



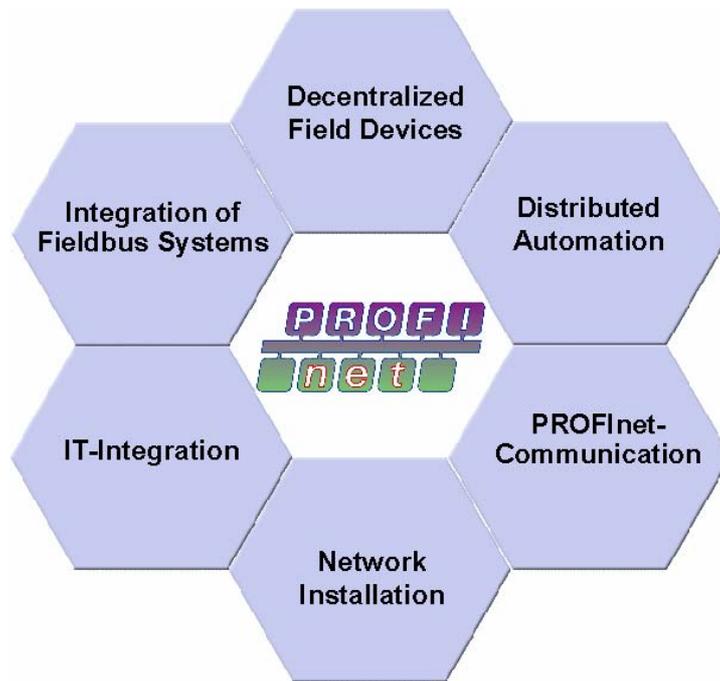
# PROFINet

Théorie et pratique

*System Description*



*Open Solutions for the World of Automation*



## Introduction

Confrontée à l'accélération de l'innovation technologique, l'automatisation industrielle doit constamment évoluer. A cet égard, le « bus » et sa récente conquête du « terrain » marquent un progrès décisif : pour preuve, les automatismes naguère centralisés deviennent distribués. Numéro 1 mondial de la discipline, PROFIBUS trace la voie des réseaux industriels depuis 15 ans.

Les technologies de l'information (TI) constituent un autre levier de progrès pour l'automatisation moderne, sous la bannière de standards de renom comme TCP/IP et XML. Leur montée en puissance s'est traduite par une explosion des possibilités de communication inter-automate, des choix de configuration, des fonctions de diagnostic et des télé-services : tous ces acquis font d'emblée partie intégrante de PROFInet.

***PROFInet est le nouveau standard ouvert de la communication industrielle sur Ethernet ; il facilite la réalisation d'automatismes répartis, l'intégration des équipements de terrain existants et l'exploitation des applications pointues et temps réel du Motion Control (contrôle de position et de synchronisation).***

Outre l'adoption massive des TI, le souci de pérenniser les investissements des industriels (exploitants et propriétaires d'usine, constructeurs de machines et d'installations) est au cœur du concept PROFInet. Il s'agit avant tout d'intégrer les bus de terrain en place, tels PROFIBUS, sans toucher à l'existant.

PROFInet satisfait toutes ces contraintes. Son déploiement s'appuie sur des années d'expertise PROFIBUS et Ethernet industriel. Ouverture, simplicité d'utilisation et intégration de l'existant furent les trois principes fondateurs des spécifications de PROFInet et de leur normalisation CEI 61158.

L'évolution permanente de PROFInet offre aux utilisateurs des perspectives à long terme pour la réalisation de leurs projets d'automatisation.

Pour les ingénieurs de production, PROFInet est surtout synonyme de baisse des coûts d'installation, d'ingénierie et de mise en service. Côté exploitants et responsables de sites industriels, PROFInet simplifie l'extension des installations et en garantit la haute disponibilité grâce à la segmentation du réseau en entités autonomes.

Mieux, la procédure de certification instaurée par l'organisation **PROFIBUS International** valide la qualité exemplaire des produits PROFInet.

Ce manuel décrit en détail l'apport de la technologie éprouvée PROFIBUS et des grands standards de l'informatique dans la mise en œuvre de PROFInet.

## Table des matières

<b>1. Survol de PROFINet.....</b>	<b>1</b>	<b>5. Installation du réseau .....</b>	<b>10</b>
1.1 Appareils de terrain sur PROFINet IO.....	1	5.1 Topologies .....	10
1.2 Automatismes répartis et technologie des composants.....	1	5.2 Câblage PROFINet .....	11
1.3 Communication .....	1	5.3 Connectique .....	11
1.4 Installation du réseau.....	2	5.4 Commutateurs .....	12
1.5 Intégration au paysage informatique .....	2	<b>6. Intégration informatique.....</b>	<b>13</b>
1.6 Intégration aux bus de terrain .....	2	6.1 Gestion de réseau .....	13
<b>2. Périphérie décentralisée .....</b>	<b>3</b>	6.2 Services web .....	13
2.1 Équipements et fonctionnalités .....	3	6.3 OPC.....	14
2.2 Modèle d'équipement.....	3	<b>7. Intégration des bus de terrain.....</b>	<b>16</b>
2.3 Périphérie d'E/S.....	4	7.1 Stratégies de migration.....	16
2.4 Configuration et échange.....	4	7.2 Intégration d'appareils de terrain par proxy .....	16
2.5 Diagnostic .....	4	7.3 Intégration d'applications de terrain .....	16
<b>3. Automatismes répartis.....</b>	<b>5</b>	7.4 Intégration d'autres bus de terrain.....	17
3.1 Modules technologiques .....	5	7.5 Exemple de machine modulaire .....	17
3.2 Composants PROFINet.....	5	<b>8. Offre de services Profibus International</b>	<b>18</b>
3.3 Modèle d'ingénierie PROFINet.....	5	8.1 Progrès technologiques.....	18
3.4 Fichier PCD.....	6	8.2 Assurance qualité .....	18
3.5 Vues de travail .....	6	8.3 Assistance technique.....	19
3.6 Modèle d'automatisation PROFINet.....	6	<b>9. Glossaire .....</b>	<b>20</b>
<b>4. Communication PROFINet .....</b>	<b>7</b>		
4.1 TCP/UDP et IP .....	7		
4.2 Temps réel .....	7		
4.3 Communication sur PROFINet IO .....	9		
4.4 Communication entre composants PROFINet.....	9		

## 1. Survol de PROFINet

PROFINet est le nouveau standard de communication créé par PROFIBUS International pour mettre en œuvre des solutions d'automatisation intégrées et cohérentes, sur Ethernet industriel. En effet, PROFINet sait fédérer sur Ethernet aussi bien des appareils de terrain simples et des applications à temps critique, que des automatismes répartis à base de composants.

### 1.1 Appareils de terrain sur PROFINet IO

Les appareils répartis dans l'atelier sont intégrés dans l'architecture PROFINet IO ; celle-ci utilise la vue habituelle des E/S de PROFIBUS DP et ses mécanismes de transfert cyclique des E/S des équipements déportés dans la mémoire image du processus de l'automate.

PROFINet IO décrit un modèle d'équipement basé sur les fondements de PROFIBUS DP et comprenant des emplacements et des canaux. Les caractéristiques des appareils de terrain font l'objet d'une fiche électronique de configuration ou fichier « GSD » (*General Station Description*), en XML.

L'étude et la réalisation d'un réseau PROFINet IO n'auront pas de secret pour les intégrateurs PROFIBUS DP, les appareils répartis sur le terrain étant, par configuration, rattachés à un automate.

### 1.2 Automatismes répartis et technologie des composants

Le modèle de composants PROFINet convient aux architectures réparties et, plus précisément, aux appareils de terrain et automatismes pourvus d'une intelligence programmable.

Ce modèle représente les constituants des moyens de production sous forme de « modules technologiques » autonomes. Une solution d'automatismes répartis, bâtie sur ce principe, facilite énormément la modularisation et la réutilisation des parties de machines et

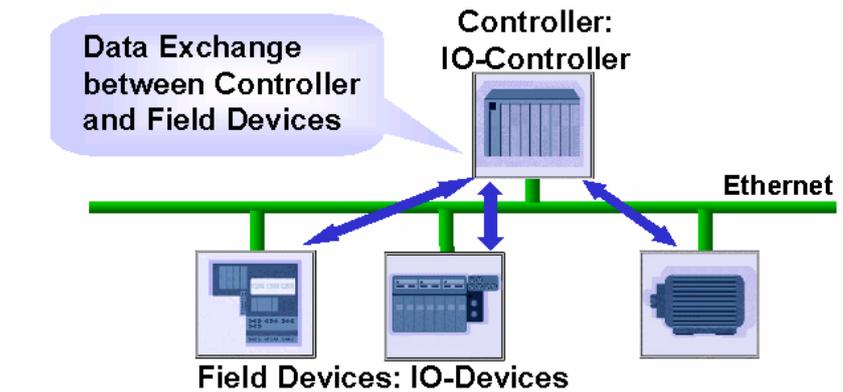


Figure 1 : PROFINet IO et PROFIBUS DP partagent la même architecture.

d'installations tout en réduisant nettement les coûts d'ingénierie.

Concrètement, PROFINet est décrit dans un fichier XML « PCD » (*PROFINet Component Description*), créé soit par le « générateur de composants » du configurateur d'un constructeur, soit par l'« éditeur de composants » de PROFINet.

Cette méthode de développement distingue deux niveaux : la programmation de la logique de commande dans chaque module technologique (par configurateur du constructeur) ; la configuration technologique de l'installation globale définissant les relations de communication entre modules.

### 1.3 Communication

PROFINet échelonne la communication sur trois niveaux de performances :

- Le transfert de données échappant aux contraintes temporelles (paramétrage, configuration et connexions) sur canal standard TCP/UDP et IP. Ce niveau répond aux exigences de raccordement des automatismes aux systèmes informatiques MES/ERP de l'entreprise.
- La transmission de données process à temps critique, dans le périmètre de l'usine, par canal logiciel temps réel « SRT » (*Soft Real Time*), résidant dans le contrôleur du réseau.

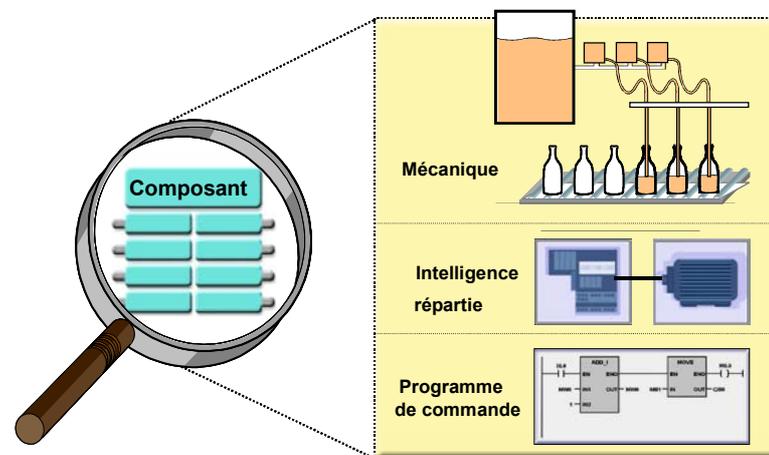


Figure 2 : Convergence des composantes mécaniques, électrotechniques/électroniques et logiques en « module technologique »

- La transmission isochrone temps réel « IRT » (*Isynchronous Real Time*) permettant de synchroniser jusqu'à 100 axes « maîtres » en 1 ms avec une incertitude sur les tops de synchronisation de 1 µs.

#### 1.4 Installation du réseau

L'installation de PROFINet obéit aux consignes propres aux réseaux Ethernet en milieu industriel. Les constructeurs d'automatismes reçoivent un cahier des charges précis stipulant les exigences en matière d'interfaçage et de câblage des équipements. Le « Guide d'installation PROFINet » renseigne les industriels sur les principales règles d'installation des réseaux Ethernet.

#### 1.5 Intégration au paysage informatique

La notion de gestion de réseau englobe tous les aspects de l'administration des appareils PROFINet sur Ethernet : configuration des appareils et du réseau, diagnostic du réseau.

Pour dialoguer sur le Web, PROFINet s'appuie sur la technologie Ethernet et sur des mécanismes Internet de grande diffusion pour autoriser l'accès aux composants PROFINet.

De même, son ouverture aux autres niveaux de la hiérarchie industrielle fait appel aux standards OPC DA et DX.

#### 1.6 Intégration aux bus de terrain

L'une des grandes vertus de PROFINet est sa facilité à gérer la transition entre la technologie bus existante (dont PROFIBUS DP) et la solution Ethernet industriel : les constructeurs de machines, d'installations et d'automatismes de même que les utilisateurs finaux y voient un excellent moyen de protéger leurs investissements.

PROFINet propose deux méthodes d'intégration, la première concernant les appareils de terrain, et la seconde, l'application entière :

- *Intégration par suppléant appelé « proxy »* : l'appareil possédant cette fonctionnalité fédère les esclaves situés en aval du réseau Ethernet. Cette méthode permet de greffer de nouveaux appareils à l'existant, en totale transparence.

- *Intégration d'applications de terrain complètes* : chaque segment de bus constitue un composant logiciel autonome, représenté par l'appareil PROFINet en charge d'un réseau de terrain comme PROFIBUS DP ; ici, ce sont les fonctionnalités de tout un réseau qui sont stockées dans le proxy et accessibles sur Ethernet sous forme de composant.

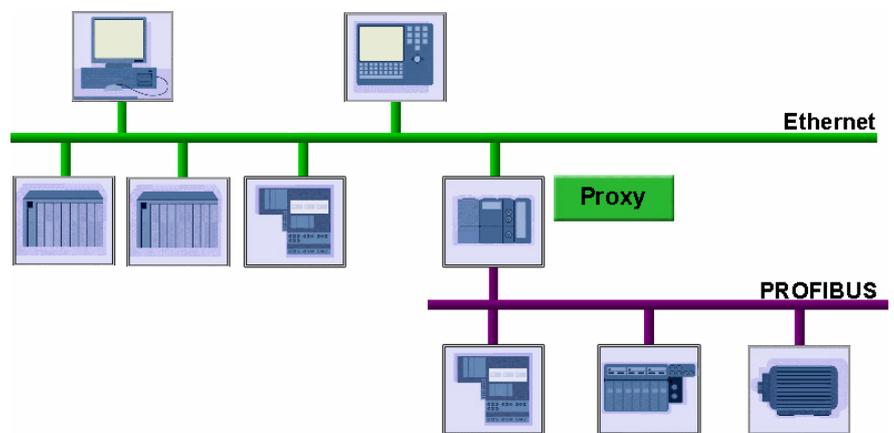


Figure 3 : Intégration PROFIBUS-PROFINet par suppléant ou proxy

## 2. Périphérie décentralisée

PROFINet IO permet l'intégration directe des appareils de terrain sur Ethernet ; pour cela, le modèle producteur/consommateur remplace la méthode d'accès maître-esclave de PROFIBUS DP. En matière de communication, tous les constituants d'un réseau Ethernet sont traités de façon démocratique, avec une bande passante partagée de manière égalitaire. La configuration sert néanmoins à définir l'affectation des appareils de terrain à un automatisme centralisé, l'interface utilisateur bien connue de PROFIBUS étant transférée dans les périphériques PROFINet : c'est en effet au niveau de la périphérie décentralisée que les signaux sont lus et transmis à l'automatisme qui les traite, puis renvoie ses sorties.

### 2.1 Équipements et fonctionnalités

PROFINet IO distingue trois catégories d'équipements :

- un **contrôleur** sur lequel s'exécute le programme automate ;
- des **périphériques d'E/S** rattachés au contrôleur ;
- un **superviseur**, outil de programmation ou PC doté de fonctions de mise en service et de diagnostic.

Les échanges entre contrôleur et périphériques d'E/S empruntent différents canaux selon le type de données :

- canal temps réel pour les E/S cycliques et les alarmes ;
- canal standard UDP/IP pour le paramétrage, la configuration

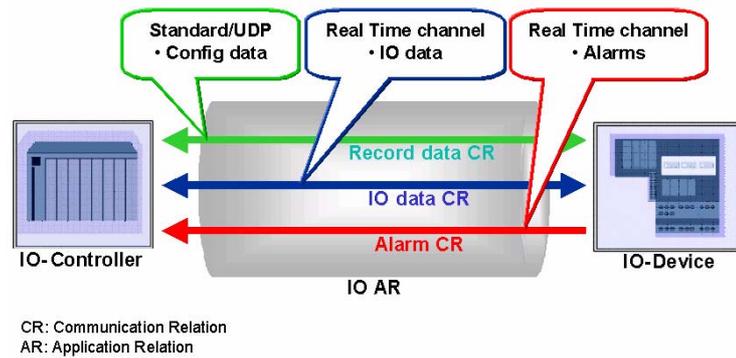


Figure 4 : Les relations de communication sur PROFINet IO selon le principe producteur/consommateur

et la lecture des diagnostics.

Un échange débute par l'établissement d'une relation d'application (notée « AR ») entre contrôleur et périphérique d'E/S, sur le canal UDP/IP ; celle-ci se subdivise en plusieurs relations de communication (« CR ») assurant le transfert de la configuration, des données d'E/S et des interruptions. Le contrôleur envoie le paramétrage et la configuration des périphériques d'E/S qui lui sont rattachés par la relation de communication « Enregistrement ». La transmission cyclique des E/S utilise pour sa part la relation de communication « E/S » ; enfin, les événements acycliques sont transmis au contrôleur pour acquittement par le biais d'une relation de communication « Alarmes ». PROFINet distingue cinq catégories d'alarmes : branché et débranché, diagnostic, d'état et mise à jour. Des alarmes constructrices sont également possibles. Toutes ces alarmes peuvent être déclarées prioritaires ou non.

### 2.2 Modèle d'équipement

Le périphérique d'E/S PROFINet IO obéit à un modèle d'équipement uniforme permettant la configuration d'appareils de terrain modulaires et compacts. Ce dernier reprend les caractéristiques de PROFIBUS DP et, dans le cas d'équipement modulaire, comprend des emplacements pour l'insertion des modules, lesquels sont pourvus de canaux véhiculant les si-

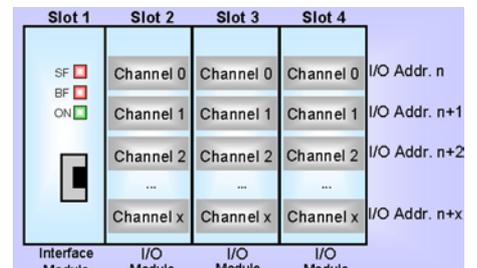
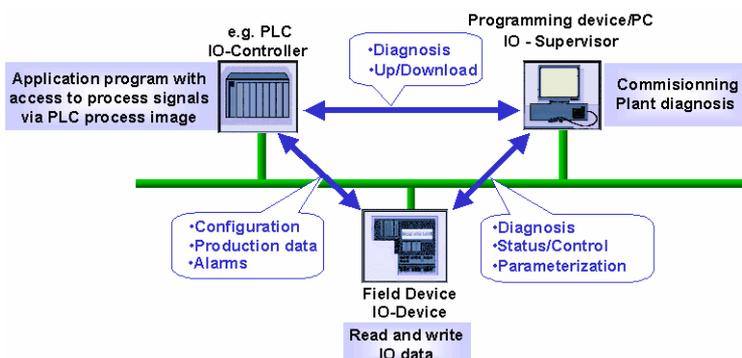


Figure 6 : Similitude du modèle d'équipement PROFINet IO et PROFIBUS DP

gnaux d'E/S du process.

Cette conception modulaire permet d'intégrer à PROFINet l'offre existante de modules d'E/S PROFIBUS DP, sans la moindre modification. Les constructeurs d'appareils et les exploitants ou responsables d'installation préservent ainsi leurs investissements productifs (stock de pièces de rechange, notamment).

Dans l'architecture PROFINet IO, chaque périphérique d'E/S reçoit un identifiant unique de 32 bits, scindé en code constructeur (16 bits) et code appareil (16 bits).



Le code constructeur est donné par PROFIBUS International tandis que le code appareil peut être attribué par le constructeur, en fonction de son développement produit.

## 2.3 Périphérique d'E/S

Un périphérique PROFINet IO se configure de la même manière que son homologue PROFIBUS DP, c'est-à-dire au moyen d'un fichier de description GSD concentrant toutes les caractéristiques et informations indispensables :

- Propriétés de l'appareil (paramètres de transmission, par ex.) ;
- Nombre et type de modules embrochables ;
- Configuration de chaque module (entrées ANA, par ex.) ;
- Paramétrage des modules (4-20 mA, par ex.) ;
- Messages de diagnostic d'erreur (rupture de fil, court-circuit...).

Ce fichier GSD est basé sur XML, standard ouvert et très répandu de description des données, qui contribue à la puissance des outils et de leurs propriétés :

- Création et validation à l'aide d'outils classiques ;
- Intégration de langues étrangères ;
- Structure hiérarchique.

Le fichier GSD, normalisé ISO 15745, comprend une partie « Appareil » (configuration et paramétrage des modules) et une partie « Communication » (débit, connectique).

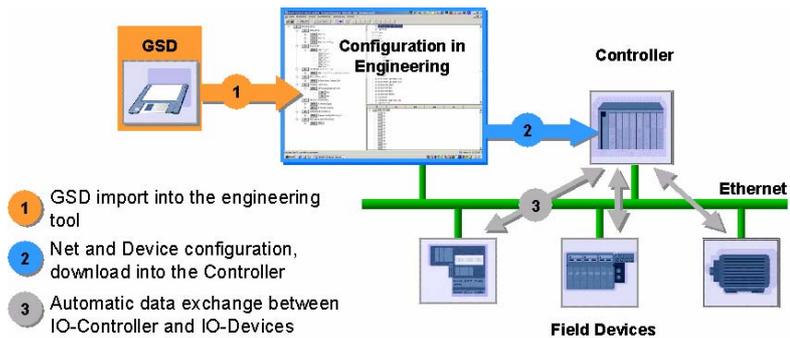


Figure 7 : Les deux étapes de configuration avant l'échange des données entre contrôleur et périphériques d'E/S sur PROFINet IO

## 2.4 Configuration et échange

Le fichier GSD des périphériques d'E/S est d'abord importé dans l'outil de configuration. Chaque canal d'E/S reçoit une adresse de périphérique ; les adresses d'entrée rapatriant les valeurs du processus sont analysées et traitées par le programme d'application, qui crée des valeurs de sortie et les renvoie au processus. C'est aussi à ce niveau que s'effectue le paramétrage de chaque module ou canal d'E/S (plage de courant 4-20 mA d'un canal analogique, par ex.).

Au terme de la configuration, ces données sont téléchargées dans le contrôleur qui configure et paramètre automatiquement les périphériques d'E/S, prêts pour la transmission cyclique.

## 2.5 Diagnostic

PROFINet IO offre plusieurs niveaux de diagnostics autorisant une localisation et une suppression efficaces des erreurs.

Sur apparition d'une erreur, le périphérique d'E/S incriminé transmet au contrôleur une alarme de diagnostic, qui appelle le sous-programme automate permettant de réagir au défaut. Si le défaut oblige à remplacer un module ou tout l'appareil, le contrôleur se charge automatiquement de paramétrer et de configurer le nouvel équipement.

Les informations de diagnostic ont une structure hiérarchique :

- N° d'emplacement (module) ;
- N° de canal ;
- Type de canal (entrée/sortie) ;
- Code d'erreur (défaut filerie, court-circuit...) ;
- Données constructeur.

Lorsqu'une erreur survient au niveau d'un canal, le périphérique d'E/S incriminé transmet au contrôleur une alarme de diagnostic, qui déclenche l'appel du sous-programme d'erreur correspondant dans la logique de commande. Ce dernier étant exécuté, le contrôleur acquitte l'erreur dans le périphérique d'E/S. Ce mécanisme garantit le traitement séquentiel de l'erreur dans le contrôleur.

### 3. Automatisme répartis

Le recours à l'intelligence répartie en automatisation industrielle est un grand progrès dans la construction de machines et d'installations modulaires. C'est pour répondre à cette exigence de modularisation que PROFInet scinde ces équipements en entités autonomes.

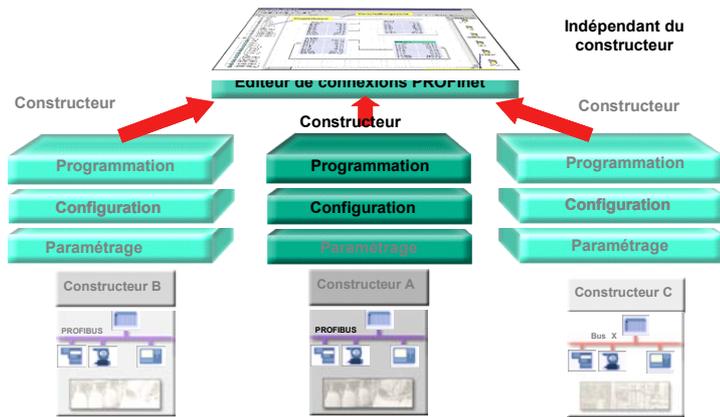


Figure 8 : PROFInet : un modèle de communication, d'automatisation et d'ingénierie multiconstructeur

#### 3.1 Modules technologiques

Dans l'industrie manufacturière, le fonctionnement d'une machine ou d'une installation automatisée s'appuie sur l'interaction optimale de ses composants mécaniques, électrotechniques, logicielles et programmatiques. Partant de ce principe, PROFInet représente chaque élément constitutif du site en termes fonctionnels sous forme de « modules technologiques » (fig. 2).

Ces composants peuvent librement s'assembler comme des briques logicielles facilement réutilisables, indépendamment de leur programmation et de leurs fonctionnalités internes. L'accès à l'interface technologique du composant obéit à une définition unifiée PROFInet.

d'automatisation. Durant la définition d'un composant, la granularité peut aller du périphérique individuel à la machine complète, équipée d'une multitude de dispositifs.

#### 3.2 Composants PROFInet

En phases d'étude et de réalisation d'une installation, le module technologique est un « composant PROFInet » doté d'une interface contenant les variables requises pour l'interaction avec d'autres composants.

Les composants PROFInet sont donc des fonctions logicielles encapsulées, au standard COM ; ce dernier est une évolution de la technologie objet autorisant le développement d'applications à base de composants prédéfinis, qui sont autant d'entités autonomes interconnectables.

#### Granularité des modules technologiques

Lorsqu'il s'agit de définir la granularité des modules, il faut tenir compte de leur réutilisabilité dans plusieurs systèmes, sous l'angle des facteurs coût et disponibilité. L'objectif est de combiner ces composants avec un maximum de souplesse, selon le principe de la modularité, pour créer un système complet ; or une granularité trop fine risque de compliquer la vue technologique de l'installation et donc d'alourdir les coûts d'étude. À l'inverse, une granularité trop forte pénalise la réutilisabilité du composant en grevant les coûts de mise en œuvre.

#### 3.3 Modèle d'ingénierie PROFInet

Pour faciliter la configuration d'un réseau PROFInet, PROFIBUS a adopté une **ingénierie indépendante des constructeurs** permettant le développement d'outils de configuration capables d'utiliser des composants multiconstructeurs ainsi que la spécification d'extensions constructeurs ou utilisateurs.

Ce modèle fait une distinction entre la programmation de la logique de commande dans chaque module et la configuration technologique globale de l'installation. La création d'une application couvrant toute l'installation compte trois étapes :

##### 1) Création des composants

Les composants logiciels représentant les modules technologiques sont d'abord créés par le concepteur de la machine ou de

La création des composants logiciels incombe au constructeur de la machine ou de l'installation. La conception du composant joue un rôle décisif dans la réduction des coûts d'ingénierie et de matériel, et sur les caractéristiques temporelles du système

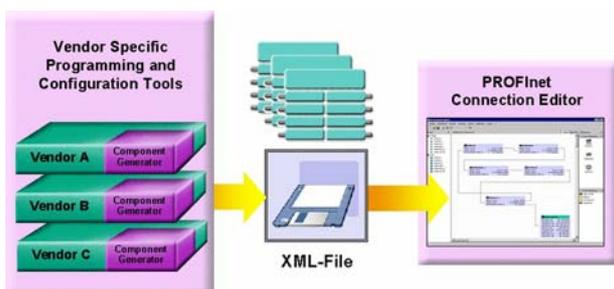


Figure 9 : Création standardisée de composants sur PROFInet



Figure 10 : Téléchargement des connexions dans les appareils de terrain configurés

l'installation. La programmation et la configuration des constituants d'automatismes s'effectuent de la manière habituelle avec les outils des différents constructeurs. Cette continuité permet de réutiliser les programmes applicatifs existants tout en mettant à profit le savoir-faire des programmeurs et agents de maintenance de l'entreprise.

L'applicatif est ensuite encapsulé dans un composant PROFInet. Cette fonction crée le fichier de description PCD qu'elle importe dans la bibliothèque de l'éditeur de connexions PROFInet.

## 2) Interconnexion

L'éditeur de connexions extrait les composants de sa bibliothèque et les relie pour bâtir l'application, simplement en tirant des traits entre les interfaces d'entrée et de sortie respectives (fig. 11).

Cette interconnexion rapide des composants met fin à la laborieuse programmation des relations de communication entre appareils intelligents. Au demeurant, elle impose de bien connaître l'intégration et l'enchaînement des fonctions de communication dans l'appareil ; pour cela, il importe de déterminer clairement les équipements appelés à dialoguer, les caractéristiques temporelles de la communication et le bus de terrain emprunté. Toutefois, cette configuration graphique ne demande aucune connaissance des fonctions de communication, celles-ci s'exécutant automatiquement dans les appareils.

L'éditeur de connexions trace ainsi chaque application répartie dans l'installation, indépendamment du constructeur, en matérialisant les liaisons entre composants PROFInet.

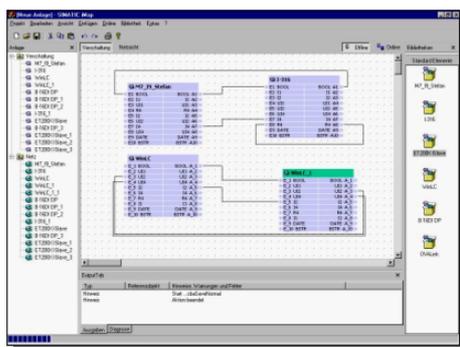


Figure 12 : Vue synoptique de l'installation avec plan d'interconnexion graphique des composants

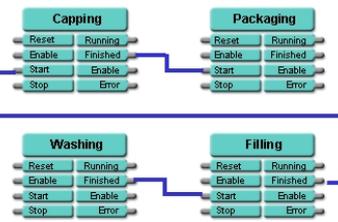


Figure 11 : Paramétrage des communications avec l'éditeur de connexions

## 3) Téléchargement

Ces connexions, de même que le code et la configuration des composants, sont ensuite téléchargés dans les appareils PROFInet en un clic de souris. Chaque constituant d'automatisme connaît alors ses partenaires et relations de communication, ainsi que les données à échanger : l'application répartie est opérationnelle.

### 3.4 Fichier PCD

Ce fichier XML est créé avec les outils du constructeur, si celui-ci dispose d'un « générateur de composants ». Autre possibilité : l'éditeur de composants multiconstructeur de PROFInet, téléchargeable sur [www.profibus.com](http://www.profibus.com).

Le fichier PCD contient des informations sur les fonctions et les objets des composants PROFInet, à savoir :

- la description des composants sous forme d'éléments de bibliothèque : identifiant et nom du composant ;
- la description du matériel : adresse IP, accès aux diagnostics, téléchargement des connexions ;
- la description des fonctions logicielles : affectation logiciel-

matériel, interface du composant, propriétés des variables, dont le nom technologique, le type et la nature des données (entrée ou sortie) ;

- la mémoire de données correspondante.

Ces bibliothèques garantissent la réutilisabilité des composants.

## 3.5 Vues de travail

L'éditeur de connexions offre essentiellement deux vues synoptiques.

Dans la **vue de l'installation**, les composants nécessaires sont récupérés de la bibliothèque, puis reliés à l'écran ; on obtient une **vue technologique** de l'application et des liens logiques entre composants.

La **vue du réseau** donne l'infrastructure réelle, physique, du système d'automatisation : appareils de terrain et automatismes programmables sont reliés à un bus dont ils adoptent les règles d'adressage.

## 3.6 Modèle d'automatisation PROFInet

Sa mission est triple : définir les fonctions et utilitaires nécessaires aux participants du bus pour remplir une tâche d'automatisation ; établir et surveiller les connexions entre composants PROFInet configurés par l'outil d'ingénierie ; installer des échanges de type producteur/consommateur, le premier fournissant les données et le second les recevant pour traitement.

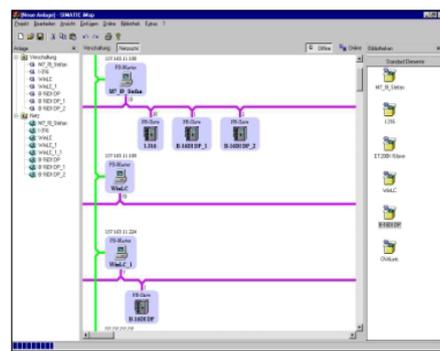


Figure 13 : Vue synoptique du réseau représentant les appareils de terrain raccordés au bus

## 4. Communication PROFINet

La communication PROFINet sur Ethernet s'échelonne sur trois niveaux de performance :

- 1) TCP/UDP et IP pour les échanges sans exigences temps réel (paramétrage et configuration) ;
- 2) Le temps réel logiciel SRT (*Soft Real Time*) pour les données process à temps critique utilisées en automatisation industrielle ;
- 3) Le temps réel isochrone IRT (*Isochronous Real Time*) pour des applications pointues comme la commande et la synchronisation d'entraînements (*Motion Control*).

Ces trois échelons couvrent toutes les applications d'automatismes. Parmi ses caractéristiques clés, citons :

- La coexistence de transmissions temps réel et TCP/IP sur une seule ligne ;
- Un protocole temps réel standardisé pour toutes les applications et la communication aussi bien entre composants intelligents décentralisés qu'entre contrôleur et périphérie décentralisée ;
- Une communication temps réel évolutive, de performante à ultra-performante, avec synchronisation d'horloge.

Ces caractéristiques constituent l'un des points forts de PROFINet ; elles en garantissent la cohésion à tous les niveaux de l'entreprise, de l'atelier à la direction, et une grande réactivité au sein du processus.

### 4.1 TCP/UDP et IP

#### Ethernet

Normalisées sous la référence IEEE 802.3, ces spécifications énoncent la méthode d'accès, les procédures de transmission et les supports physiques des réseaux Ethernet (10 Mbit/s), Fast Ethernet (100 Mbit/s) et Gigabit Ethernet (1 Gbit/s). PROFINet utilise Fast Ethernet et Gigabit Ethernet.

Fast Ethernet est une extension des spécifications de réseau Ethernet à 10 Mbit/s qui intègre et normalise la transmission en duplex intégral (*full duplex*) et la commutation.

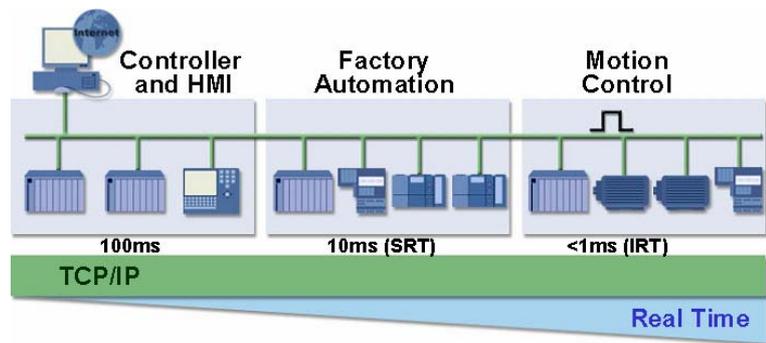


Figure 14 : Les trois niveaux de performance de la communication PROFINet sur Ethernet en fonction des exigences temps réel

Ethernet et TCP/IP sont les piliers de la communication PROFINet. TCP/IP est en effet LE protocole de communication du monde informatique. Néanmoins, en matière d'interopérabilité des applications, l'établissement d'un canal de transport TCP ou UDP commun (couche 4) sur les appareils de terrain ne suffit pas. En fait, TCP/IP ne fournit que le socle permettant aux équipements Ethernet d'échanger des données sur un canal de transport, dans des réseaux centralisés ou répartis. Il faut lui ajouter d'autres spécifications et protocoles au niveau applicatif, au-dessus de TCP/UDP, tels que SMTP (messagerie électronique), FTP (transfert de fichiers) et HTTP (navigation Internet). En effet, seule l'utilisation d'une même couche Application par l'ensemble des appareils est gage d'interopérabilité.

### 4.2 Temps réel

En automatisation industrielle, les applications temps réel nécessitent des temps de réponse et de rafraîchissement compris entre 5 et 10 ms. On entend par « rafraîchissement » le temps nécessaire à la création d'une variable dans l'application d'un appareil, son envoi sur le réseau à un partenaire de

communication, puis de nouveau sa mise à disposition de l'application, au niveau de ce même partenaire.

Une communication temps réel doit pouvoir minimiser la charge du processeur des appareils et garantir ainsi le traitement prioritaire du programme applicatif.

L'expérience a pourtant montré que le temps de transmission d'une donnée sur une liaison Fast Ethernet à 100 Mbit/s (ou plus) est négligeable au regard du temps de traitement dans les appareils. Le temps nécessaire pour fournir cette donnée à l'application du producteur n'est pas affecté par la communication. Il en va de même du traitement des données reçues par le consommateur. On en conclut que toute amélioration notable du temps de rafraîchissement et, partant, de la réponse en temps réel, résulte surtout de l'optimisation adéquate de la pile de communication, côté producteur et consommateur.

### Temps réel logiciel SRT

Pour satisfaire les contraintes temps réel de l'automatisation, PROFINet possède un canal de transmission optimisé, dénommé *Soft Real Time*.

Basé sur Ethernet (couche 2), il raccourcit considérablement le temps de traitement dans la pile de communication et accroît la vitesse de rafraîchissement des données

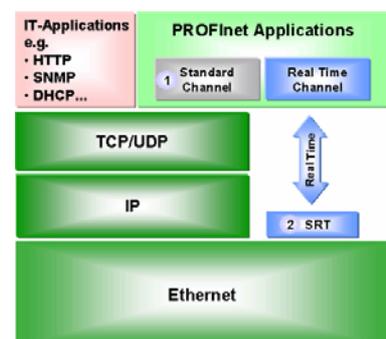


Figure 15 : Les différentes couches de la communication PROFINet

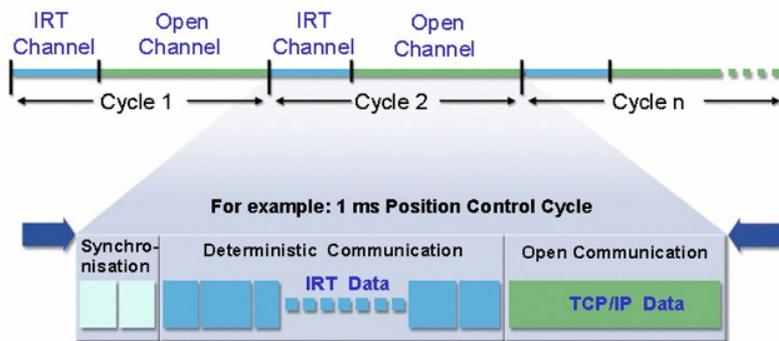


Figure 16 : Découpage temporel de la communication IRT en tranches déterministe et non déterministe

process. Tout d'abord, la suppression de plusieurs niveaux de protocole réduit la longueur du message ; ensuite, la durée de préparation des données à la transmission et au traitement par l'application est écourtée. Parallèlement, la puissance de calcul réservée dans l'appareil à la communication est nettement allégée.

### Optimisation de la transmission par gestion des priorités

PROFINet ne se contente pas de minimiser la pile de communication des automatismes programmables ; il optimise aussi la transmission en attribuant à chaque paquet de données PROFINet une priorité gérée conformément à la spécification IEEE 802.1Q. Les échanges entre appareils sont ensuite contrôlés par les constituants du réseau, en fonction de ces priorités : la priorité 6, accordée d'office aux données temps réel, l'emporte sur le traitement d'autres applications dont la téléphonie sur Internet, de priorité 5.

### Temps réel isochrone IRT

Hélas, cette solution ne suffit pas aux applications de positionnement et de synchronisme du *Motion Control*. Celles-ci exigent des temps de rafraîchissement de l'ordre de 1 ms avec une incertitude sur les tops de synchronisa-

### IP

Protocole assurant la transmission non sécurisée de datagrammes entre un expéditeur et son destinataire sur Internet. Plusieurs raisons peuvent expliquer la perte de datagrammes : parasites sur la ligne de transmission, surcharge du réseau. Autre source d'erreur : IP ne garantit pas que l'ordre d'arrivée des datagrammes est le même que celui de départ. On présume toutefois que les datagrammes reçus sont corrects. Grâce à la somme de contrôle 32 bits effectuée sur le paquet Ethernet, il est fort improbable que des erreurs échappent à la détection.

tion (*jitter*) entre deux cycles consécutifs de 1  $\mu$ s, pour synchroniser un maximum de 100 nœuds. Pour satisfaire ces contraintes déterministes, PROFINet a défini, au niveau de la couche 2 de Fast Ethernet, une méthode de transmission contrôlée par tranche de temps.

Grâce à la synchronisation d'horloge des participants du bus (constituants de réseau et appareils PROFINet), avec la précision donnée plus haut, il est possible de réserver sur le réseau une tranche pour la transmission des données critiques de la tâche d'automatisation. Le cycle de transmission est donc segmenté en parties « déterministe » et « non déterministe » : les télégrammes cycliques temps réel sollicitent la tranche déterministe tandis que les télégrammes TCP/IP occupent la plage non déterministe. Tout comme si, par analogie avec la circulation autoroutière, on réservait la file de gauche au trafic express (temps réel) et confinait les autres usagers (transport TCP/IP) sur la file de droite, de sorte que les embouteillages sur ce côté de la chaussée ne ralentissent pas le trafic à temps critique.

### TCP

Protocole de contrôle de la transmission émetteur-récepteur (absence d'erreur, séquence correcte et complète). TCP fournit un service sûr en mode connecté, une liaison devant être établie entre deux stations avant transmission, puis libérée au terme de l'échange. TCP intègre également des mécanismes de surveillance permanente de la liaison.

### UDP

Protocole de contrôle de la transmission émetteur-récepteur similaire à TCP, mais fonctionnant en mode non connecté et sans garantie de fiabilité (traitement de chaque paquet de données comme un seul message, sans accusé de réception). En l'absence de surveillance de temporisation ou d'établissement et de libération de la liaison, UDP est mieux adapté que TCP aux applications temps critique. Cette surveillance de la communication et du blocage des données, implicite dans TCP, peut s'effectuer sur UDP au niveau de la couche applicative, par ex. avec RPC (*Remote Procedure Call*).

La mise en œuvre de cette transmission « isochrone » est matérielle : un circuit ASIC se charge de la synchronisation du cycle et de la réservation du canal temporel pour les données temps réel. Cette implémentation matérielle garantit la précision requise, dans l'ordre de grandeur souhaitée, et soulage le processeur de l'appareil PROFINet des tâches de communication, libérant ainsi du temps de calcul pour l'automatisation elle-même.

### 4.3 Communication sur PROFINet IO

Au démarrage de PROFINet IO, le protocole RPC basé sur UDP/IP sert au lancement des échanges entre appareils, au paramétrage des équipements distribués et aux diagnostics. Grâce à l'ouverture de ce protocole standardisé, les postes de conduite (IHM) et stations d'ingénierie (superviseurs) peuvent aussi accéder aux périphériques d'E/S PROFINet IO. Le canal temps réel de PROFINet est ensuite utilisé pour transmettre E/S et alarmes.

Dans un réseau PROFINet IO type, un contrôleur échange des E/S cycliques avec plusieurs périphériques d'E/S par le biais de relations de communication (fig. 4). À chaque cycle de scrutation, les données d'entrée des périphériques interrogés sont envoyées au contrôleur qui leur renvoie des données de sortie. Les relations de communication sont contrôlées en surveillant les messages cycliques reçus. Par exemple, en l'absence de réception des trames d'entrée pendant 3 cycles, le contrôleur signale le périphérique en défaut.

La couche de transmission des données de PROFINet est définie dans l'IEEE 802.3, qui décrit la configuration des protocoles et la surveillance des défauts. Un télégramme de données utilisateur comprend un minimum de 64 octets et un maximum de 1500 octets, dont 28 octets pour les données temps réel.

### 4.4 Communication entre composants PROFINet

Dans la vue des composants PROFINet, DCOM (*Distributed COM*) est le protocole applicatif TCP/IP servant au partage des données entre composants PROFINet. DCOM est l'extension du modèle COM (*Component Object Model*) pour la distribution des objets sur le réseau et leur interopérabilité. DCOM s'appuie sur le standard RPC. PROFINet utilise DCOM non seulement pour accéder aux fonctions d'ingénierie (chargement des connexions, lecture des diagnostics, paramétrage et configuration des équipements), mais aussi pour établir des liaisons et échanger des données utilisateur.

DCOM n'est toutefois pas indispensable au dialogue entre composants PROFINet. C'est à l'utilisateur de décider, au niveau du système d'ingénierie, d'échanger les données utilisateur sur DCOM ou canal temps réel.

À l'établissement d'une communication, les appareils (machines ou parties d'installation) peuvent alors convenir d'utiliser un protocole compatible temps réel, leurs besoins en la matière n'étant satisfaits ni par TCP/IP ni par UDP.

TCP/IP et DCOM constituent l'« espéranto » idéal pour débiter les échanges entre appareils. Le canal temps réel PROFINet est ensuite utilisé pour la communication temps réel entre nœuds, au sein d'applications à temps critique. Dans l'outil de configuration, l'utilisateur peut déterminer la qualité de service en fixant la fréquence de modification des valeurs et leur transmission, soit cyclique (en cours d'exploitation), soit ponctuelle (seulement en cas de changement). Précisons que la solution cyclique convient mieux aux changements de valeur fréquents car, à l'inverse, l'interrogation ponctuelle des appareils pour contrôle et acquit alourdit la charge du processeur.

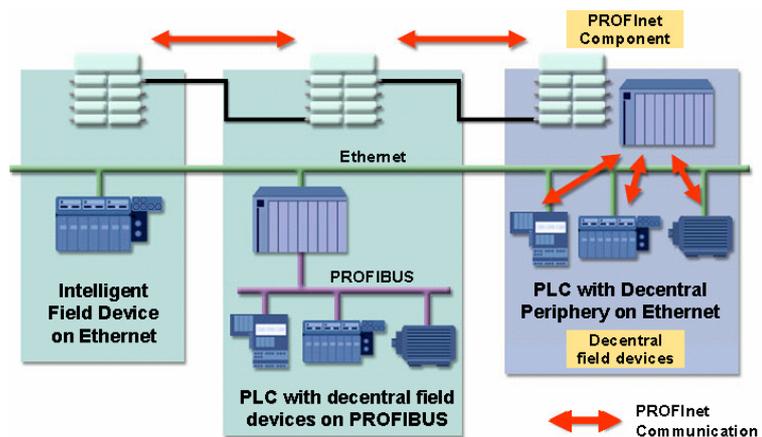


Figure 17 : La communication PROFINet entre composants PROFINet et périphériques d'E/S PROFINet IO

## 5. Installation du réseau

La normalisation internationale ISO/CEI 11801 et son équivalente européenne EN 50173, en tous points identiques, définissent un réseau informatique standardisé, indépendant de l'application et à usage bureautique, au sein d'un complexe immobilier.

C'est dire qu'aucune ne tient compte des impératifs et spécificités du milieu industriel :

- cheminement des câbles subordonné à la topographie du site ;
- niveau de mise en réseau spécifique à chaque machine ou installation ;
- topologie bus ;
- câblage et connectique robustes et pensés pour l'industrie : respect des contraintes CEM, de température et d'humidité, protection contre la poussière et les vibrations.

C'est pourquoi PROFInet définit dans son « Guide d'installation » un câblage industriel Fast Ethernet basé sur les spécifications de la CEI 11801.

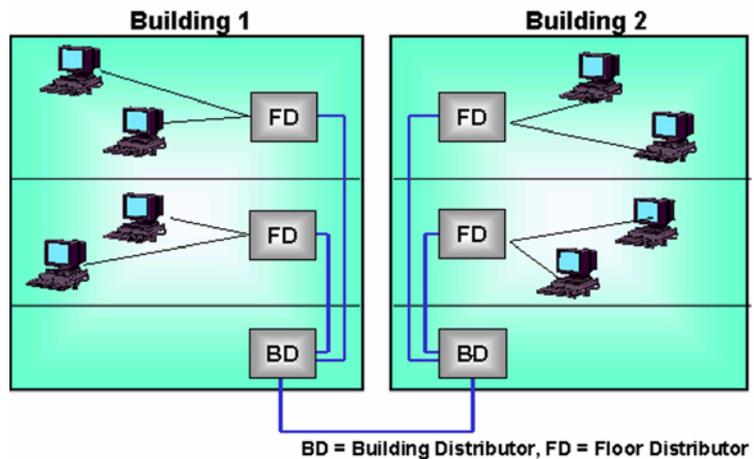


Figure 18 : La structure arborescente des réseaux bureautiques Ethernet

### 5.1 Topologies

Les topologies visent à satisfaire les exigences des unités fédérées sur le réseau ; les plus utilisées sont l'étoile, le bus, l'arborescence et l'anneau. En pratique, un réseau tend à panacher ces structures, décrites ci-après, qui empruntent des supports physiques comme le cuivre ou la fibre optique, également sur PROFInet.

#### Étoile

Un nœud central (commutateur) répartit les signaux entre chaque branche le raccordant aux nœuds d'extrémité. Le réseau en étoile

convient aux applications à forte densité d'équipements et faible rayon d'action (petites cellules de fabrication ou machine de production isolée, par exemple).

#### Arborescence

Cette topologie consiste à réunir plusieurs étoiles pour former un réseau combinant au besoin fibre optique et paire torsadée ; elle permet de subdiviser des installations complexes en sous-réseaux.

#### Ligne (bus)

La structure en bus fait appel à un commutateur situé à proximité du terminal de connexion ou intégré au terminal.

Elle est surtout adaptée aux applications d'envergure (convoyage, par exemple) ou pour relier des cellules de fabrication.

#### Anneau (redondant)

Dans un réseau en anneau, toutes les stations sont montées en série dans une boucle fermée.

Cette topologie vaut pour les systèmes exigeant une haute disponibilité et une protection contre les coupures de ligne ou défaillances des constituants de réseau.

Bureautique	Industrie
Installation de base fixe	Câblage dicté par le site
Câblage dans faux-planchers	Cheminement des câbles lié au site
Changement fréquent de points de connexion	Rare modification des points de connexion
Câblage préconfectionné	Câblage sur site
Topologie arborescente	Topologies bus et anneau (redondant)
Gros volumes de données (ex., images)	Faibles volumes de données (mesures)
Disponibilité moyenne du réseau	Très haute disponibilité du réseau
Températures modérées	Températures extrêmes
Absence d'humidité	Présence d'humidité (étanchéité IP65)
Quasi-absence de vibrations	Vibration des machines
Faibles contraintes CEM	Fortes contraintes CEM
Faible risque mécanique	Risque de casse mécanique
Quasi-absence de risques chimiques	Pollution chimique (graisses et ambiances agressives)

Table 1 : Comparatif des environnements bureautique et industriel

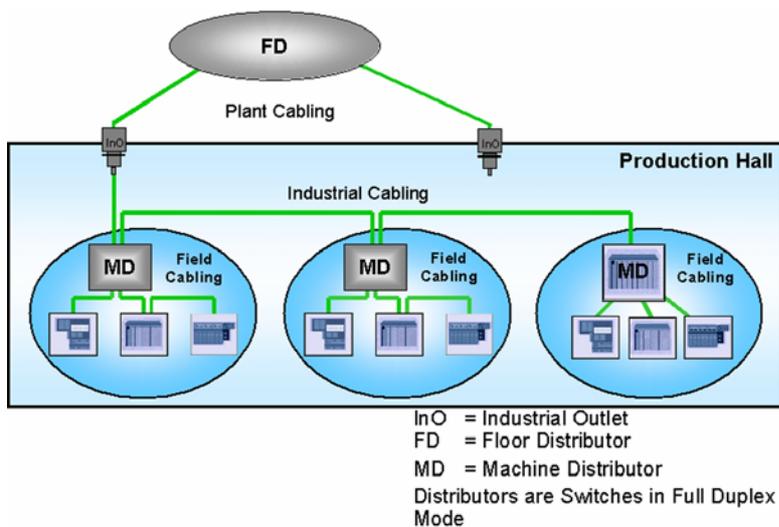


Figure 19 : La topologie bus des réseaux industriels Ethernet

## 5.2 Câblage PROFINet

Les câbles industriels sont soumis à d'énormes sollicitations mécaniques ; ils sont donc fabriqués spécialement pour l'atelier. PI a défini différents types de câbles optimisés pour fonctionner aux limites des conditions industrielles. Grâce aux réserves suffisantes du système, la longueur de câble d'une installation aux normes industrielles peut varier sans limite.

Connecteurs et câbles forment un tout parfaitement cohérent : seuls ceux dont on a testé et validé la compatibilité sont certifiés PROFINet.

Les exigences de câblage au niveau terrain s'apparentent à celles de PROFIBUS. Les stations recevant aussi bien des données qu'une alimentation en 24 V, le câble hybride (véhiculant signaux et alimentation) est idéal. L'offre est double : câble mixte Cu/FOC (2 fibres optiques pour les données/4 fils pour l'alimentation) ; câble Cu/Cu (4 fils de données/4 fils d'alimentation).

Rappelons les deux grands avantages de la fibre optique sur la paire torsadée : insensibilité aux perturbations électromagnétiques et déploiement de réseaux étendus.

### PROFINet sur cuivre

Le support de transmission est la paire de cuivre blindée STP (*Shielded Twisted Pair*) constituant un

câblage 100Base-TX, à 100 Mbit/s (Fast Ethernet).

Seuls les câbles et une connectique blindés sont autorisés. Chacun doit être en catégorie 5 normalisée CEI 11801, et toute la liaison doit être conforme à la classe D, toujours selon la CEI 11801. De plus, les câbles PROFINet ont une section AWG 22 afin de pouvoir réaliser des câblages complexes avec un affaiblissement minimal du signal. C'est pourquoi le câblage PROFINet privilégie la modularité, en respectant la CEI 11801 et des règles d'installation simples.

Les raccordements d'équipements se matérialisent par des connecteurs débrochables RJ45 ou M12. Les câbles de liaison sont pourvus de connecteurs aux deux extrémités, que l'on peut pré-assembler avec le câble AWG 22.

Tous les appareils sont connectés au réseau par un équipement actif. PROFINet utilise des constituants commutés dont la spécification garantit la simplicité d'installation. Les câbles de transmission sont équipés de connecteurs identiques aux deux extrémités, pré-assemblés selon les mêmes critères. La longueur d'un segment est limitée à 100 m.

### PROFINet sur fibre optique

PROFINet peut utiliser des fibres multimodes ou monomodes. La transmission s'effectue sur 2 conducteurs optiques 100Base-FX, à 100 Mbit/s. Les interfaces optiques respectent les spécifications ISO/CEI 9314-3 (multimode) et ISO/CEI 9314-4 (monomode).

Pour les applications à l'extérieur de l'armoire électrique, la gaine du câble doit satisfaire les exigences de protection mécanique, chimique et thermique du lieu de production.

La longueur maximale d'un segment est de 2 km en multimode et de 14 km en monomode.

## 5.3 Connectique

L'un des premiers critères d'adéquation au milieu industriel est la possibilité de réaliser des systèmes de raccordement sur site. Les connecteurs M12 et RJ45 sont faits pour cela ; leur montage est facilité par l'emploi d'outils standards.

Sur PROFINet, le connecteur RJ45 protégé IP20 (fig. 20) et compatible avec les prises bureautiques équipe les armoires électriques. Les connecteurs situés à l'extérieur de l'armoire doivent tenir compte des contraintes industrielles : ce sont des RJ45 protégés IP65 ou IP67 (fig. 21) ou des connecteurs M12.

Le RJ45 étanche IP65/IP67 est

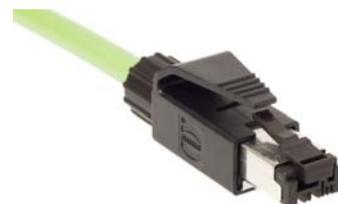


Figure 20 : Exemple de connecteur RJ45 en protection IP20

protégé par un boîtier durci à verrouillage *push-pull* (enclenchement et désenclenchement rapides).



Figure 21 : Exemple de connecteur RJ45 en protection IP67

Certains modèles bénéficient d'une protection pouvant aller jusqu'à IP68.

Les connecteurs RJ45 de PROFINet sont les versions 4 et 5 figurant dans le projet de norme CEI 61076-3-106.

Le connecteur M12 de PROFINet est la version blindée codée D, spécifiée dans le projet de norme CEI 61076-2-101.

La connectique « duplex DC », conforme ISO/CEI 11801, est surtout utilisée pour la fibre optique, elle-même décrite dans la norme CEI 60874-14. Les appareils sont équipés de l'embase femelle et du câble de raccordement avec la fiche mâle. On peut aussi utiliser les connecteurs à fibre optique BFOC/2.5 normalisés CEI 60874-10.

Le connecteur hybride s'emploie pour les architectures réparties dont les appareils de terrain sont reliés par un connecteur mixant données et alimentation. Le RJ45 protégé IP67 possède une double paire blindée pour les signaux et 4 conducteurs de cuivre pour l'alimentation.

Un connecteur totalement protégé des chocs permet l'utilisation d'une même connectique aux deux extrémités puisque la permutation fiche-prise n'est plus nécessaire grâce à la protection intégrée.



Figure 22 : Exemple de connecteur RJ45 hybride en protection IP67

## 5.4 Commutateurs

PROFINet utilise toujours des commutateurs implantés tout au long de la transmission entre stations pour régénérer et aiguiller les signaux. Ces équipements, normalisés ISO/CEI 15802-3, servent à structurer le réseau.

Les commutateurs adaptés à PROFINet sont ceux conçus pour Fast Ethernet (100 Mbit/s, IEEE 802.3u) et la transmission en *full duplex* ; dans ce mode, le commutateur reçoit et émet simultanément sur un même port, sans risque de collision et, donc, sans perte de bande passante due aux mécanismes de détection Ethernet. La configuration du réseau en est grandement simplifiée puisqu'il n'y a pas de contrôle des longueurs de segment dans un domaine de collision.

Le 10Base-TX (10 Mbit/s, CSMA/CD) est aussi supporté pour garantir la compatibilité avec les infrastructures existantes, les terminaux isolés ou anciens, ou encore les concentrateurs Ethernet de première génération (*hubs*). Les commutateurs PROFINet gèrent également la priorité des télégrammes selon IEEE 802.1Q et les fonctions suivantes : diagnostics standardisés, changement automatique de polarité, auto-négociation, détection automatique du câblage croisé et, en option, duplication de port (*port mirroring*) aux fins de diagnostics.

Les commutateurs de bureautique remplissent toutes ces fonctions, mais ne conviennent pas à PROFINet. Celui-ci réclame des commutateurs « durcis », capables d'endurer les contraintes mécaniques, électriques et électromagnétiques de l'industrie (protection IP, alimentation 24 V, CEM...) et de garantir la sûreté de fonctionnement.

## 6. Intégration informatique

Avec Ethernet comme support de transmission, les technologies de l'information sont intégrables à PROFInet au même titre que les tâches d'automatisation.

Parallèlement à TCP/UDP, IP, Ethernet et la commutation, la gestion de réseau gagne elle aussi le niveau du terrain. En témoigne une spécification de gestion de réseau dans PROFInet, destinée à régir tous les aspects techniques de l'intégration d'appareils PROFInet dans les réseaux informatiques. Plusieurs sujets sont abordés : infrastructure de réseau, gestion IP, diagnostic de réseau et synchronisation temporelle. La gestion de réseau simplifie l'administration et la gestion d'Ethernet en s'appuyant sur les grands protocoles du monde bureautique.

Autre aspect : la percée de l'Internet dans l'automatisation industrielle. PROFInet a pour cela défini l'accès à ses constituants par des services web basés sur les référentiels HTTP, XML et HTML.

### 6.1 Gestion de réseau

Elle englobe toutes les fonctions nécessaires à l'administration d'un réseau : configuration (adressage IP), surveillance (recherche de défauts et diagnostics), optimisation des capacités réseau.

#### Gestion d'adresses IP

L'emploi de TCP/UDP et IP sur PROFInet oblige à adresser chaque participant du réseau. Il existe pour cela deux méthodes :

- **Adressage par outils de configuration constructeur :** cette solution s'impose lorsqu'il n'y a pas de système de gestion de réseau. PROFInet bénéficie à cette fin d'une spécification du protocole DCP (*Discovery and Basic Configuration*) qui permet d'affecter des paramètres IP avec les outils de configuration ou de programmation du constructeur ou une station d'ingénierie multi-système comme l'éditeur de connexions PROFInet. DCP est indispensable pour garantir

le comportement uniforme des appareils PROFInet.

- **Configuration automatique DHCP** (*Dynamic Host Configuration Protocol*) : ce standard de fait régit l'attribution et la gestion dynamique des adresses IP à l'aide de systèmes de gestion de réseaux bureautiques. PROFInet l'a retenu et optimisé pour le milieu industriel. Sa mise en œuvre dans les appareils PROFInet est toutefois optionnelle.

#### Diagnostics

La fiabilité est la priorité de la gestion de réseau. Dans les réseaux existants, la maintenance et la surveillance des équipements et de leurs fonctions obéissent au protocole SNMP (*Simple Network Management Protocol*) qui excelle également dans la surveillance des appareils PROFInet avec des systèmes de gestion établis ; il permet d'accéder à un appareil aussi bien en lecture (suivi, diagnostic) qu'en écriture (administration).

Notons qu'au départ PROFInet ne spécifiait que la lecture des paramètres de l'appareil. A l'instar de DHCP, SNMP est optionnel. Lorsqu'il est implémenté, seules les données standards sont accessibles (MIB 2).

Il est possible de réaliser des diagnostics particuliers sur les appareils PROFInet avec les mécanismes décrits dans la spécification PROFInet. SNMP ne prétend pas ouvrir de nouveaux horizons dans cette voie, mais permettre l'intégration dans des systèmes de gestion de réseau ne traitant pas normalement de données spécifiques à PROFInet.

### 6.2 Services web

PROFInet ne se cantonne pas à Ethernet ; ses composants sont aussi accessibles à des clients web utilisant les standards de l'Internet tels HTTP, XML, HTML ou les langages de script.

Les données sont alors transmises dans un format normalisé (HTML, XML) et visualisées avec des navigateurs du commerce comme Netscape, MS Internet Explorer, Opera... Les composants PROFInet intègrent ainsi leurs données à

des systèmes d'information modernes et multimédia, tirant profit des nombreux atouts de la conquête du monde informatique par le Web : navigateurs tenant lieu d'interfaces universelles, souplesse d'accès à l'information depuis un nombre quelconque de clients, indépendance des postes clients vis-à-vis de la plate-forme informatique, réduction des frais d'installation et de maintenance du logiciel client...

#### Propriétés fonctionnelles

L'adoption des mécanismes du Web vise surtout à optimiser les fonctions de mise en service et de diagnostic de PROFInet :

- Aucun outil spécial n'est nécessaire pour accéder aux composants PROFInet, des outils de grande diffusion faisant l'affaire.
- Cet accès mondialisé facilite l'assistance des utilisateurs par les constructeurs, en phase de mise en service.
- La description automatique des composants PROFInet autorise leur accès par des outils banalisés, sans avoir besoin d'informations de configuration.

L'intégration du Web dans les tâches de mise en service et de maintenance peut revêtir plusieurs formes : essais et mise en route, vue d'ensemble des données clés de l'appareil, diagnostic de l'appareil, documentation du réseau et de l'appareil.

L'information doit être aussi facilement consultable par l'homme, au moyen d'un navigateur notamment, que lisible par la machine, au format XML, par exemple. Ce qui garantit l'intégration du Web dans PROFInet qui fournit aussi des fichiers normalisés XML pour certaines données.

### Propriétés techniques

La pièce maîtresse de cette intégration est le serveur web, qui sert d'interface entre le modèle objet PROFInet et les outils fondamentaux du Web.

Le degré d'intégration du Web sur PROFInet peut varier avec le niveau de performance et les propriétés de ce serveur. Autrement dit, même des appareils PROFInet simples, se contentant d'un serveur web embarqué, peuvent prétendre à l'intégration au même titre qu'un appareil PROFInet utilisant un serveur d'informations Internet (IIS) de Microsoft ou un serveur web Apache.

Cette intégration est proposée en option sur chaque équipement : certains fonctions sont optionnelles et peuvent s'ajouter à l'existant suivant le niveau de performance de l'appareil. Il est donc possible de réaliser des solutions évolutives, optimisées pour une application donnée. Les éléments spécifiques à PROFInet peuvent s'intégrer en toute transparence dans la mise en œuvre du Web dans le composant.

Grâce à des interfaces et des méthodes d'accès unifiées, les créateurs de composants technologiques peuvent diffuser leurs données techniques sur le Web. L'intégration Web sur PROFInet spécifie l'espace de nommage et l'adressage des éléments de modèle de composant sur le serveur web, ce qui permet de créer des pages web dynamiques à l'aide des données présentes du composant.

### Portée

Rappelons que cette intégration est optionnelle sur PROFInet ; elle constitue en effet un élément indépendant de même que le modèle objet de PROFInet, sans aucune interférence de l'un sur l'autre. En ce qui concerne l'architecture d'un système d'automatisation sur PROFInet, elle peut prendre toutes

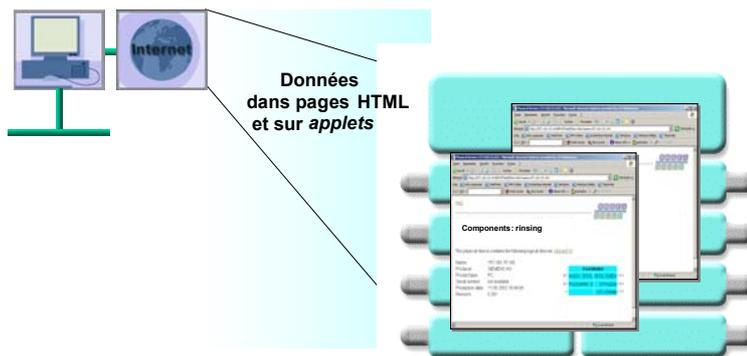


Figure 23 : Accès aux composants PROFInet par le Web

les formes et utiliser en particulier des *proxy* pour se raccorder à n'importe quel bus de terrain. La spécification inclut les modèles correspondants qui décrivent les relations entre les composants PROFInet, les composants web existants et les éléments de l'intégration du Web sur PROFInet.

### Sécurité

Aux termes de la spécification, l'accès aux appareils PROFInet est identique, que ce soit d'un intranet ou de l'Internet. Cela permet d'exploiter tous les avantages de l'intégration web, même si l'appareil n'est pas relié à l'Internet. Avec ce type d'accès local, le risque d'intrusion est extrêmement faible et comparable à celui des IHM modernes.

Si l'on se connecte à des sites industriels d'envergure ou à l'Internet, l'intégration du Web sur PROFInet s'appuie sur une sécurité graduelle : la spécification préconise une sécurité optimisée pour des applications concrètes comportant une ou plusieurs zones sécuritaires en amont. Aucune limitation structurelle n'est imposée à l'intégration du Web, les mesures de sécurité étant toujours prises en dehors des appareils PROFInet. Cela soulage non seulement ces derniers, mais permet aussi de modifier au mieux la sécurité pour répondre à l'évolution de la demande tout en garantissant la continuité de la solution d'automatisation.

Dans ce domaine, les « meilleures pratiques » rendent compte de différents scénarios et exemples expliquant, au cas par cas, la mise en œuvre des mécanismes de sécurité pour tous les appareils PROFInet.

Il est possible, par exemple, d'implémenter ces mécanismes dans les protocoles de transport (TCP/UDP et HTTP). Le codage, l'authentification et la gestion d'accès des serveurs web sont eux aussi adaptables à la demande. Des procédures plus poussées, comme la mise en place de passerelles applicatives, peuvent compléter les services web au gré des besoins.

### 6.3 OPC

Le modèle de composant PROFInet et OPC s'appuient tous deux sur la technologie ouverte DCOM, qui facilite la communication entre différentes parties d'un système.

OPC est une interface universelle permettant l'échange de données entre constituants et applications d'automatismes, sans se soucier du constructeur, ni de la programmation.

Contrairement à PROFInet, OPC DX (*Data Exchange*) n'est pas une technologie objet mais orientée « étiquette », ses constituants n'étant pas traités comme des objets COM, mais des noms (étiquettes).

### OPC DA (*Data Access*)

OPC DA est une spécification d'interfaces applicatives uniformisant l'accès aux données de

l'instrumentation et du contrôle-commande, la localisation des serveurs OPC et la navigation dans les espaces de nommage du serveur OPC.

### OPC DX (Data eXchange)

Extension des interfaces OPC DA, OPC DX est le grand protocole de communication industrielle non critique entre cellules d'automatismes de fournisseurs et types différents (par exemple, entre PROFINET et Ethernet/IP), sans possibilité toutefois de descendre au niveau terrain.

OPC DX définit un ensemble d'interfaces logicielles standards permettant l'échange de données entre serveurs et leur interopérabilité sur Ethernet.

OPC DX est indispensable aux :

- *utilisateurs et intégrateurs* en quête d'un standard ouvert pour fédérer leurs produits d'automatisme (équipements, applications de contrôle-commande et logiciels) et faciliter le partage de données sur des réseaux multiconstructeurs ;
- *fournisseurs* de ces produits d'automatisme désireux de disposer d'un standard ouvert de communication industrielle, synonyme d'interopérabilité.

### PROFINET

Modèle ouvert de communication, d'automatisation et d'ingénierie multiconstructeur permettant l'intégration directe d'équipements raccordés à des réseaux de cellule Ethernet, d'îlots existants sur PROFIBUS ou d'autres bus de terrain. PROFINET gère les fonctions temps réel nécessaires aux tâches d'automatisation industrielle et aux applications hautes performances de *Motion Control*.

### OPC DX

Standard ouvert de transfert de données entre PROFINET et d'autres réseaux de communication Ethernet, sans exigences strictes en matière de temps réel.

### OPC DX et PROFINET

OPC DX a été développé dans le but de garantir un minimum d'interopérabilité entre bus de terrain hétérogènes et protocoles de communication sur Ethernet, sans compromettre l'intégrité des technologies mises en jeu.

L'intégration de OPC DX dans PROFINET vise l'ouverture à d'autres systèmes. Concrètement, elle se présente comme suit :

- Chaque nœud PROFINET peut être adressé comme un serveur OPC puisque les fonctions de base existent déjà sous la forme d'une implémentation de l'exécutif PROFINET.

- Chaque serveur OPC peut jouer le rôle de nœud PROFINET par le biais d'un adaptateur standard, baptisé *OPC Objectizer* ; il s'agit d'un composant logiciel réalisant un appareil PROFINET sur un serveur OPC dans un PC. Il ne doit s'exécuter qu'une fois pour être ensuite exploité sur tous les serveurs OPC.

Les fonctionnalités et performances de PROFINET sont nettement supérieures à celles d'OPC. À cet avantage s'ajoutent les capacités temps réel de PROFINET pour les solutions d'automatisation. A contrario, OPC l'emporte en terme d'interopérabilité.

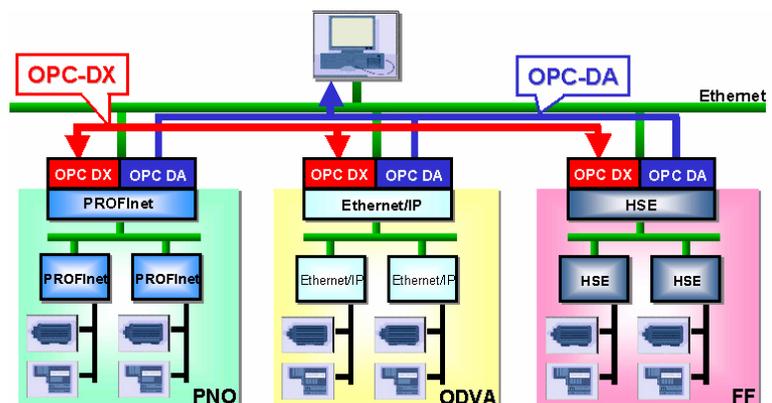


Figure 24 : Échange de données entre réseaux hétérogènes avec OPC DA et OPC DX

## 7. Intégration des bus de terrain

PROFINet fournit un modèle d'intégration des segments PROFIBUS existants et autres bus de terrain à PROFINet. Il est donc possible de bâtir un système combinant plusieurs bus de terrain et sous-réseaux Ethernet pour établir une continuité technologique entre les divers niveaux de la communication industrielle, du terrain à PROFINet.

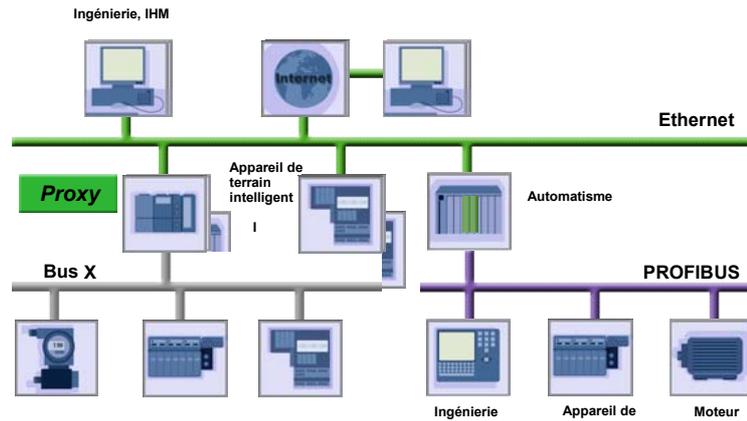


Figure 25 : Couplage de PROFIBUS et d'autres bus de terrain dans un réseau d'automatisme par proxy ou par intégration d'application complète

### 7.1 Stratégies de migration

La profusion des réseaux PROFIBUS oblige, pour pérenniser ces investissements, à simplifier au maximum leur « migration » vers PROFINet. Les acteurs de l'industrie ont à cet égard trois grands desiderata :

- Les *utilisateurs* focalisent sur la simplicité d'intégration de leurs installations existantes dans une nouvelle solution PROFINet.
- Les *constructeurs de machines et d'installations* veulent pouvoir utiliser leurs actifs industriels, éprouvés et documentés, dans des projets d'automatisation PROFINet, sans la moindre modification.
- Les *fournisseurs d'automatismes* souhaitent intégrer leurs appareils de terrain dans PROFINet, sans surcoûts induits par des modifications.

PROFINet propose deux méthodes de raccordement des réseaux de terrain :

- Intégration d'appareils de terrain par proxy ;
- Intégration d'applications de terrain complètes.

### 7.2 Intégration d'appareils de terrain par proxy

La fonction proxy de PROFINet simplifie l'intégration en toute transparence des bus de terrain existants.

Sur Ethernet, le proxy représente un ou plusieurs appareils de terrain (esclaves PROFIBUS, par exemple) et rend transparente la communication entre réseaux (sans encapsulation des messages) ainsi que, notamment, l'envoi de données cycliques aux appareils de terrain.

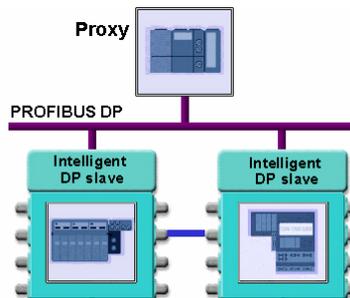


Figure 26 : Intégration d'appareils de terrain par proxy

Prenons un réseau PROFIBUS DP : le proxy est à la fois le maître DP chargé de coordonner les échanges entre nœuds PROFIBUS et un appareil Ethernet participant à la communication PROFINet. Ce peut être API, un contrôleur Ethernet sur PC ou une simple passerelle réseau.

Au sein de PROFINet IO, les esclaves DP intelligents sont traités comme des périphériques d'E/S ; dans la vue des composants, ce sont des entités PROFINet autonomes. Dans l'éditeur de connexions PROFINet, rien ne les différencie de leurs homologues implantés directement sur Ethernet. Bref, les appareils servant de proxy gèrent la communication transparente entre appareils de différents réseaux.

### 7.3 Intégration d'applications de terrain

On peut aussi modéliser toute une application de terrain sous forme de composant PROFINet. Cette solution a son intérêt dans le cas de l'extension d'une usine en service, sans se préoccuper du bus de terrain utilisé pour le segment en question.

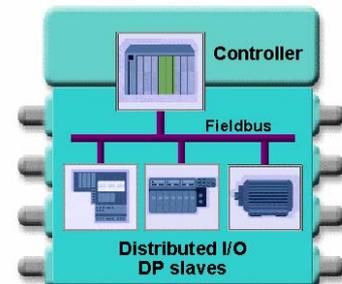


Figure 27 : Intégration d'applications de terrain

Pour que l'installation existante puisse dialoguer avec PROFINet, le maître du bus dans le composant PROFINet doit être compatible PROFINet. En d'autres termes, si les mécanismes du bus de terrain existant (PROFIBUS DP en l'occurrence) sont intégrés au composant, les mécanismes PROFINet restent externes au composant.

Cette stratégie de migration préserve tous les investissements de l'utilisateur (équipements et infrastructures, câblage), qu'il soit exploitant, responsable d'usine ou constructeur de machines, tout en protégeant son savoir-faire applicatif. PROFINet autorise donc une transition en douceur vers de nouveaux segments de réseau.

#### 7.4 Intégration d'autres bus de terrain

Partant de là, PROFINet permet d'intégrer d'autres bus de terrain comme Foundation Fieldbus, DeviceNet, Interbus, CC-Link.... On définit alors pour chaque bus une image spécifique des interfaces de composants pour les différentes possibilités de communication, que l'on sauvegarde dans le proxy. Cela permet de raccorder d'un seul coup n'importe quel réseau de terrain à PROFINet.

#### 7.5 Exemple de machine modulaire

La figure 28 illustre un exemple d'application modulaire dans l'agroalimentaire. L'embouteilleuse compte 4 postes de travail : rinçage, remplissage, capsulage et conditionnement. D'un côté, cet exemple démontre la cohabitation indépendante de PROFIBUS et de PROFINet au sein d'un système global. De l'autre, il met en lumière la simplicité d'intégration des cellules de fabrication existantes.

Le cahier des charges prévoit le maintien en l'état de PROFIBUS DP (rinçage et remplissage) mais la modernisation et l'extension du capsulage et du conditionnement sur PROFINet.

L'indépendance des procédures de communication et l'emploi d'un proxy permettent de ne pas toucher au réseau PROFIBUS. Il suffit de relier les communications entre composants dans l'ingénierie de la nouvelle configuration de machine et de doter le maître PROFIBUS DP d'un module Ethernet (matériel + logiciel) et de fonctionnalités proxy.

La fonction proxy garantit que la vue PROFINet reste encapsulée dans le système d'automatisme sous forme de module technologique. Toutes les opérations en amont de PROFIBUS se déroulent comme auparavant.

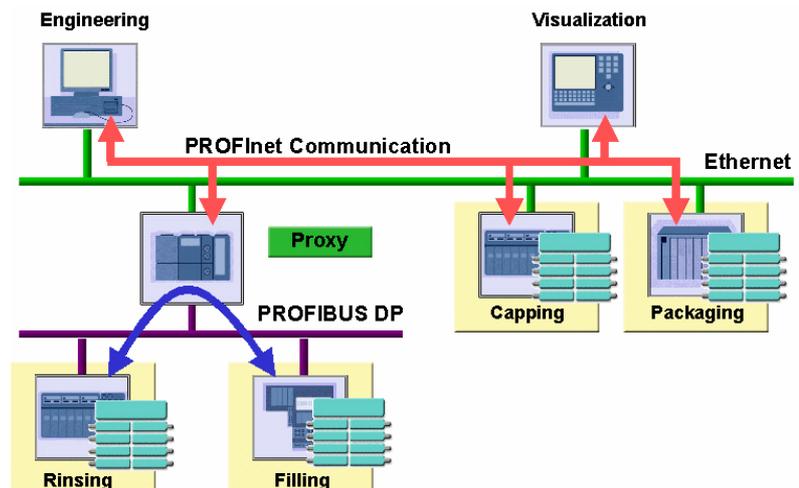


Figure 28 : Intégration de PROFIBUS DP dans PROFINet par proxy

## 8. Offre de services Profibus International

Pour conforter la rapide montée en puissance de PROFInet sur le marché, il faut pouvoir compter sur le support optimal de PROFIBUS International. Celui-ci s'y emploie avec un vaste portefeuille de services et de produits.

### 8.1 Progrès technologiques

#### PROFInet IO

PROFInet IO s'accompagne d'une spécification contenant une description précise du modèle d'équipement et du comportement d'un appareil de terrain en termes de protocoles et de tâches de communication (ou « machines d'état »). Ce type de document a déjà prouvé son intérêt pour PROFIBUS DP. Le niveau de détail de la spécification PROFInet IO permet la création logicielle d'une pile standard multifournisseur.

Précisons que plusieurs implémentations seront offertes par des entreprises comme par exemple Siemens, sous la forme d'un progiciel de développement.

#### Modèle de composants

Tout comme PROFInet IO, le modèle de composants PROFInet fait l'objet d'une spécification donnant le détail de la communication, du modèle d'équipement, de l'ingénierie, de la gestion de réseau, de l'intégration du Web et de la connexion aux réseaux de terrain.

PROFIBUS International propose en outre un logiciel PROFInet pour les composants, sous forme de code source.

Celui-ci couvre tous les aspects de la communication. À la fois spécification et exécutable indépendant du système, il permet l'intégration simple et économique de PROFInet au plus large éventail d'environnements d'exploitation.

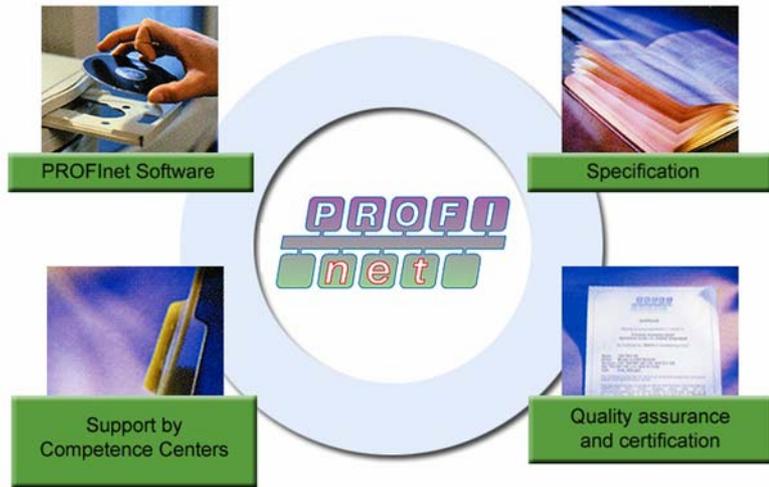


Figure 29 : L'offre de services PROFInet de PROFIBUS International

Sa configuration prévoit l'intégration simple des applicatifs existants dans le modèle d'objet exécutable.

PROFInet est d'ores et déjà portable sur Win32, Linux et VxWorks.

L'exécutif PROFInet est un logiciel modulaire, constitué de plusieurs couches, chacune devant être adaptée à l'environnement du système. Ces adaptations se limitent aux interfaces de portage menant aux diverses parties fonctionnelles de l'environnement, au système d'exploitation (Win32 notamment) et à l'application de l'appareil (API, par exemple). Les différentes étapes du portage sont décrites dans un manuel destiné à faciliter le travail du développeur.

### 8.2 Assurance qualité

En développant PROFInet, PROFIBUS International s'est donné pour mot d'ordre d'accompagner ce produit tout au long de son cycle de vie (de sa spécification à l'ingénierie des systèmes) avec des mesures garantissant de bout en bout un haut niveau de qualité.

#### Spécification et réalisation

La spécification et le logiciel PROFInet sont l'œuvre d'une équipe de travail interentreprise, dénommée *PROFInet Core Team*. Toutes les phases de développement, du premier enregistrement des demandes à la diffusion de l'exécutif PROFInet, se plient à un système de gestion de la qualité.

Les procédures qualité sont répertoriées dans un manuel tirant au mieux profit des compétences de l'équipe de développement. D'où la garantie que le code source est conforme aux règles Qualité en vigueur.

Le « Manuel Qualité » décrit les procédures à mettre en œuvre ainsi que les termes, méthodes et outils correspondants. Il précise également les responsabilités, tout au long de la démarche qualité. Il traite enfin de la gestion des erreurs, autre sujet important, en offrant une typologie et un système de traçabilité des erreurs.

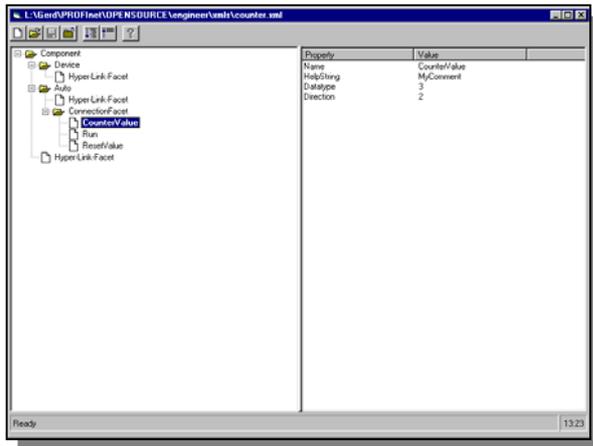


Figure 30 : L'éditeur de composants PROFInet

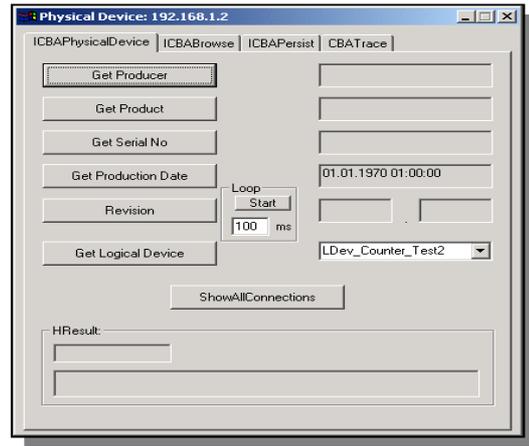


Figure 31 : Outil de test PROFInet

### Essai et certification

Pour garantir à l'ensemble des appareils PROFInet une parfaite interaction doublée d'une qualité optimale, un système de certification a été mis en place dans la droite ligne de la procédure éprouvée pour PROFIBUS. Points d'orgue de cette démarche, des essais effectués par les laboratoires agréés PROFIBUS International valident la conformité des produits aux spécifications et leur infaillibilité.

### Journal d'erreurs

PROFIBUS International a élaboré un journal visant à systématiquement incorporer au logiciel exécutif les erreurs constatées par les utilisateurs finaux et constructeurs d'automatismes ainsi que leurs requêtes. Il existe pour cela une base de données recensant toutes ces erreurs et leurs conditions : chaque erreur saisie dans la base respecte les règles de la procédure qualité.

### 8.3 Assistance technique

Pour asseoir la réussite de PROFInet, il convient de garantir la commercialisation rapide d'un nombre suffisant de produits PROFInet d'origines diverses.

#### Centres de compétence

PROFInet a mis sur pied des centres de compétence pour faciliter le travail de développement et optimiser le portage vers différents systèmes d'exploitation ainsi que l'adaptation aux conditions limites du produit. Ces structures aident toutes les entreprises intéressées à bâtir leur propre pôle de compétences de façon à assurer elles-mêmes les développements ultérieurs, en toute autonomie.

Les centres de compétence PROFInet offrent des services complémentaires, comme une assistance téléphonique directe et l'organisation d'ateliers ciblant des groupes d'utilisateurs rattachés à une discipline, un métier...

#### Outils

Les constructeurs d'automatismes ont besoin d'un outil pour créer le fichier XML de description des appareils Ethernet. La solution ? L'éditeur de composants PROFInet, semblable à l'éditeur GSD pour PROFIBUS DP et téléchargeable sur [www.profibus.com](http://www.profibus.com).

De plus, pour aider les constructeurs à préparer leurs tout nouveaux produits à la certification en effectuant notamment des essais statiques, PROFIBUS International propose un outil de test PROFInet, également téléchargeable sur [www.profibus.com](http://www.profibus.com).

## 9. Glossaire

Client-serveur		Architecture divisant le fonctionnement d'une application en deux composants : un « client » qui établit une connexion pour faire appel aux services distants d'un « serveur ».
COM/DCOM	<i>Component Object Model/ Distributed Component Object Model</i>	COM est un modèle standard permettant à des objets (unités logicielles réutilisables) de mettre leurs fonctionnalités à la disposition d'autres composants ; DCOM est la version applications distribuées de COM.
Commutation		Technique de segmentation d'un réseau Ethernet en sous-réseaux de façon à éviter les collisions et à optimiser la bande passante exploitable.
Composant		Modèle logiciel encapsulé et réutilisable.
Contrôleur		Automatisme du réseau PROFInet IO hébergeant et exécutant le programme automate.
CSMA/CD	<i>Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection</i>	Contrôle d'accès au bus de multiples utilisateurs par écoute de la porteuse et détection de collisions.
DCP	<i>Discovery and Basic Configuration</i>	Définit le paramétrage IP à l'aide d'outils de configuration/programmation constructeur ou encore d'un outil d'ingénierie industrielle comme l'éditeur de connexions PROFInet.
DHCP	<i>Dynamic Host Configuration Protocol</i>	Protocole d'attribution, de configuration et de mise à jour dynamiques d'adresses IP dans un espace prédéfini.
Éditeur de composants PROFInet		Outil autonome et multiconstructeur de création de fichier XML de description de composant PCD, téléchargeable sur le site <a href="http://www.profibus.com">www.profibus.com</a>
Éditeur de connexions PROFInet		Outil d'ingénierie indépendant du constructeur permettant de configurer et de relier les applications de tout un site par simple tracé de lignes d'interconnexion.
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>	Progiciel de gestion intégrée (PGI) de l'entreprise.
Ethernet		Référentiel de la société Xerox (commercialisé en 1975 et normalisé IEEE 802.3) spécifiant les deux couches basses du modèle OSI : Physique et Liaison de données.
Exécutif		Désigne l'état d'un système opérationnel, par opposition à celui d'un système en phase de développement.
FTP	<i>File Transfer Protocol</i>	Protocole de transfert de fichiers basé sur TCP/IP.
Générateur de composants		Extension fonctionnelle du configurateur constructeur servant à créer le fichier XML de description de composant PCD sur PROFInet.
GSD	<i>General Station Description</i>	Fichier XML décrivant toutes les propriétés d'un périphérique d'E/S sur PROFInet IO : paramètres de transmission, quantité, type, configuration, paramétrage et diagnostic des modules.
HTML	<i>Hypertext Markup Language</i>	Langage de marquage servant de format de description universel de documents hypertextes.
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>	Protocole de transfert de fichiers hypertextes sur l'Internet.
IHM	Interface Homme Machine	Zone d'échange entre l'homme et la machine sur une plateforme d'automatisme et de supervision.
IP	<i>Internet Protocol</i>	Protocole de transfert de messages en mode non connecté, souvent couplé à TCP pour sécuriser la transmission.
IRT	<i>Isochronous Real Time</i>	Canal de transmission temps réel isochrone répondant à des besoins particulièrement pointus comme ceux du <i>Motion Control</i> (positionnement et synchronisation d'axes) avec des temps de cycle de 1 ms et une incertitude sur les tops de synchronisation de 1 µs.
MES	<i>Manufacturing Execution System</i>	Système d'exécution, de planification et de pilotage de la production.
Objet		Porteur de données dont l'état est fonction du temps et dont les réactions aux messages entrants sont prédéfinies.
OLE	<i>Object Linking and Embedding</i>	Mécanismes de création et de modification de documents contenant des objets créés par diverses applications.

OPC	<i>OLE for Process Control</i>	Standard de communication datant de 1996 pour interfacier les applicatifs Windows aux technologies de l'automatisation.
OPC DA	<i>OPC Data Access</i>	Standard industriel définissant l'accès aux données de mesure et de contrôle-commande, l'emplacement des serveurs OPC et la navigation simple dans les espaces de nommage des serveurs OPC, en mode client-serveur.
OPC-DX	<i>OPC Data Exchange</i>	Standard d'échange de données non critiques entre systèmes d'automatismes multiconstructeurs, basé sur la communication de serveur à serveur sur un réseau de cellule Ethernet.
Passerelle		Équipement d'interconnexion d'au moins deux réseaux de différentes couches physiques, assurant les fonctions nécessaires de traduction tant matérielle que logicielle.
PCD	<i>PROFINet Component Description</i>	Fichier XML renfermant des informations sur les fonctionnalités et caractéristiques des composants PROFINet.
Périphérique d'E/S		Appareil de terrain déporté, rattaché au contrôleur ( <i>voir ce terme</i> ).
Proxy		Appareil PROFINet de substitution permettant de représenter un objet dans le modèle objet et de fournir une vue technologique PROFINet à des appareils de terrain individuels ou en réseau. Sur Ethernet, le proxy représente et intègre dans la communication PROFINet un ou plusieurs esclaves PROFIBUS.
RPC	<i>Remote Procedure Call</i>	Technique et interface utilisées par un client pour appeler des programmes exécutés par des appareils distants.
SNMP	<i>Simple Network Management Protocol</i>	Protocole standard de communication TCP/IP dédié à l'administration, la maintenance et la surveillance des composants de réseau.
SRT	<i>Soft Real Time</i>	Canal logiciel de transmission temps réel des données critiques d'un processus industriel, implanté dans les automatismes du réseau.
Superviseur		Outil de programmation ou PC sur PROFINet IO, doté de fonctions de mise en service et de diagnostic.
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i>	Protocoles de communication de réseaux locaux utilisés pour connecter des systèmes informatiques sur Internet.
UDP	<i>User Datagram Protocol</i>	Protocole de transport de messages à diffusion générale ( <i>broadcast</i> ) en mode non connecté, idéal pour les transferts d'E/S demandant des délais de transmission très courts.
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>	Langage de description structurée des données destiné à faciliter les échanges entre applications tout en offrant une grande souplesse dans la représentation de l'information.

Pour en savoir plus sur PROFIBUS et consulter les guides, profils et logiciel exécutif PROFINet, rendez-vous sur le site [www.profibus.com](http://www.profibus.com).

---

## Technologie PROFInet

Théorie et pratique  
Version novembre 2003

N° de commande : 4.133

### Édité par :

PROFIBUS Nutzerorganisation e. V.  
Haid-und-Neu-Str. 7  
D-76313 Karlsruhe  
Allemagne  
Tél. : +49 (0) 721 / 96 58 590  
Fax : +49 (0) 721 / 96 58 589  
Mél : germany@profibus.com

PROFIBUS Trade Organization (PTO)  
16101 N. 82<sup>nd</sup> Street, Suite 3B  
AZ 85260 Scottsdale  
USA  
Tél. : ++1 480 483 2456  
Fax : ++1 480 483 7202  
Mél : usa@profibus.com

### Traduit par :

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

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

### Exclusion de responsabilité

Malgré tout le soin apporté par PNO et PTO à la rédaction et à la francisation de ce manuel, nous ne pouvons garantir l'absence totale d'erreurs ni en être tenus responsables.

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

Les termes figurant dans ce manuel peuvent être des marques déposées ; leur emploi par des tiers peut constituer un non-respect des droits d'auteur en vigueur.

Ce manuel ne prétend en aucun cas se substituer aux normes internationales CEI 61158 et CEI 61784, ni aux guides, profils et logiciel exécutif PROFInet. En cas de doute, ces publications et spécifications font foi.

©Copyright PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. 2003. Tous droits réservés.

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

PROFIBUS Belgium  
August Reyerslaan 60  
1090 Brussels  
Phone: ++32 2 706 60 00  
Fax: ++32 2 706 80 00  
Email: belgium@profibus.com

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

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

PROFIBUS Association Czech Republic  
Karlovo nám. 13  
12135 Prague 2  
Phone: ++420 2 2435 7610  
Fax: ++420 2 2435 7610  
Email: czechrepublic@profibus.com

PROFIBUS Denmark  
Maaløv Byvej 19 - 23  
2760 Maaløv  
Phone: ++45 40 78 96 36  
Fax: ++45 44 97 77 36  
Email: denmark@profibus.com

PROFIBUS Finland  
c/o AEL Automaatio  
Kaarnatie 4  
00410 Helsinki  
Phone: ++35 8 9 5307250  
Fax: ++35 8 9 5307300  
Email: finland@profibus.com

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

PROFIBUS Nutzerorganisation  
Haid-und-Neu-Str. 7  
76131 Karlsruhe, Germany  
Phone: ++49 721 96 58 590  
Fax: ++49 721 96 58 589  
Email: germany@profibus.com

Irish PROFIBUS User Group  
c/o Plomeaco Endress + Hauser  
Clene Business Park, Killock Road  
Clane, Co. Kildare  
Phone: ++353 45 866615  
Fax: ++353 45 866182  
Email: ireland@profibus.com

PROFIBUS Network Italia  
Via Branze, 38  
25123 Brescia  
Phone: ++39 030 336 4030  
Fax: ++39 030 306 909  
pni@profibus.com

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

Korea PROFIBUS Association  
#308, Sungduk Bldg  
1608-3, Seocho-dong, Seocho-gu  
Seoul 137-070, Korea  
Phone: ++82 2 523 5149  
Fax: ++82 2 523 5140  
Email: korea@profibus.com

PROFIBUS Nederland  
P.O. Box 2099  
3900 CB Amerfoort  
Phone: ++31 33 469 0507  
Fax: ++31 33 401 8698  
Email: netherlands@profibus.com

PROFIBUS User Organisation Norway  
c/o AD Elektronikk AS  
Heugneveien 2  
1401 Ski  
Phone: ++47 308 98840  
Fax: ++47 304 05509  
Email: norway@profibus.com

PROFIBUS User Organisation Russia  
c/o Vera + Association  
Nikitinskaya str, 3  
105037 Moscow, Russia  
Phone: ++7 095 742 68 28  
Fax: ++7 095 742 68 28  
Email: russia@profibus.com

PROFIBUS Slovakia  
c/o Dept. of Automation KAR FEI STU  
Slovak Technical University  
Ilkovičova 3  
812 19 Bratislava  
Phone: ++ 421 2 6029 1411  
Fax: ++ 421 2 6542 8051  
Email: slovakia@profibus.com

PROFIBUS Association South East Asia  
2 Kallang Sector  
348277 Singapore  
Phone: ++65 6740 7607  
Fax: ++65 6740 7141  
Email: southeastasia@profibus.com

PROFIBUS User Organisation Southern Africa  
5 Commerce Crescent West,  
Eastgate Ext. 13  
Sandton 2145  
Phone: ++27 11 282 8000  
Fax: ++27 11 262 8052  
Email: southernafrica@profibus.com

PROFIBUS i Sverige  
Kornmandörgatan 3  
26135 Hassleholm  
Phone: ++46 4 51 49 480  
Fax: ++46 4 51 29 633  
Email: sweden@profibus.com

PROFIBUS Schweiz  
Kreuzfeldweg 9  
4562 Oberist  
Phone: ++41 32 672 03 25  
Fax: ++41 32 672 03 26  
Email: switzerland@profibus.com

PROFIBUS Thai Association  
Charn Issara Tower II, 31st Floor  
2922/293 New Petchburi Road  
10310 Bangkok, Huaykwang, Bangkok  
Phone: ++662 715-45 70  
Fax: ++662 715-48 41  
Email: thailand@profibus.com

The PROFIBUS Group  
Unit 6 Oleaner Close, Locks Heath,  
Southampton, Hants, SO31 6WG  
Phone: ++44 1489 599 574  
Fax: ++44 1489 599 574  
Email: uk@profibus.com

PROFIBUS Trade Organization, PTO  
16101 N. 62nd Street, Suite 3B  
Scottsdale, AZ 85280 USA  
Phone: ++1 480 483 2456  
Fax: ++1 480 483 7202  
Email: usa@profibus.com

**PROFIBUS International**  
**Centre technique**  
Haid-und Neu-Straße 7  
D-76131 Karlsruhe (Allemagne)  
Tél : ++49 721 96 58 590  
Fax : ++49 721 96 58 589  
Mél : [info@profibus.com](mailto:info@profibus.com)  
[www.profibus.com](http://www.profibus.com)