurant, par exemple, des fonctions de contrôle-commande avec des instruments de terrain connectés sur CEI 1158-2.

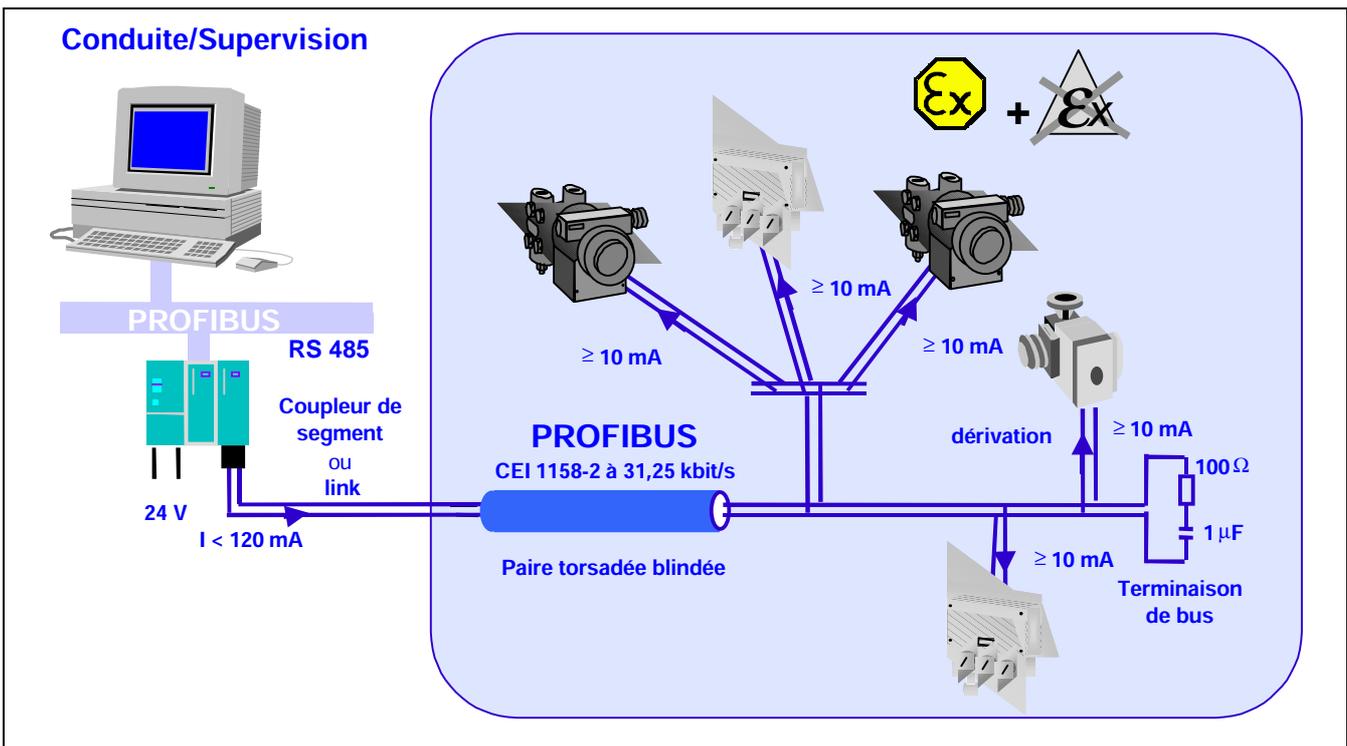


Fig. 7 : Téléalimentation des instruments de terrain sur PROFIBUS en transmission CEI 1158

Support	Paire torsadée blindée
Section nominale du conducteur	0,8 mm <sup>2</sup> (jauge 18)
Impédance de boucle	44 Ω/km
Impédance à 31,25 kHz	100 Ω ±20 %
Affaiblissement à 39 kHz	3 dB/km
Asymétrie capacitive	2 nF/km

Table 4 : Câble de référence CEI 1158-2

Le réseau PROFIBUS sur CEI 1158-2 accepte des topologies arborescente et linéaire, les deux étant combinables (figure 7).

Dans une topologie linéaire, les stations sont raccordées au câble 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 câble principal multibrin est remplacé par le câble de bus bifilaire. Le répartiteur de terrain sert toujours à raccorder les appareils et à abriter la résistance de terminaison de bus. Dans un réseau arborescent, tous les appareils reliés au segment de bus sont câblés en parallèle dans le répartiteur.

Dans tous les cas de figure, il faut tenir compte des longueurs maximales admissibles des lignes de jonction pour calculer la longueur totale de la ligne.

Pour des applications à sécurité intrinsèque, une dérivation ne doit pas dépasser 30 m.

Le support de transmission est une paire torsadée blindée (figure 7). Chaque extrémité du câble principal est équipée d'une terminaison de bus passive, constituée d'un élément RC connecté en série ( $R = 100 \Omega$  et  $C = 1 \mu F$ ). La terminaison de bus est déjà intégrée au coupleur de segment ou au link. Une inversion de polarité sur des appareils de terrain transmettant en CEI 1158-2 ne nuit pas à la fonctionnalité du bus, ces équipements étant normalement dotés d'un système de détection automatique de polarité.

Le nombre de stations raccordables à un segment est limité à 32. Ce nombre peut être encore réduit par le mode de protection retenu et l'alimentation sur le bus. Dans le cas de réseaux conçus 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 à raccorder, de choisir l'alimentation (table 5), puis d'en déduire la longueur de ligne correspondant au choix du câble (table 6). L'intensité nécessaire ( $\Sigma$ ) est donnée par la somme des courants de base des équipements, de chaque appareil de terrain raccordé au segment choisi, sans oublier une marge supplémentaire de 9 mA par segment destiné au courant

Type	Protection	Tension d'alimentation	Intensité maximale	Puissance maximale	Nombre de stations <sup>*)</sup>
I	EEx ia/ib IIC	13,5 V	110 mA	1,8 W	9
II	EEx ib IIC	13,5 V	110 mA	1,8 W	9
III	EEx ib IIB	13,5 V	250 mA	4,2 W	22
IV	Sans sécurité intrinsèque	24 V	500 mA	12 W	32

\*) Pour une consommation de 10 mA par appareil, tout dépassement de cette valeur entraînant la réduction du nombre d'appareils raccordables.

Table 5 : Alimentations normalisées (valeurs de service) pour un réseau PROFIBUS sur liaison CEI 1158-2

Alimentation		Type I	Type II	Type III	Type IV	Type IV	Type IV
Tension d'alimentation	V	13,5	13,5	13,5	24	24	24
Exigences en courant $\Sigma$	mA	≤ 110	≤ 110	≤ 250	≤ 110	≤ 250	≤ 500
Longueur de ligne pour $q = 0,8 \text{ mm}^2$ (référence)	m	≤ 900	≤ 900	≤ 400	≤ 1 900	≤ 1 300	≤ 650
Longueur de ligne pour $q = 1,5 \text{ mm}^2$	m	≤ 1 000	≤ 1 500	≤ 500	≤ 1 900	≤ 1 900	≤ 1 900

Table 6 : Longueur de ligne sur une liaison CEI 1158-2

Type de fibre	Portée
Verre, multimode	Moyenne (2 à 3 km)
Verre, monomode	Longue (> 15 km)
Plastique	Courte (< 80m)
PCS/HCS	Courte ( 400 m)

Table 7 : Propriétés de la fibre optique

de fonctionnement du FDE (*Fault Disconnection Equipment*), équipement de déconnexion sur défaut qui empêche la paralysie du bus par des appareils défectueux.

L'exploitation d'équipements alimentés par le bus et d'équipement alimentés par une source externe est autorisée. Précisons que ces derniers consomment eux-mêmes un courant de base sur le bus, lequel doit être pris en compte dans le calcul du courant d'alimentation maximal disponible.

### 3.4 Transmission optique

La fibre optique s'impose principalement dans trois cas d'utilisation de PROFIBUS : pour pallier des environnements électromagnétiques perturbateurs, assurer un parfait isolement électrique et augmenter la portée maximale du réseau, à de hauts débits. On distingue plusieurs types de fibre, dont les propriétés varient avec la distance (table 7), le coût et l'application envisagée.

Les segments PROFIBUS à fibre optique sont conçus en étoile ou en anneau. Certains fabricants proposent des composants PROFIBUS/FO permettant la redondance des liaisons optiques : la défaillance d'une première liaison provoque un basculement automatique sur la seconde. Nombre de

fournisseurs proposent également des coupleurs RS 485/FO qui autorisent à tout moment le passage d'un support de transmission à l'autre, dans un même réseau (Cf. détails dans la directive PROFIBUS n° 2.022). Le « Guide des produits PROFIBUS » recense l'ensemble de l'offre composants optiques disponibles.

### 3.5 Méthode d'accès sur PROFIBUS

Les deux profils de communication de PROFIBUS — DP et FMS — mettent en œuvre un protocole d'accès uniformisé, géré par la couche 2 du modèle OSI. Appelé *Fieldbus Data Link* dans la terminologie PROFIBUS (figure 4), celui-ci se charge également de la sécurisation des données et de la gestion des protocoles et des télégrammes de transmission.

La méthode d'accès est assurée par la sous-couche MAC (*Medium Access Control*) qui veille au partage du canal de communication en garantissant qu'une seule station a le droit d'émettre à un instant donné. PROFIBUS répond à deux exigences fondamentales de la méthode d'accès MAC :

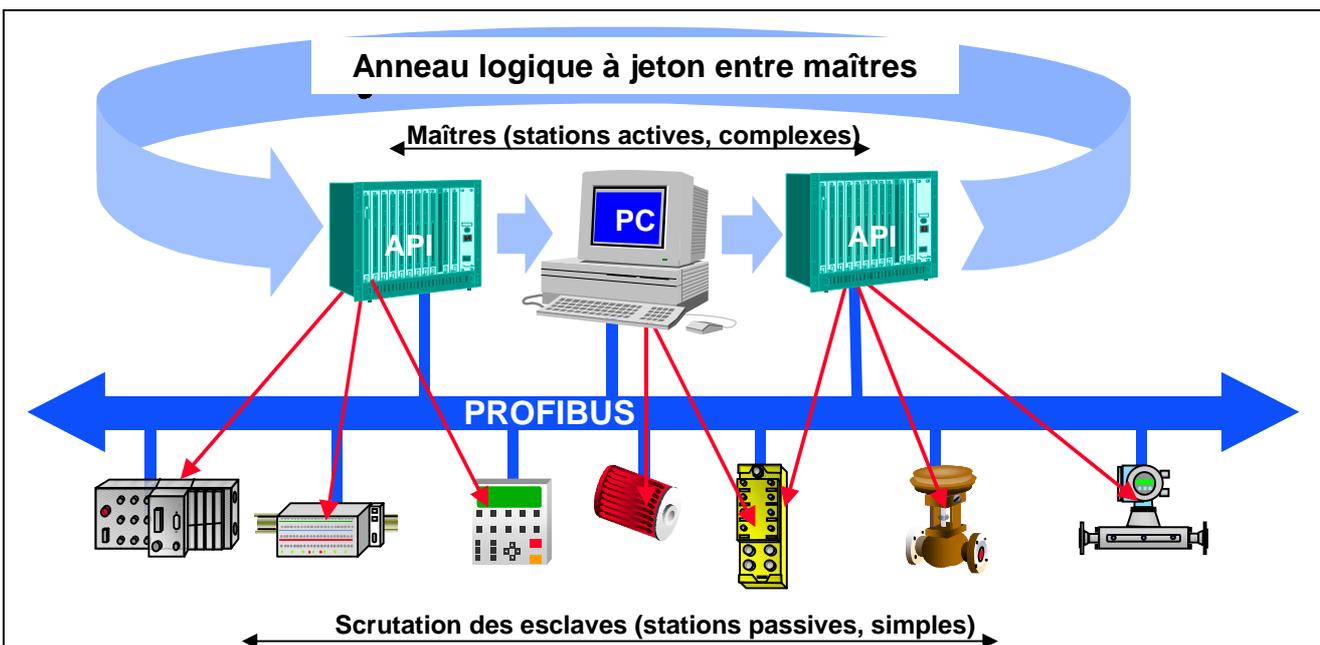


Fig. 8 : La nature hybride de la gestion d'accès à PROFIBUS : configuration maître-esclaves et passage de jeton entre trois maîtres formant un anneau logique.

Service	Fonction	DP	FMS
SDA	Emission de données avec acquittement		•
SRD	Emission et demande de données avec réponse	•	•
SDN	Emission de données sans acquit	•	•
CSRD	Emission et demande de données cycliques avec réponse		•

Table 8 : Les différents services de la couche de sécurisation de données de PROFIBUS (couche 2)

- Assurer que tout automatisme complexe (maître) connecté au réseau dispose d'assez de temps pour effectuer ses tâches de communication dans le délai imparti.
- Assurer une transmission cyclique, temps réel, extrêmement simple et rapide, entre un automatisme complexe (maître) et les équipements périphériques qui lui sont rattachés (esclaves).

Pour y parvenir, la méthode d'accès à PROFIBUS est de nature hybride (figure 8) : la communication intermaître repose sur la **méthode du jeton**, tandis que les échanges entre maîtres et esclaves s'effectuent sur le **mode maître-esclave**.

La **méthode du jeton**, réservée aux échanges entre stations complexes, garantit l'accès de chaque maître au bus, au moins une fois dans un temps donné. En clair, cela signifie que le jeton, télégramme spécial véhiculant un *droit de parole* de maître en maître, doit être transmis à chaque maître au moins une fois dans une fenêtre temporelle configurable.

La **méthode maître-esclave** permet au maître détenant le jeton d'accéder à ses esclaves pour leur envoyer des messages ou, à l'inverse, lire leurs messages.

Cette méthode d'accès permet de réaliser :

- une configuration maître-esclave pure,
- une configuration maître-maître pure (jeton),
- une configuration hybride.

On entend par **anneau à jeton** le chaînage des stations actives formant, par leur adresse sur le bus, un anneau logique, au sein duquel chaque participant passe à son voisin, dans un ordre défini (adresses croissantes), le *jeton* lui donnant le droit d'émettre ou de passer son tour. Sur réception de ce jeton, toute station active peut assumer le rôle de maître pour une période donnée et dialoguer ainsi avec tous ses esclaves en mode maître-esclave et l'ensemble des maîtres en mode maître-maître.

Au démarrage du réseau, la sous-couche MAC se charge de déceler les relations logiques entre stations actives et de constituer l'anneau. En cours d'exploitation, elle élimine du réseau les stations actives défaillantes ou arrêtées, et intègre les nouvelles. En outre, elle s'assure que le jeton circule bien d'un maître à l'autre, en respectant l'ordre croissant des adresses. Précisons que le temps de parole d'un maître dépend du temps maximal de rotation du jeton.

Autres fonctions essentielles, la MAC détecte les défauts du support de transmission et du récepteur de ligne, ainsi que les erreurs d'adressage (multiple affectation) ou de passage de jeton (multiple possession ou perte du jeton).

La couche 2 de PROFIBUS assure enfin la **sécurisation des données**. Grâce au format de ses télégrammes, elle offre un haut niveau d'intégrité (**distance de Hamming de 4**), conforme à la norme internationale CEI 870-5-1 (caractères de début et de fin, synchronisation sans glissement, bit de parité, octet de contrôle).

La couche 2 de PROFIBUS fonctionne en **mode non connecté**. La transmission s'effectue d'**égal à égal** (procédure équilibrée), en mode *diffusion générale* et *diffusion sélective* :

- Dans le mode **diffusion générale (broadcast)**, une station active envoie un message non acquitté à toutes les autres stations, actives ou passives.
- Dans le mode **diffusion sélective (multicast)**, une station active envoie un message non acquitté à un groupe prédéfini de stations, actives ou passives.

Les profils de communication PROFIBUS utilisent un sous-ensemble des services de la couche 2 (table 8) qui sont appelés par les couches supérieures au moyen de points d'accès au service (**Service Access Point**). Dans FMS, ces SAP servent à adresser les relations de communication logiques.

Dans DP, chaque SAP remplit une fonction bien définie. Plusieurs SAP peuvent être utilisés en même temps pour toutes les stations actives et passives. Notons que l'on distingue des SAP sources (**Source SAP**) et des SAP destination (**Destination SAP**).

### 4. Le profil de communication DP

DP est destiné aux échanges série rapides, principalement **cycliques**, entre contrôleurs de cellule (API ou PC) ou systèmes de conduite/supervision et périphérie décentralisée (E/S, variateurs, vannes, transmetteurs de mesure...). Les fonctions de communication correspondantes sont définies par

les fonctionnalités de base de DP, normalisées EN 50 170. Celles-ci sont complétées de services de communication évolués, **acycliques**, destinés au paramétrage, à l'exploitation, à la surveillance et au traitement des alarmes des équipements de terrain intelligents. Ces fonctions étendues font l'objet de la directive PROFIBUS n° 2.042 et sont exposées au paragraphe 4.2 de ce manuel.

#### 4.1 Fonctions DP de base

Le contrôleur de cellule (maître) lit les entrées de ses esclaves et écrit leurs sorties, de façon cyclique. Le temps de cycle du bus doit être inférieur à celui du programme de l'automatisme qui avoisine 10 ms pour de nombreuses applications. Outre ce transfert cyclique de données utilisateur, DP intègre de puissants outils de diagnostic et de mise en service, assortis de fonctions de surveillance, côtés maître et esclave (table 9).

<p><b>Méthode d'accès</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Passage de jeton entre maîtres et mode maître-esclave entre maître et esclaves</li> <li>• Possibilité de configuration monomaître ou multimaître</li> <li>• Nombre maxi de stations sur le bus : 126 (maîtres et esclaves confondus)</li> </ul>
<p><b>Communication</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Procédure équilibrée (transmission des données utilisateur) ou multidiffusion (commandes)</li> <li>• Transmission cyclique des données utilisateur entre maître et esclaves</li> </ul>
<p><b>Modes d'exploitation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Operate</i> : Transfert cyclique d'entrées/sorties</li> <li>• <i>Clear</i> : Lecture des entrées et maintien des sorties en sécurité</li> <li>• <i>Stop</i> : Diagnostic et paramétrage (pas de transmission de données utilisateur)</li> </ul>
<p><b>Synchronisation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les commandes permettent la synchronisation des entrées et des sorties.</li> <li>• Mode <i>Synchro</i> : synchronisation des sorties</li> <li>• Mode <i>Freeze</i> : synchronisation des entrées</li> </ul>
<p><b>Fonctionnalités</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transfert cyclique des données utilisateur entre maître et esclave(s) DP</li> <li>• Connexion ou déconnexion dynamique de chaque esclave</li> <li>• Contrôle de la configuration des esclaves</li> <li>• Puissantes fonctions de diagnostic sur 3 niveaux hiérarchiques</li> <li>• Synchronisation des entrées et/ou des sorties</li> <li>• Possibilité d'adressage des esclaves sur le bus (option)</li> <li>• Maximum de 244 octets d'entrées et de sorties par esclave</li> </ul>
<p><b>Sécurisation des données</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Distance de Hamming = 4</li> <li>• Au niveau de l'esclave DP, détection par chien de garde d'une défaillance du maître correspondant</li> <li>• Protection de l'accès aux entrées/sorties des esclaves</li> <li>• Surveillance de la transmission des données utilisateur par minuterie de surveillance réglable au niveau du maître</li> </ul>
<p><b>Types d'équipement</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maître DP de classe 2 (DPM2) : outil de développement ou de diagnostic</li> <li>• Maître DP de classe 1 (DPM1) : contrôleur de cellule (API, PC...)</li> <li>• Esclave DP : appareil de terrain (E/S TOR ou analogiques, commande de moteur, vanne...)</li> </ul>

Table 9 : Les fonctions de base du profil DP

#### 4.1.1 Caractéristiques fondamentales

La course au débit n'est pas le seul critère de succès d'un bus de terrain. Simplicité d'installation et d'exploitation, diagnostic de qualité et immunité aux parasites sont parmi les priorités de l'utilisateur. Le profil DP possède tous ces attributs.

##### Vitesse

DP ne met qu'environ 1 ms (à 12 Mbit/s) pour transmettre 512 bits d'entrée et 512 bits de sortie à 32 stations déportées (figure 9). La transmission des entrées/sorties en un seul cycle de message explique la supériorité de DP sur FMS en matière de vitesse. Dans DP, les données utilisateur sont transmises avec le service SRD (table 8) de la couche 2.

##### Diagnostic

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 message :

- **Diagnostic de station**  
Renseigne sur l'état global d'une station (surchauffe ou baisse de tension, par ex.).
- **Diagnostic de module**  
Signale l'attente d'un diagnostic sur une gamme donnée d'E/S (module de sorties 8 bits, par ex.) d'une station.
- **Diagnostic de voie**  
Précise la cause du défaut sur un bit (ou voie) d'E/S (court-circuit sur sortie n° 7, par ex.).

#### 4.1.2 Configuration du système et types d'équipement

DP peut fonctionner en mode **monomaître** ou **multimaître**, d'où sa 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 et le format des messages de diagnostic ainsi que les paramètres du bus. 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 déportés, dans un cycle de message paramétré.

##### Maître DP de classe 2 (DPM2)

C'est un outil de développement, de configuration ou de conduite, qui sert 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 et demande d'informations sur l'état de fonctionnement des équipements.

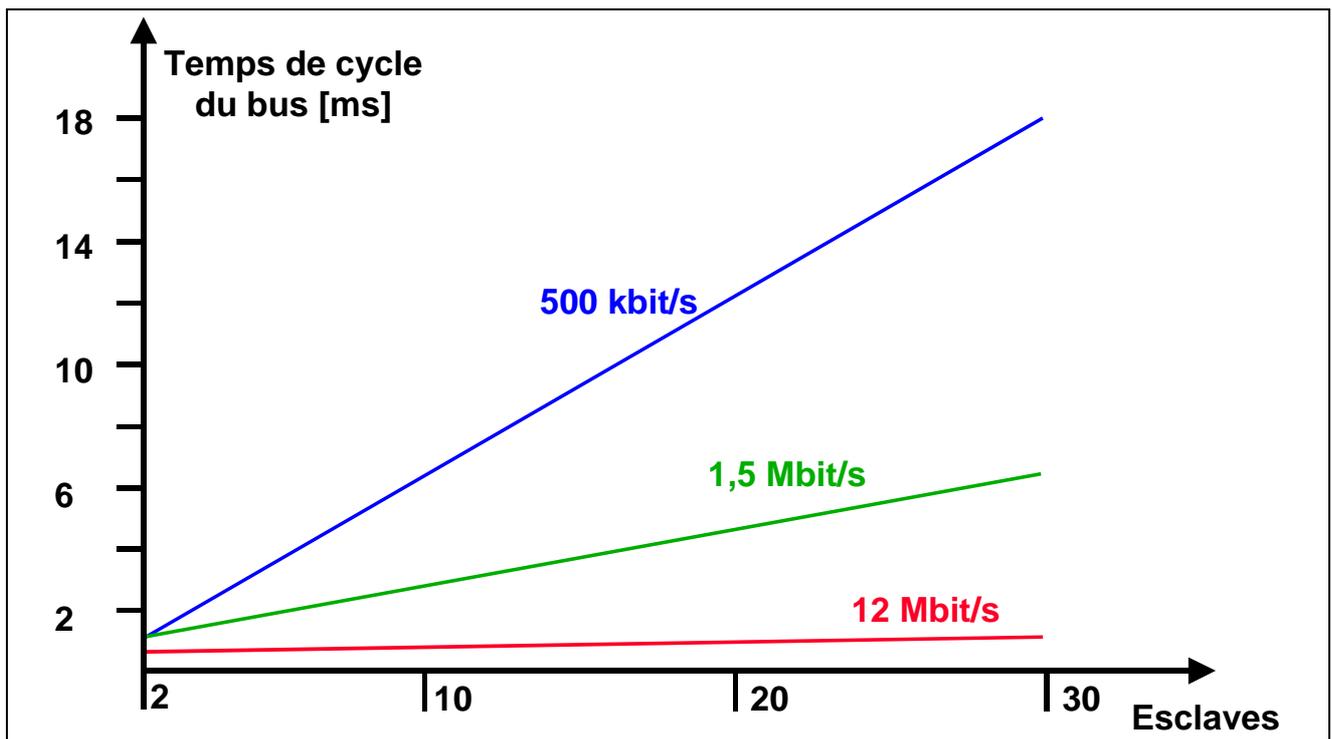


Fig. 9 : Temps de cycle du bus dans une configuration DP monomaître

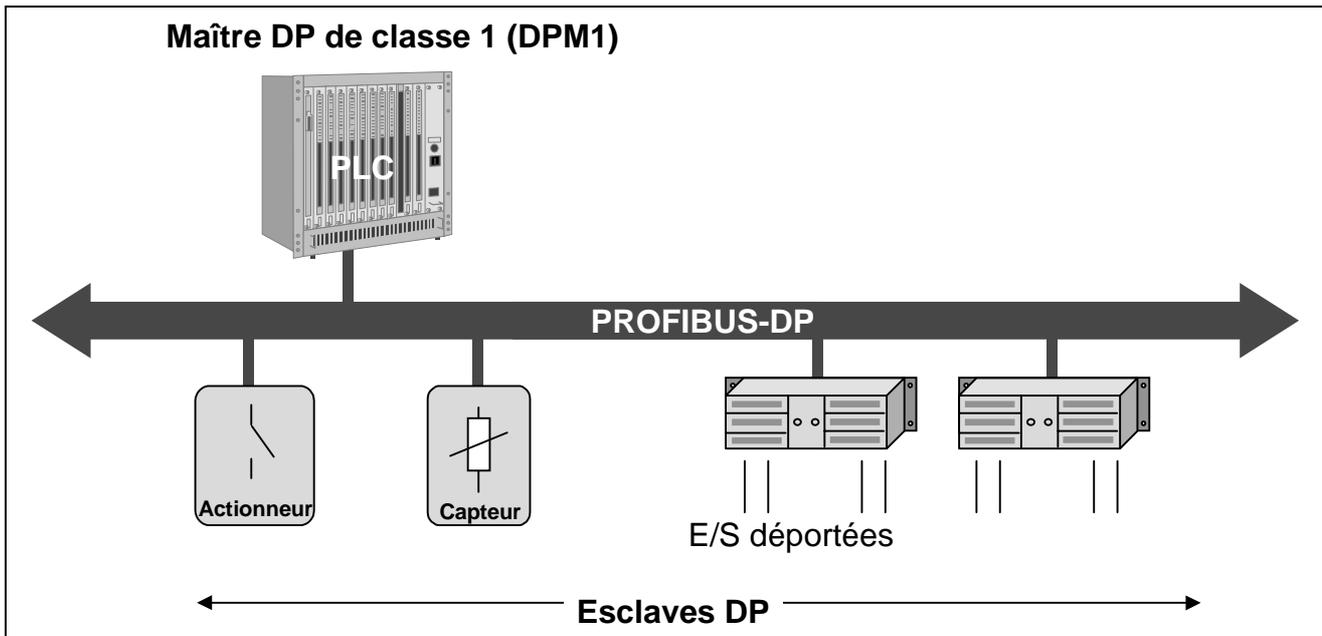


Fig. 10 : Le réseau DP en configuration monomaître

### Esclave

C'est un organe périphérique (bloc d'E/S, variateur, IHM, vanne, transmetteur de mesure) qui, en entrée, collecte des informations et, en sortie, les envoie aux périphériques. On trouve aussi dans cette catégorie des appareils ne fournissant que des entrées ou que des sorties.

Le volume des E/S dépend du type d'équipement. Un réseau DP autorise un maximum de 244 octets d'entrées et 244 octets de sorties.

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

En **multimaître**, plusieurs maîtres se partagent le bus. Il peut s'agir soit de sous-réseaux indépendants, chacun constitué d'un maître DPM1 et de ses esclaves, soit d'équipements de configuration et de diagnostic supplémentaires. Les entrées-sorties des esclaves peuvent être lues par tous les maîtres DP. Néanmoins, un seul maître (plus précisément, le DPM1 désigné lors de la configuration) peut accéder en écriture aux sorties.

### 4.1.3 Comportement du système

La spécification DP s'accompagne d'une description minutieuse du comportement du système pour garantir l'interchangeabilité des équipements. Ce comportement est en priorité conditionné par l'état de fonctionnement du maître DPM1.

DPM1 peut être commandé soit en local, soit via le bus par l'outil de configuration. On distingue trois principaux états :

- **Stop**  
Il n'y a pas de transmission entre DPM1 et les esclaves.
- **Clear**  
DPM1 lit les entrées des esclaves et maintient leurs sorties en sécurité positive.
- **Operate**  
DPM1 est en phase de transfert. En transmission cyclique, il procède à la lecture des entrées et à l'écriture des sorties des esclaves.

DPM1 envoie périodiquement son état à tous les esclaves qui lui sont rattachés, à l'aide d'une commande de multidiffusion, selon une périodicité paramétrable.

La réaction automatique du système à une erreur au cours du transfert de DPM1 (défaillance d'un esclave, par ex.) est déterminée 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 de

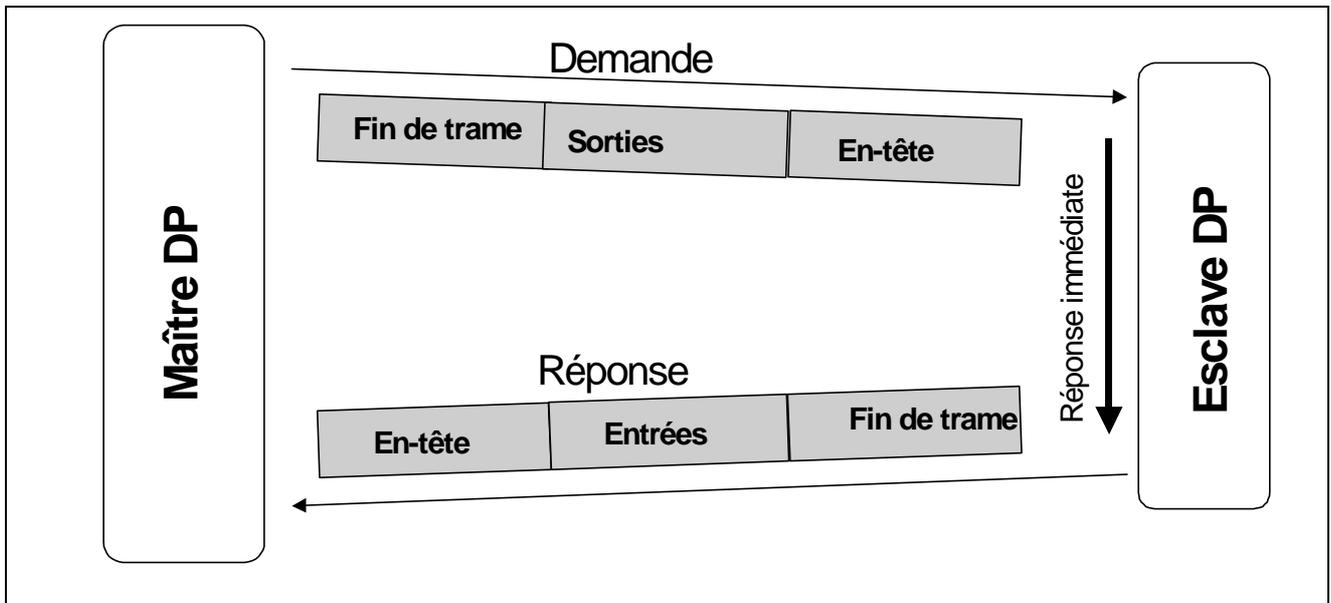


Fig. 11 : Les deux trames de transmission cyclique de données utilisateur dans DP

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 spécifie la réaction du système.

#### 4.1.4 Transmission cyclique de données entre maître DPM1 et esclaves

La transmission de données entre DPM1 et ses esclaves est automatiquement prise en charge par DPM1, dans un ordre défini et répétitif. Lors de la configuration du bus, l'utilisateur précise l'affectation d'un esclave 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 visent à fiabiliser la protection 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.

#### 4.1.5 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 seul esclave, à un groupe d'esclaves ou à la totalité des esclaves en même temps (multidiffusion). Ces commandes 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 gelées dans leur état présent. Au cours des transmissions suivantes, les données de sortie sont stockées dans les esclaves, 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 de tous les esclaves adressés ; l'état des entrées est alors gelé, avec 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*.

#### 4.1.6 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 y parvenir, des mécanismes de surveillance sont implantés aux niveaux du maître 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*. Chaque esclave possède son temporisateur. 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 tous ses esclaves en sécurité positive et passe à l'état *Clear*.

### Côté esclave

L'esclave utilise le chien de garde pour détecter les défaillances du maître ou de la ligne de 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 E/S 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 E/S des esclaves, lisible par tous, même sans droit d'accès.

## 4.2 Fonctions DP étendues

Ces fonctions, indépendantes des échanges de données utilisateur cycliques, autorisent la transmission acyclique de fonctions de lecture/écriture et d'alarmes entre maître et esclaves. Cela permet d'utiliser, par exemple, un outil de développement (DPM2) pour optimiser les paramètres des esclaves raccordés ou connaître l'état des appareils de terrain sans perturber le fonctionnement du réseau. Grâce à ces extensions, DP répond aux exigences de matériels complexes devant souvent être réparés en cours d'exploitation. À l'heure actuelle, ces fonctions étendues servent surtout à l'exploitation en ligne des instruments de terrain PA par des outils de développement. La transmission des données acycliques, non prioritaire, s'effectue parallèlement au transfert rapide des données cycliques. Il faut toutefois ménager au maître le temps nécessaire pour mener à bien ces services acycliques, ce qui doit être pris en compte dans le paramétrage du réseau. Pour cela, l'outil de paramétrage augmente normalement le temps de rotation du jeton pour que le maître puisse cumuler transmissions cyclique et acyclique.

Les fonctions DP étendues, facultatives, sont compatibles avec les fonctions de base DP. Les équipements existants qui peuvent s'en dispenser restent exploitables, ces extensions ne faisant que compléter les fonctions de base.

Elles font l'objet de la directive PROFIBUS n° 2.082.

### 4.2.1 Adressage des données par numéro d'emplacement et index

Pour adresser les données, PROFIBUS perçoit les esclaves comme des *briques 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 et/ou de 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.

Les services acycliques se fondent également sur ce modèle. Tous les blocs de données validés en lecture ou en écriture sont aussi considérés comme appartenant aux modules. Ces blocs peuvent être adressés par numéro d'emplacement et par index, le numéro d'emplacement repérant 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 (figure 12). 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, quant à lui, réservé à l'équipement lui-même. Les appareils compacts sont traités comme un seul ensemble de modules virtuels, soumis au même principe d'adressage (n° d'emplacement + index).

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

### 4.2.2 Transmission acyclique de données entre maître DPM1 et esclaves

Il existe cinq fonctions de transmission acyclique entre contrôleur de cellule (DPM1) et esclaves :

#### **MSAC1\_Read**

Lecture par DPM1 d'un bloc de données de l'esclave.

#### **MSAC1\_Write**

Écriture par DPM1 d'un bloc de données dans l'esclave.

#### **MSAC1\_Alarm**

Transmission d'une alarme de l'esclave au maître, avec acquittement de ce dernier ; ce n'est qu'après réception de cet acquit que l'esclave peut envoyer un nouveau message d'alarme. Il n'est donc jamais possible d'écraser une alarme.

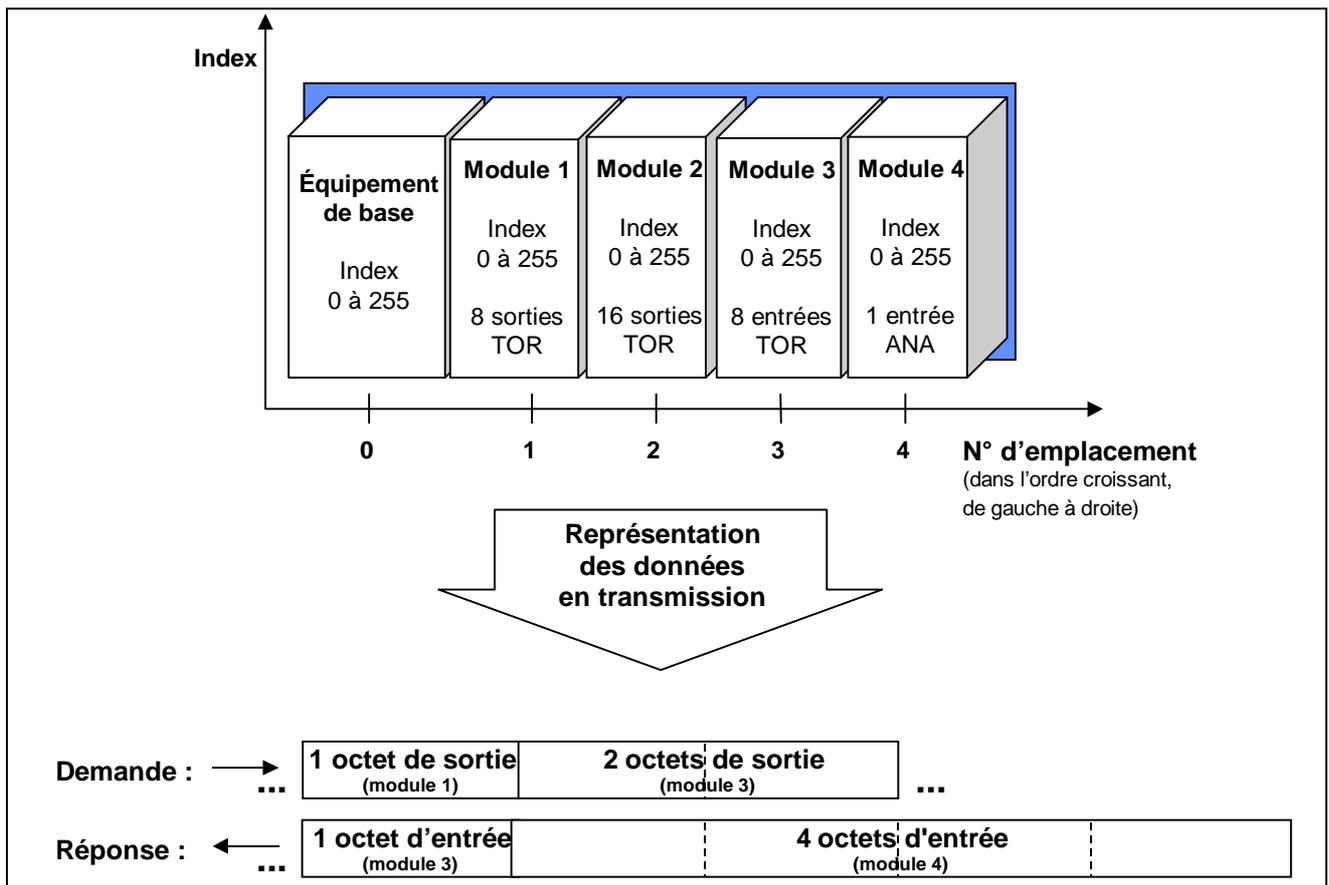


Fig. 12 : Principe d'adressage des données en transmission acyclique (services de lecture/écriture) dans DP

#### ***MSAC1\_Alarm\_Acknowledge***

Envoi par DPM1 de son acquittement de réception d'alarme à l'esclave désigné.

#### ***MSAC1\_Status***

Transmission d'un message d'état de l'esclave au maître, mais cette fois, sans acquittement de ce dernier : il peut donc y avoir écrasement des messages d'état.

Le transfert s'effectue en mode connecté sur une liaison *MSAC1*, établie par DPM1. Celle-ci étant très étroitement liée à la connexion assurant la transmission cyclique de données entre DPM1 et esclaves, elle ne peut être exploitée que par le maître ayant également paramétré et configuré l'esclave en question.

### **4.2.3 Transmission acyclique de données entre maître DPM2 et esclaves**

Il existe cinq fonctions de transmission acyclique entre outil de développement et de conduite (DPM2) et esclaves :

#### ***MSAC2\_Initiate* et *MSAC2\_Abort***

Établissement et libération d'une liaison de transmission acyclique entre DPM2 et esclave.

#### ***MSAC2\_Read***

Lecture par DPM2 d'un bloc de données de l'esclave.

#### ***MSAC2\_Write***

Écriture par DPM2 d'un bloc de données dans l'esclave.

#### ***MSAC2\_Data\_Transport***

Écriture par DPM2 de données dans l'esclave et, au besoin, lecture des données de l'esclave au cours du même cycle de service.

(La signification des données est propre à l'application et définie dans les profils.)

Le transfert s'effectue en mode connecté par une liaison *MSAC2*, établie au préalable par DPM2 à l'aide du service *MSAC2\_Initiate*.

Les services *MSAC2\_Read*, *MSAC2\_Write* et *MSAC2\_Data\_Transport* sont alors opérationnels.

Au terme du transfert, la liaison est libérée par DPM2 à l'aide du service *MSAC2\_Abort*. En règle générale, un esclave a la possibilité de maintenir actives plusieurs liaisons *MSAC2* à la fois. Le nombre de liaisons activées simultanément est fonction des ressources de l'esclave et du type d'équipement mis en œuvre.

La transmission acyclique obéit à une séquence prédéfinie de tâches, décrites ci-après avec le service *MSAC2\_Read*.

Le maître commence par adresser une demande de lecture MSAC2\_Read à l'esclave, dans laquelle les données requises sont repérées par leur numéro d'emplacement et leur index. Sur réception de cette demande, l'esclave est prêt à délivrer l'information souhaitée. Le maître envoie alors des télégrammes de scrutation périodiques pour rapatrier ces données de l'esclave. Ce dernier y répond par un bref acquittement, sans émettre les données demandées tant qu'il ne les a pas traitées. La demande suivante de scrutation du maître est satisfaite par une réponse MSAC2\_Read qui autorise la lecture et la transmission au maître des données de l'esclave. La transmission est soumise à une surveillance temporelle.

L'intervalle de surveillance est indiqué par le service DDLM\_Initiate, à l'établissement de la liaison. Si le contrôleur de la liaison détecte un défaut, celle-ci est automatiquement libérée côté maître et côté esclave. Elle peut ensuite être rétablie ou utilisée par un autre partenaire de communication. Les SAP 40 à 48 de l'esclave et le SAP 50 du DPM2 sont réservés à la liaison MSAC2.

**5. Le profil de communication FMS**

FMS est réservé à la communication évoluée au niveau cellule, c'est-à-dire au dialogue entre automatismes (API et PC) ; il privilégie la richesse fonctionnelle et non les temps de réponse.

Sa couche application (couche 7 du modèle OSI) est constituée de :

- la messagerie FMS (*Fieldbus Message Specification*),
- l'interface LLI (*Lower Layer Interface*).

Le profil de communication FMS permet d'unifier des processus d'application répartis en un processus commun au moyen de *relations de communication*. La partie d'une application, au sein d'un appareil de terrain, accessible à la communication constitue un *équipement de terrain virtuel* ou VFD (*Virtual Field Device*). La figure 13 met en relation l'appareil réel et son homologue virtuel ; ici, seules certaines variables (quantité d'éléments, taux de défaillance, temps d'indisponibilité) font partie du VFD et sont accessibles en lecture/écriture via les deux relations de communication. Notons que les variables *Consigne* et *Recette* ne sont pas prises en compte par FMS.

Tous les **objets de communication** d'un appareil FMS figurent dans le dictionnaire d'objets (*Object Dictionary*) qui renferme la description, la structure et le type de données, ainsi que la relation entre les adresses internes des objets de communication et leur désignation sur le bus (index/nom).

Les **objets de communication statiques** apparaissent dans le dictionnaire des objets statiques. Configurés une fois pour toutes, ils ne sont pas modifiables en cours d'exploitation. FMS distingue cinq types d'objet de communication :

- **Variable simple**
- **Tableau** (suite de variables simples de même type)
- **Structure** (suite de variables simples de divers types)

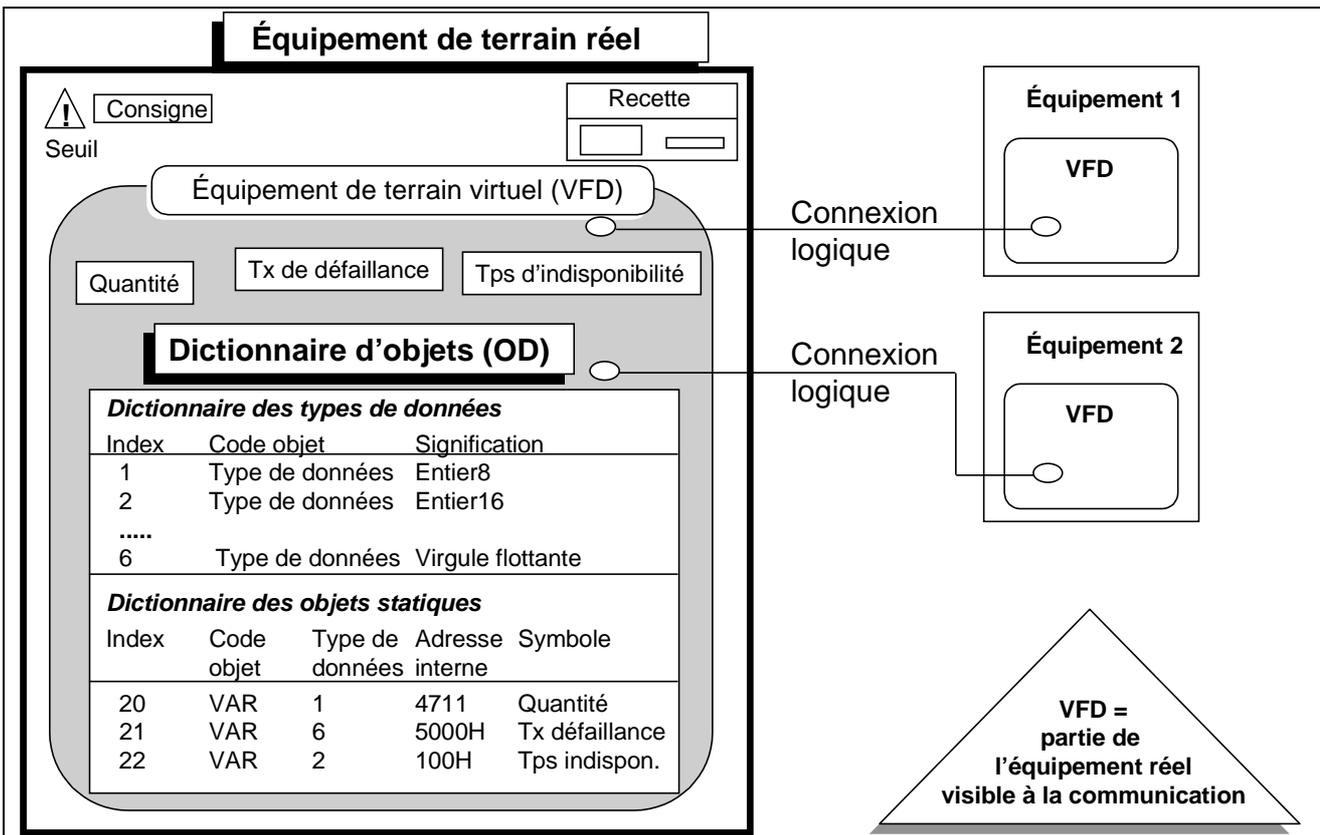


Fig. 13 : Équipement de terrain virtuel (VFD) et dictionnaire d'objets (OD)

- **Domaine**
- **Événement** (message d'événement)

Les **objets de communication dynamiques** sont saisis dans la partie dynamique du dictionnaire d'objets. Ils sont modifiables en cours d'exploitation.

L'**adressage logique** est la méthode d'adressage privilégiée des objets. L'accès s'effectue par une adresse courte (index), constituée d'un nombre non signé de 16 bits. A chaque objet correspond un index. En option, les objets peuvent aussi être adressés par leur nom.

Les objets de communication peuvent également être protégés des accès non autorisés (**protection d'accès**) ou l'accès à un objet peut être restreint à certains services (lecture seule).

## 5.1 Services FMS

Les services FMS (figure 14) sont un sous-ensemble de la messagerie industrielle MMS (*Manufacturing Message Specification*, ISO 9506), optimisée pour les applications réseau de terrain et enrichie de fonctions d'administration des objets de communication et de gestion du réseau. On distingue deux types de service :

- Les **services confirmés**, réservés à la communication en mode connecté (figure 15),
- Les **services non confirmés** également utilisables en mode non connecté (diffusion générale et sélective), avec deux niveaux de priorité (prioritaires ou non).

Les services FMS se répartissent en sept groupes :

- **Gestion du contexte** : établissement et libération de liaisons logiques.
- **Accès aux variables** : accès aux variables, structures, tableaux ou listes de variables.
- **Gestion du domaine** : transmission de vastes zones mémoire. Les données sont divisées en segments par l'utilisateur.
- **Gestion des appels de programme** : contrôle du programme.
- **Gestion des événements** : transmission des messages d'alarme, en diffusion générale ou sélective.
- **Support VFD** : identification de l'équipement et demande d'état. Ces services peuvent aussi être envoyés spontanément à la demande d'un équipement, en diffusion générale ou sélective.
- **Gestion du dictionnaire OD** : accès en lecture/écriture au dictionnaire d'objets.

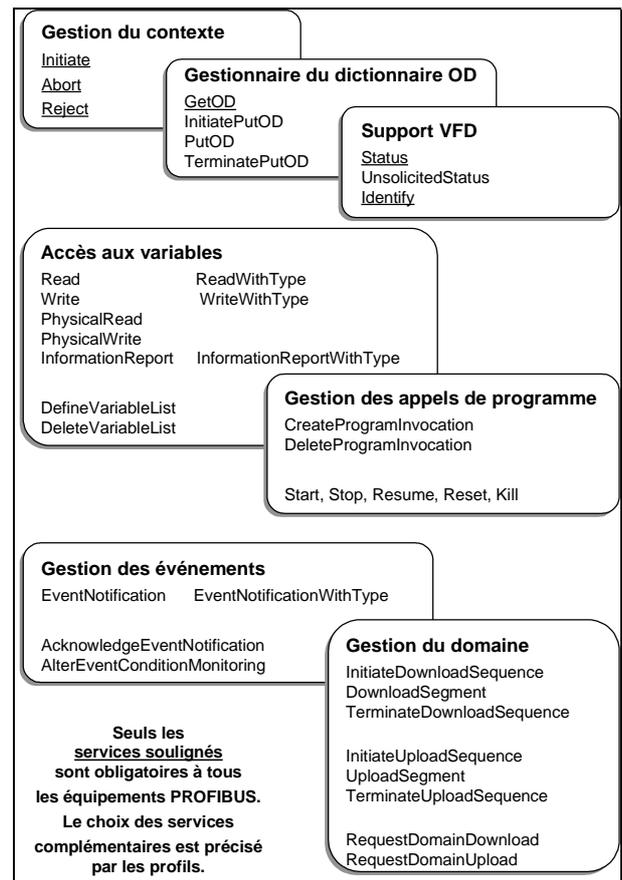


Fig. 14 : Récapitulatif des services FMS

## 5.2 Interface LLI

L'adaptation de la couche 7 à la couche 2 incombe à l'interface LLI qui se charge notamment du contrôle de flux et de la surveillance de la liaison. L'utilisateur dialogue avec les autres processus sur des voies logiques appelées **relations de communication**. LLI fournit plusieurs types de relations de communication pour l'exécution des services FMS et de gestion. Ces relations de communication offrent diverses possibilités de connexion (surveillance, transmission et demande aux partenaires de communication).

Les **relations de communication en mode connecté** représentent une connexion logique d'égal à égal entre deux processus applicatifs. Toute transmission doit commencer par l'établissement de la liaison avec le service *Initiate*. Si cette étape réussit, la liaison est protégée des accès non autorisés et prête à transmettre. Lorsqu'elle ne sert plus, elle est libérée par le service *Abort*. L'interface LLI autorise un contrôle temporel de la liaison en mode connecté.

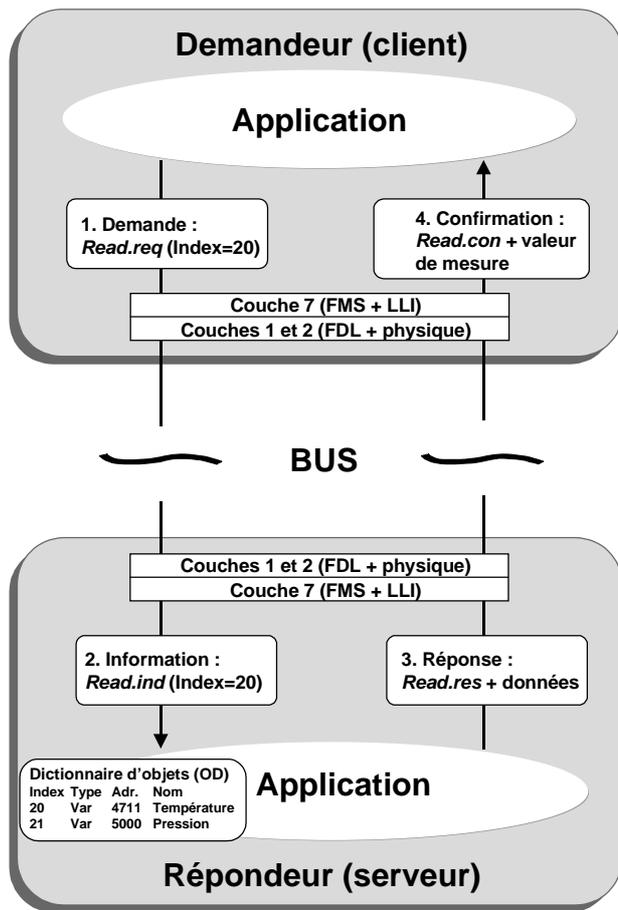


Fig. 15 : Exécution d'un service FMS confirmé

Ces relations de communication se caractérisent également par les attributs de liaison *ouverte* et *définie*.

Dans une **liaison définie**, le partenaire de la communication est précisé à la configuration ; dans une **liaison ouverte**, il reste indéfini tant que la liaison n'est pas établie.

Les **relations de communication en mode non connecté** permettent à un équipement de dialoguer avec plusieurs stations à la fois, au moyen de services non confirmés. En **diffusion broadcast**, un service FMS non confirmé est envoyé en même temps à toutes les autres stations ; en **diffusion multicast**, il est émis vers une famille prédéfinie de stations.

Toutes les relations de communication d'un équipement FMS sont recensées dans la liste CRL (**Communication Relationship List**). Pour des appareils simples, celle-ci est prédéfinie par le constructeur ; pour des appareils complexes, elle est configurée par l'utilisateur. Chaque relation de communication est identifiée par une brève **référence de communication** locale (**Communication Reference**). Vue du bus, cette référence CR se définit par une adresse station, le SAP de la couche 2 et le SAP de l'interface LLI. La liste CRL donne la relation entre la référence CR et l'adresse de la couche 2 et

de LLI. En outre, elle indique, pour chaque CR, les services FMS accessibles, la longueur des télégrammes...

### 5.3 Gestion du réseau

Des fonctions optionnelles de gestion de réseau, baptisées **FMA7 (Fieldbus Management Layer 7)**, viennent compléter les services FMS. Elles autorisent une configuration centralisée et peuvent être lancées localement ou à distance. Elles se répartissent en trois groupes :

- **Gestion du contexte** : établissement et libération d'une liaison FMA7.
- **Gestion de la configuration** : accès aux CRL, aux variables, aux comptages statistiques et aux paramètres des couches 1 et 2 ; identification et enregistrement des stations.
- **Gestion des défauts** : indication des défauts et des événements ; réinitialisation des équipements.

La garantie d'un accès uniforme pour les outils de configuration s'obtient par spécification de la liaison de gestion des défauts. Pour chaque équipement acceptant les services FMA7, en tant que répondeur, il faut saisir, dans la liste CRL, une liaison de gestion des défauts référencée CR = 1.

## 6. Les profils applicatifs

Les profils applicatifs de PROFIBUS ont pour objet de décrire l'emploi des profils de communication et des profils physiques dans certaines applications (automatisation des procédés et GTB) ou pour des types précis d'équipements (codeurs, variateurs...).

### 6.1 Automatisation des procédés (PA)

L'emploi de PROFIBUS dans le domaine du process est défini par le profil PA qui fait l'objet de la directive PROFIBUS n° 3.042. Hérité du profil de communication DP, PA exploite le support de transmission normalisé CEI 1158-2, dans le cas d'instrument 4 fils (sans télé-alimentation), le support RS485 peut être une alternative. Il définit le paramétrage et le comportement d'instruments de terrain tels que transducteurs et positionneurs, indépendamment du constructeur, ce qui facilite l'interchangeabilité et la totale indépendance de ces équipements vis-à-vis de leur fournisseur. La description des fonctionnalités et du comportement de l'instrument de terrain repose sur le modèle de *bloc de fonctions*, conforme à la normalisation internationale. Ces atouts permettent à PROFIBUS de s'ériger en alternative économique à la transmission analogique 4-20 mA ou numérique Hart.

PROFIBUS-PA permet également la mesure et la régulation en boucle fermée d'applications de

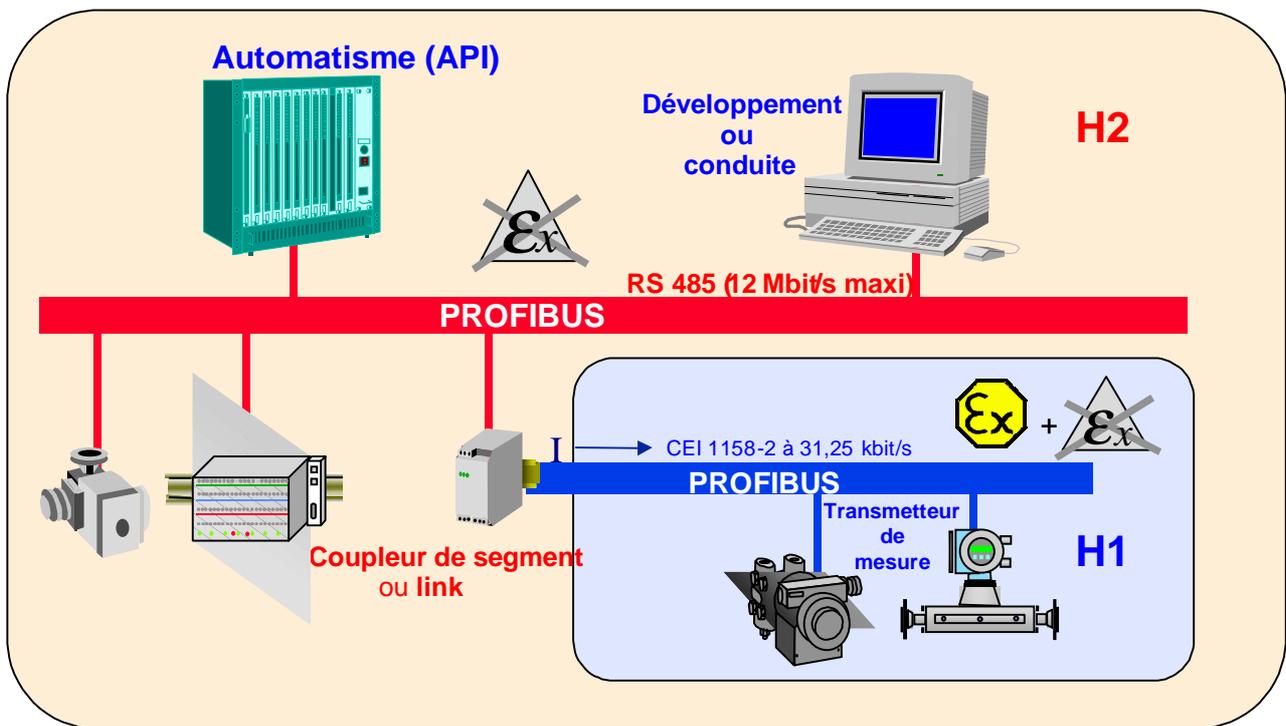


Fig. 16 : Exemple de réseau PROFIBUS adapté à l'industrie des procédés

process sur une simple ligne bifilaire, sans oublier la maintenance et la connexion/déconnexion des équipements en service, même en zone dangereuse. Né d'une collaboration étroite avec des utilisateurs de l'industrie des procédés (NAMUR), le profil PA répond aux quatre grandes exigences du secteur :

- Mise en œuvre de profils applicatifs normalisés, dédiés automatismes de process, et interchangeabilité d'équipements industriels hétérogènes.
- Ajout et retrait de stations du bus, même dans des zones à sécurité intrinsèque, sans perturber les autres stations.
- Tél'alimentation par le bus des transmetteurs de mesure, sur une même paire de fils selon CEI 1158-2.
- Utilisation en zone explosive avec deux modes de protection : à *sécurité intrinsèque* (EEx ia/ib) ou *antidéflagrant* (EEx d).

### 6.1.1 La communication sur PA

L'implantation de PROFIBUS dans l'industrie des procédés permet de réduire de plus de 40 % les coûts d'étude, de câblage, de mise en service et de maintenance, tout en offrant une grande richesse fonctionnelle et une sécurité accrue des données. La figure 17 résume les différences entre l'approche classique du câblage en fil à fil 4-20 mA et un réseau PROFIBUS.

Les instruments de terrain installés en zone dangereuse sont connectés sur PROFIBUS par une liaison CEI 1158-2 qui assure à la fois la transmission des données et la tél'alimentation, sur deux

fils. Le passage en zone saine (PROFIBUS DP sur RS 485) est réalisée au travers d'un coupleur de segment ou à un link. Contrairement au câblage traditionnel qui impose de tirer une ligne pour chaque signal entre l'instrumentation et la carte d'E/S du système de contrôle-commande (API,SNCC), les données de plusieurs équipements sur PROFIBUS sont acheminées sur un seul câble. De même, si les solutions classiques de câblage exigent une alimentation (antidéflagrante, si nécessaire) pour chaque signal, sur PROFIBUS, le coupleur de segment ou la liaison assure cette fonction indistinctement pour de multiples appareils. Selon les risques d'explosion et la consommation électrique des instruments de terrain, il est possible de raccorder de 9 (Eex ia/ib) à 32 (non ex) instruments de mesure sur un seul coupleur de segment ou liaison ; l'économie porte donc non seulement sur le câblage, mais aussi sur les modules d'E/S du système qui sont remplacés par l'interface PROFIBUS. C'en est fini des sectionneurs et autres protections, plusieurs transmetteurs pouvant être alimentés par une seule source.

La transmission des mesures et de l'état des instruments de terrain PA s'effectue de façon cyclique et prioritaire entre le système (DPM1) et les transmetteurs de mesure, et reprend les fonctions de base du bus rapide DP ; la valeur de mesure instantanée et son état sont donc en permanence à jour et accessibles à l'automatisme DPM1. Par ailleurs, les paramètres de visualisation, d'exploitation, de maintenance et de diagnostic de l'équipement sont transmis par l'outil de développement (DPM2), à l'aide des fonctions acycliques non prioritaires de DP sur une liaison MSAC2.

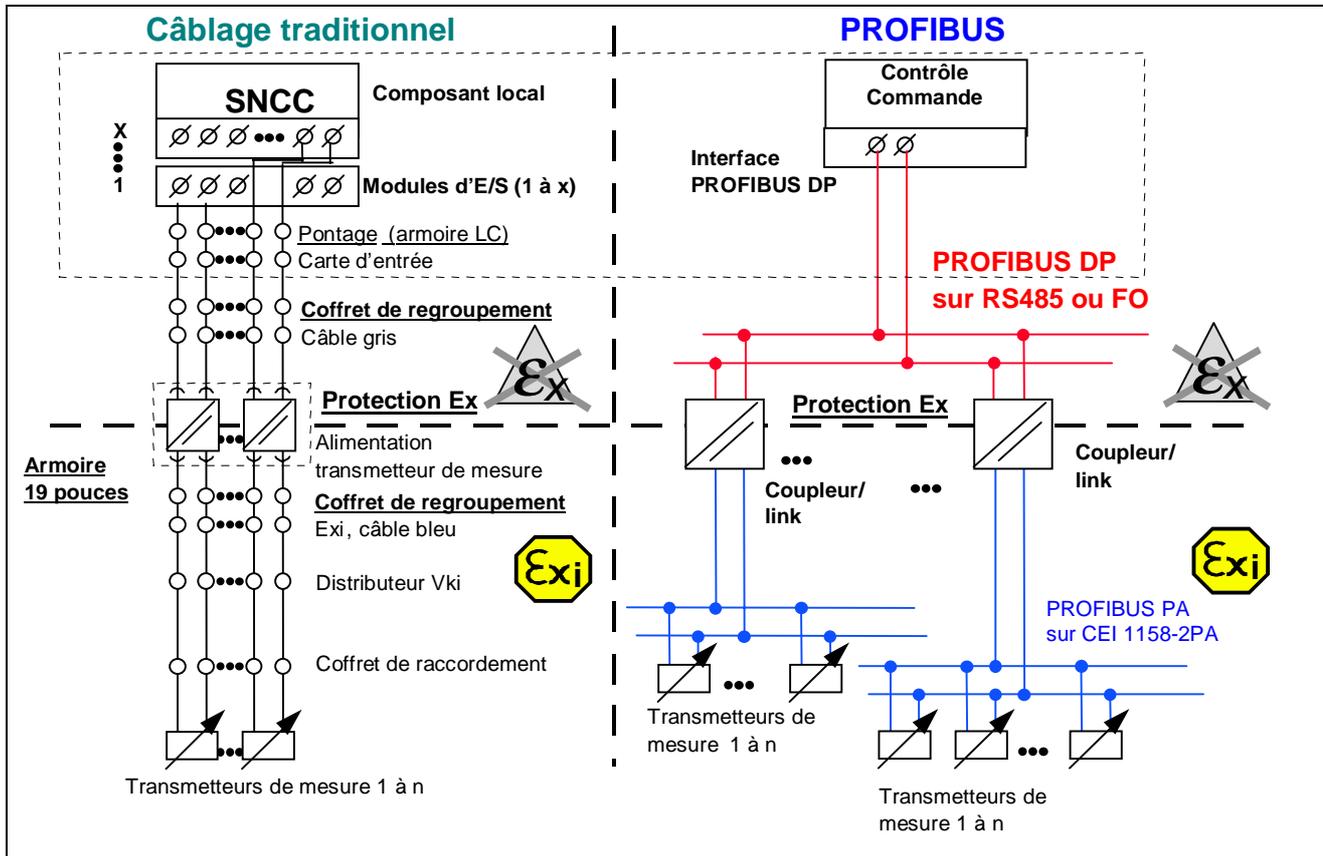


Fig. 17 : Comparaison entre les deux solutions de câblage : fil à fil 4-20 mA et réseau PROFIBUS-PA

### 6.1.2 Les aspects applicatifs de PA

Outre ces critères liés à la communication, le profil PA comporte également certaines définitions applicatives, telles que le type de données et l'unité de la valeur de mesure transmise, ainsi que la signification de sa valeur d'état. Les spécifications de l'unité et la signification des paramètres de l'instrument (plage de mesure haute/basse) sont indépendantes du fournisseur. Pour faciliter la mise en service, il est également possible de simuler ces valeurs dans le transmetteur de mesure.

L'utilisateur peut alors substituer à la valeur réelle une valeur de mesure fictive, saisie avec l'outil de développement, puis transmise au système. Cette démarche facilite la simulation des états critiques d'une usine et assiste le personnel chargé de sa mise en service par étapes.

Le comportement de l'équipement est décrit en spécifiant des variables normalisées qui donnent le détail des propriétés des transmetteurs de mesure. La figure 18 illustre le principe d'un transmetteur de pression décrit avec le bloc de fonction *Entrée analogique*.

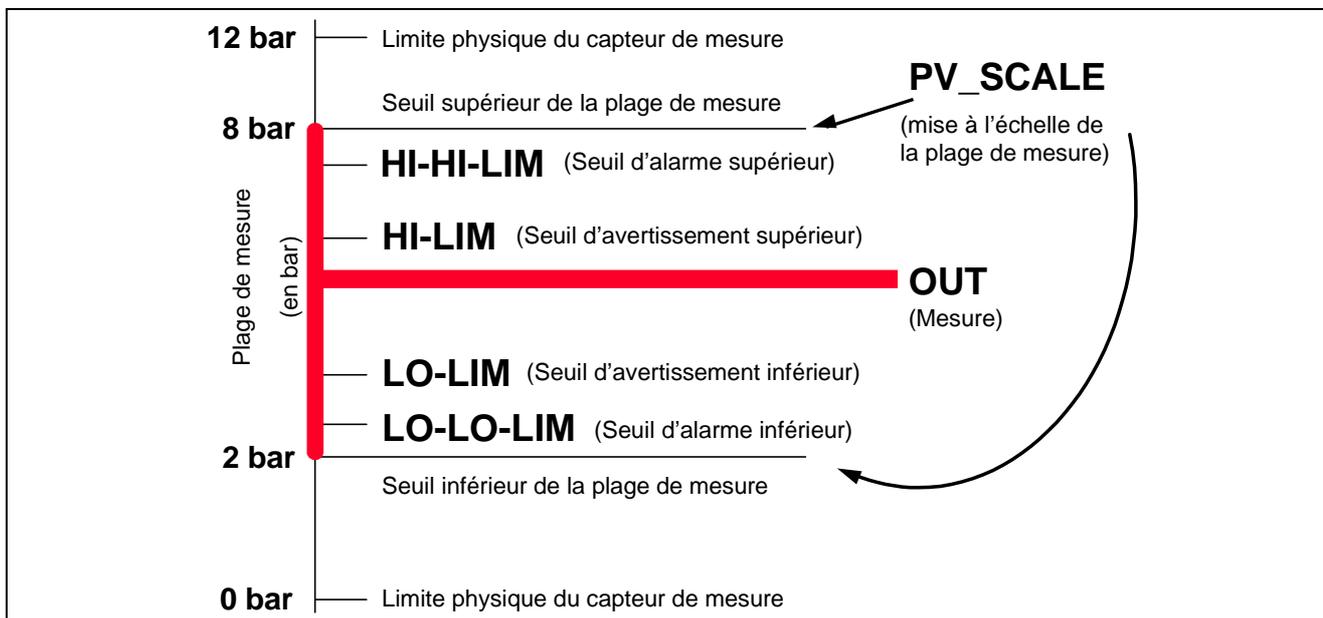


Fig. 18: Représentation graphique des paramètres d'un transmetteur de pression dans PROFIBUS-PA

Paramètre	Lecture	Écriture	Fonction
OUT	●		Lecture de la valeur mesurée de la variable du procédé et de son état
PV_SCALE	●	●	Mise à l'échelle des variables du procédé (seuil inférieur et supérieur de la plage de mesure, unités de mesure et nombre de décimales)
PV_FTIME	●	●	Constante d'intégration de la sortie du bloc de fonction (en seconde)
ALARM_HYS	●	●	Hystérésis des fonctions d'alarme (% de la plage de mesure)
HI_HI_LIM	●	●	Seuil d'alarme très haut ; en cas de dépassement, les bits d'alarme et d'état passent à 1.
HI_LIM	●	●	Seuil d'avertissement haut ; en cas de dépassement, les bits d'avertissement et d'état passent à 1.
LO_LIM	●	●	Seuil d'avertissement bas ; en cas de dépassement, les bits d'avertissement et d'état passent à 1.
LO_LO_LIM	●	●	Seuil d'alarme très bas ; en cas de dépassement, les bits d'alarme et d'état passent à 1.
HI_HI_ALM	●		Etat du seuil d'alarme très haut avec datation
HI_ALM	●		Etat du seuil d'avertissement haut avec datation
LO_ALM	●		Etat du seuil d'avertissement bas avec datation
LO_LO_ALM	●		Etat du seuil d'alarme très bas avec datation

Table 10 : Les paramètres du bloc de fonction « Entrée analogique »

Le profil PA se compose d'une *spécification générale* contenant les définitions applicables à l'ensemble des instruments de terrain et de *fiches techniques équipements* renfermant des informations propres à chaque type d'instrument. Ce profil convient à la description d'appareils se résumant à une seule variable mesurée (*monovariante*) comme aux appareils multifonctions dotés de plusieurs variables (*multivariables*). Les fiches équipements du profil PA actuel (version 3.0) couvrent la totalité des transmetteurs de mesure les plus courants :

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

### 6.1.3 Les blocs de fonctions de PA

PROFIBUS-PA garantit l'interchangeabilité et l'interopérabilité des instruments de terrain multi-constructeurs. Pour décrire les fonctions et les paramètres de l'équipement, il s'appuie sur un modèle de blocs de fonctions universellement reconnu par le marché. Ces blocs représentent diverses fonctions utilisateur : Entrée analogique, Sortie analogique... Orientés application, ils sont complétés de deux blocs davantage axés sur l'équipement : le *Bloc physique* et le *Bloc transmet-*

*teur*. Les paramètres d'entrée et de sortie des blocs de fonctions peuvent être reliés par le bus et raccordés à une application d'ingénierie du procédé.

#### Bloc physique

C'est la fiche d'identité de l'équipement : désignation, fabricant, version et numéro de série.

#### Bloc transmetteur

Contient des données propres à l'application, comme les paramètres de réglage.

#### Entrée analogique

Lit la valeur mesurée par le capteur, ainsi que son état et la mise à l'échelle.

#### Sortie analogique

Fournit à la sortie analogique la valeur donnée par le système.

#### Entrée TOR

Fournit au système la valeur de l'entrée TOR.

#### Sortie TOR

Fournit à la sortie TOR la valeur donnée par le système.

Toute application comporte plusieurs blocs de fonctions, intégrés dans les instruments de terrain par le constructeur et accessibles par la communication et les outils de développement.

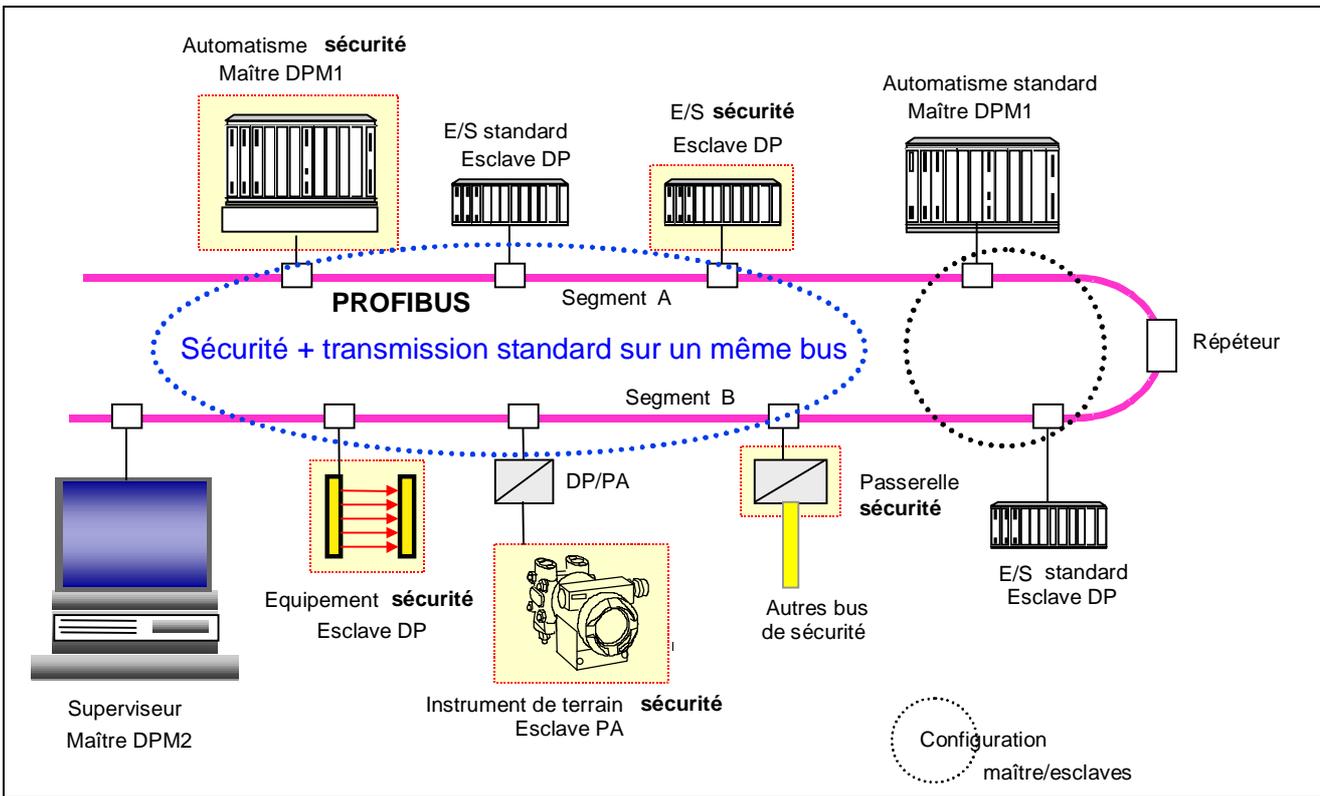


Fig. 19 : PROFISafe : la sécurité sur le réseau

## 6.2 Profil Sécurité (PROFISafe)

Le profil sécurité PROFISafe (n° 3.092) définit le raccordement d'équipements à sécurité intrinsèque (arrêts d'urgence, barrières immatérielles, verrouillages) à des automatismes programmables sur PROFIBUS. Le domaine particulier de la sécurité, dont la plupart des constituants étaient jusqu'ici raccordés en fil à fil, peut ainsi bénéficier des multiples atouts d'une communication ouverte sur PROFIBUS.

Version sécurisée de PROFIBUS, PROFISafe s'est développé selon deux grands objectifs : réduire les coûts de câblage et satisfaire aux exigences d'un large éventail d'applications dans les industries manufacturières et de process. Les équipements opérant sous PROFISafe sont donc en mesure de fonctionner sans limite, en parfaite harmonie avec des équipements standard, sur un même câble. Basé sur le profil DP, PROFISafe accepte les transmissions RS 485, fibre optique ou CEI 1158-2.

PROFISafe offre également deux avantages décisifs : dans le manufacturier, une très grande réactivité héritée de DP et, dans le process, l'absence d'alimentation supplémentaire pour les instruments de terrain PA. Il s'agit donc d'une solution logicielle qui regroupe communication de sécurité et transmission standard sur une seule voie, sans aucun autre câblage spécifique.

PROFISafe prend en compte toutes les erreurs qui pourraient s'infiltrer dans la transmission série standard (répétition, perte, insertion, erreur de séquence, retard, mascarade, corruption des données et défaut d'adressage). Mieux encore, il définit

des mécanismes de sécurité complémentaires qui vont bien au-delà des simples détection et correction d'erreur de la gestion d'accès PROFIBUS.

Une judicieuse sélection et un subtil dosage des mesures de sécurité disponibles (numérotation des trames, surveillance temporelle avec acquittement, identification source-destination, contrôle de redondance cyclique et « moniteur SIL » breveté) permettent d'atteindre des niveaux de protection normalisés SIL3 ou AK6 et conformes à la catégorie 4 de la norme EN 954-1. De surcroît, PROFISafe a remporté l'adhésion des organismes TÜV et BIA. Enfin, précisons que les fabricants d'équipements à sécurité intrinsèque peuvent compter sur un pilote logiciel implémentant toutes les définitions du profil PROFISafe.

## 6.3 Gestion technique du bâtiment (GTB)

Ce profil « métier » (n° 3.011) sert de fondement à de nombreux marchés publics ayant trait à l'automatisation du bâtiment. S'inspirant du profil de communication FMS, il définit les règles de surveillance, de commande, de régulation, d'exploitation, de traitement d'alarmes et d'archivage applicables aux réseaux de GTB.

## 6.4 Profils d'équipement

Basés sur le profil de communication DP, ces profils applicatifs sont définis pour quatre types d'équipement :

### Commandes numériques et Robots (n° 3.052)

Ce profil traite de la commande des robots de manipulation et d'assemblage sur DP. Des programmes décrivent les mouvements et les commandes du robot sous l'angle de l'automatisme de niveau supérieur.

### Codeurs (n° 3.062)

Ce profil porte sur le raccordement des codeurs rotatifs, angulaires et linéaires (mono et multitours) sur DP. Deux classes d'équipement définissent des fonctions de base et des fonctions complémentaires, telles la mise à l'échelle, le traitement des alarmes et le diagnostic.

### Vitesse variable (n° 3.072)

Ce profil définit le paramétrage des variateurs et la transmission des consignes et des valeurs réelles. Il garantit l'interchangeabilité des variateurs de différentes marques et contient les spécifications nécessaires à la variation de vitesse et au positionnement. Il précise les fonctions de base du variateur tout en laissant le champ libre aux extensions spécifiques à l'application et aux évolutions futures.

### Interface homme-machine (n° 3.082)

Ce profil consacré à l'interface opérateur (IHM) spécifie la liaison, via DP, des équipements de conduite et de supervision avec des constituants d'automatismes de plus haut niveau. Il s'appuie sur les fonctions de communication étendues de DP.

## 7. La configuration et l'identification des équipements

Les équipements PROFIBUS se distinguent par leurs performances et leurs fonctionnalités (nombre de signaux d'E/S et de messages de diagnostic) ou par le paramétrage du bus (débit, surveillance temporelle). Ces variantes, selon le type d'équipement et le fournisseur, sont en général renseignées dans le manuel technique. Pour simplifier la configuration de PROFIBUS et la rendre transparente à l'utilisateur (*Plug and Play*), les caractéristiques de transmission des équipements sont recensées dans des fiches électroniques, intitulées *bases de données équipement* ou plus simplement *fichiers GSD*.

De puissants outils permettent la configuration d'un réseau PROFIBUS. Basés sur les fichiers GSD, ils facilitent considérablement cette tâche pour des réseaux PROFIBUS fédérant des équipements multisources.

## 7.1 Fichiers GSD

Rappelons que les caractéristiques de transmission de tout équipement PROFIBUS sont définies dans les *fichiers GSD*, obligatoirement fournis par le constructeur.

Grâce à ces fichiers, la notion d'automatisation ouverte descend réellement sur le terrain, au plus près de l'opérateur posté. Ils peuvent être chargés durant la configuration à l'aide de n'importe quel outil de configuration moderne, ce qui apporte un plus de convivialité et de simplicité à l'intégration d'équipements multisources au sein de PROFIBUS.

Les fichiers GSD donnent un descriptif clair et exhaustif des caractéristiques d'un type d'équipement, dans un format extrêmement précis. Préparés pour chaque type d'équipement par le fournisseur, ils sont proposés à l'utilisateur sous forme électronique. La définition très précise du format de fichier permet à l'outil de configuration d'y puiser automatiquement toute l'information nécessaire à la configuration du bus. L'ingénieur est ainsi dispensé de la fastidieuse *pêche à l'information* dans les manuels techniques. Même en pleine configuration, les erreurs de saisie sont systématiquement traquées et la cohérence entre les données entrées et la totalité du système est automatiquement vérifiée. Un fichier GSD comporte trois volets :

- Des **spécifications générales** mentionnant 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.
- Des **spécifications** réservées exclusivement aux équipements **maîtres** et recensant tous leurs paramètres : nombre maxi d'esclaves raccordables, possibilités de téléchargement...
- Des **spécifications** contenant toutes les caractéristiques des **esclaves** : nombre et type de voies d'E/S, définition des messages de diagnostic et description des divers constituants d'une machine modulaire...

Dans chaque cas, ces paramètres sont séparés par des mots clés. On distingue des paramètres obligatoires (par ex., fournisseur *Vendor\_Name*) et des paramètres facultatifs (mode de synchronisation *Sync\_Mode\_supported*). La définition de groupes de paramètres permet de choisir différentes options. Ces paramètres peuvent en outre être reliés à des fichiers point par point contenant les symboles des équipements à intégrer. 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 divers constituants d'une machine modulaire.

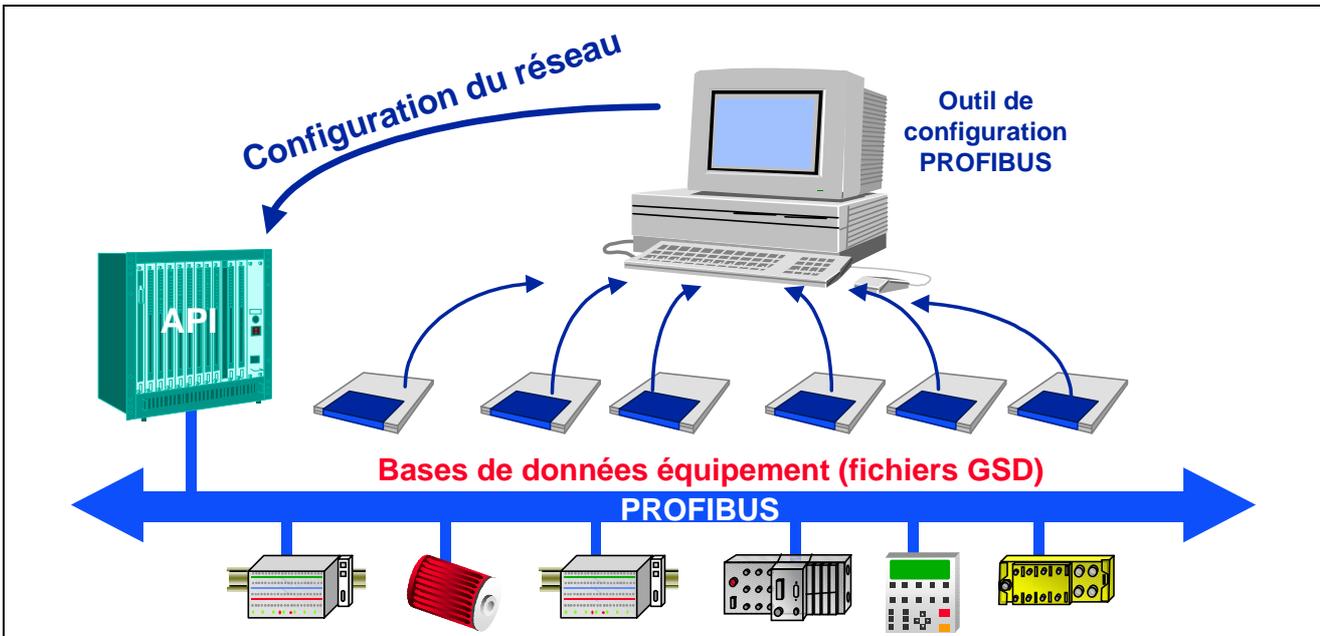


Fig. 20 : Les fichiers GSD facilitent la configuration du réseau et donnent tout son sens à la notion de « communication ouverte ».

Les messages de diagnostic peuvent aussi s'accompagner de textes en clair.

Pour faciliter la tâche des fabricants, la page d'accueil du site Internet de PROFIBUS <http://www.profibus.com> propose, dans sa rubrique *Download*, le téléchargement d'un éditeur et d'un contrôleur GSD qui simplifient la réalisation de ces fichiers. De même, les formats de fichier GSD sont décrits dans deux directives PROFIBUS : n° 2.122 pour DP et n° 2.102 pour FMS.

En outre, les fichiers GSD des équipements PROFIBUS conformes à la normalisation en vigueur sont téléchargeables gratuitement à partir de la rubrique *GSD Library* de notre page d'accueil Internet.

## 7.2 Identification de l'équipement

Chaque esclave PROFIBUS ou maître DPM1 doit posséder un numéro d'identification ; une règle d'or permettant 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 sécuriser le système contre toute erreur de configuration.

Les fabricants d'équipement doivent demander ce numéro à l'association PROFIBUS (qui en assure l'attribution et la gestion) pour chaque type d'appareil. Les formulaires correspondants peuvent être obtenus auprès de l'antenne régionale de l'association ou sur le site Internet PROFIBUS.

Des numéros d'identification génériques, compris entre 9700H et 977FH, ont été réservés aux instruments de terrain PA. Tous les appareils PA répondant exactement aux définitions de la version 3.0 (ou supérieure) du profil PA doivent donc être numérotés dans cette plage. La définition de ces numéros génériques renforce l'interchangeabilité des instruments de terrain PA. Le choix du numéro à utiliser pour identifier l'équipement concerné dépend du type et du nombre de blocs de fonctions existants. Le numéro 9760H est réservé aux instruments PA offrant plusieurs blocs de fonctions ou *multivariables*. La désignation des fichiers GSD de ces appareils obéit également à des règles strictes, reprises en détail dans le profil PA.

## 7.3 Fichiers EDD

La description électronique de l'équipement ou *fichier EDD (Electronic Device Description)* recense toutes les propriétés des appareils de terrain PROFIBUS. Elle décrit, dans un langage universel et indépendant du constructeur, des organes simples (capteurs et actionneurs) comme des automatismes complexes. Les fichiers EDD, fournis par le constructeur pour ses équipements, puis lus par les outils de développement, simplifient la configuration, la mise en service et la maintenance des réseaux PROFIBUS. Ils comportent deux volets :

- Une description des variables et des fonctions de l'appareil,
- Des précisions sur son exploitation et sa visualisation.

La spécification complète des fichiers EDD figure dans la directive PROFIBUS n° 2.152.

### 7.4 Concept FDT

Dans le cadre de son programme de développement, la commission technique « Automatisation des procédés » de l'association PROFIBUS étudie actuellement un nouveau concept englobant tous les niveaux et caractéristiques du réseau. L'outil d'équipement de terrain ou FDT (*Fieldbus Device Tool*) s'inspire du modèle COM/DCOM (*Component Object Model*) développé par Microsoft ; il jette les bases d'un accès indépendant du constructeur à toutes les caractéristiques de transmission et d'application d'un équipement pour permettre une configuration, une exploitation et un diagnostic étendus à l'ensemble du réseau. Dans cette optique, la totalité des paramètres et des options d'un appareil de terrain est regroupée par le constructeur dans un *gestionnaire de type d'équipement* ou DTM (*Device Type Manager*), dont les fichiers GSD, déjà opérationnels, et EDD font partie intégrante.

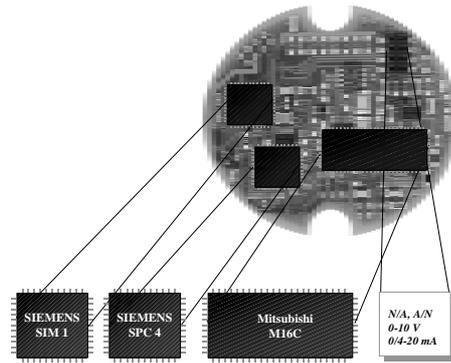


Fig. 21 : Exemple de réalisation d'un esclave PROFIBUS sur liaison CEI 1158-2

Pour les grandes quantités, la solution la plus pratique réside dans une implantation individuelle de PROFIBUS, sous forme d'ASICs (table 11). Notons que le choix du circuit dépend surtout de la complexité de l'équipement de terrain et de ses exigences en termes de performances et de fonctionnalités. Quelles que soient les différentes possibilités d'implémentation, toutes reposent sur l'offre matérielle/logicielle multiconstructeur de la table 11. Le « Guide des produits PROFIBUS » offre un tour d'horizon complet des composants PROFIBUS.

## 8. Les réalisations PROFIBUS

PROFIBUS propose un vaste catalogue de composants standards simples permettant de mettre en œuvre le protocole PROFIBUS ; une véritable manne qui épargne au fabricant d'équipements le fastidieux et coûteux travail de développement de son propre logiciel de communication.

Il existe ainsi des modules d'interface complets PROFIBUS, pour les besoins en faibles et moyennes quantités. Ces cartes filles, au format carte de crédit et montées sur la carte mère de l'équipement, peuvent implémenter la totalité du protocole PROFIBUS.

Fournisseur	Circuit	Type	Caractéristiques	FMS	DP	Ajout µC	Ajout protocole logiciel	Débit
AGE	Agent-PB	Maître/Esclave	Puce de protocole universelle sur FPGA	●	●	●	●	12 Mbit/s
IAM	PBM	Maître	Puce de protocole périphérique	●	●	●	●	3 Mbit/s
M2C	IX1	Maître/Esclave	Une seule puce ou puce de protocole périphérique	●	●	— / ●	— / ●	3 Mbit/s
Siemens	SPC4	Esclave	Puce de protocole périphérique	●	●	●	●	12 Mbit/s
Siemens	SPC3	Esclave	Puce de protocole périphérique	—	●	●	●	12 Mbit/s
Siemens	DPC31	Esclave	Puce de protocole avec µC intégré	—	●	— / ●	●	12 Mbit/s
Siemens	ASPC2	Maître	Puce de protocole périphérique	●	●	●	●	12 Mbit/s
Siemens	SPM2	Esclave	Une seule puce, 64 bits d'E/S directement raccordables à la puce	—	●	—	—	12 Mbit/s
Siemens	LSPM2	Esclave	Une seule puce économique, 64 bits d'E/S directement raccordables à la puce	—	●	—	—	12 Mbit/s
PROFICHIP	VPC3+	Esclave	Puce de protocole périphérique	—	●	●	●	12 Mbit/s
PROFICHIP	VPC LS	Esclave	Une seule puce économique, 32 bits d'E/S directement raccordables à la puce	—	●	—	—	12 Mbit/s

Table 11 : Les différents ASICs PROFIBUS du marché

### 8.1 Esclaves simples

Pour réaliser des équipements d'E/S simples, la meilleure solution consiste à utiliser des composants ASIC qui intègrent, sur une seule puce, toutes les fonctions du protocole, sans microprocesseur ni logiciel supplémentaires. Les seuls composants externes nécessaires sont le pilote d'interface de bus, l'horloge à quartz et l'électronique de puissance. L'ASIC SPM2 de Siemens et les circuits IX1 de M2C et VPC LS de PROFICHIP conviennent parfaitement à ce cas de figure.

### 8.2 Esclaves intelligents

Dans ce cas, les parties à temps critique de PROFIBUS sont implantées sur une puce de protocole, le reste étant réalisé sous forme logicielle sur un microcontrôleur.

Le circuit DPC31 de Siemens associe puce de protocole et microcontrôleur. On peut aussi opter pour les ASIC SPC3 (Siemens), VPC3+ (PROFICHIP) et IX1 (M2C) qui sont des puces de protocole pures. Ces composants offrent une interface banalisée, exploitable avec les microcontrôleurs du commerce. Des microprocesseurs intégrant un noyau PROFIBUS sont une autre possibilité.

### 8.3 Maîtres complexes

Les parties "temps critique" de PROFIBUS résident sur une puce de protocole, le reste étant réalisé sous forme logicielle sur un microcontrôleur. Les ASIC ASPC2 (Siemens), IX1 (M2C) et PBM (IAM) sont des valeurs sûres, capable d'opérer avec de nombreux microprocesseurs du commerce.

### 8.4 Interfaces CEI 1158-2

La mise en œuvre d'appareils de terrain alimentés par le bus sur une liaison CEI 1158-2 impose de donner la priorité à la faible consommation. En règle générale, il faut se contenter d'un courant de 10 mA qui doit alimenter la totalité de l'équipement, sans oublier l'interface de bus et l'instrumentation électronique.

Ces exigences sont satisfaites par les puces modem de Siemens et de Smar qui tirent de la liaison CEI 1158-2 toute l'énergie nécessaire à l'ensemble de l'équipement et alimentent ainsi les autres composants électroniques de l'appareil PA. Le circuit SIM1 de Siemens a la faveur des industriels, puisqu'il forme un tandem idéal avec la puce de protocole SPC4 du même fabricant (figure 21).

Pour en savoir plus sur la connexion des équipements PROFIBUS sur liaison CEI 1158-2, consultez la directive n° 2.092.

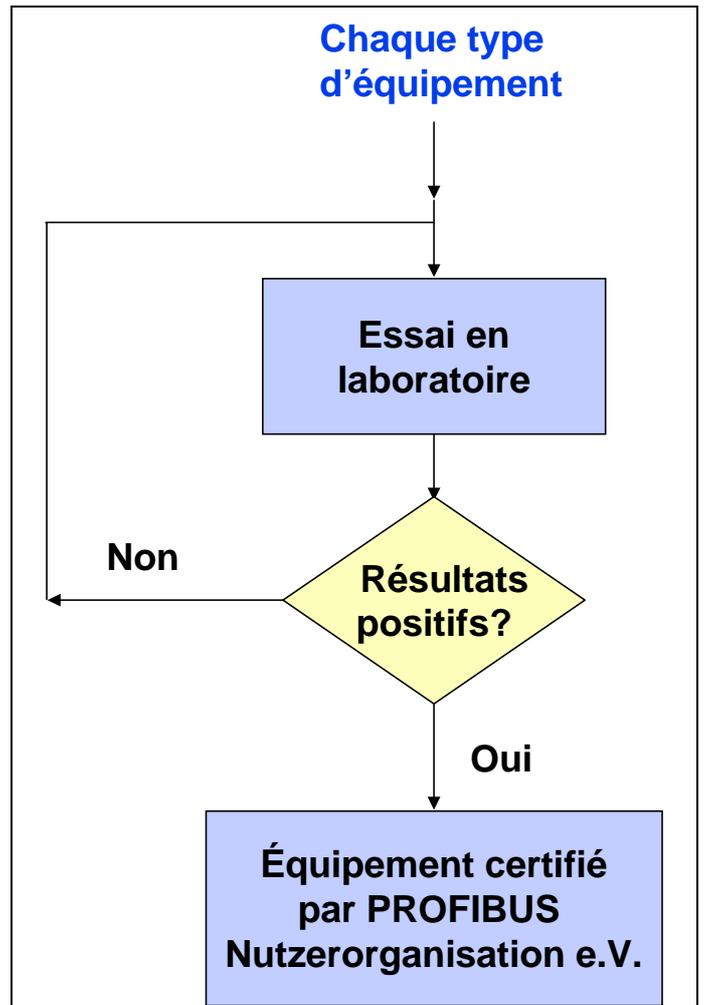


Fig. 22 : Procédure de certification d'un équipement

## 9. La certification

La norme PROFIBUS EN 50 170 définit les principes et règles de communication entre les divers constituants d'un réseau. Pour faciliter ce dialogue entre équipements PROFIBUS multisources, l'association PROFIBUS a mis au point une procédure complète d'assurance de la qualité qui débouche sur la délivrance d'un certificat, fondé sur un compte-rendu d'essais effectués par des laboratoires accrédités.

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 de la norme qui ont pu être commises par les développeurs. L'interopérabilité de l'équipement avec d'autres appareils certifiés est également vérifiée. Il est fondamental que ces essais soient effectués par des experts indépendants. En cas de résultats positifs, le certificat peut alors être demandé à l'association PROFIBUS.

La certification s'appuie sur la norme EN 45 000 qui impose l'accréditation par l'association PROFIBUS de laboratoires d'essai agissant en parfaite neutralité et en toute indépendance des constructeurs. L'un des principes clés de cette certification est que l'équipement est testé en laboratoire. Les procédures d'essai et de certification sont définies par trois directives PROFIBUS :

- n° 2.032 pour les équipements esclaves,
- n° 2.061 pour les instruments de terrain PA,
- n° 2.071 pour les équipements maîtres DP.

Il existe plusieurs procédures d'essai pour les équipements maîtres et esclaves, selon la complexité du protocole. Il s'agit de tests de conformité et d'interopérabilité, largement éprouvés (figure 22). Avant de lancer la procédure d'essai, le constructeur doit solliciter un numéro d'identification de l'équipement auprès de l'association PROFIBUS et préparer le fichier GSD de l'équipement. Tous les laboratoires d'essais utilisent une procédure uniformisée. L'essai est documenté avec force détails et son compte-rendu, remis au constructeur comme à l'association PROFIBUS, sert de référence à la délivrance du certificat.

Le **test matériel** porte sur l'électronique de l'interface PROFIBUS, dont on vérifie la conformité au standard EIA RS 485. Les caractéristiques électriques (résistances de terminaison, interface de bus et niveau de la ligne) sont testées. En outre, la documentation technique et le fichier GSD sont comparés au paramétrage de l'équipement.

Le **test fonctionnel** étudie l'accès au bus, le protocole de transmission et les fonctionnalités de l'équipement. Le fichier GSD permet de paramétrer et d'adapter le système de test. On utilise la procédure de la *boîte noire* qui ne nécessite aucune connaissance de la structure interne de l'implantation. Les réactions de l'équipement testé peuvent être suivies sur le bus et enregistrées par le contrôleur de bus. Si nécessaire, les sorties de l'équipement sont également surveillées et enregistrées. Durant les essais portant sur le comportement temporel des équipements sur le bus, le laboratoire analyse les données enregistrées par le contrôleur de bus pour les confronter à la norme PROFIBUS.

Le **test de conformité** est la pièce maîtresse de la procédure d'essai ; il vérifie que l'implantation du protocole respecte les spécifications de la norme PROFIBUS. Le comportement théorique de l'équipement est décomposé en séquences de test adaptables à l'appareil. Son comportement réel est analysé et comparé au comportement théorique, puis les résultats sont consignés dans un dossier de protocole.

- **Comportement en cas de défaut :**  
Simulation des défauts du bus (coupure de transmission, court-circuit de la ligne de bus et défaut d'alimentation).
- **Adressage :**  
Appel de l'équipement sous trois adresses quelconques de la plage d'adressage et vérification de son fonctionnement.
- **Diagnostic :**  
Contrôle de concordance entre le contenu du fichier GSD et la norme (par déclenchement externe du diagnostic).
- **Mixité :**  
Vérification du fonctionnement des esclaves mixtes coopérant avec un maître FMS et DP.

Le test d'**interopérabilité et de charge** met en scène plusieurs équipements PROFIBUS d'autres marques, dans un environnement multiconstructeur.

On vérifie la continuité de fonctionnement de l'ensemble du réseau lorsqu'un équipement lui est ajouté. On teste également l'exploitation multimaître.

Si ces essais s'avèrent tous positifs, le constructeur adresse une demande de certificat à l'association PROFIBUS. Chaque équipement certifié reçoit ainsi un numéro de certification. Ce certificat a une durée de validité de 3 ans qui peut être prolongée après un nouveau contrôle. L'adresse des laboratoires d'essai PROFIBUS figure dans le « Guide des produits PROFIBUS » ou sur notre page d'accueil Internet <http://www.profibus.com>.

**10. Les évolutions de PROFIBUS**

À l'heure où nous mettons sous presse, l'association des utilisateurs du PROFIBUS travaille autour de deux axes de développement : enrichir PROFIBUS de nouvelles fonctionnalités permettant d'étendre son champ d'action ; faire de PROFIBUS « LE » bus de terrain par excellence, adapté à la quasi totalité des applications industrielles.

Il y a quelques années, réaliser des économies de câblage de 40 % grâce aux bus de terrain relevait de l'exceptionnel. Aujourd'hui, cette réussite est monnaie courante.

Il s'agit à présent de réduire davantage les coûts de développement et d'élargir l'éventail des applications pour être en mesure d'exploiter un réseau de communication unifié, transparent à l'utilisateur, nécessitant encore quelques bus spécialisés. De nouvelles économies se profilent ainsi à l'horizon (stockage des pièces de rechange, mise en service, formation et maintenance) qui constituent autant de leviers de compétitivité pour nos machines et nos réseaux sur le marché mondial.

Un autre constat s'impose : la base installée de PROFIBUS se chiffre aujourd'hui à plus de 3 millions d'équipements ; la compatibilité est donc la condition *sine qua non* du développement futur du réseau.

**PROFIBUS et Ethernet**

Cette innovation porte sur le couplage direct et transparent de PROFIBUS et d'Ethernet. PROFIBUS prend ainsi en compte l'évolution inéluctable de la communication industrielle vers une ouverture et une transparence « verticale » à tous les niveaux

de l'entreprise, de la gestion à la production, jusqu'au cœur de l'intelligence déportée. Cette convergence de PROFIBUS et de l'informatique d'entreprise s'échelonne en trois étapes :

- Adaptation des services de développement de PROFIBUS au protocole TCP/IP, accès à l'image du procédé, paramétrage, diagnostic et définition de l'interface logicielle correspondante, sur la base d'OPC : en clair, l'utilisateur peut alors configurer et surveiller ses équipements PROFIBUS, installés dans le monde entier, via Ethernet et Internet. Autre conséquence : données du procédé, paramétrage et diagnostic des appareils de terrain sont parfaitement accessibles aux logiciels bureautiques.
- Routage direct TCP/IP → PROFIBUS : Internet et les standard de l'informatique Microsoft accèdent au terrain. Dans la foulée, des serveurs Web peuvent, par exemple, équiper des appareils de terrain et des systèmes d'exploitation d'origine Microsoft, embarqués sur des appareils complexes, ont accès à des services bien connus.
- Représentation d'équipements de terrain complexes sous forme de systèmes répartis, orientés objet et intégration d'appareils simples, par le biais de serveurs proxy. Cette phase met l'accent sur la coexistence de machines simples et d'automatismes complexes. Des accès banalisés autorisent les services nécessaires à cette cohabitation et concrétisent la fusion de PROFIBUS et d'Ethernet.

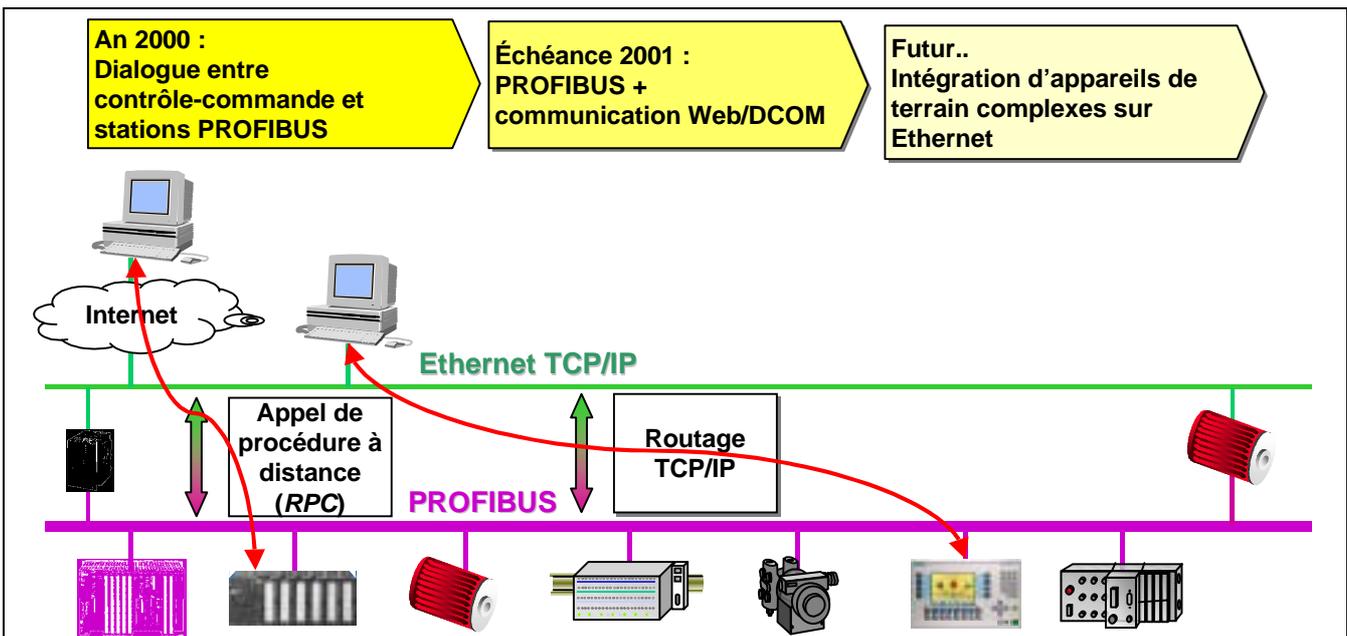


Fig. 23 : Les trois grandes étapes du rapprochement PROFIBUS – Ethernet

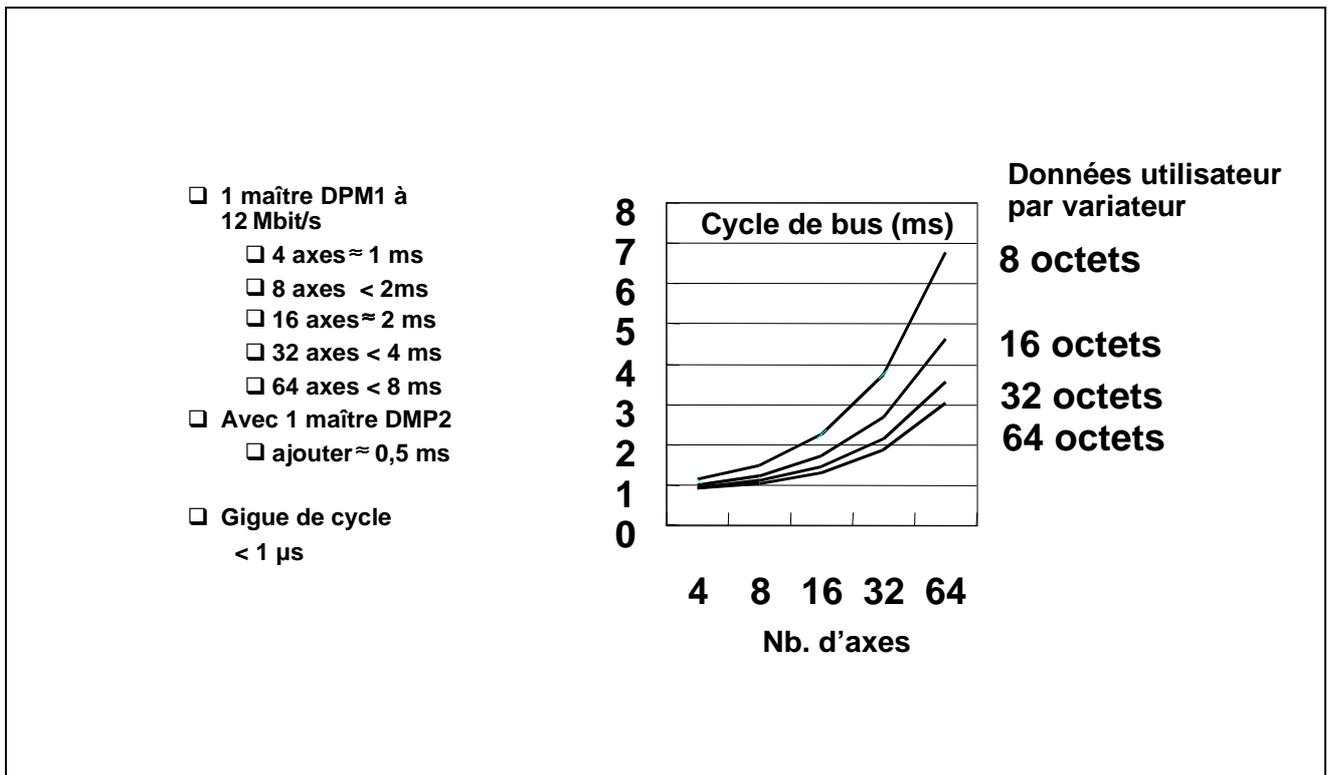


Fig. 24 : Temps de cycle du bus avec synchronisation horaire

#### La commande d'axes

PROFIBUS innove également dans le domaine de la vitesse variable. En partenariat avec de grandes pointures de la variation électronique de vitesse, l'association PROFIBUS veut assurer le pilotage de séquences de mouvements rapides sur PROFIBUS. Ces nouvelles fonctions permettent de réaliser une régulation numérique en boucle fermée avec PROFIBUS qui synchronisera les cycles du logiciel applicatif des automatismes de niveau supérieur, la transmission sur le bus et les cycles du logiciel applicatif des variateurs.

Pour satisfaire ces exigences techniques, il faut doter le protocole PROFIBUS de nouvelles fonctions de synchronisation d'horloge et de communication d'esclave à esclave entre variateurs. L'objectif ? Piloter douze axes synchronisés en un temps de cycle de bus inférieur à 2 ms – sans altérer le cycle – pour permettre un accès acyclique des paramètres aux tâches d'exploitation, de surveillance et de développement.

Cette évolution trouve sa justification dans l'impossibilité de couvrir jusqu'à présent tous les besoins de la vitesse variable à l'aide d'une seule solution réseau s'appuyant sur les bus de terrain ouverts du marché.

Si, par exemple, le réseau a pour triple vocation de piloter les variateurs, de lire et d'afficher les E/S déportées, ou encore d'assurer la visualisation et l'exploitation, il faut obligatoirement éclater ces fonctions sur plusieurs bus. Les nouvelles fonctionnalités de PROFIBUS dédiées à la commande

d'axes permettront aux utilisateurs de ne plus faire appel à des bus spécialisés dans nombre d'applications.

**La synchronisation d'horloge** consistera en un signal d'horloge équidistant sur le bus et cyclique, envoyé par le maître à l'ensemble de ses stations, sous forme de télégramme de commande global.

Maître et esclaves pourront alors se caler sur ce signal pour synchroniser leurs applications. Dans le domaine de la variation de vitesse, la transmission synchrone sert de base à la synchronisation des variateurs. Non seulement la communication par télégramme est réalisée sur le bus dans une tranche horaire équidistante, mais les algorithmes de commande internes (commande de vitesse et de courant dans le variateur ou le contrôleur) sont aussi synchronisés au niveau de l'automatisme supérieur.

Pour des applications courantes, la gigue du signal d'horloge, de cycle en cycle, doit être inférieure à 1  $\mu$ s. Des dérives plus importantes sont considérées comme des défauts du cycle et, à ce titre, ignorées. Si l'on omet un cycle, le cycle suivant doit de nouveau se situer dans la tranche horaire. L'horloge du système est réglée par l'utilisateur à la configuration du bus.

Des esclaves simples (E/S déportées, par exemple) peuvent prendre part à ce bus synchrone, sans aucune modification. Grâce aux fonctions *Synchro* et *Freeze* (Cf. 4.1.5), entrées et sorties sont gelées à un instant du cycle et transmises au cycle suivant. La parfaite synchronisation de tous les participants du bus est toutefois soumise à une limitation du nombre de maîtres : un seul DPM1 (l'automatisme) et un seul DPM2 (l'outil de développement).

La **communication d'esclave à esclave**, cyclique, est bâtie sur le modèle *éditeur/abonné*. Des esclaves, déclarés *éditeurs*, permettent à d'autres esclaves, *abonnés* du bus, d'accéder en lecture à leurs données.

Les esclaves existants qui ne disposent pas encore de ces extensions de protocole peuvent cohabiter sur le même segment de bus avec des variateurs intégrant déjà ces nouvelles possibilités. La définition de ces fonctions et de ces services s'attache aussi à garantir la simplicité et la fiabilité de la mise en œuvre, à base d'ASIC du commerce, côté maître comme côté esclave.

La prise en compte de ces extensions dans la spécification PROFIBUS remonte au début 1999 et la publication du profil PROFIDrive étendu, à fin 1999 ; l'intégration de ces extensions dans DP est au calendrier 2000.

## 11. L'avenir de PROFIBUS

PROFIBUS remporte l'adhésion de plusieurs milliers d'industriels du monde entier, spécialistes de la production, de la GTB et de l'automatisation des procédés. Gains substantiels, flexibilité accrue et disponibilité hors pair sont autant d'atouts qui plaident en sa faveur. Son catalogue de plus de 2 000 produits et services permet aux utilisateurs de sélectionner à tout moment le produit offrant les meilleures garanties de performance, d'évolutivité et de pérennité pour répondre à leurs exigences d'automatisation.

L'évolution technologique de PROFIBUS s'inscrit dans une dynamique de progrès constant : PROFIBUS s'enrichit de nouvelles fonctions naguère réservées à des bus spécialisés. L'utilisateur peut ainsi tirer le meilleur parti de la technologie PROFIBUS pour relever presque tous les défis de la communication industrielle.

PROFIBUS fait aujourd'hui l'unanimité dans l'industrie mondiale, comme en atteste sa reconnaissance par la norme internationale sur les bus de terrain CEI 61158.

## 12. Les mots clés

<b>ASIC</b>	<b><i>Application Specific Integrated Circuit</i></b> Circuit intégré spécifique une application.
<b>CR</b>	<b><i>Communication Reference</i></b> Brève désignation d'une relation de communication.
<b>CRL</b>	<b><i>Communication Reference List</i></b> Liste énumérant toutes les relations de communication d'une station.
<b>DP</b>	<b><i>Decentralized Periphery</i></b> Profil de communication PROFIBUS destiné aux échanges rapides avec la périphérie décentralisée.
<b>DPM1</b>	Maître DP de classe 1 : contrôleur de cellule (API ou PC) d'un réseau PROFIBUS-DP.
<b>DPM2</b>	Maître DP de classe 2 : appareil de programmation, de configuration et de diagnostic d'un réseau PROFIBUS-DP.
<b>EDD</b>	<b><i>Electronic Device Description</i></b> Description électronique d'un équipement recensant toutes ses propriétés sur PROFIBUS.
<b>FDL</b>	<b><i>Fieldbus Data Link</i></b> Couche de sécurisation des données (2) de PROFIBUS.
<b>FDT</b>	<b><i>Fieldbus Device Type</i></b> Description complète et universelle d'un équipement de terrain, indépendamment de son constructeur.
<b>FMS</b>	<b><i>Fieldbus Message Specification</i></b> Messagerie de PROFIBUS-FMS définissant des objets et les services applicatifs portant sur ces objets. Par extension, profil de communication PROFIBUS dédié aux échanges complexes et évolués au niveau cellule.
<b>GSD</b>	Base de données électronique de l'équipement, encore appelée <i>fichier GSD</i> .
<b>IHM</b>	Interface de dialogue homme-machine regroupant les appareils de conduite, de supervision et de dialogue mis à la disposition de l'opérateur.
<b>LLI</b>	<b><i>Lower Layer Interface</i></b> Sous-couche de la couche 7, <i>Application</i> , de PROFIBUS-FMS.
<b>MAC</b>	<b><i>Medium Access Control</i></b> Sous-couche inférieure de la couche 2 de l'OSI gérant l'accès au support, c'est-à-dire le droit de parole de chaque abonné du réseau.
<b>OD</b>	<b><i>Object Dictionary</i></b> Dictionnaire d'objets contenant la description de tous les objets de communication d'un équipement FMS.
<b>PA</b>	<b><i>Process Automation</i></b> Profil applicatif PROFIBUS dédié à l'automatisation des procédés.
<b>SAP</b>	<b><i>Service Access Point</i></b> Point d'accès à un service, à l'intérieur de la couche 2 de PROFIBUS.

## **PROFIBUS**

### **Manuel technique**

Version : septembre 1999

#### **Édité par :**

PROFIBUS Nutzerorganisation e.V.  
Haid-und-Neu-Str.7  
D-76313 Karlsruhe  
Téléphone : ++49 721 / 96 58 590  
Télécopie : ++49 721 / 96 58 599  
E-mail : Profibus\_International@compuserve.com

Profibus Trade Organization PTO  
16101 N. 82<sup>nd</sup> Street, Suite 3B  
Scottsdale, AZ 85260 USA  
Téléphone : ++1 480 483 2456  
Télécopie : ++ 1 480 483 7202  
E-mail : mbryant@goodnet.com

Traduit par :  
France Profibus

Mme BIGOT  
4, rue des Colonels Renard  
F-75017 PARIS

Téléphone : ++ 33 1 45 74 63 22  
Télécopie : ++ 33 1 45 74 03 33  
E-mail : france.profibus@wanadoo.fr

#### **Exclusion de responsabilité**

Malgré tout le soin apporté à la conception, à la rédaction, à la révision et à la francisation de ce manuel, nous ne pouvons garantir l'absence totale de divergence entre son contenu et les spécifications matérielles et logicielles de PROFIBUS.

Ce manuel toutefois l'objet de contrôles réguliers ; les corrections qui s'imposent et vos suggestions d'amélioration seront prises en compte lors des prochaines éditions.

Ce manuel ne prétend en aucun cas se substituer à la norme PROFIBUS EN 50170. En cas de doute, la norme prévaut.

© Copyright PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. 1999. Tous droits réservés.