



PROFIsafe

Description du système



Open Solutions for the World of Automation



Nos engagements

Asseoir et confirmer notre position de premier groupement mondial d'automaticiens voué à la promotion des communications industrielles sur bus de terrain pour doter nos interlocuteurs (utilisateurs, membres de l'association PI, presse...) de solutions, d'avantages et d'informations à la pointe de l'innovation.

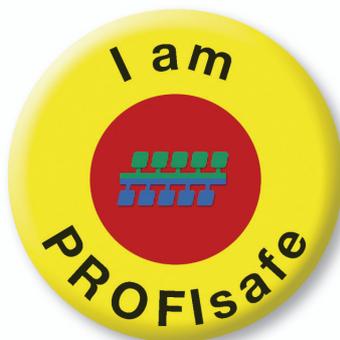
Préambule

PROFIBUS est le seul bus de terrain répondant à toutes les exigences des automatismes manufacturiers et de procédé. Sa déclinaison réseau « PROFINET », héritée du standard Ethernet, gagne de plus en plus de terrain. Ces deux protocoles appartiennent à la famille 3 des profils de communication normalisés CEI 61158 et CEI 61784-1/-2.

La première publication d'une spécification dédiée aux communications de Sécurité remonte à 1999. Cette percée technologique de PROFIBUS/PROFINET International (PI) a énormément fait progresser le monde de l'automatisation, sous le nom distinctif de « **PROFIsafe** ».

PROFIsafe s'est imposé depuis comme la première solution complète de communication de sécurité au monde : une réussite que consacre sa normalisation internationale **CEI 61784-3-3**.

Ce guide se propose de vous initier aux mécanismes et arcanes de la technologie PROFIsafe, sans pour autant se perdre dans les menus détails ni prétendre se substituer aux normes, directives et spécifications contractuelles, abordées dans ces colonnes.



Précisons d'emblée que PROFIsafe est approuvé par le BGIA et le TÜV.



Les automaticiens sont très sensibles au problème de la sécurité : la diffusion, la mise en pratique et le déploiement de la technologie PROFIsafe sont donc à prendre au sérieux. Les entreprises et institutions engagées dans cette voie ont l'obligation de respecter la « **police PROFIsafe** ».

Ce guide entend donc modestement résumer et compléter les prescriptions et lignes directrices des organismes officiels.

Remarque terminologique : tout au long de ce document, l'abréviation « **F** » renvoie indistinctement aux notions de « sécurité intégrée », « sécurité inhérente », de « sûreté de fonctionnement » ou de « sécurité fonctionnelle ».

Table des matières

PREAMBULE	1	7.5 Installation.....	12
TABLE DES MATIERES	2	7.5.1 Prérequis.....	12
1. LA SECURITE DANS LES		7.5.2 Restrictions.....	12
AUTOMATISMES	3	7.5.3 Câbles.....	12
1.1 Tendances de fond.....	3	7.5.4 Disponibilité.....	13
1.2 Réalisations PI.....	3	7.5.5 Généralités.....	13
1.3 Normes fondamentales.....	4	7.6 Transmission sans fil.....	13
2. FEUILLE DE ROUTE	5	7.7 Sécurité.....	13
3. BLACK CHANNEL.....	6	7.8 Temps de réponse.....	14
3.1 Fondamentaux.....	6	8. CONSEILS AUX INTEGRATEURS	14
3.2 Composants de réseau.....	6	8.1 Directives et normes.....	14
3.3 Sans-fil et sécurité.....	6	8.2 Réduction du risque.....	14
3.4 Types de données.....	6	8.3 Plan de sécurité.....	14
4. SOLUTION PROFISAFE.....	6	8.4 Estimation du risque.....	15
4.1 Mécanismes de sécurité.....	6	8.5 SIL ou PL, même combat.....	15
4.2 Trame PROFIsafe.....	7	8.6 Conception d'une fonction de sécurité.....	15
4.3 Services PROFIsafe.....	7	8.7 SIL atteint.....	15
4.3.1 Services du maître F.....	8	8.8 Éléments électromécaniques.....	15
4.3.2 Services de l'esclave F.....	8	8.9 Éléments non électriques.....	15
4.4 Paramètres F.....	8	8.10 Validation.....	15
5. MISE EN ŒUVRE.....	8	9. ÉQUIPEMENTS F.....	15
5.1 Classes de sécurité.....	9	9.1 E/S déportées.....	15
5.2 Équipements F.....	9	9.2 Capteurs optiques.....	15
5.2.1 Sécurisation des fichiers GSD.....	9	9.3 Variateurs.....	15
5.2.2 Sécurisation des configurations.....	9	9.4 Robots.....	16
5.2.3 iParamètres.....	9	9.5 Passerelle F.....	16
5.2.4 Profil PROFIdrive.....	10	9.6 Équipements PA.....	16
5.2.5 Profil PA.....	10	9.6.1 Capteurs de niveau.....	16
5.2.6 Identification et maintenance.....	10	9.6.2 Vannes d'arrêt électroniques.....	16
5.2.7 Diagnostic.....	10	9.6.3 Capteurs de pression.....	16
5.3 Maître F.....	10	9.6.4 Détecteurs de fuite de gaz et d'incendie.....	16
5.3.1 Traitement de la sécurité.....	10	10. AVANTAGES PROFISAFE.....	17
5.3.2 Classes de conformité.....	11	10.1 Pour l'intégrateur et l'utilisateur.....	17
6. CONFORMITE ET CERTIFICATION.....	11	10.2 Pour le constructeur.....	17
6.1 Tests PROFIsafe.....	11	10.3 Pour l'investissement.....	17
6.2 Évaluation de la sécurité.....	11	11. PROFIBUS INTERNATIONAL	18
7. MISE EN ŒUVRE	11	11.1 Missions.....	18
7.1 Sécurité électrique.....	11	11.2 Évolutions techniques.....	18
7.2 Alimentation.....	11	11.3 Assistance.....	18
7.3 Immunité accrue.....	12	11.4 Certification.....	18
7.4 Haute disponibilité.....	12	11.5 Formation.....	18
		11.6 Portail Internet.....	18
		INDEX	19

1. La sécurité dans les automatismes

Tout procédé industriel en exploitation présente des risques pour le personnel, les machines et le milieu environnant :

- Dommages humains : atteinte à la santé, lésion, décès ;
- Dégradation de l'environnement ;
- Détérioration des actifs industriels, pertes de production...

La plupart du temps, il est relativement facile d'éviter ces risques sans alourdir les automatismes en place. Pour autant, certaines applications sont par nature à haut risque et d'exigences de sécurité élevées : presses, scies, machines-outils, robots, lignes de convoyage et de conditionnement, procédés chimiques, opérations à haute pression, plates-formes pétro-gazières, détection d'incendie et de fuite de gaz, gestion de brûleurs, transport de personnes par téléphérique... Toutes exigent une « surveillance rapprochée », à l'aide de technologies de pointe.

Le marché a longtemps dû arbitrer entre les impératifs de fiabilité et de disponibilité des automatismes et leur coût. Résultat : le taux de défaillance ou d'erreur de ces technologies, certes acceptable en temps normal, s'avère insuffisant dans les applications à risque.

Comparons cette situation au courrier postal : si vous acceptez le risque qu'une lettre affranchie au tarif normal n'arrive pas forcément à bon port, par contre, vous n'hésitez pas à passer par une messagerie recommandée pour les envois d'importance !

1.1 Tendances de fond

Par le passé, les microcontrôleurs, logiciels, ordinateurs personnels et réseaux ont beaucoup pesé sur les techniques d'automatisation, imposant leurs objectifs : baisser les coûts, gagner en flexibilité, améliorer la disponibilité. En matière de sécurité, les normes et réglementations en vigueur bannissaient tout usage de ces technologies : sans câblage en fil à fil et logique à relais, point de salut (Fig. 1) !

Cette dichotomie s'explique par le fait que la sécurité s'appuie sur des techniques ou matériels éprouvés et dignes de confiance, cette dernière se fondant à son tour sur l'expertise et le retour d'expérience. Toutefois,

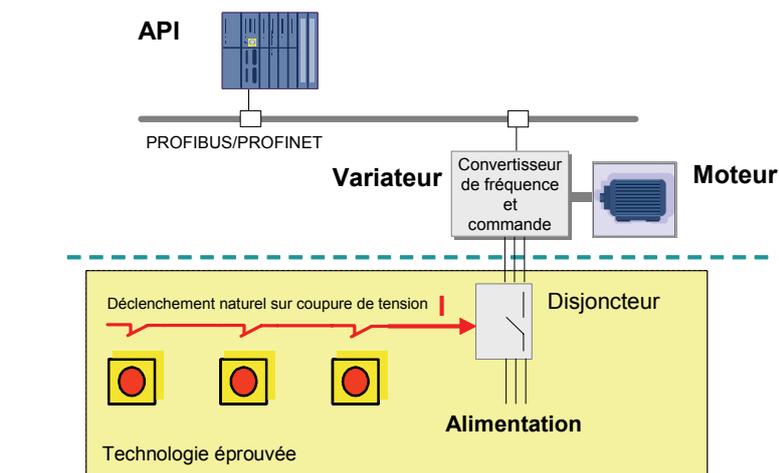


Fig. 1 - La sécurité traditionnelle

la greffe d'une sécurité « traditionnelle » à des automatismes modernes a ses revers : surcoûts de câblage et de développement, perte de souplesse et de disponibilité, absence de positions d'arrêt définies sur les machines, reprise de service laborieuse...

Cette situation n'est plus ; microcontrôleurs et logiciels ont fait leur preuve dans des milliers d'applications et leur emploi au sein de solutions de sécurité est désormais régi par la norme CEI 61508.

Les mécanismes de détection d'erreur de nombreux systèmes de transmission numérique ont été étudiés et bien assimilés, dans le sillage de normes comme la CEI 62280-1.

1.2 Réalisations PI

PI a mis au point la technologie PROFIsafe sous forme de couche logicielle coiffant les protocoles PROFIBUS/PROFINET. PROFIsafe réduit les probabilités d'erreur de transmission entre maître F (automate ou contrôleur) et équipements F à un niveau satisfaisant ou dépassant les exigences des normes applicables.

Ce logiciel, facile à mettre en œuvre, complète la panoplie PROFIBUS/PROFINET tout en couvrant l'éventail des applications de sécurité pour l'automatisme manufacturier et de process. Il se prête même à la transmission sans fil (réseaux locaux WLAN et Bluetooth). Moyennant certaines mesures sécuritaires, il peut s'intégrer à des dorsales ouvertes Ethernet industriel.

Il répond aux exigences de haute disponibilité et de faible consommation d'énergie de l'automatisation des procédés, et se plie aux impéra-

tifs de réactivité (en quelques millisecondes) du manufacturier.

Les équipements F modernes (scanners laser et variateurs à sécurité intrinsèque) peuvent se déployer à loisir. Le traitement de chacun de leurs paramètres de sécurité (« iParamètre ») est facilité par des interfaces pour outils d'équipements F, au sein de plateformes de développement telles *Tool Calling Interface*, et par des possibilités de stockage et de restitution de ces paramètres (*iPar-Server*). Mieux, ces interfaces et la fonction *iPar-Server* sont aussi exploitables par des équipements non dédiés à la sécurité.

La CEI 61508 a ses exigences (immunité électromagnétique accrue, par ex.) mais n'en donne pas le détail. Notre guide **PROFIsafe Environmental Requirements** comble cette lacune (cf. p. 9) et étudie le développement et le déploiement des équipements et maîtres F.

Les membres de PI ont convenu de n'autoriser sur PROFIBUS et PROFINET que des équipements et maîtres F normalisés CEI 61508. Cette conformité est testée par les laboratoires PI et certifiée par le PNO. Le document **PROFIsafe Test Specification** définit les rôles et tâches des organismes comme le TÜV et des laboratoires d'essai PI.

Pour connaître l'actualité de PROFIsafe, rendez-vous sur www.profisafe.net et sur www.profibus.com pour en savoir plus sur PROFIBUS/PROFINET.

2. Feuille de route

Dès l'origine, PROFIsafe entendait spécifier une solution complète et performante, à l'usage tant du développeur que de l'utilisateur d'équipements F.

de fond de panier ou des autres voies de transmission dépassant le périmètre des réseaux PROFIBUS et PROFINET ; PROFIsafe devait sécuriser toute la chaîne, de l'émetteur du signal de sécurité (module F d'une E/S déportée, par ex.) au destinataire chargé du trai-

Un bloc d'E/S déportées devait renfermer le même jeu de paramètres PROFIsafe pour tous les équipements et modules F afin d'en uniformiser le traitement.

Tous les paramètres de sécurité d'un équipement F étant spécifiques à la technologie mise en œuvre (variateurs à sécurité intégrée, scanners laser...), leur gestion par fichier GSD aurait demandé de gros efforts et des dépendances inutiles. Les développeurs d'équipements F devaient donc pouvoir intégrer la configuration, le paramétrage et le diagnostic (CPD), par le biais d'interfaces appropriées, aux outils de développement des fournisseurs de système de façon à faciliter la navigation et la communication avec l'équipement ou le module F « métier ».

Le remplacement rapide d'un équipement F défectueux obligeait à prévoir une fonction cohérente de « sauvegarde et restitution » de tous les paramètres F (*iPar-Server*), qui incombait aussi au maître ou à l'automate de sécurité effectuant le paramétrage de base du bus.

Chaque volet du déploiement PROFIsafe devait être documenté :

- Installation ;
- Sécurité électrique ;
- Alimentation ;

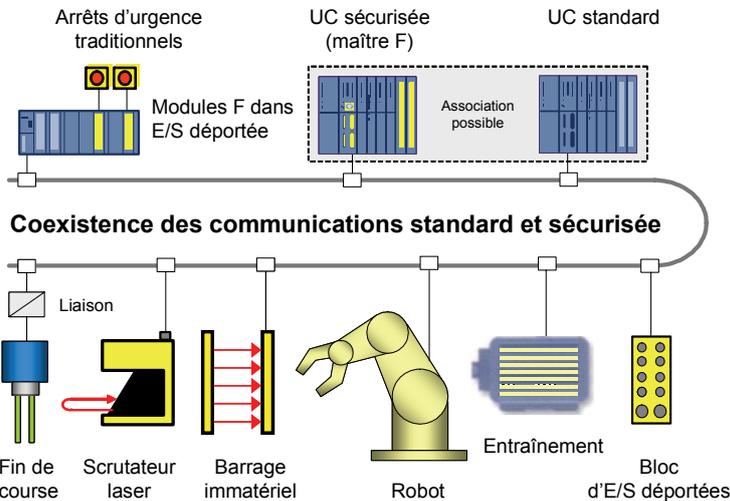


Fig. 5 - PROFIsafe mixe transmission non sécurisée et communication sécurisée sur le même câble de bus.

Le protocole devait s'appliquer aux réseaux PROFIBUS et PROFINET, en toute transparence, de sorte que les messages de sécurité et les données du process puissent cohabiter sans conflit sur le câble de bus existant (Fig. 5).

Ce fonctionnement « en canal unique » faisait également la part belle aux automates traditionnels à sécurité intégrée mais traitement logique séparé, avec une option « redondance du support » pour améliorer la disponibilité. PROFIsafe devait se concilier les partisans du cloisonnement entre transmission standard et communication de sécurité, ces derniers pouvant toujours bénéficier d'une même technologie PROFIBUS/PROFINET, sur réseaux distincts.

PROFIsafe ne devait avoir aucune incidence sur les protocoles de bus classiques, tout en garantissant son indépendance maximale vis-à-vis des supports de transmission de base (cuivre, fibre optique, sans-fil ou fond de panier). Ni la vitesse de transmission, ni les mécanismes de détection d'erreur, considérés comme de simples « canaux noirs » (Fig. 4), ne devaient influencer sur la communication.

Grâce au protocole, les utilisateurs n'avaient plus besoin d'évaluer la sécurité de leurs communications

tement (maître F) et inversement (Fig. 6).

Le protocole devait convenir à des applications de sécurité aptes SIL3 (selon CEI 61508 et CEI 62061), catégorie 4 (EN 954-1) ou encore PL e (ISO 13849-1).

La définition, la maintenance et le développement des paramètres PROFIsafe devaient utiliser les outils classiques de PROFIBUS et PROFINET, dont le fichier GSD (*General Station Description*). Pour autant, il convenait de sécuriser ces paramètres en phase de stockage, d'interprétation, de réglage et de transfert, de l'outil de configuration dans le contrôleur d'E/S ou le maître DP, puis dans l'équipement F.

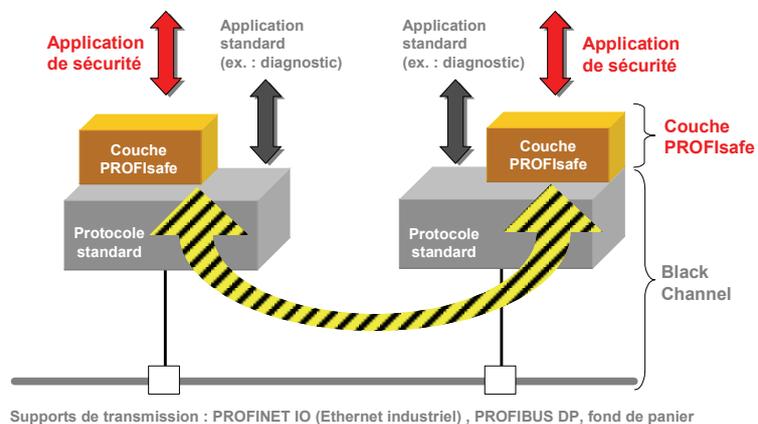


Fig. 4 - Principe du Black Channel

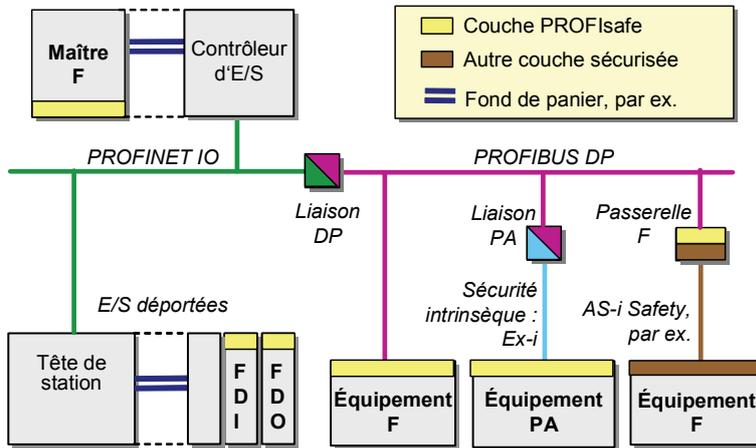


Fig. 6 – Les divers chemins de la communication sécurisée

- CEM ;
- Sécurité des données.

Dernier objectif : une solide assistance technique des concepteurs d'équipements ou modules F sur PROFIsafe, concrétisée par les kits de développement, centres de compétence et laboratoires d'essai PI.

Dans sa version actuelle, PROFIsafe accomplit toutes ces missions tout en restant simple et facilement assimilable !

Avant d'approfondir ce profil métier, voyons certains de ses prérequis.

3. Black Channel

La conception de PROFIsafe reprend certaines fonctionnalités et principes fondateurs de PROFIBUS et PROFINET.

3.1 Fondamentaux

Premier principe : la transmission cyclique entre maître du bus et appareils de terrain, cette scrutation étant capable de détecter immédiatement tout équipement défaillant, sans passer par un mécanisme « indicateur de vie ».

Autre règle : l'établissement d'une communication 1 à 1 entre émetteur et récepteur, connue des deux, pour garantir l'authenticité des messages. En contrepartie, un seul maître F peut accéder à un module F enfiché dans un appareil de terrain.

3.2 Composants de réseau

Le Black channel peut accueillir plusieurs types d'équipement réseau « transparents » comme les commutateurs, routeurs, connexions et liaisons sans fil. Pour

autant, PROFIsafe doit satisfaire à quelques contraintes mineures pour prétendre à SIL3.

Si n'importe quel type de commutateur est autorisé, le nombre d'appareils raccordés à la suite est limité à 100. L'espace d'adressage de sécurité, au sein d'un îlot PROFIsafe, est unique ; les îlots raccordés sous le même espace d'adresses F doivent être séparés par des routeurs multiports. Les liaisons PROFINET → PROFIBUS → version à sécurité intrinsèque MBP-IS ne sont pas soumises à restrictions (Fig. 6).

3.3 Sans-fil et sécurité

Les transmissions sans fil sont autorisées tant que la disponibilité est suffisamment élevée (absence de déclenchements parasites) et que la sécurité est garantie.

PROFIsafe impose certaines contraintes sécuritaires aux liaisons sans fil et aux réseaux filaires ouverts sur des dorsales Ethernet industriel ou l'Internet.

3.4 Types de données

En règle générale, les réseaux de terrain utilisent un grand nombre de types et formats de transfert de l'information (cf. encadré p. 9). PROFIsafe réduit cette complexité en se contentant d'un sous-ensemble de données plus facile à appréhender.

4. Solution PROFIsafe

Une transmission sécurisée a trois obligations :

- Délivrer un message correct ;
- À bon port ;
- En temps et en heure.

Plusieurs erreurs peuvent altérer (Fig. 7) les échanges entre deux partenaires de transmission sur des topologies réseau complexes, en raison de défaillances matérielles, d'une forte pollution électromagnétique... Un message peut ainsi se perdre, se répéter, s'insérer au mauvais endroit, se présenter en retard ou dans un ordre erroné, et ainsi altérer les données... À cela s'ajoute l'erreur d'adressage : un message « normal » est expédié à tort à un équipement F, en se prétendant information de sécurité (*mascarade*). Des débits de transmission disparates peuvent en outre avoir des effets sur le stockage des composants du bus.

4.1 Mécanismes de sécurité

Le protocole prévoit quatre types de contrôle sur la trame PROFIsafe :

- Numérotation en continu des messages, à l'aide d'un numéro de séquence faisant office de « signe de vie » ;
- Délai de scrutation en réception

Erreur \ Mécanisme	Numérotation en continu (indicateur de vie)	Délai en réception	Identifiant (émetteur/récepteur)	Cohérence et intégrité des données (CRC)
Répétition	X			
Perte	X	X		
Insertion	X	X	X	
Ordre des données	X			
Corruption des données				X
Retard		X		
Adressage			X	
Mascarade		X	X	X
Mémoire dans commutateurs	X			

Fig. 7 - Typologie des erreurs et modes de résolution

pour l'arrivée des messages et les acquittements ;

- Identification de l'émetteur et du récepteur (« adresse F ») ;
- Vérification de la cohérence des données par polynôme CRC (Code de Redondance Cyclique).

La numérotation en continu permet au récepteur de savoir s'il a reçu ou non les messages dans leur totalité et le bon ordre. De même, il renvoie à l'expéditeur, en signe d'acquit, un message portant ce même numéro de séquence. Pour assurer cette fonction, un simple « bit bascule » aurait dû suffire ; toutefois, compte tenu des tampons de stockage de certains composants du bus (commutateurs, par ex.), PROFIsafe a opté pour un compteur de 24 bits.

En sécurité, il ne suffit pas qu'un message achemine les bons signaux ou valeurs du procédé ; les valeurs actualisées doivent arriver dans un délai de scrutation de défaillance permettant à l'équipement F de réagir automatiquement (arrêt d'un déplacement, par ex.). C'est pourquoi les équipements F utilisent une temporisation de type « chien de garde », relancée à chaque arrivée de nouveau message PROFIsafe et de son numéro de séquence incrémenté.

La communication 1 à 1 maître-esclave facilite la détection des erreurs d'acheminement de trames. Pour cela, émetteur et récepteur doivent avoir le même identifiant (adresse F), unique sur le réseau, qui agit comme un mot de passe pour vérifier l'authenticité du message PROFIsafe.

Les données endommagées sont détectées par un polynôme CRC, plus poussé que ceux utilisés habituellement ; le mécanisme de PROFIsafe s'appuie sur le calcul de probabilité de défaillance dange-

Données utiles F	Octet d'état/ de commande	CRC
		sur données utiles F, paramètres F et numéro de séquence
12 ou 123 octets maxi	1 octet	3 ou 4 octets

Fig. 8 - Trame de PROFIsafe

reuse de la boucle de sécurité, normalisé CEI 61508 (Fig. 9).

Par « boucle de sécurité », la norme entend tous les circuits (capteurs, actionneurs, transmetteurs, coupleurs et traitements logiques) assurant la fonction de sécurité. La CEI 61508 fixe, pour différents SIL, des valeurs globales de probabilité de défaillances ($10^{-7}/h$ en SIL3, par ex.). Pour la transmission, PROFIsafe se voit autorisé 1 %, soit une probabilité admissible de défaillance dangereuse de $10^{-9}/h$. Cela permet de déterminer les polynômes CRC adéquats pour les longueurs de message PROFIsafe. La probabilité résultante d'erreur résiduelle des trames PROFIsafe altérées non détectées, pour une probabilité d'erreur sur les bits maximale de 10^{-2} , garantit l'ordre de grandeur requis. PROFIsafe utilise un CRC de 24 et 32 bits pour un résultat sur 3 ou 4 octets. La qualité des CRC retenus et leur calcul spécifique garantissent la « neutralité » de PROFIsafe vis-à-vis des mécanismes de détection d'erreur du black channel.

4.2 Trame PROFIsafe

Tout message PROFIsafe (Fig. 8) échangé entre un maître F et son esclave F est encapsulé dans une trame normale PROFIBUS ou PROFINET. Dans le cas d'un équipement F à plusieurs modules F, le message se compose de plusieurs

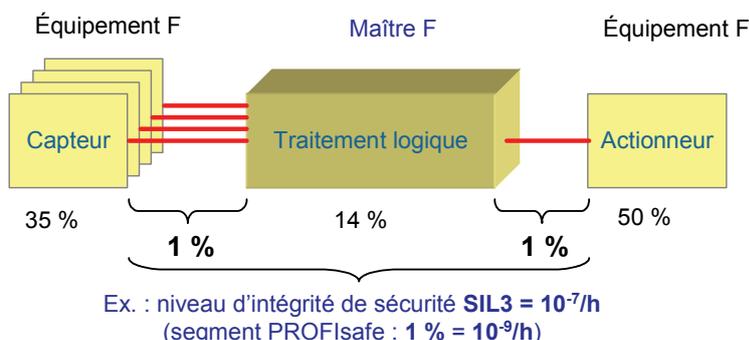


Fig. 9 – Fonctions de sécurité et niveau SIL

trames PROFIsafe.

La trame débute par des données d'entrée/sortie F utilisant un sous-ensemble de types de données (cf. § 3.4). La structure des données d'un équipement F particulier est normalement dictée par son fichier GSD. D'ordinaire, l'automatisation manufacturière et l'automatisation des procédés ont chacune leur lot d'exigences : la première véhicule des signaux courts nécessitant un traitement sur bit ultrarapide ; la seconde achemine des valeurs process plus longues, en virgule flottante, qui peuvent demander davantage de temps. La trame PROFIsafe a donc deux longueurs maximales : 12 octets et un CRC de 3 octets, 123 octets et un CRC de 4 octets.

Les données utiles F sont suivies d'un octet de commande (si le message provient du maître F) ou d'état (esclave F), servant à synchroniser émetteur et récepteur.

La trame PROFIsafe s'achève par un CRC de longueur différente selon la longueur des entrées/sorties F.

Précisons que le numéro de séquence n'est pas noyé dans la transmission PROFIsafe : émetteur et récepteur ont leur propre compteur synchronisé par l'octet de commande/d'état. Cette synchronisation est contrôlée par l'insertion du comptage de séquence dans le CRC. Il en va de même de l'adresse F.

4.3 Services PROFIsafe

Les émetteurs et récepteurs de messages PROFIsafe interviennent au niveau des couches situées au-dessus du black channel (Fig. 4). Ces couches sécurisées se concrétisent par des pilotes logiciels centrés sur une machine d'état commandant le traitement cyclique des messages PROFIsafe et les excep-

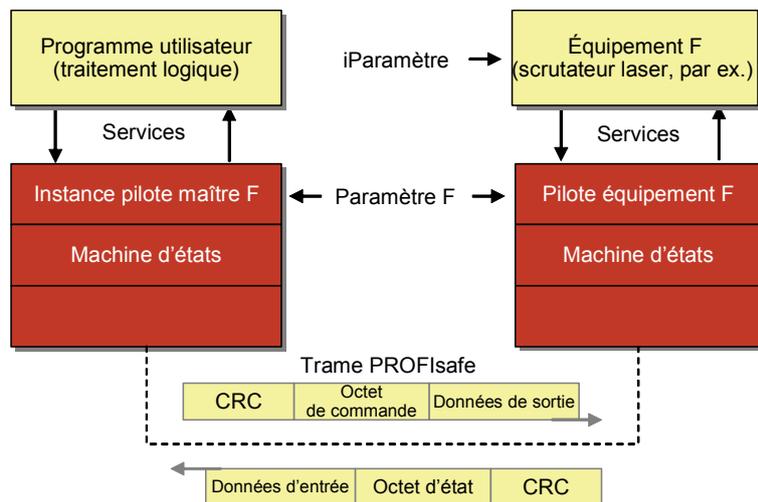


Fig. 10 - Les couches PROFIsafe, côté maître et esclave de sécurité

tions (démarrage, mise sous/hors tension, calcul CRC...). La Fig. 10 schématise l'interaction des couches PROFIsafe avec, à droite, la partie technique (équipement F), et à gauche, la partie applicative (programme utilisateur dans le maître F).

4.3.1 Services du maître F

Au premier rang de ces services figure l'échange de données utiles F. Au démarrage ou en cas d'erreur, les valeurs effectives du procédé sont remplacées par des valeurs de sécurité par défaut, forcées à 0 pour obliger le récepteur à se placer dans un état sûr (mise hors tension).

Aux équipements F qui n'ont pas pour seul état sécurisé la mise hors tension mais davantage une limitation de leur fonction, PROFIsafe offre des services supplémentaires par le biais de l'indicateur *activate_FV* de l'octet de commande, auquel répond l'équipement F par l'indicateur *FV_activated* de l'octet d'état.

Les erreurs de transmission PROFIsafe amènent le pilote du maître F à passer dans un état sûr. Une fonction de sécurité n'est habituellement pas autorisée à basculer d'un état sûr à un fonctionnement normal sans action de l'opérateur. PROFIsafe informe le programme utilisateur d'une demande d'intervention et d'un acquit opérateur avec le service *OA_Req* ; il communique cette demande en attente à l'équipement F de façon qu'il puisse la signaler sur un voyant (option). L'acquit opérateur est transférable du programme utilisateur au pilote du maître F par le service *OA_C*.

Les paramètres métier d'un équipement F sont appelés « iParamètres ». Si un équipement F nécessite différents iParamètres en exploitation, d'autres services sont à sa disposition : *iPar_EN* permet au programme utilisateur de basculer l'équipement F dans un mode lui permettant d'accepter de nouveaux iParamètres ; *iPar_OK* indique au programme utilisateur que l'équipement est prêt à reprendre un fonctionnement normal de sécurité.

4.3.2 Services de l'esclave F

Les services PROFIsafe destinés aux équipements F comprennent l'échange de données d'E/S de sécurité, la possibilité d'activer et de rapatrier des valeurs de sécurité, des indications de traitement des iParamètres et la demande d'intervention opérateur évoquée en 4.3.1.

De plus, l'équipement F est en mesure de transmettre des défauts matériels au pilote du maître F avec l'indicateur *Device_Fault* de l'octet d'état.

La demande de passage en sécurité d'un équipement F doit être d'une durée suffisante pour être transmise par la communication PROFIsafe (au moins deux incréments du numéro de séquence). Pour répondre plus facilement à cette exigence, un service spécifique informe PROFIsafe des nouveaux numéros de séquence.

Les informations de diagnostic venant de la couche PROFIsafe peuvent être communiquées à la partie technique par un service spécial.

Enfin, cette partie technique est capable de transmettre les paramè-

tres F à la couche PROFIsafe. Au démarrage, l'équipement F reçoit ces paramètres et tous les autres. Voyons maintenant en quoi ils consistent et leur finalité.

4.4 Paramètres F

Ils contiennent des informations permettant à la couche PROFIsafe d'adapter son comportement aux besoins d'un client donné et de procéder à un double contrôle des réglages. On en compte cinq :

- *F_S/D_Address*
- *F_WD_Time*
- *F_SIL*
- *F_iPar_CRC*
- *F_Par_CRC*

F_S/D_Address est une courte adresse commune à tous les composants de sécurité d'un îlot PROFIsafe pour garantir l'authenticité de la connexion ; la partie technique de l'équipement F la compare à la valeur codée sur un microcommutateur local ou à celle préalablement saisie.

F_WD_Time fixe la durée, en millisecondes, du chien de garde veillant à la bonne réception du prochain message PROFIsafe.

F_SIL indique le niveau SIL attendu de l'équipement F en question ; il est comparé à l'information mémorisée en local par le constructeur.

F_iPar_CRC donne le CRC de tous les iParamètres au sein de la partie technique de l'équipement F.

F_Par_CRC est le CRC de tous les paramètres F, garantissant ainsi leur livraison correcte.

Passée cette entrée en matière, voyons le détail des services PROFIsafe concoctés par PI.

5. Mise en œuvre

Pour commencer, veillez à disposer de toute la documentation PI nécessaire à votre projet (cf. encadré p. 9). Utilisez toujours la version indiquée ou ultérieure ; la précédente version V1.3 de la spécification PROFIsafe n'est citée que pour mémoire et doit être proscrite des développements de nouveaux produits.

Nous vous conseillons d'étudier la norme générique CEI 61508 ou de vous faire aider pour cerner les besoins et spécificités de votre

développement et de votre organisation en vue de sécuriser votre équipement. En général, la simple implantation du protocole PROFIsafe ne suffit pas à faire d'un dispositif classique un composant de sécurité ! Ce sont à la fois l'architecture de la technologie F et le protocole, ainsi que la manière dont tous deux sont mis en œuvre, qui donnent le SIL global de l'équipement.

5.1 Classes de sécurité

Même si PROFIsafe est apte aux fonctions de sécurité SIL3, il n'est peut-être pas indispensable de concevoir et de développer un équipement F également pour SIL3. La classe de sécurité recherchée dépend de l'application cliente et de la définition de ses fonctions de sécurité. Par l'ajout de redondances ou d'autres mesures, on peut atteindre des niveaux SIL supérieurs avec des équipements F présentant une moindre classe de sécurité.

5.2 Équipements F

Vous avez le choix entre deux possibilités de mise en œuvre du pilote PROFIsafe : soit utiliser la spécification et partir de zéro, soit employer le kit de développement commercialisé par PI (cf. Guide produits sur le site web de PI). Cette seconde solution a plus d'un avantage : vous bénéficiez à la fois d'un pilote pré-certifié, de précieux compléments d'information et outils, et d'une assistance technique.

Pour l'interface PROFIBUS et PROFINET, vous pouvez utiliser n'importe lequel des ASIC et piles protocolaires disponibles, et adapter le pilote PROFIsafe.

5.2.1 Sécurisation des fichiers GSD

Chaque équipement raccordé à PROFIBUS ou PROFINET nécessite un fichier GSD. Après avoir défini la partie commune du fichier concernant un équipement F, il faut en coder les paramètres F. Cette rubrique doit être protégée des risques de corruption sur l'unité de stockage par un CRC spécial *F_ParamDescCRC* permettant à un outil de configuration d'en vérifier l'intégrité.

5.2.2 Sécurisation des configurations

Le fichier GSD renferme également des descriptions de format des

- *PROFIsafe Policy*, V1.3 (réf. n° 2.282)
- *PROFIsafe - Profile for Safety Technology on PROFIBUS DP and PROFINET IO*, V2.4 (réf. n° 3.192b)
- *PROFIsafe – Environmental Requirements*, V2.5 (réf. n° 2.232)
- *PROFIsafe – Test Specification for F-Slaves, F-Devices, and F-Hosts*, V2.1 (réf. n° 2.242)
- *PROFIsafe for PA-Devices*, V1.0 (réf. n° 3.042)
- *PROFIdrive on PROFIsafe*, V1.0 (réf. n° 3.272)
- *Rapid way to PROFIBUS DP* (réf. n° 4.072)
- *Industrial Communications with PROFINET* (réf. n° 4.182)
- *Specification for PROFIBUS Device Description and Device Integration, Volume 1 : GSD*, V5.04 (réf. n° 2.122)
- *GSDML Specification for PROFINET IO*, V2.2 (réf. n° 2.352)
- *Profile Guideline, Part 1: Identification & Maintenance Functions*, V1.1 (réf. n° 3.502)
- *Profile Guideline, Part 2: Data Types, Programming Languages, and Platforms*, V1.0 (réf. n° 3.512)
- *Profile Guideline, Part 3: Diagnosis, Alarms and Time Stamping*, V1.0 (réf. n° 3.522)
- *Communication Function Blocks on PROFIBUS DP and PROFINET IO*, V2.0 (réf. n° 2.182)

entrées/sorties F, sécurisées par le CRC *F_IO_StructureDescCRC*.

5.2.3 iParamètres

Les nombreuses technologies de composants de sécurité occasionnent quantités d'« iParamètres » : de quelques octets pour un module F à plusieurs dizaines de Ko pour un scanner laser ! Ces équipements disposant pour la plupart d'outils logiciels de paramétrage et de diagnostic (CPD), il était donc illogique de confier au GSD le traitement des iParamètres.

PROFIsafe préconise un nouveau mécanisme dénommé « serveur d'iParamètres » (*iPar-Server*). C'est aux fabricants de maître F d'assurer cette fonction, que ce soit au sein de la partie non sécurisée du maître F (maître de paramétrage) ou d'un sous-système de commande comme un API standard ou un ordinateur industriel participant au même réseau.

La Fig. 11 illustre les grandes étapes du dispositif. Parallèlement à la configuration du réseau et au paramétrage d'un équipement F, une fonction *iPar-Server* (1) est instanciée. L'équipement F est capable de passer en mode d'échange de données tout en utilisant un état sûr (FV). L'outil CPD correspondant peut être lancé, à partir de l'outil de développement (2), par une interface appropriée de type TCI (*Tool Calling Interface*) ou FDT (*Field Device Tool*), diffusant au moins

l'adresse de nœud de l'équipement configuré. Paramétrage, mise en service, essai... sont exécutables avec CPD (3). Le CRC *iPar_CRC* est ensuite calculé et affiché en hexadécimal pour au moins copier-coller sa valeur dans le champ *F_iPar_CRC* de la partie configuration de l'outil de développement (4). Il faut redémarrer l'équipement F pour lui transférer *F_iPar_CRC* (5). Après dernière vérification et diffusion, l'équipement F est autorisé à émettre un avis de téléchargement (6) vers son instance *iPar-Server* : il utilise ainsi le mécanisme de diagnostic classique. Le serveur d'iParamètres interroge cette information (*RDIAG-FB*, par ex.) pour interpréter la requête *R* et lancer le téléchargement (7), stockant les iParamètres sous forme de données d'instance dans l'hôte du serveur d'iParamètres, à l'aide de services acycliques de lecture d'enregistrement (*Read Record*).

Après remplacement d'un équipement F défectueux, le nouvel équipement reçoit ses paramètres F, dont *F_iPar_CRC*, au démarrage. Sachant que les iParamètres sont normalement absents d'un équipement F de remplacement, celui-ci constate une discordance entre *F_iPar_CRC* et ses iParamètres stockés, et émet un avis de téléchargement (6) vers son instance *iPar-Server*, en utilisant de nouveau le mécanisme de diagnostic classique. Le serveur interroge alors cette information pour interpréter la requête *R* et effectuer le télécharge-

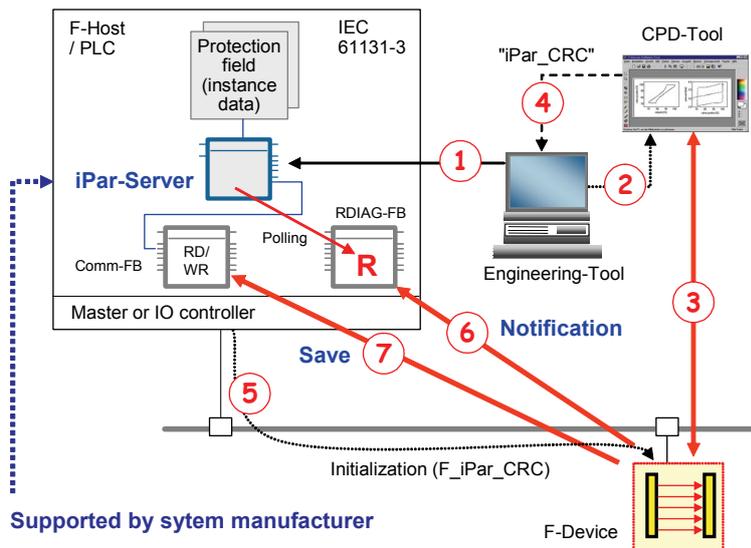


Fig. 11 - Principe de fonctionnement du serveur d'iParamètres (iPar-Server)

ment avec le service d'écriture d'enregistrement (*Write Record*). Par ce transfert, l'équipement F est capable d'assurer lui-même cette fonction d'origine, sans autres outils de développement ou CPD.

5.2.4 Profil PROFIdrive

La norme CEI 61800-5-2, « Sécurité fonctionnelle des entraînements de puissance à vitesse variable », définit certaines fonctions sécurisées d'arrêt et de surveillance pour les variateurs à sécurité intégrée :

- Suppression sûre du couple (STO)
- Arrêt sûr 1 (SS1)
- Arrêt sûr 2 (SS2)
- Arrêt d'exploitation sûr (SOS)
- Accélération réduite sûre
- Vitesse réduite sûre
- Couple/force réduits sûrs

- Position réduite (absolue) sûre
- Incrément réduit sûr
- Sens de rotation sûr
- Température moteur réduite sûre

La Fig. 12 illustre le remplacement des composants électromécaniques par des arrêts de sécurité et fonctions de surveillance électroniques. Le but premier est de surveiller les opérations de l'entraînement et de réserver la mise hors tension aux cas de défaillance. Le groupe de travail PROFIdrive, au sein de PI, précise des parties de ces fonctions dans un amendement à la spécification PROFIdrive (cf. p. 9).

5.2.5 Profil PA

Les équipements F pour l'automatisation des procédés respectent la norme sectorielle CEI 61511, qui tient compte de leur particularité d'être « éprouvés par

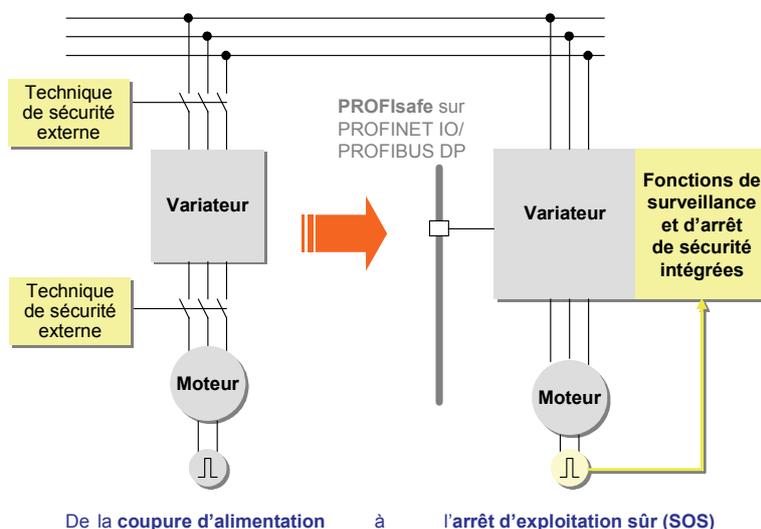


Fig. 12 – Variateurs à fonctions de surveillance et d'arrêt de sécurité intégrées

l'usage » ; dans certains cas, un instrument PA peut atteindre un meilleur SIL, s'il remplit en effet cette condition. L'instrumentation de process suit normalement les modèles de conception de la CEI 61804. La description électronique d'instrument *EDD* joue ici un rôle important. C'est pourquoi le groupe de travail « Instruments PA » de PI a également expliqué, dans un amendement à sa spécification, comment exploiter la plate-forme PROFIsafe pour ses équipements et méthodes de paramétrage (cf. p. 9).

5.2.6 Identification et maintenance

Depuis 2005, les fonctions d'identification et de maintenance (I&M) sont obligatoires pour tous les équipements PROFIBUS et PROFINET à services acycliques ; elles permettent de retrouver des informations sur le constructeur, son catalogue, le numéro de série de l'équipement et ses versions matérielles et logicielles, selon une sémantique commune et un accès standardisé. Grâce au code constructeur et aux informations complémentaires publiés sur le site web de PI, l'utilisateur peut être orienté vers des informations produites à jour, sur le site du constructeur (cf. p. 9).

5.2.7 Diagnostic

L'un des atouts majeurs de PROFIBUS et PROFINET est la possibilité pour l'opérateur de rapatrier, dans des situations particulières (défaillances ou erreurs), des informations de diagnostic. De bons diagnostics aident à réduire les temps d'arrêt machine et, ce faisant, les coûts. Ces progrès ne portent pas seulement sur le codage de l'information mais aussi sur la fourniture d'une assistance dans la langue de l'utilisateur et d'une aide pour réagir à une situation donnée (cf. p. 9).

5.3 Maître F

Suivant la stratégie des constructeurs, différents types d'architecture de maîtres F sur PROFIsafe sont possibles : unités centrales (UC) sécurisées ou UC standards à sécurité intégrée mais à traitement logique séparé.

5.3.1 Traitement de la sécurité

Ce traitement peut prendre différentes formes : redondance matérielle

et surveillance de discordance, « redondance logicielle », « sauvegarde » ou utilisation de diverses plates-formes matérielles existantes. Cette multiplicité de choix fait qu'il était déraisonnable de créer des kits de développement, surtout au vu de l'effort minimal pour implémenter le pilote PROFIsafe.

5.3.2 Classes de conformité

Pour garantir l'exploitation de tous les équipements F du marché par la totalité des maîtres de sécurité PROFIsafe, le protocole attribue à ces derniers des classes de conformité, condition *sine qua non* à la certification PI (Fig. 13).

6. Conformité et certification

Supposons que des produits de plusieurs constructeurs communiquent sur un îlot PROFIsafe ; ils doivent être mis en œuvre conformément à la spécification PROFIsafe pour garantir le bon déroulement de la communication. Il est d'usage que leur conformité soit documentée et attestée par un certificat PI basé sur le procès-verbal d'essai d'un laboratoire PI.

6.1 Tests PROFIsafe

Le protocole PROFIsafe s'appuie sur des machines à états finis. Il est donc possible, grâce à un outil de validation dédié, de prouver mathématiquement le fonctionnement correct de PROFIsafe, même dans les cas où se produisent plus de deux erreurs ou défaillances distinctes. La procédure systématiquement appliquée consiste à reproduire tous les cas possibles de « tests nominaux de bon fonctionnement » s'appuyant sur des entrées valides (*test-to-pass*) et des tests de robustesse correspondant à des données d'entrée invalides (*test-to-fail*). Ces cas sont repris dans le testeur de couche PROFIsafe entièrement automatisé, qui sert à contrôler la conformité PROFIsafe des équipements et maîtres F, et font partie de la procédure de certification CEI 61508 globale, en trois étapes, menée par les organismes notifiés (Fig. 13).

6.2 Évaluation de la sécurité

Il importe de souligner que les laboratoires d'essai PI sont mandatés par les organismes de certification qui font autorité dans leur pays ou à l'échelle mondiale, seuls habilités à évaluer la sécurité des communica-

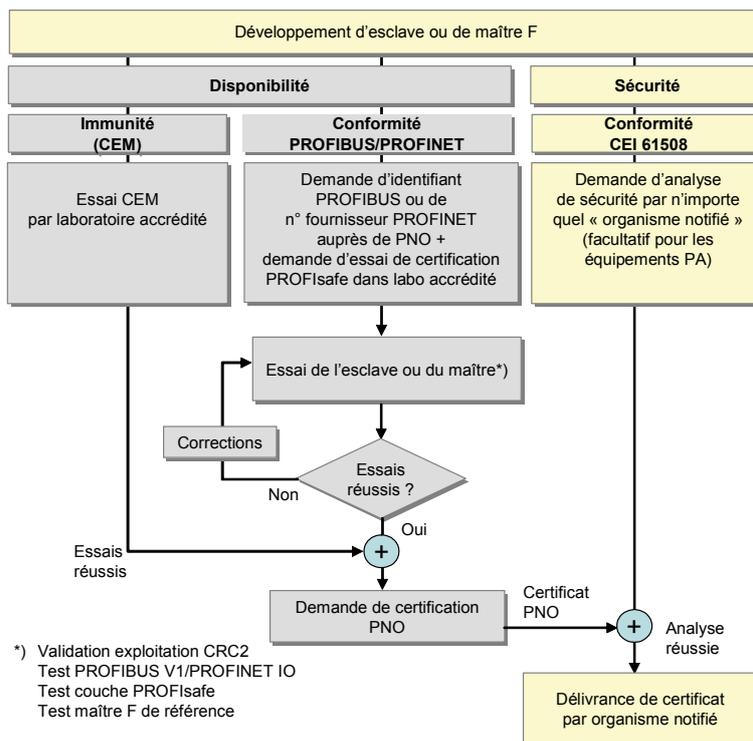


Fig. 13 - Procédures d'essai et de certification PROFIsafe

tions PROFIsafe suivant la CEI 61508 :

- TÜV (monde entier)
- INRS (France)
- BGIA (Allemagne)
- SP (Suède)
- SUVA (Suisse)
- HSE (Royaume-Uni)
- FM, UL (USA)

Chaque équipement F doit obligatoirement avoir son manuel « Sécurité » indiquant les valeurs SIL_{CL} (limite de revendication de SIL) et PFH_d (probabilité de défaillance dangereuse par heure).

PROFIsafe propose une spécification *Test & Certification* (cf. p. 9). À l'heure actuelle, deux laboratoires d'essai PI sont accrédités.

7. Mise en oeuvre

PROFIsafe ne serait pas complet s'il se contentait de spécifier un protocole de communication sécurisée sans apporter de réponse aux questions suivantes :

- Faut-il protéger l'équipement F des très hautes tensions transitant sur le câble PROFIBUS/PROFINET depuis une source inconnue ?
- Est-il prudent d'utiliser la même alimentation 24 V que celle des

équipements réseau standards ?

- Comment tester les équipements F pour satisfaire aux exigences CEI 61508 de « CEM accrue » ?
- Quelles sont les règles d'installation ?
- Quid des exigences de sécurité ?

Autant d'interrogations levées par le guide *PROFIsafe - Environmental Requirements* (cf. p. 9).

7.1 Sécurité électrique

Les normes CEI 61158 et CEI 61784-1 et -2 sur les bus de terrain obligent tous les constituants du réseau à se plier à la réglementation du pays d'accueil (marquage CE, par ex.). Les mesures de protection contre les chocs électriques, en milieu industriel, doivent respecter les normes CEI 61010 ou CEI 61131-2, clause 10, selon le type d'équipement visé. La protection par très basse tension (TBTP) limite les niveaux de tension admis, en cas de défaut unique, à des plages ne présentant pas de danger pour la personne.

Cette obligation légale permet de limiter l'effort de protection au sein d'un équipement ou maître F.

7.2 Alimentation

Équipements/maître F et équipements/maître standards peuvent utiliser la même alimentation en

24 V ; tous seront alimentés en TBTP, conformément à la législation.

7.3 Immunité accrue

Pour chaque application de sécurité, la spécification correspondante définit les seuils d'immunité (CEI 61000-1-1) garantissant la compatibilité électromagnétique. Ces limites doivent tenir compte à la fois des phénomènes électromagnétiques CEI 61000-2-5 et des niveaux SIL exigés.

Pour les applications industrielles génériques, la CEI 61326-3-1 définit les impératifs CEM des équipements réalisant ou censés réaliser des fonctions liées à la sécurité.

Des normes produits comme la CEI 61496-1 sur les équipements de protection électrosensibles (scanners laser, par ex.) peuvent définir des exigences CEM accrues pour parer à certains phénomènes électromagnétiques.

De même, les conditions climatiques et environnementales des applications de process peuvent différer de celles rencontrées dans l'industrie en général : dans ce cas, les exigences et critères de performance « métier », prescrites par la CEI 61326-3-2 s'appliquent aux appareils de terrain PA.

Enfin, précisons que PROFIsafe bénéficie d'un banc d'essai CEM particulier.

7.4 Haute disponibilité

Rappelons que la « sécurité » a pour mission de protéger le personnel des risques d'accidents corporels, par exemple, en mettant hors tension des éléments dangereux du procédé. Nous avons vu plus haut que le SIL jouait un rôle capital dans cette prévention en quantifiant la probabilité de défaillance dangereuse par heure d'une fonction de sécurité ($SIL3 = 10^{-7}/h$, par ex.).

Par contre, la « haute disponibilité » (tolérance aux pannes) a pour objectif de maintenir les fonctions de commande en exploitation, même en cas de défaillance. Elle s'exprime sous la forme d'un taux, en %, ramenant la durée de disponibilité d'un élément sur son temps de marche total (99,99 %, par ex.). La redondance, associée à d'autres outils, est un bon moyen d'atteindre cet objectif.

	PROFIsafe	Redondance	PROFIsafe et redondance
Applications/ secteurs	Automatismes manufacturiers et de process : presses, robots, capteurs de niveau, vannes d'arrêt, gestion de brûleurs, téléphériques...	Process : infrastructures de transport, production chimique ou pharmaceutique, raffinage, forage <i>offshore</i> , tunnels	Process : infrastructures de transport, production chimique ou pharmaceutique, raffinage, forage <i>offshore</i> , tunnels
Haute disponibilité	-	Absence de temps improductifs (tolérance aux pannes)	Absence de temps improductifs (tolérance aux pannes)
Sécurité	Absence de défaillance dangereuse (suivant législation et assurances)	Redondance seule ≠ Sécurité	Absence de défaillance dangereuse (suivant législation et assurances)

Fig. 14 - Sécurité et haute disponibilité (tolérance aux pannes)

PROFIsafe peut être déployé avec ou sans redondance (Fig. 14).

7.5 Installation

PROFIsafe entend intégrer les communications de sécurité dans la transmission PROFIBUS et PROFINET, en minimisant l'impact sur l'installation en place. Pour fiabiliser l'exploitation d'un site et satisfaire aux obligations légales, il est fortement recommandé de suivre scrupuleusement les prescriptions et consignes PROFIsafe ci-dessous.

7.5.1 Prérequis

Rappelons que tous les éléments constitutifs du réseau, qu'il s'agisse de composants de sécurité ou d'équipements classiques, doivent être « électriquement sûrs » (cf. § 7.1).

Tous les équipements F doivent être normalisés CEI 61508 (CEI 61511 pour les automatismes de process), testés et certifiés conformes PROFIsafe par les laboratoires d'essai PI.

Tous les autres constituants classiques d'un réseau PROFIsafe doivent être homologués PROFIBUS ou PROFINET, par certificat PI ou équivalent.

7.5.2 Restrictions

PROFIBUS DP interdit les câbles ou lignes en dérivation.

PROFINET IO a aussi ses règles:

- Moins de 100 commutateurs à la file ;
- Un seul maître F par sous-module ;
- Des composants de réseau durcis à l'environnement industriel (suivant CEI 61131-2, par ex.) ;

- Aucun routeur monoport pour séparer les îlots PROFIsafe dotés d'adresse F unique.

7.5.3 Câbles

Les prescriptions PROFIBUS et PROFINET stipulent l'emploi de câbles blindés et le raccordement du blindage, aux deux extrémités, avec le boîtier du connecteur pour renforcer l'immunité électromagnétique ; aussi faut-il habituellement une liaison équipotentielle. À défaut, la fibre optique est envisageable.

Les concepteurs de machine peuvent prendre le risque d'utiliser des câbles non blindés, dans le cas d'une CEM spécifiant une immunité aux perturbations impulsives mineures (transitoires rapides en salves) et surtensions.

7.5.4 Disponibilité

Le blindage des câbles n'empêche pas toujours le parasitage des lignes de données d'un appareil si, par exemple, les filtres CC d'un variateur de fréquence ne filtrent pas assez bien le signal. D'autres phénomènes de dégradation de la qualité du signal peuvent être dus à l'absence de résistances de terminaison de ligne. Il ne s'agit pas ici d'un problème de sécurité mais de disponibilité. Une disponibilité satisfaisante des fonctions de commande est un préalable à la sécurité. Des fonctions de sécurité implantées sur un équipement n'offrant pas de disponibilité suffisante peuvent être sources de déclenchements intempestifs incitant les responsables de production à neutraliser les mesures de protection techniques (« effet Bhopal »).

Les entreprises membres de PI fournissent nombre d'outils, de procédures et de listes de contrôle pour tester la qualité de la transmission sur les réseaux.

7.5.5 Généralités

PROFIsafe est la technologie phare de nombreux équipements sécurisés, comme les variateurs à sécurité intégrée. Ceux-ci permettent aujourd'hui des arrêts sûrs, sans couper l'alimentation du moteur. Pour preuve, la nouvelle fonction d'arrêt d'exploitation sûr (cf. § 5.2.4) maintient le moteur en régulation, dans une certaine position. Cette nouvelle donne bouleverse les habitudes de l'opérateur ; dans le passé, l'appui sur un bouton d'arrêt d'urgence découplait physiquement

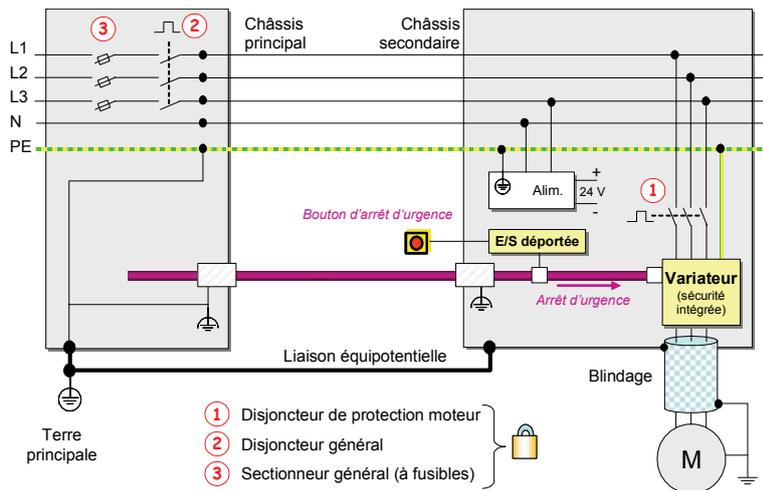


Fig. 16 – L'arrêt d'urgence selon CEI 60204-1

lignes de puissance et moteur, et mettrait à l'abri de tout danger électrique le technicien chargé de remplacer le moteur.

La nouvelle CEI 60204-1 aborde des concepts comme la protection contre les chocs électriques (déconnexion d'urgence), à l'aide de disjoncteurs de protection moteur, de disjoncteurs et de sectionneurs principaux à fusibles, tous verrouillables (Fig. 16). Elle recommande également des raccordements de lignes de puissance à 5 fils (schéma TN-S) avec lignes N et PE séparées et câbles blindés entre variateurs et moteurs. La norme est très utile pour éclairer de nombreuses autres problématiques liées à la sécurité électrique, en complément de PROFIsafe. La norme équivalente NFPA 79 énonce certaines particularités propres au marché américain (Fig. 3).

7.6 Transmission sans fil

De plus en plus d'applications (engins de manutention autoguidés, machines tournantes, robots portiques et pupitres de formation) transmettent sans fil sur PROFIBUS et PROFINET. PI spécifiera le détail de PROFIsafe sur les réseaux locaux sans fil et Bluetooth ; avec son mécanisme de détection d'erreur assorti de probabilités d'erreur sur les bits atteignant 10^{-2} , PROFIsafe est homologué pour ces deux types de réseau sans fil. Reste à prendre en compte les problèmes de sécurité suivants.

7.7 Sécurité

Rappelons que PROFINET se fonde sur le réseau ouvert Ethernet industriel, ce qui n'est pas sans poser quelques problèmes de sécurité.

PI prône la réalisation de « zones de sécurité » assimilables à des réseaux fermés (Fig. 15). Le seul moyen de passer d'une zone à l'autre sur un réseau ouvert (dorsale Ethernet industriel) est d'emprunter des « sas sécurisés » exploitant des dispositifs de sécurité attestés, de type RPV (Réseau Privé Virtuel) et pare-feu, pour se protéger des intrusions. Ainsi, les réseaux PROFIsafe se logeront toujours dans des zones de sécurité protégées par des sas si l'on ne peut éviter les connexions avec des réseaux ouverts.

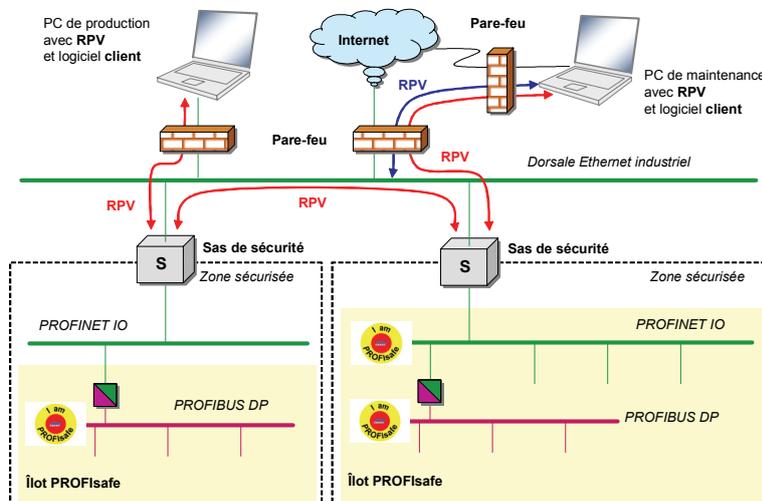


Fig. 15 - La sécurité au sein de réseaux fermés et ouverts

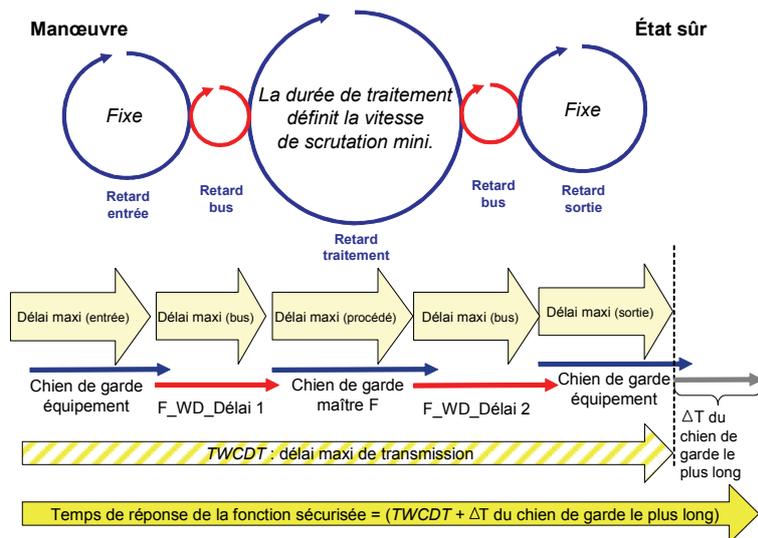


Fig. 17 - Mode de calcul du temps de réponse des fonctions de sécurité (SFRT)

À cet égard, la norme IEEE 802.11i préconise des mesures de sécurité suffisantes pour les réseaux PROFI-safe. Une réserve : seul le mode « infrastructure » est autorisé, à l'exclusion du mode « ad hoc ». Pour le détail, reportez-vous à la spécification PROFIsafe.

7.8 Temps de réponse

Les fonctions de sécurité s'accommodent habituellement des temps de réponse des fonctions de commande normales. Pourtant, certaines applications à temps critique nécessitent une réactivité spécifique, plus connue sous l'abréviation anglo-saxonne *SFRT* (*Safety Function Response Time*) ; c'est le cas des presses protégées par des barrières immatérielles. Le concepteur de machine veut très tôt connaître l'écart minimal de sécurité entre le dispositif de protection (rideau photoélectrique) et la presse. Si l'on s'accorde habituellement sur une vitesse de déplacement de la main de 2 m/s maxi, cette distance doit être égale à $2 \text{ m/s} \times \text{SFRT}$, sous réserve que la résolution du rideau soit assez fine pour détecter un doigt (EN 999). À défaut, d'autres mesures s'imposent.

Que recouvre l'abréviation SFRT ? Le modèle de la Fig. 17 nous éclaire ; il se compose d'un équipement d'entrée F, d'un bus PROFIsafe, d'un maître F (traitement du signal), d'un second bus PROFIsafe et d'un équipement de sortie F, chacun ayant son temps de cycle statistique propre. Le délai maximal de transmission d'un signal le long de la chaîne de sécurité est noté

TWCDT (*Total Worst Case Delay Time*), compte tenu des temps de cycle maxi imposés par chaque maillon. Les exigences de sécurité poussent ce principe encore plus loin : le signal peut être retardé même si un seul équipement de la chaîne tombe en panne à ce moment précis. Il faut donc ajouter, pour cet élément, un temps *delta* représentant l'écart maximal entre son temps de surveillance par chien de garde et son délai maximal de transmission *TWCDT*. (Précisons qu'il est inutile de multiplier le nombre de pannes, une seule à un instant donné suffit.) Au final, le *TWCDT*, additionné du temps *delta*, donne le SFRT.

La spécification PROFIsafe impose à chacun des équipements F d'indiquer son *TWCDT* pour permettre aux outils de développement d'en déduire le SFRT.

8. Conseils aux intégrateurs

Vous en savez maintenant beaucoup sur le déploiement de PROFIsafe. Mais qu'en est-il des applications de sécurité et de leurs fonctions sécurisées ?

8.1 Directives et normes

Dans bien des pays, les contraintes sécuritaires applicables aux machines dangereuses sont régies par des lois. Au sein de l'Union européenne, la Directive Machines 98/37/CE, obligatoire, énumère les normes harmonisées correspondantes dont le respect constitue une « présomption de conformité »

aux prescriptions nationales et exigences du Marché intérieur.

Les normes applicables à PROFIsafe sont principalement la CEI 62061, l'ISO 13849-1, l'ISO 12100-1 et l'ISO 14121 (cf. § 1.3 et Fig. 2).

8.2 Réduction du risque

Pour éviter tout danger, mieux vaut intégrer la sécurité dans la conception des machines ! La partie 1 de la norme ISO 12100-1 recense toutes les catégories de dangers possibles ; sa partie 2 propose une stratégie itérative de réduction du risque applicable à n'importe quel équipement automatisé, par une appréciation globale se déclinant en *analyse* et *évaluation* des risques :

- Spécification des limites physiques et temporelles de la machine, et de son utilisation ;
- Identification des situations et phénomènes dangereux, sur tout le cycle de vie de la machine ;
- Estimation du risque pour chacun des dangers et phénomènes dangereux identifiés ;
- Évaluation du risque et décisions concernant la nécessité de le réduire ;
- Suppression du phénomène dangereux ou réduction du risque associé en respectant la « méthode en trois étapes » : conception intrinsèquement sûre, mesures de protection technique, informations destinées à l'utilisation (risques résiduels).

On entend par « protection technique » l'élaboration des fonctions de sécurité (barrage immatériel, par ex.), le traitement logique correspondant et la mise en œuvre d'un disjoncteur pour couper l'alimentation moteur.

8.3 Plan de sécurité

Les normes CEI 62061 et ISO 13849-1 fournissent un cadre méthodologique de traitement des fonctions de sécurité ; la première s'inscrit dans le droit fil de la technologie PROFIsafe et des automates de sécurité (maîtres F), tandis que la seconde s'attache aux éléments hydrauliques, pneumatiques et électromécaniques.

La CEI 62061 décrit un « plan de sécurité » s'étendant sur l'ensemble du cycle de vie de la machine : stratégies de conception, rôles et responsabilités du personnel, mise en service, modifications, maintenance... démantèlement.

8.4 Estimation du risque

Dans les deux normes du § 8.3, les paramètres de risques (Se, Fr, Av et Pr) servent de grandeurs d'entrée :

Risque = gravité du dommage (Se) et probabilité d'apparition (Pr).

Sont également prises en compte la fréquence et/ou durée d'exposition (Fr) et la probabilité d'évitement (Av).

8.5 SIL ou PL, même combat

Les paramètres précités déterminent les niveaux SIL (CEI 62061) et PL (ISO 13849-1) recherchés. Même si la méthodologie des deux normes est différente, leurs résultats se rejoignent ; il y a d'ailleurs fort à parier que leurs disparités s'estomperont avec l'analyse de risques effectuée par les outils de développement à l'aide de questionnaires.

8.6 Conception d'une fonction de sécurité

La CEI 62061 définit des « systèmes de commande électrique relatifs à la sécurité » (SRECS) constitués de sous-systèmes de détection, de traitement et de réaction pouvant contenir des éléments (interrupteurs de position, par ex.).

Pour concevoir une fonction de sécurité, le plus simple est encore d'utiliser des équipements F (capteurs/actionneurs) et un maître F certifiés sur PROFIsafe.

8.7 SIL atteint

Le manuel Sécurité des équipements F fournit l'information utile pour déterminer le niveau SIL d'une fonction de sécurité donnée. La première étape consiste à sélectionner

le SIL_{CL} le plus faible (cf. § 6.2) de tous les composants F (équipements et maître), lequel donnera le SIL maximum de l'ensemble de la fonction de sécurité. Dans certains cas, les constructeurs proposent leur aide pour brigner un SIL supérieur, moyennant la redondance des équipements F et le logiciel correspondant.

Deuxième étape : on additionne les valeurs PFH_d, puis on compare cette somme aux plages autorisées d'un SIL donné.

Le SIL pouvant être atteint est fourni par le SIL le plus faible des « résultats partiels » obtenus lors de ces deux étapes.

Les paragraphes suivants étudient la combinaison de modules F d'E/S déportées à des composants de sécurité électromécaniques traditionnels tels que boutons d'arrêt d'urgence, fins de course... (Fig. 5).

8.8 Éléments électromécaniques

La CEI 62061 prévoit quatre architectures désignées « A » à « D » pour raccorder ces sous-systèmes aux composants de sécurité classiques. Elle propose pour chacune d'elles des formules qui, avec la valeur B₁₀ pour les interrupteurs, le nombre estimé de cycles de manœuvre, la couverture du diagnostic et un facteur de défaillance de cause commune, permettent de calculer les probabilités de défaillances dangereuses dont la somme détermine le SIL global.

8.9 Éléments non électriques

L'ISO 13849-1 stipule aussi des « parties de système de commande relatives à la sécurité » (SRP/CS)

pour les composants hydrauliques, pneumatiques et électromécaniques ; elle leur attribue un PL et un PFH_d qui peuvent se convertir en niveau SIL de la fonction de sécurité, conformément à la CEI 62061.

8.10 Validation

Le plan de sécurité global de la CEI 62061 (cf. § 8.3) doit inclure un plan de validation chargé de tester, de vérifier et de documenter le parc machines.

9. Équipements F

PROFIsafe offre de nouvelles possibilités aux équipements classiques et composants de sécurité, dont voici un aperçu.

9.1 E/S déportées

Les blocs d'E/S classiques sont à présent capables d'accueillir des modules F sans modifier les têtes de station. On trouve aujourd'hui des modules F de type E/S TOR ou analogiques, modules à électronique de puissance, départs-moteurs et variateurs de fréquence à sécurité intégrée ; regroupés, ils autorisent des arrêts groupés.

Les boutons d'arrêt d'urgence nécessitent chacun des inspections annuelles très coûteuses. La nouvelle technologie permet de compiler aisément toutes les manœuvres effectuées dans l'année ; il ne reste plus qu'à tester les boutons inutilisés, ce qui garantit de substantielles économies.

9.2 Capteurs optiques

Régis par la norme CEI 61496, les capteurs de sécurité optiques (rideaux photoélectriques, scanners laser...) excellent dans la protection des portes d'accès d'une cellule de fabrication. La Fig. 18 illustre la manière dont PROFIsafe complète les fonctions de sécurité des scanners laser et entraînements à sécurité intégrée.

9.3 Variateurs

Normalisées CEI 61800-5-2, les fonctions de sécurité des variateurs requièrent un indicateur de position sûr ; cette valeur logicielle, accessible sur PROFIsafe, peut remplacer les fins de course ou capteurs d'inhibition matériels. Sur la Fig. 18, la position du moteur influe sur les champs de protection des scanners laser, suivant les profils de carross-

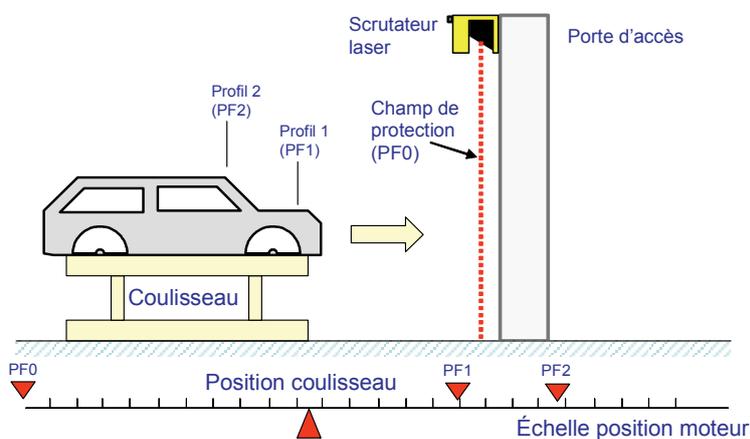


Fig. 18 - Capteurs d'inhibition logiciels pour scanners laser

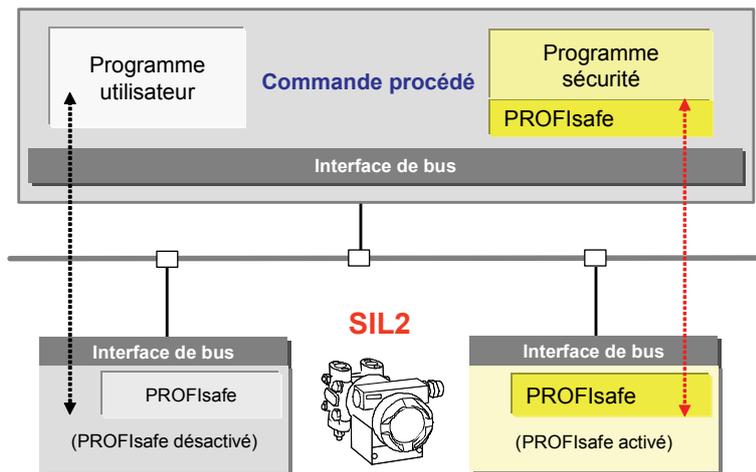


Fig. 19 - PROFIsafe et NE97 pour équipements PA

serie automobile, à l'entrée ou à la sortie de l'atelier.

Le § 5.2.4 énumère bien d'autres fonctions appelées à révolutionner les applications de sécurité.

9.4 Robots

Les fonctions de sécurité des systèmes robotisés font l'objet de la norme ISO 10218. L'évolution des variateurs (cf. § 9.3) pousse à l'intégration de ces nouvelles fonctionnalités dans les robots en vue de favoriser une plus grande « collaboration » homme-machine.

9.5 Passerelle F

PROFIsafe propose une passerelle F avec le réseau AS-i Safety at work, qui concilie les avantages des deux solutions : si AS-i Safety peut facilement collecter les signaux de nombreux arrêts d'urgence en série, PROFIsafe est à son aise avec des équipements F évolués comme les variateurs à sécurité intégrée.

9.6 Équipements PA

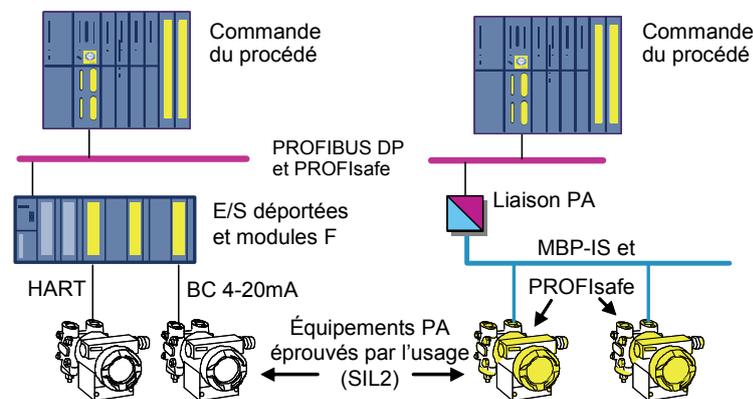


Fig. 20 – Deux possibilités de configuration d'équipements PROFIsafe et PA

Nous l'avons vu, la sécurité des automatismes de process a sa norme sectorielle CEI 61511. L'instance de normalisation des industries chimiques et pharmaceutiques, NAMUR, a publié la norme d'accompagnement NE97 spécifiant les communications de sécurité avec les appareils de terrain de sécurité. Un équipement PA « éprouvé par l'usage », doté d'une interface PROFIBUS MBP-IS, intègre un pilote PROFIsafe désactivable ou activable ; dans le premier cas, il représente un équipement PA standard, et dans le second, un équipement F (Fig. 19).

NAMUR est aussi à l'origine de la norme VDI 2180 qui facilite le développement d'équipements PA de sécurité.

À l'heure actuelle, la plupart des applications PROFIsafe, en automatisation des procédés, déploient des E/S déportées équipées de modules F communiquant sur liaisons BC 4-20 mA ou HART. La Fig. 20 illustre les deux possibilités d'emploi de PROFIsafe avec des équipe-

ments PA éprouvés. Cette solution est un bon compromis même si elle n'a pas les avantages directs de la communication sur bus (larges plages de mesure, fonctions de paramétrage et diagnostic poussé).

9.6.1 Capteurs de niveau

Destinés à détecter le niveau de remplissage des réservoirs, ils ont beaucoup à gagner de PROFIsafe ! PROFIBUS PA et ses techniques de transmission MBP-IS et RS485-IS antidéflagrantes se prêtent bien aux exigences de ces équipements F : PROFIsafe assure la transmission de sécurité des signaux d'arrêt tandis que le black channel renseigne l'utilisateur sur l'état de l'instrumentation.

9.6.2 Vannes d'arrêt électro- niques

Ces instruments bénéficient des mêmes apports de PROFIsafe. Ici, l'objectif est de pratiquer des tests périodiques sur une partie de la course de la vanne (« tests en ligne d'ouverture partielle ») et de surveiller en tendance la position de butée et le temps écoulé pour l'atteindre. Ce contrôle peut être réalisé automatiquement par les maîtres F, permettant ainsi une maintenance prédictive, au gré de l'utilisateur. La transmission RS485-IS, associée à des barrières, autorise un arrêt rapide même en environnement explosible Ex-i.

9.6.3 Capteurs de pression

Ces appareils sûrs conjuguent deux fonctions : mesurer le remplissage d'un réservoir et le protéger du trop-plein en comparant son niveau à une consigne.

9.6.4 Détecteurs de fuite de gaz et d'incendie

Ces détecteurs équipent notamment les plates-formes pétrolières exploitées sans présence permanente de personnel. Des informations de position complémentaires permettent d'abaisser automatiquement les trappes de protection.

10. Avantages PROFIsafe

Plus de 20 millions de nœuds PROFIBUS ont été installés depuis le début de la carrière de ce bus de terrain. Notre priorité absolue est de continuer à garantir sa totale compatibilité avec les équipements en place.

La version « Sécurité fonctionnelle » PROFIsafe et son black channel (cf. § 3.2) permettent de passer de PROFINET à PROFIBUS sans grande difficulté, d'autant que les équipements PROFINET et PROFIBUS utilisent le même pilote PROFIsafe.

L'avènement de PROFIsafe est à l'origine de trois grandes mutations :

- De sécurités à logiques à relais à celles basées sur des automates programmables ;
- D'une communication « fil à fil » à sécurité séparée à une transmission série à sécurité intégrée ;
- D'éléments cloisonnés à des équipements communicants.

Les acquis énumérés ci-après résument à la perfection les apports multifacettes de cette technologie.

10.1 Pour l'intégrateur et l'utilisateur

- Des économies comparables à celles réalisées avec PROFIBUS : réduction de câblage, souplesse de configuration, fonctions de paramétrage, diagnostic ;

- Performance et rentabilité de la conception, facilitées par un large éventail d'offres produites multi-constructeur ;
- Aucune restriction particulière en matière d'installation ;
- Des applications de sécurité à la pointe de la technologie, dopées par la facilité de dialogue entre équipements F évolués ;
- Une grande souplesse de remplacement du relaiage existant, d'extension et de modernisation des installations en place ;
- Une solution intégrée pour le manufacturier comme le process ;
- Une formation, une documentation et une maintenance adaptées aux besoins d'une seule et même technologie de bus ;
- La programmation des applications classiques et de sécurité à l'aide d'un seul outil et de blocs de fonctions certifiés ;
- Une facilité de documentation des configurations et logiques de sécurité ;
- Un déploiement économique du système grâce à des équipements certifiés ;
- Le respect de référentiels internationaux comme la CEI 61508 ;
- L'homologation BGIA et TÜV.

10.2 Pour le constructeur

- Une facilité de mise en œuvre et une reproductibilité économique de la solution PROFIsafe, par lo-

giciel certifié TÜV.

- La possibilité d'adoption de la communication sécurisée PROFIsafe par diverses architectures d'automatismes de sécurité ;
- L'ouverture sur des fonctions d'équipement novatrices.

10.3 Pour l'investissement

- Une impressionnante base installée PROFIBUS et PROFINET ;
- Une logistique et une assistance PROFIBUS/PROFINET mondialisées ;
- La mise à profit par les applications de sécurité de tous les standards PI existants et futurs ;
- La conformité de PROFIsafe à la norme internationale CEI 61784-3-3 ;
- La mise à disposition de logiciels destinés à faciliter toutes les tâches couvrant l'ensemble du cycle de vie des applications de sécurité (conception, étude, validation et documentation).

11. PROFIBUS International

Pour assurer la promotion, le développement et la maintenance des technologies PROFIBUS et PROFINET, il faut un ardent défenseur de l'ouverture et une plate-forme de travail indépendante des constructeurs : telle est la vocation depuis 1989 du PNO, association sans but lucratif rassemblant toute la communauté des utilisateurs, constructeurs, utilisateurs et chercheurs PROFIBUS/PROFINET. Le PNO est membre de PI, fondé en 1995, qui peut aujourd'hui se prévaloir de 25 associations régionales et de quelque 1400 membres, sur tous les continents du globe. L'ensemble forme la plus grosse organisation mondiale vouée aux communications industrielles (Fig. 21).

11.1 Missions

PI a pour principales tâches :

- le suivi et le développement de PROFIBUS et PROFINET ;
- la promotion mondiale de ces technologies ;
- la protection des investissements des utilisateurs et constructeurs, grâce à sa contribution active aux travaux de normalisation ;
- la défense des intérêts de ses membres au sein des organismes normatifs ;
- l'assistance technique mondiale des entreprises ralliées à PROFIBUS/PROFINET, par le biais des centres de compétence PI ;
- l'assurance qualité, par la certification des produits en laboratoires d'essai PI, selon des tests de conformité normalisés ;
- la mise en place d'une formation de stature mondiale, dispensée dans des centres PI.

11.2 Évolutions techniques

PI a confié la responsabilité de ses nouveaux développements à PNO Allemagne, sous la tutelle du Comité consultatif. Plus de 50 grou-

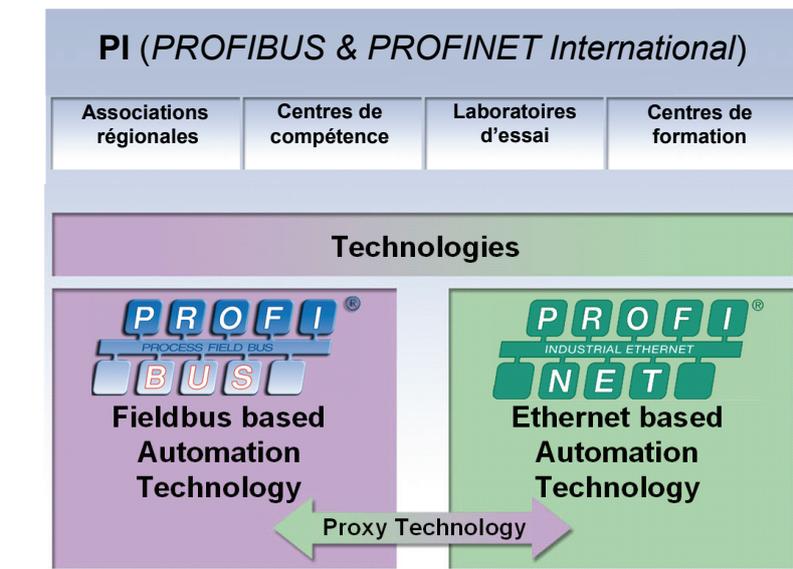


Fig. 21 – Organisation et technologies de PI

pes de travail, relayés par plus de 500 experts, œuvrent à l'élaboration des spécifications et profils métiers PROFIBUS.

11.3 Assistance

PI chapeaute plus de 35 centres de compétence dans le monde, qui prodiguent aux utilisateurs et constructeurs toutes sortes de conseil et d'aide. Sous la houlette de PI, ils offrent leurs services en totale indépendance des entreprises, dans le respect d'une réglementation consensuelle. Tous font l'objet de contrôles réguliers, selon une procédure d'agrément adaptée à chacun. Leurs coordonnées figurent sur le site web de PI.

11.4 Certification

PI gère 9 laboratoires d'essai dans le monde pour vous aider à certifier les produits à interface PROFIBUS/PROFINET. Membres de PI, ces organismes indépendants respectent la normalisation et la législation en vigueur. Leurs services sont régulièrement audités au regard d'une stricte procédure d'accréditation garantissant leur conformité aux exigences de quali-

té. Vous trouverez leurs coordonnées sur le site web de PI.

11.5 Formation

Les centres de formation PI veulent être une référence mondiale pour les ingénieurs et techniciens-installateurs. Leur agrément et l'habilitation de leurs experts sont gages de qualité, tant dans la formation à PROFIBUS/PROFINET que dans la prestation des services associés d'installation et d'ingénierie. Leurs coordonnées sont données sur le site web de PI.

11.6 Portail Internet

Également accessible sur le site de PI, www.profibus.com rend compte de l'actualité de l'organisation et de ses technologies. Vous y trouverez un guide produits consultable en ligne, un glossaire, des didacticiels, ainsi qu'un espace de téléchargement des spécifications, profils applicatifs, guides d'installation et autres documents utiles.

Index

A

Adresse F.....	9, 10, 15
Alimentation.....	8, 14
Analyse et évaluation des risques.....	5
AS-i Safety at work.....	18
Automatisation des procédés.....	9

B

BGIA.....	1
Blindage.....	15

C

Black channel.....	2, 7, 8, 9
Catégorie 4.....	7
CEI 61508.....	3, 5, 7, 9, 11, 13, 15
CEI 61784-3-3.....	1, 25
CEI 62061.....	5, 17
CEM.....	14
Certification.....	13, 14, 22
Circuits de sécurité.....	9
Classes de conformité.....	2, 13
Communication 1 à 1.....	9
Commutateurs (Ethernet).....	9, 15
Couverture du diagnostic.....	17
CRC.....	9
Critères de performances FS.....	14

D

Déclenchement parasite.....	8
Déclenchements parasites.....	15
Dérivation.....	15
Directive Machines.....	5, 16
Disponibilité.....	2, 3, 7, 8, 14, 15
Données de sécurité.....	16

E

Élément non électrique.....	2, 18
EN 954-1.....	5, 7
Éprouvé par l'usage.....	6, 12, 19
Équipement F.....	3, 10, 11, 14, 17, 18, 19, 20
Équipement PA.....	19
Ex-i.....	19

F

Facteur de défaillance de cause commune.....	17
FDT.....	12
Fonction de sécurité.....	5, 17
Fonctions de sécurité.....	15
Format de message PROFIsafe.....	9

H

Haute disponibilité.....	3, 14
--------------------------	-------

I

Ilot PROFIsafe.....	8, 10, 13
Immunité électromagnétique.....	3, 5, 15
Installation.....	7, 14
Interface TCI.....	12
iParamètres.....	3, 10
iPar-Server.....	3, 7, 11, 12
ISO 12100-1.....	5, 17
ISO 13849-1.....	5, 7, 17, 18
ISO 14121.....	5

K

Kit de développement.....	8, 13
Théorie et pratique de la technologie PROFIsafe (mai 2009)	

L

Limite de revendication SIL.....	13
----------------------------------	----

M

Maître F.....	2, 3, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17
Manufacturier.....	1, 3, 5, 9
MBP-IS.....	8, 19
Mécanismes de sécurité.....	2, 9
Méthode en trois étapes.....	17
Mode ad hoc.....	16
Mode infrastructure.....	16
Module F.....	7, 8, 11

N

NAMUR.....	18
NE97.....	19
Niveau d'intégrité de sécurité (SIL).....	5, 9, 14
Niveau de performance (PL).....	5, 7, 17, 18
Niveau d'intégrité de sécurité (SIL).....	2, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18
Numéro de séquence.....	9, 10
Numérotation en continu.....	9

O

Octet d'état.....	10
Octet de commande.....	10
Outil CPD.....	7, 11, 12

P

Paramètres F.....	7, 10, 11, 12
PI 1, 2, 3, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 20, 22.....	1
Politique PROFIsafe.....	9
Probabilité d'erreur résiduelle.....	9
Probabilité d'erreur sur les bits.....	9, 16
Probabilité de défaillance dangereuse.....	9, 14
Procédé.....	1, 3
PROFIdrive.....	12

R

RS485-IS.....	19
---------------	----

S

Sans-fil.....	3, 7, 8, 16
Sas sécurisé.....	16
Sécurisation des configurations.....	11
Sécurisation des fichiers GSD.....	11
Sécurité des données.....	3, 5, 8
Sécurité électrique.....	7
Serveur d'iParamètres.....	3, 7, 11, 12
Systèmes de sécurité.....	17

T

Temps de réponse SFRT.....	16
Testeur de couche PROFIsafe.....	13
Tolérance aux pannes.....	14
Très basse tension de protection TBTP.....	14
TÜV.....	1
Types de données.....	8, 9

V

Valeur B ₁₀	17
Valeurs de sécurité.....	10
VDI 2180.....	19

PROFIsafe – Communications sécurisées sur PROFIBUS et PROFINET

Théorie et pratique

Version 13 mai 2009

Réf. n° 4.343

Édition

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

PROFIBUS Trade Organization (PTO)
16101 N. 82nd Street, Suite 38
AZ 85260 Scottsdale
USA
Tél : +1 480 483 2456
Fax : +1 480 483 7202
Mél : usa@profibus.com

Exclusion de responsabilité

Malgré tout le soin apporté à la rédaction et à la francisation de ce manuel, nous ne pouvons garantir l'absence totale d'erreurs ni en être tenus responsables, quel qu'en soit le motif. Ce manuel fait 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 y figurant peuvent être des marques déposées ; leur emploi par des tiers est susceptible de constituer un non-respect des droits d'auteur en vigueur.

Ce manuel ne prétend en aucun cas se substituer aux normes internationales CEI 61508, CEI 61784-3-3 et CEI 62061, ni aux guides et spécifications PROFIBUS et PROFINET. En cas de doute, ces publications font foi.

©Copyright PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. 2009. Tous droits réservés.

**Australia & New Zealand
PROFIBUS User Group**
Mr. John Immelman
PO Box 797
North Ryde Business Centre
NSW 1670 North Ryde
Phone: +61 2 88 77 70 07
Fax: +61 2 88 77 70 99
australia@profibus.com

PROFIBUS Belgium
Mr. Herman Looghe
August Reyerslaan 80
1030 Brussels
Phone: +32 27 06 80 00
Fax: +32 27 06 80 09
belgium@profibus.com

Ass. PROFIBUS Brazil
c/o SMAR Equip. Inds. Ltda.
Mr. Cesar Cassiolato
Av. Antonio Paschoal, 1945 Centro
14160-500 Sertãozinho - SP
Phone: +55 16 3946 3519
Fax: +55 16 3946 3595
brazil@profibus.com

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

PROFIBUS Association Czech Republic
Mr. Zdenek Hanzalek
Karlovo nám. 13
12135 Prague
Phone: +420 2 24 35 76 10
Fax: +420 2 24 35 76 10
czechrepublic@profibus.com

PROFIBUS Denmark
Mr. Kim Husmer
Jydebjergvej 12A
3230 Graested
Phone: +45 40 78 96 36
Fax: +45 44 97 77 36
denmark@profibus.com

PROFIBUS Finland
c/o AEL Automaatio
Mr. Taisto Kaijainen
Kaarnatie 4
00410 Helsinki
Phone: +35 8 95 30 72 59
Fax: +35 8 95 30 73 60
finland@profibus.com

France PROFIBUS
Mr. Eric Lobet
Actium 6 rue de la pointe
93100 Montreuil
Phone: +33 1 48 58 30 24
Fax: +33 1 48 58 50 53
france@profibus.com

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

PROFIBUS Ireland
University of Limerick
Mr. Hassan Kaghazchi
Automation Research Centre
National Technology Park - Plassey
Limerick
Tel.: +353 61 20 21 07
Fax: +353 61 20 25 82
ireland@profibus.com

PROFIBUS Network Italia
Mr. Maurizio Ghizzoni
Via Branze, 38
25123 Brescia
Phone: +39 030 3 38 40 30
Fax: +39 030 39 69 99
pni@profibus.com

Japanese PROFIBUS Organisation
Mr. Shinichi Motoyoshi
Takanawa Park Tower
3-20-14 Higashi-Gotanda, Shinagawa-ku
Tokyo 141-8641
Phone: +81 3 54 23 86 28
Fax: +81 3 54 23 87 34
japan@profibus.com

Korea PROFIBUS Association
Mr. Cha Young-Sik
#812, Seocho Platinum
1445-13 Seocho-dong, Seocho-gu
Seoul 137-866, Korea
Phone: +82 25 23 51 43
Fax: +82 25 23 51 49
korea@profibus.com

PROFIBUS User Organisation U.A.E.
Mr. S.C. Sanu
P.O. Box. 123759
Unit No. 424, Al Diyafah Building
Al-Diyafah Street, Satwa
Dubai, United Arab Emirates
Tel.: +971 4 398 2760
Fax: +971 4 398 2761
middle.east@profibus.com

PROFIBUS Nederland
c/o FHI
Mr. Dolf van Eendenburg
P.O. Box 2099
3800 CB Amersfoort
Phone: +31 33 4 69 05 07
Fax: +31 33 4 61 66 38
netherlands@profibus.com

PROFIBUS User Organisation Norway
c/o Festo AB
Mr. Ivar Sorlie
ystensveien 27
0661 Oslo
NORWAY
Phone: +47 90 98 86 40
Fax: +47 90 40 55 09
norway@profibus.com

PROFIBUS Polska
Mr. Dariusz Germanek
ul. Konarskiego 18
44-100 Gliwice
Phone: +48 32 37 13 65
Fax: +48 32 37 26 80
poland@profibus.com

PROFIBUS User Org. Russia
c/o Vera + Association
Mrs. Olga Sinenko
Nikitinskaya str, 3
105037 Moscow, Russia
Phone: +7 09 57 42 68 28
Fax: +7 09 57 42 68 29
russia@profibus.com

PROFIBUS Slovakia
Mr. Richard Balogh
Slovak Technical University
Dept. of Autom. KAR FEI STU
Ilkovičova 3
812 19 Bratislava
Phone: +421 2 60 29 14 11
Fax: +421 2 65 42 90 51
slovakia@profibus.com

PROFIBUS Association South East Asia
Mr. Volker Schulz
60 MacPherson Road, 4th Floor
Singapore 348615
Tel: +65 64 90 64 00
Fax: +65 64 90 64 01
southeastasia@profibus.com

PROFIBUS User Organisation Southern Africa
Mr. Dieter Dilchert
51 Brunton Circle
1645 Modderfontein
Phone: +27 11 2 01 32 03
Fax: +27 11 6 09 32 04
southernafrica@profibus.com

PROFIBUS i Sverige
Mr. Peter Bengtsson
Kommandörgatan 3
28135 Håssleholm
Phone: +46 45 14 94 40
Fax: +46 45 18 98 33
sweden@profibus.com

PROFIBUS Schweiz
Mrs. Karin Beyeler
Kreuzfeldweg 9
4562 Biberist
Phone: +41 32 6 72 03 25
Fax: +41 32 6 72 03 26
switzerland@profibus.com

The PROFIBUS Group
Mr. Bob Squirrel
The New House
1 Grove Road
Epsom, Surrey, KT17 4DE
Phone: +44 20 78 71 74 13
Fax: +44 870 1 41 73 78
uk@profibus.com

P.T.O.
Mr. Michael J. Bryant
16101 N. 82nd Street, Suite 3B
Scottsdale, AZ 85260 USA
Phone: +1 48 04 83 24 56
Fax: +1 48 04 83 72 02
usa@profibus.com

Plus d'informations:

www.profibus.com

www.profinet.com

PROFIBUS Nutzerorganisation e.V.
PROFIBUS & PROFINET International Support Center
Haid-und-Neu-Str. 7, D-76131 Karlsruhe/Germany
Fon +49 721 96 58 590, Fax +49 721 96 58 589
info@profibus.com

