



Pushing Performance

# Ethernet à paire unique

## L'infrastructure pour l'IIoT

# BE SMART. ENABLE IIOT.

People | Power | Partnership



Pushing Performance

# SOMMAIRE

01 S'échapper de l'îlot d'automatisation

02 Une paire unique suffit

03 Unifier toutes les normes

04 Au cœur de la technologie

05 Partenaires forts

06 Conclusion - Perspectives

# 1.

## S'échapper de l'îlot d'automatisation



Pushing Performance

L'IldO - l'internet des objets - décrit la mise en réseau d'objets physiques virtuels et réels afin de les faire fonctionner ensemble à l'aide des technologies de l'information et de la communication. Les objets de notre vie quotidienne acquièrent des compétences numériques. Ainsi, ils deviennent de véritables objets physiques qui peuvent également participer aux réseaux numériques. Ce processus se déroule également dans les applications industrielles, où il est appelé l'Internet industriel des objets (IldO).

De plus en plus de composants industriels deviennent également des participants intelligents. Ceux-ci ne se limitent plus aux réseaux internes des entreprises, mais font également partie de l'internet. L'augmentation de la collecte, de l'évaluation et de l'utilisation des données crée le besoin d'une infrastructure plus puissante. Dans le même temps, cette infrastructure devrait prendre moins de place et utiliser moins de ressources. L'efficacité est le mot clé ici, car de plus en plus de capteurs, avec leurs besoins croissants en bande passante, deviennent des participants du réseau. De nouvelles technologies sont nécessaires.

Dans le monde de l'automatisation, l'expression « îlot d'automatisation » a été inventée pour désigner l'ensemble des réseaux indépendants et propriétaires (mais analogiques) qui dominent le terrain. Ce schisme systémique classique entre les systèmes Ethernet/Internet et les bus de terrain analogiques doit maintenant être rompu et éliminé. L'objectif est d'étendre l'Ethernet du cloud à tous les capteurs. Chaque capteur sera intelligent et pourra être évalué individuellement - et donc une étape essentielle sur la voie de l'IldO. Toutefois, l'infrastructure appropriée fait toujours défaut. Les réseaux actuels sont basés sur des câbles et des connecteurs à 2 ou 4 paires. Cependant, cette infrastructure conventionnelle est trop grande et trop coûteuse quand on pense au nombre de capteurs et d'actionneurs qui doivent être connectés sur le terrain. Les câbles BUS sont conçus pour être peu encombrants et économiques pour une bonne raison.

### La solution s'appelle Ethernet à paire unique (Single Pair Ethernet, SPE)

La solution pour une infrastructure Ethernet haute performance est basée sur une seule paire de fils en cuivre torsadés :

### Ethernet à paire unique - L'infrastructure pour l'IldO



**« Le SPE permet aux technologies de l'information et à l'automatisation de marcher main dans la main. »**

# 2.

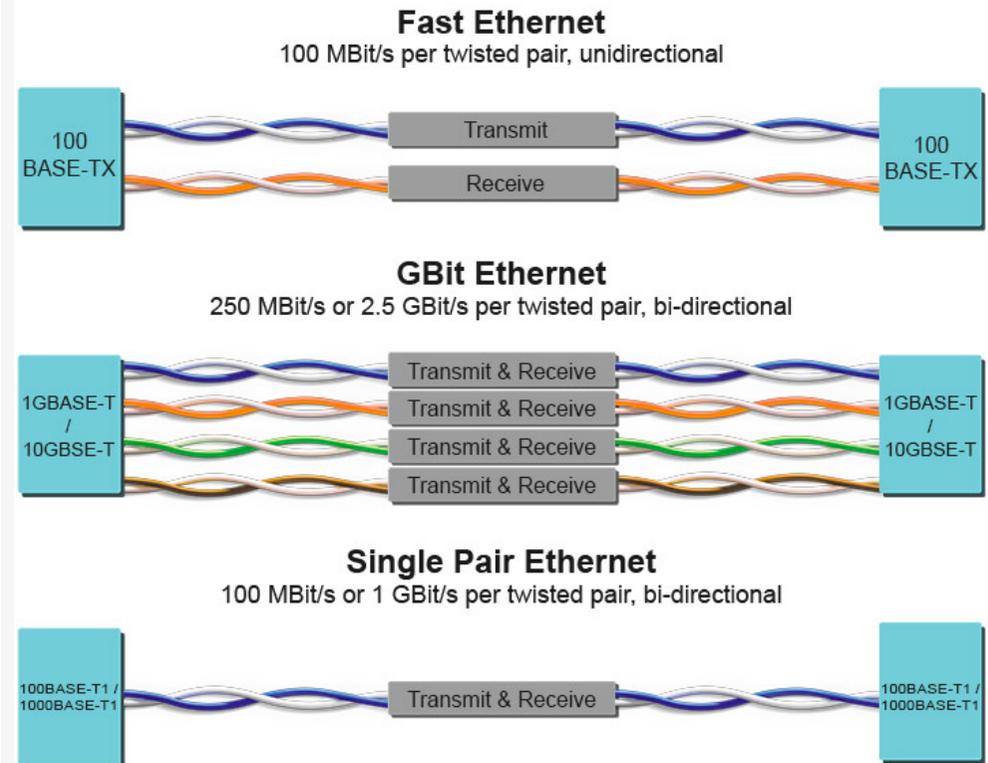
## Une seule paire suffit - SPE rend le niveau de terrain davantage smart.

Du cloud au capteur : c'est une affirmation qui a été entendue plus souvent récemment dans l'environnement de l'automatisation. Cette affirmation était normalement faite dans le cadre de tendances de fond telles que l'IIoT et l'II4.0. Elle fait référence aux communications continues basées sur TCP/IP et sur Ethernet, qui vont actuellement principalement des applications en cloud jusqu'au niveau de la distribution dans le secteur manufacturier. Alors qu'il y avait auparavant une rupture classique dans les systèmes de communication entre les systèmes Ethernet et BUS, les composants modernes peuvent maintenant apporter un Ethernet rapide (jusqu'à 1 GBit/s) à la plus petite application en utilisant une seule paire de fils torsadés. Ainsi, le SPE permet pour la première fois une utilisation cohérente du protocole TCP/IP. Et cela favorise le développement de nouveaux dispositifs et de nouveaux domaines d'application, en particulier pour les réseaux de capteurs/actionneurs. Le capteur devient « intelligent » et une partie du réseau global. Cela accélère le paramétrage, l'initialisation et la programmation. Lorsqu'on utilise le SPE - que ce soit avec un simple capteur d'état ou un système de vision moderne composé d'une caméra haute résolution - l'Internet des objets devient réalité et le niveau de terrain devient intelligent.

### Les racines

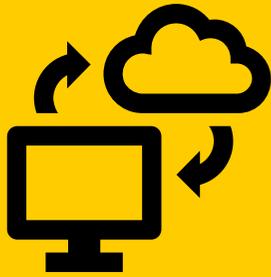
Une fois cette nouvelle méthode de transmission basée sur le protocole TCP/IP identifiée par l'industrie automobile (qui avait besoin d'une solution de remplacement pour le bus CAN), le groupe de travail IEEE 802.3 publie la première norme SPE en tant que norme 100BASE-T1 dans l'alinéa 96 de la norme IEEE 802.3bw-2015. Cependant, la conduite autonome ou semi-autonome nécessite des débits de données encore plus élevés. Ainsi, après la première norme SPE pour 100Mbit/s, une version Gigabit a suivi assez rapidement. La technologie Ethernet basée sur la norme IEEE 802.3bp 1000BASE-T1 est déjà disponible aujourd'hui, elle offre par ailleurs une vitesse de transmission de 1 Gbit/s

## MPE VS. SPE



MPE signifie for Multi Pair Ethernet, qui utilise deux ou quatre paires de fils

# « Les entreprises sont actuellement très intéressées par l'Internet des objets (IdO). »



utilisant une seule paire de fils de cuivre. L'IEEE travaille actuellement sur une autre norme visant à assurer des débits encore plus élevés et pouvant atteindre 10 Gbit/s (IEEE 802.3ch), de tels débits sont en effet requis pour les capteurs haute résolution et les transmissions vidéo. Une norme pour seulement 10 Mbit/s (IEEE 802.3cg) a été publiée en février 2020. Cette norme est très pertinente pour de nombreux secteurs industriels, car elle permet des distances de transmission allant jusqu'à 1 000 mètres et peut donc remplacer presque tous les bus de terrain. Un autre groupe de travail a été créé en mars 2019 pour traiter des taux de transmission supérieurs à 10 Gbit/s. Leurs cibles sont de 25 Gbit/s et 50 Gbit/s. Ces débits de données élevés sont la technologie requise pour la conduite autonome et les nouvelles architectures informatiques zonales à l'intérieur des véhicules. Le SPE est la technologie idéale pour cela.

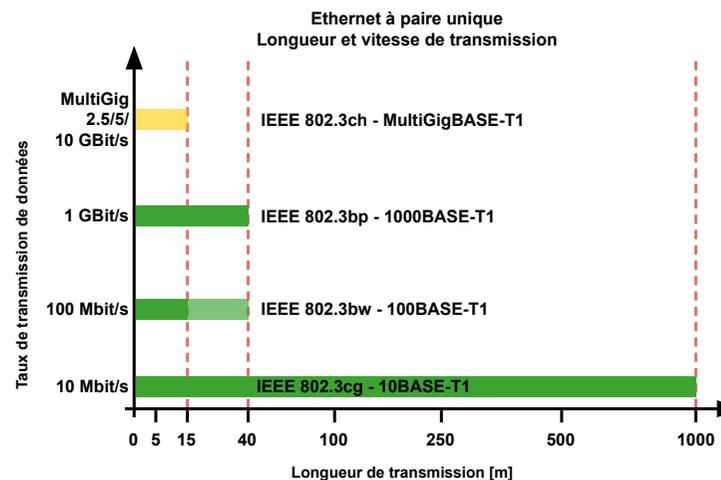
## L'automatisation industrielle a reconnu ce potentiel

L'industrie (production et automatisation) a un problème similaire à celui de l'industrie automobile en ce sens qu'elle exige une industrie intégrée, c'est-à-dire l'intégration du niveau du terrain (réseaux de capteurs/actionneurs) jusqu'à l'outil et la pièce dans la production automatisée. Elle nécessite une stratégie de réseau qui peut être utilisée universellement tout en étant durable à long terme. En d'autres termes, il faut des solutions informatiques qui ne sont pas appropriées et qui fournissent les normes de disponibilité et de sécurité qui sont courantes dans l'industrie. Le SPE est la technologie appropriée pour cela.

SPE – en utilisant un nouveau câblage ou une infrastructure existante ?  
SPE offre de nombreux avantages :

- Communications TCP/IP de bout en bout comme alternative aux interfaces propriétaires de bus ou d'alimentation
- Haute sécurité et disponibilité à 100 %
- Gigantesque portée de quelques mètres à plus de 1 000 mètres
- Espace minimal requis pour les câbles et les distributeurs
- Facile à installer
- Alimentation électrique simultanée des dispositifs terminaux et des capteurs grâce au Power over Data Line (PoDL)
- Les piles rechargeables et non rechargeables ne sont pas nécessaires, ce qui est une considération environnementale importante.
- Réduit les coûts grâce à une meilleure fiabilité opérationnelle

Ainsi, le SPE est une technologie qui supprime la plupart des restrictions des communications filaires. Elle compense également les inconvénients du câble par rapport à d'autres technologies (telles que le sans fil) - en fonction des types d'applications considérés ici. En résumé, le SPE souligne les avantages du cuivre par rapport aux fibres optiques comme moyen de transmission. La communication sans fil est également confrontée à une nouvelle concurrence.



Légende :

- Publication de la norme finale
- Norme en cours
- Longueur de transmission testée en interne par HARTING

Affichage graphique de la portée et des vitesses de transmission pour les normes IEEE 802.3 SPE actuelles



Pushing Performance

## Un aperçu des avantages du SPE



**PROTOCOLE DE COMMUNICATION OUVERT**



**MOTEUR POUR I4.0**



**COMMUNICATION EN TEMPS RÉEL AVEC TSN**



**JUSQU'À 10 GBIT/S POUR LES RÉSEAUX D'AUTOMATISATION**



**ALIMENTATION ÉLECTRIQUE À DISTANCE UTILISANT PoDL - POWER OVER DATA LINE**



**UNE INTERFACE STANDARDISÉE PERMET UNE PLANIFICATION SÉCURISÉE**

## Applications

Ethernet est représenté à travers tous les types d'applications industrielles, du siège de l'entreprise au niveau du contrôle. C'est là que les convertisseurs et les passerelles sont actuellement utilisés pour établir un raccordement aux systèmes de bus de terrain. Cependant, puisque des capteurs et des actionneurs plus sophistiqués et plus puissants trouvent également leur place au niveau terrain, il y a un besoin évident d'Ethernet au niveau terrain. Un grand nombre d'appareils de terrain peuvent être alimentés par Ethernet de manière peu encombrante et rentable lorsque le SPE est utilisé. Cela rend les convertisseurs et les passerelles obsolètes puisque chaque adresse IP de capteur peut être adressée de manière déterministe (avec TSN). En termes simples, le MPE peut être utilisé jusqu'au niveau du terrain et ensuite en continu avec Ethernet directement au niveau du terrain. Grâce au SPE, l'affirmation « Du capteur au cloud » devient réalité et les composants HARTING fournissent l'infrastructure pour I4.0 et IIdO.





Pushing Performance



« Jusqu'à 50 W à l'équipement final .»



### Power over Data Line – PoDL

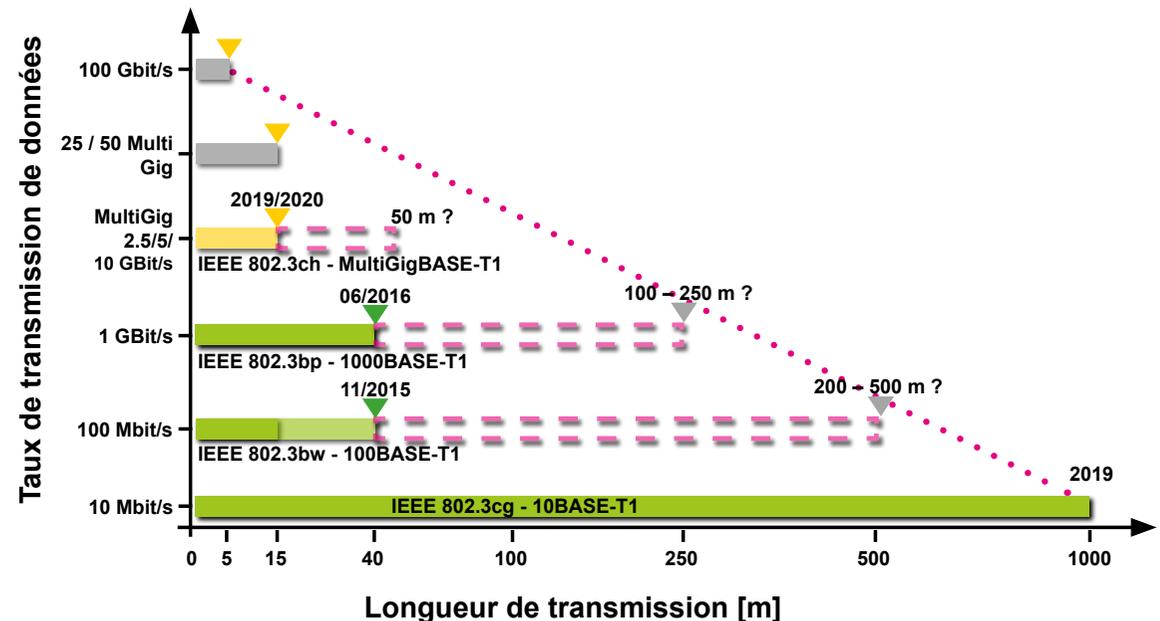
Comme pour le câblage à paires multiples, il existe une nouvelle norme pour l'alimentation électrique à distance pour le SPE qui est analogue au Power over Ethernet (PoE); elle est appelée PoDL = Power over Data Line (IEEE 802.3bu). Cette combinaison de données et d'alimentation utilisant de très petits connecteurs enfichables et des câbles à paire unique contribue à soutenir les tendances à la miniaturisation, aux débits de données plus élevés et à la modularisation pour les systèmes plus complexes. Ce sont autant de conditions préalables au développement rapide des applications SPE non automobiles dans l'industrie, les villes intelligentes, les bâtiments, etc.

### Ethernet sur cuivre sur plus de 1 000 mètres ? Oui ! Avec SPE

La technologie SPE a déjà atteint en très peu de temps les mêmes performances que le « Multi-Pair Ethernet » (MPE) prédominant aujourd'hui. Actuellement, la seule limitation est la portée limitée à 100 Mbit/s et Gigabit SPE (respectivement 15 m et 40 m), qui est issue des exigences du principal groupe cible dans l'industrie automobile.

Les experts s'accordent à dire que de plus grandes longueurs de transmission peuvent également être obtenues dans ce domaine. Le graphique ci-contre montre les longueurs de transmission étendues qui sont techniquement possibles. Toutefois, pour que ces extensions des normes SPE soient couvertes par l'IEEE 802.3 et, en particulier, pour que l'industrie des semi-conducteurs investisse dans le développement de ces nouveaux kits de puces, il est nécessaire de définir les nouvelles applications cibles et le potentiel du marché approprié. Cela nécessite la coopération ouverte de toutes les parties intéressées pour les gammes étendues de SPE. Les premières présentations à l'IEEE 802.3 ont déjà été publiées et ont été bien accueillies. Tout soutien supplémentaire en faveur de ces normes cibles est le bienvenu.

### Ethernet à paire unique Longueur et vitesse de transmission



# 3.

## T1 de style industriel : toutes les normes réunies dans un support



Pushing Performance

Il reste encore un long chemin à parcourir avant que l'infrastructure du SPE et son potentiel associé ne soient fermement établis. Actuellement, plusieurs solutions et différentes normes sont en cours de discussion sur le marché, avec un accent particulier sur les interfaces pour le SPE. Les utilisateurs se demandent maintenant, à juste titre, si les fabricants vont développer une solution cohérente et compatible basée sur une norme uniforme, ou s'il y aura des solutions multiples et des faces d'accouplement incompatibles. Ainsi, il est nécessaire d'examiner de plus près la coopération des différents comités de normalisation et leurs travaux relatifs à la communication Ethernet.



### ISO/IEC SC25 WG3

ISO/IEC JTC 1/SC 25/WG 3 jouent un rôle central dans la standardisation. C'est là que les normes de câblage conformes à la norme ISO/IEC 11801 sont créées et maintenues.

### IEC SC46C

Comité pour les composants de câblage : Câbles de données en cuivre

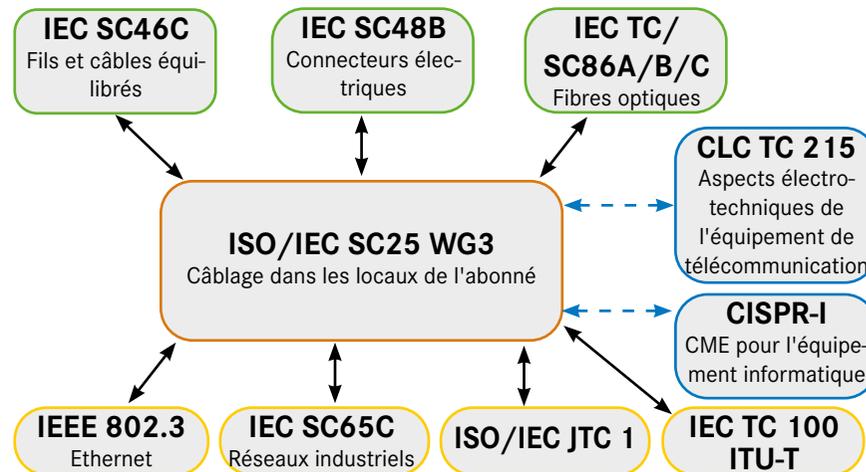
### IEC SC48B

Comité pour les composants de câblage : Connecteurs

### IEEE 802.3

Normes de protocole Ethernet sur câble

Comités de composants



### IEC 61156-x – Standardisation des câbles Ethernet à paire unique

Au sein du groupe de travail IEC SC46C pour la normalisation des câbles de données en tant que marchandises en vrac, les normes suivantes sont actuellement en cours :

- IEC 61156-11 – Câble de données SPE jusqu'à 600 MHz de largeur de bande pour les installations fixes (version finale publiée)
- IEC 61156-12 – Câble de données SPE jusqu'à 600 MHz de largeur de bande pour les installations flexibles (CD disponible)
- IEC 61156-13 – Câble de données SPE jusqu'à 20 MHz de largeur de bande pour les installations fixes (CD disponible)
- IEC 61156-14 – Câble de données SPE jusqu'à 20 MHz de largeur de bande pour les installations flexibles (prévu)

D'autres projets de normes, par exemple pour des largeurs de bande plus élevées afin de supporter des débits de données supérieurs à 1 Gbit/s, seront traités à l'avenir.

## IEC 63171-6 Standardisation de la technologie de raccordement Ethernet à paire unique

Le premier projet de norme pour le connecteur SPE a été soumis au SC48B par HARTING dès 2016 et publié sous la référence IEC 61076-3-125 jusqu'au document CD. En 2017, la société CommScope a soumis une autre face d'accouplement SPE à la normalisation et a décidé de créer la série de normes IEC 63171 pour tous les connecteurs SPE. En conséquence, l'équipe de projet PT63171 a été mise en place au SC48B et chargée de préparer ces nouvelles séries de normes. Les normes déjà en cours d'élaboration jusqu'à présent seront complétées sous forme de documents autonomes et seront ensuite intégrées dans cette nouvelle série de normes sous la forme de révisions.

Les projets de normes suivants sont actuellement en cours :

- IEC 63171 – La norme de base comportant toutes les spécifications et séquences de test nécessaires (CDV disponible)
- IEC 63171-1 – Les connecteurs SPE de CommScope basés sur l'interverrouillage de type LC, pour les applications en environnement M111C1E1 (FDIS disponible)
- IEC 63171-2 – Les connecteurs SPE de Reichle et De-Massari pour les applications en environnement M111C1E1 (CD disponible)
- IEC 63171-3 – Les connecteurs SPE de la société Siemon qui se composent d'une paire de célèbres connecteurs Tera et qui sont destinés aux applications en environnement M111C1E1 (retiré)
- IEC 63171-4 – Les connecteurs SPE conçus par BKS et destinés aux applications en environnement M111C1E1 (NP disponible)
- IEC 63171-5 – Les connecteurs SPE de la société Phoenix Contact se composent de la face d'accouplement de connecteur IEC 63171-2 et sont destinés aux applications en environnements M212C2E2 et M313C3E3 (CD disponible)
- IEC 63171-6 (anciennement IEC 61076-3-125) : connecteurs SPE de HARTING et TE Connectivity pour les applications M212C2E2 et M313C3E3 (publié depuis le 23.01.2020)

Remarque : la norme IEC 63171-1 (style LC) et la norme IEC 63171-6 (style industriel) sont des documents de normalisation complets avec toutes les spécifications et les séquences d'essai nécessaires. Toutes les normes commencées après cela se réfèrent à la norme de base IEC 63171 et ne décrivent que les différentes versions mécaniques

### Les normes de câblage pour le SPE

Le SPE et ses connecteurs normalisés sont intégrés dans les normes de câblage actuelles. Au niveau international, cela s'applique principalement à la série de normes pour le câblage structuré selon la norme ISO/IEC 11801:2017 et, de manière similaire, à la série de normes européennes du CENELEC selon la norme EN50173. Ici, les SPE seront d'abord inclus dans la partie 3 du câblage industriel dans l'annexe (amendements). Le document central pour ces annexes est la norme ISO/IEC 11801 TR9906 « RAPPORT TECHNIQUE : canaux de câblage équilibrés à paire unique jusqu'à 600 MHz ». La mise en œuvre du SPE dans les documents ISO/IEC 11801 est très important, car c'est la seule norme qui décrit les canaux de câblage avec tous les paramètres nécessaires



*« T1 devient un style industriel selon la norme IEC 63171-6 – pour que vous ne jouiez pas avec la mise en œuvre de votre SPE ».*



# HARTING T1 Industrial



(longueur, nombre de raccordements, largeur de bande et l'ensemble complet des paramètres techniques liés à la transmission, y compris NEXT, FEXT, propriétés de blindage, etc.) en relation avec l'environnement spécifié par MICE, afin que celui-ci puisse être testé avec des mesures après l'installation. Parallèlement, les normes d'installation industrielle comme base pour le câblage des solutions d'automatisation selon la norme IEC 61918 (IEC SC65C) seront adaptées. Il reste à voir dans quelle mesure cela affectera les profils d'automatisation eux-mêmes. Ce qui est certain, c'est que PI (avec PROFINET selon la norme IEC 61784-5-3) et ODVA (avec EtherNet/IP selon la norme IEC 61784-5-2) sont activement impliqués dans le développement et la mise en œuvre des normes pour le SPE.

En conjonction avec les normes de composants pour les connecteurs et les câbles, tous les utilisateurs de SPE peuvent recevoir des directives claires pour la construction et le test de voies de transmission appropriées. Pour les SPE à 1 Gbit/s, ce câblage est initialement limité à une portée de 40 m. Pour la variante à 10 Mbit/s, des portées de 1 000 m et plus peuvent être mises en œuvre.

D'autres documents sur le câblage du SPE concernant les États-Unis, le Canada et le Mexique sont en cours de préparation (ANSI/TIA-568.5 et TIA TR42.7). Cette documentation est mise à jour dans les documents TIA42 sous la forme d'un addendum : TIA-1005-A-3. Le contenu de tous ces ajouts est en grande partie identique.

Ces normes de câblage fournissent à l'utilisateur des informations sur la structure du câblage, les composants de câblage qui doivent être utilisés pour atteindre les spécifications de performance, et les valeurs limites pour tester le câblage. Elles constituent donc l'instrument le plus important pour la mise en place et la mise en service des systèmes de câblage SPE. Elles assurent également la compatibilité entre les appareils et le câblage en fournissant des références aux normes des composants (par exemple, les connecteurs selon la norme IEC 63171-6). Cette compatibilité est une condition de base pour le bon fonctionnement des réseaux et des raccordements basés sur le SPE et, par conséquent, le fondement de l'IdO/IIIdO. L'utilisation de composants de câblage autres que ceux spécifiés dans l'amendement 1 de la norme ISO/IEC 11801-3 serait théoriquement possible. Toutefois, ces derniers ne seraient plus conformes à la norme et risqueraient de présenter des incompatibilités et une perte de fonctionnalité.

C'est pourquoi, au début de 2018, l'ISO/IEC JTC 1/SC 25/WG 3 et le TIA42 ont lancé un processus de sélection international pour définir des interfaces uniformes. Ces deux processus de sélection ont été lancés

conjointement par l'IEEE 802.3, qui a demandé à l'ISO/IEC et à la TIA une recommandation pour un MDI SPE (interface de dispositif SPE).

Plus de 20 groupes d'experts nationaux ont participé à ce processus de sélection. Deux faces d'accouplement de connecteur ont émergé de ce processus de sélection à titre de choix favoris :

- Pour la conception du câblage, la face d'accouplement conforme à l'IEC 63171-1 : cette face d'accouplement repose sur la proposition de CommScope
- Pour les applications industrielles et adjacentes à l'industrie (M212C2E2 et M313C3E3), la face d'accouplement conforme à la spécification IEC 63171-6 (anciennement IEC 61076-3-125). Cette face d'accouplement repose sur une proposition de HARTING T1 Industrial.

Le processus de sélection au TIA 42 a confirmé les résultats de l'ISO/IEC et, à ce titre, on observe un consensus mondial significatif sur les interfaces SPE. Ces faces d'accouplement sélectionnées sont maintenant en cours d'intégration dans les normes de câblage internationales correspondantes. L'IEEE802.3 a également spécifié ces interfaces SPE dans l'IEEE 802.3cg comme étant l'interface dépendante du support (MDI) recommandée.

Cela est nécessaire pour une utilisation à grande échelle. Ainsi, il est également nécessaire de commercialiser avec succès la technologie SPE ainsi que la compatibilité cohérente des appareils, des câbles et des connecteurs dans différents types d'applications. Cela offre une sécurité de planification à tous les acteurs du marché.

**Glossaire** – MICE décrit les conditions ambiantes des installations. Ainsi, il fournit aux concepteurs et aux utilisateurs de précieuses informations concernant les spécifications des équipements techniques et des câblages. Les exigences fondamentales en termes de robustesse mécanique (M), d'indice de protection IPxx (I), de résistances chimique et climatique (C) et la sécurité électromagnétique (E) sont décrites pour ceci. Au sens le plus large, M111C1E1 décrit un environnement similaire à celui d'un immeuble de bureaux. M313C3E3 décrit un environnement assez extrême tel que celui que l'on trouve dans l'industrie ou à l'extérieur.

# 4.

## Plonger dans la technologie

Même si des paires de fils torsadés sont nécessaires pour le câblage de données existant à 4 paires ainsi que pour le SPE, les exigences en matière de câblage et de technologie de raccordement sont très différentes. C'est notamment le cas pour les longueurs de transmission avec les normes de transmission SPE actuellement disponibles ainsi que les exigences RF (radiofréquences), qui sont particulièrement évidentes pour ces largeurs de bande requises.

Taux de transmission de données	Câblage Ethernet à 4 paires (MPE)		Ethernet à paire unique (SPE)	
	Bande passante (Cat.)	Longueur de transmission	Bande passante (Cat.)	Longueur de transmission
10 Mbit/s	16 MHz (Cat. 3)	100 m	20 MHz	1000 m
100 Mbit/s	100 MHz (Cat. 5)	100 m	166 MHz	40 m
1000 Mbit/s	100 MHz (Cat. 5)	100 m	600 MHz	40 m
10 Gbit/s	500 MHz (Cat. 6A)	100 m	4-5 GHz tbd.	15 m

### Migration d'un câblage à paires multiples (MPE) utilisant le SPE (partage de câbles)

Des débits de données élevés sont possibles sur une paire de fils - alors pourquoi ne pas combiner quatre voies SPE dans votre infrastructure existante ? L'idée d'utiliser un câblage à quatre paires pour les SPE par le biais du « partage des câbles » est assez simple. Cela est possible pour des cas particuliers, mais cela n'a pas vraiment de sens sur le plan technique et économique. D'une part, le câblage SPE nécessite des largeurs de bande plus importantes que le câblage MPE, notamment pour le parasitage inductif. En outre, par rapport aux MPE avec une longueur de transmission de 100 mètres, les SPE n'ont jusqu'à présent que des longueurs de transmission plus courtes de 40 mètres à 1000BASE-T1 pour les câbles blindés. En outre, par rapport aux MPE avec une longueur de transmission de 100 mètres,

les SPE n'ont jusqu'à présent que des longueurs de transmission plus courtes de 40 mètres à 1000BASE-T1 pour les câbles blindés. Ainsi, la viabilité économique réelle de ces stratégies d'utilisation est discutable. Par exemple, pour qu'une installation de Cat. 6A installée soit qualifiée pour 1000BASE-T1, la longueur de transmission ne doit pas dépasser 40 mètres et les paramètres RF correspondants doivent être qualifiés pour 600 MHz maximum. Si tout cela correspond parfaitement, vous pourriez alors transmettre quatre fois 1 Gbit/s sur SPE, même si ce Cat. 6A pourrait également prendre en charge un MPE de 10 Gbit/s.

### La technologie de raccordement pour l'Ethernet à paire unique

Les différents types de connecteurs sont indissociablement liés à une application spécifique et ont, bien entendu, été normalisés au niveau international. Les connecteurs RJ45 pour Ethernet et les connecteurs HDMI ou DVI conçus pour la transmission vidéo en sont des exemples bien connus. Il est donc nécessaire de disposer de connecteurs d'interface standardisés afin de réussir le lancement sur le marché de nouvelles technologies de réseau telles que les SPE. En effet, ce n'est qu'avec des interfaces standardisées qu'il est possible de mettre en réseau une grande variété d'appareils dans un réseau de données uniforme. La conception des connecteurs SPE (selon la norme IEC 36171-6) était basée sur les spécifications des normes IEE 802.3 associées et d'autres exigences du marché.

### Aperçu des caractéristiques électriques

#### Tension nominale

Un signal de tension différentielle de +/- 1 V est généralement utilisé pour les transmissions sur Ethernet pures. Toutefois, lors de la détermination de la tension nominale d'un connecteur SPE, l'utilisation parallèle des deux fils doit également être prise en compte pour l'alimentation électrique à distance. La méthode utilisée à cet effet dans SPE est appelée Power over Data Line (PoDL) ; elle est normalisée conformément à la norme IEEE 802.3bu. Comme pour le PoE, la tension nominale maximale est de 48 V DC, ce qui donne une tension d'alimentation maximale de 60 V DC pour l'équipement d'alimentation électrique (PSE). Contrairement à la PoE, la PoDL définit des tensions embarquées types supplémentaires de 12 V et 24 V DC qui sont utilisées dans les véhicules.



Pushing Performance

# Votre capteur est-il exigeant ? Utilisez alors le SPE !



### Tension d'isolation :

Même si les normes IEEE80.3 SPE ne définissent pas de spécifications explicites pour les exigences d'isolation concernant le plus grand groupe d'utilisateurs dans l'industrie automobile, les mêmes exigences sont appliquées pour les applications normales dans le bâtiment et le câblage industriel que celles qui existent pour l'Ethernet à quatre paires avec 1,5 kV (rms) de contacts à écran et 1,0 kV (rms) de contact à contact (se reporter à la section 126.5.1 IEEE 802.3cr).

### Intensité nominale :

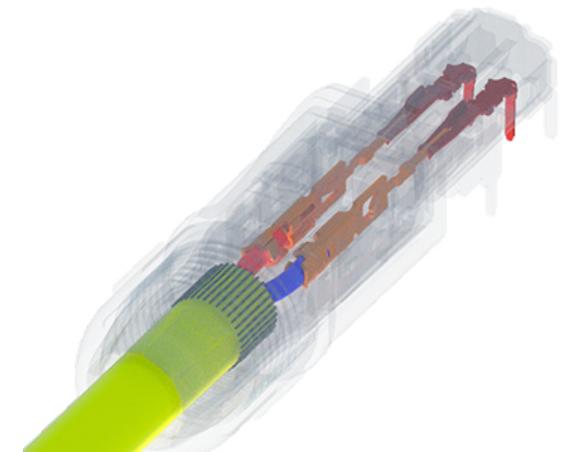
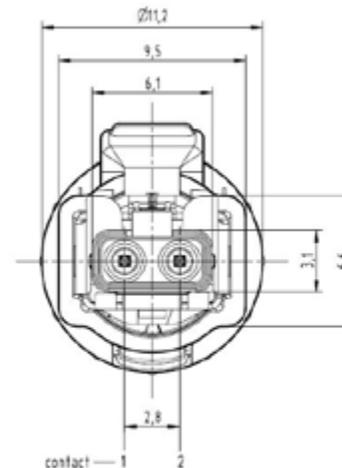
Les exigences du PoDL sont également décisives pour déterminer le courant nominal. Dans la norme actuelle, le tableau 104-1 IEEE 802.3bu précise que la puissance d'alimentation maximale est de 63,3 W, ce qui correspond à une puissance d'alimentation maximale au niveau du dispositif alimenté (PD) de 50 W. Cela donne 1,36 A à 48 V à la tension d'alimentation minimale admissible. Toutefois, un courant nominal de 4 A DC a été choisi pour maintenir un niveau d'interférence durable à l'avenir.

Contexte : selon le Code électrique national (NEC) pour le marché nord-américain, la puissance maximale des appareils de classe 2 du NEC est limitée à 100 W ; il s'agit également de la puissance maximale de l'alimentation à distance pour la norme PoE IEEE 802.3bt. Cela signifie que les futures extensions de PoDL resteront inférieures à 100 W et que la tension d'alimentation de 24 V utilisée dans l'automatisation industrielle se traduira par un courant nominal maximal arrondi de 4 A.



### Paramètres de transmission RF

Pour la transmission des données, le SPE utilise un raccordement full-duplex sur une paire de fils différentiels avec une impédance de 100 Ohm. Afin d'obtenir une plus faible sensibilité aux interférences (en particulier pour l'utilisation dans les véhicules électriques), un codage inférier avec PAM3 jusqu'à 1000BASE-T1 et PAM4 pour 2,5/5/10GBASE-T1 a été choisi pour SPE. Cela augmente énormément le besoin en largeur de bande par rapport aux normes Ethernet multipaires (MPE). Par exemple, l'IEEE802.3ch pour les SPE multi-Gigabit jusqu'à 4 GHz à 10GBASE-T1 (à comparer avec 10GBASE-T de seulement 500 Mhz) est actuellement en cours de discussion. Par conséquent, les exigences RF en matière de technologie des câbles et des raccordements augmentent et une conception de connecteur très symétrique est nécessaire pour répondre de manière fiable à ces exigences RF plus strictes. C'est pourquoi, les contacts du connecteur industriel T1 sont disposés symétriquement dans un boîtier blindé complètement fermé. Les capacités et les inductances de couplage des deux conducteurs au blindage ou à la carte de circuit imprimé sont identiques et il n'y a pas d'interférence avec la transmission différentielle des données. Cela signifie que le chemin du signal est identique dans les deux chemins conducteurs et que les différences de temps de propagation du signal sont évitées.



Design symétrique de la face d'accouplement conformément à la norme IEC 63171-6

## Design technique du raccordement SPE conformément à la norme IEC 63171-6

L'objectif de la conception de l'interface SPE était de prendre en compte tous les paramètres électriques déjà expliqués ci-dessus avec une réserve suffisante pour les futures largeurs de bande plus élevées, les exigences concernant une alimentation électrique à distance (PoDL), et la variété des conceptions de boîtier déjà acceptées et largement utilisées sur le marché. De nombreux facteurs étaient importants à cet égard : une relation équilibrée entre les exigences du marché en matière d'interfaces miniaturisées et une grande robustesse, ainsi qu'une bonne manipulation et une zone de terminaison bien conçue pour correspondre aux diamètres des fils et des câbles à utiliser. Conformément à ces objectifs de conception, des contacts de 0,5 mm avec une distance de contact de 2,8 mm ont été choisis pour le système de contact. L'espacement des contacts est adapté aux sections des câbles à raccorder. Pour les courtes distances de transmission avec 100BASE-T1 et 1000BASE-T1, on peut utiliser des conducteurs AWG 26 ou AWG 22 avec un diamètre d'âme d'environ 1 mm ou 1,6 mm. Pour le 10BASE-T1L 1.000 m avec une portée plus longue, il faut cependant des conducteurs AWG 16/18 avec un diamètre d'âme typique d'environ 2 mm ; ainsi, une distance de contact de 2,8 mm est optimale.

Selon les normes IEEE 802.3, de plus longues portées ne peuvent être obtenues qu'avec des voies de transmission blindées. Pour cette raison, et pour garantir une transmission sécurisée même dans des environnements industriels difficiles,



Variantes de connecteurs SPE selon la norme IEC 63171-6 : en version IP65/67 ainsi qu'en version IP20 (rangée supérieure de gauche à droite : connecteurs M12 PushPull, M8 PushPull, M8 SnapIn et IP20 / rangée supérieure de gauche à droite : prise M12 avec vis et verrouillage PushPull, prise M8 avec verrouillage SnapIn et PushPull, prise coudée pour circuit imprimé IP20)

une conception blindée a été systématiquement mise en œuvre. En même temps, ces plaques de blindage assurent également le verrouillage mécanique robuste de la version IP20. Le levier de verrouillage métallique élimine également le problème de mécanisme de verrouillage cassé - une critique courante avec le RJ45. Les connecteurs circulaires M8 et M12 se sont imposés dans les applications industrielles. Par conséquent, des interverrouillages de type vis, encliquetage et PushPull

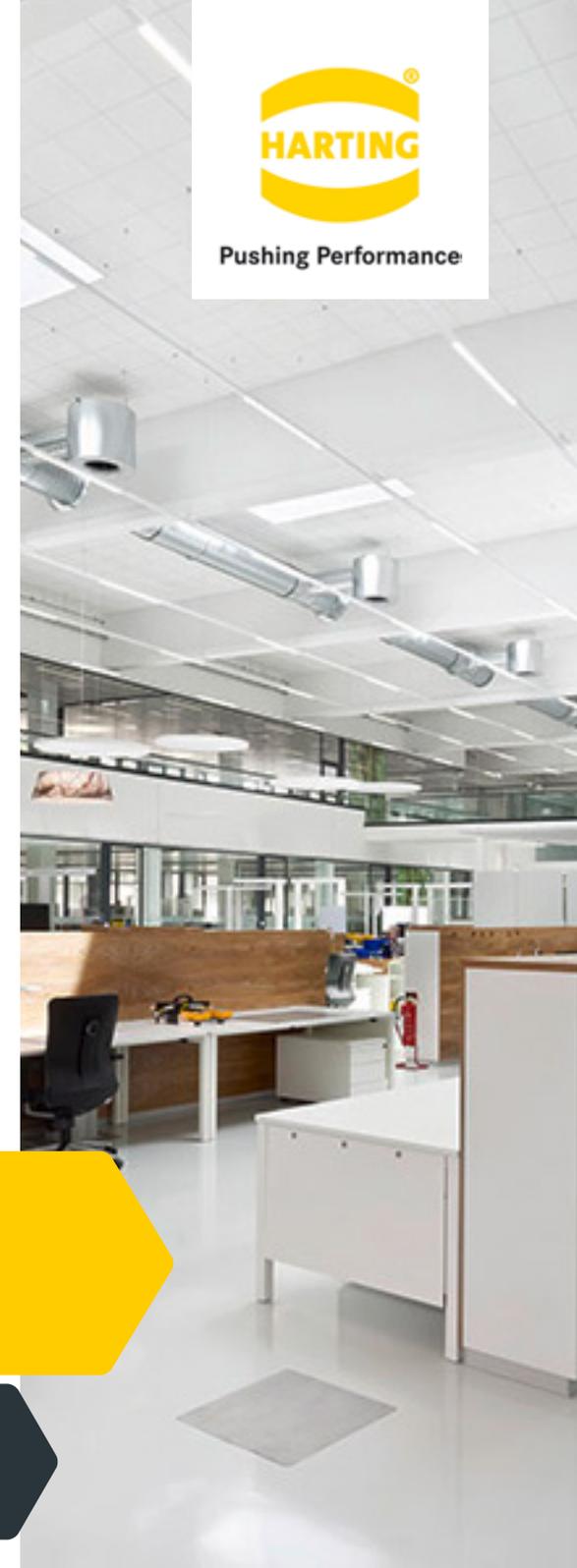
ont été ajoutés pour les types de construction M8 de la nouvelle face d'accouplement SPE afin d'en faire un « conteneur de données » uniforme. Les modèles M12 avec verrouillage à vis et PushPull sont également standardisés, afin de s'adapter aux grandes sections de câble pour le canal 10BASE-T1L de 1 000 m. Cela signifie que la même face d'accouplement est utilisée dans tous les modèles, et que des connecteurs IP20 peuvent également être connectés aux interfaces IP65/67 pour la configuration ou le test des paramètres. L'utilisation des types M8/M12 largement acceptés garantit une bonne acceptation sur le marché tout en réduisant les coûts d'investissement nécessaires, puisque de nombreux fournisseurs disposent déjà des modèles de

boîtier correspondants. L'utilisation de prises et de connecteurs identiques (« data containers ») dans tous les types de construction garantit des données techniques uniformes dans toutes les séries de produits. Il est ainsi plus facile de mettre en œuvre une production rentable grâce à des économies d'échelle. Ainsi, les interfaces SPE selon la norme IEC 63171-6 fournissent une face d'accouplement normalisée au niveau international qui soutient de manière optimale l'utilisation future du SPE dans les applications industrielles. En utilisant ce conteneur de données SPE normalisé, il est également facile d'intégrer cette face d'accouplement IEC 63171-6 dans d'autres conceptions, telles que le système de connecteurs avec verrouillage PushPull M12 interne qui est actuellement développé dans le cadre d'un nouveau projet de normes.



Pushing Performance

# Depuis 75 ans, HARTING est synonyme de qualité et d'innovation.



# 5.

## Un écosystème de partenaires solides

L'Ethernet industriel se répand dans l'automatisation et les applications I4.0. De plus en plus d'appareils et de solutions provenant d'un large éventail de secteurs deviennent « intelligents » - pour cela, ils ont besoin de la bonne infrastructure Ethernet. L'écosystème SPE nous montre comment la technologie, les normes, les composants d'infrastructure, les dispositifs et les équipements de test s'appuient et se soutiennent logiquement les uns les autres. Ils constituent en fin de compte une base solide pour la numérisation de multiples marchés différents.

C'est pourquoi HARTING a travaillé activement dans le domaine de la normalisation et a développé une infrastructure adaptée à un usage industriel. HARTING soutient désormais activement les fabricants d'appareils dans la mise en œuvre du SPE.

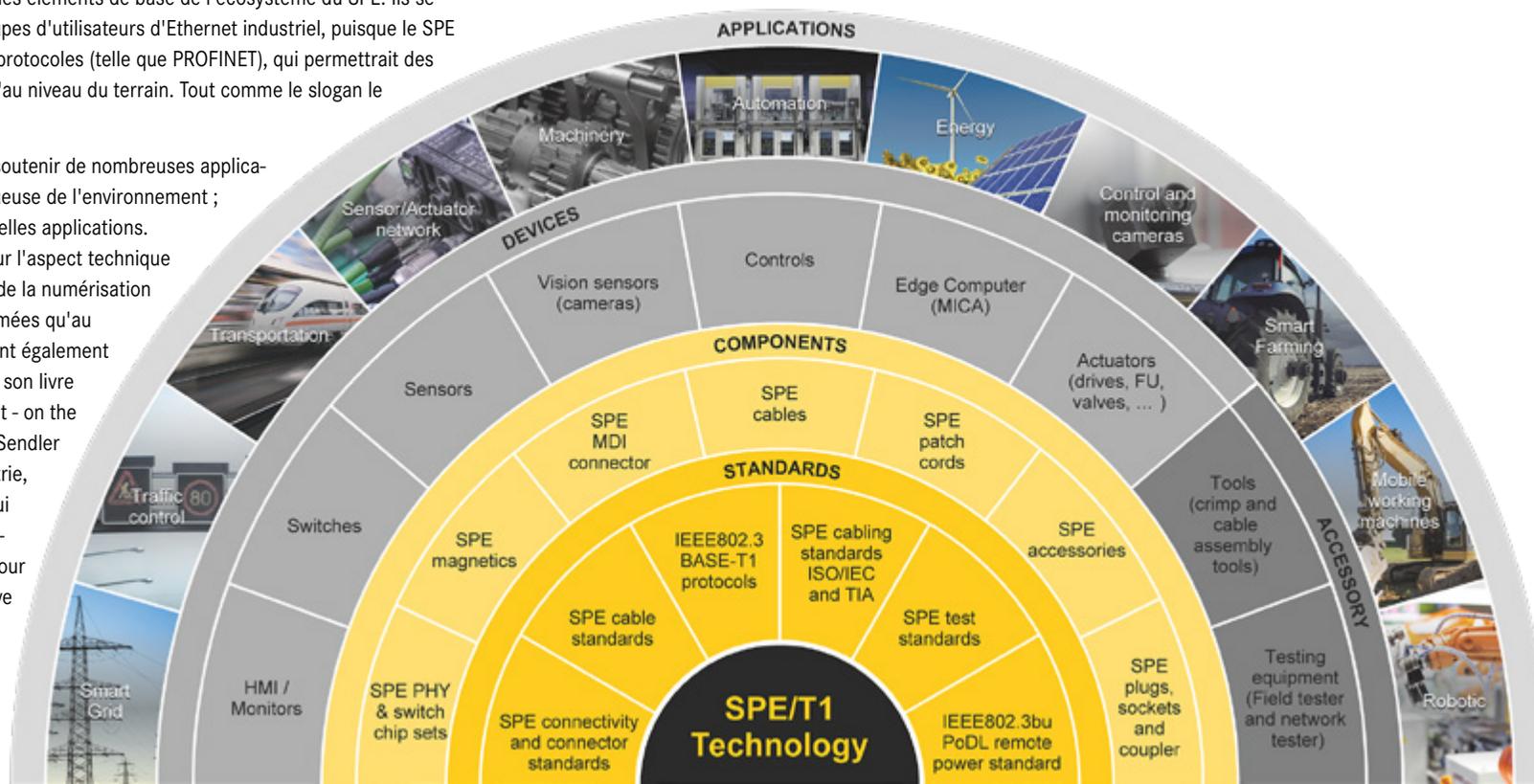
Tous les partenaires souhaitent ensemble fournir les éléments de base de l'écosystème du SPE. Ils se considèrent comme des partenaires pour les groupes d'utilisateurs d'Ethernet industriel, puisque le SPE peut fournir une nouvelle infrastructure pour ces protocoles (telle que PROFINET), qui permettrait des communications basées sur une adresse IP jusqu'au niveau du terrain. Tout comme le slogan le promet : « SPE - l'infrastructure pour l'IIoT ».

Cela signifie que le SPE ne se contentera pas de soutenir de nombreuses applications d'une manière plus efficace et plus respectueuse de l'environnement ; le SPE permettra également de nombreuses nouvelles applications.

Outre la discussion actuellement prédominante sur l'aspect technique de la numérisation, les défis sociaux et les effets de la numérisation sur nos sociétés démocratiques, qui n'ont été formés qu'au début de la première révolution industrielle, doivent également être discutés dans l'ensemble de la société. Dans son livre « The web of digitisation : humanity in upheavement - on the way to a new worldview », publié en 2018, Ulrich Sendler donne un aperçu détaillé de l'évolution de l'industrie, des technologies et de la société. C'est un livre qui vaut certainement la peine d'être lu, avec de nombreuses suggestions sur les étapes nécessaires pour que la numérisation réussisse socialement et serve le bien-être de l'humanité.



Pushing Performance





INDUSTRIAL  
PARTNER  
NETWORK



**COMMITTED TO IEC 63 171-6**

# 6.

## Où allons-nous ? Conclusions et perspectives



Pushing Performance

De nouveaux domaines d'application - tels que la conduite autonome, l'IdO et l'IIdO - nécessitent des technologies de réseau nouvelles et plus puissantes. SPE est une de ces technologies. La possibilité d'alimenter simultanément en énergie et en données des appareils n'ayant qu'un seul raccordement est un énorme avantage par rapport aux solutions sans fil. L'alimentation électrique à distance par PoDL rend les piles et les accumulateurs superflus - un grand avantage pour la compatibilité environnementale et la durabilité. Les méthodes de transmission par câble ont l'avantage supplémentaire qu'il n'y a pas de restrictions réglementaires concernant les plages de fréquences utilisables ; ainsi, aucun droit de licence n'est encouru pour les bandes de fréquences nécessaires. Comme les bandes de fréquences ne sont pas attribuées de manière uniforme (même au niveau international), les équipements dotés d'interfaces radio doivent toujours être adaptés aux différentes exigences du marché. Cela n'est pas nécessaire pour les méthodes de transmission par câble. Ainsi, il est possible de développer des dispositifs uniformes pouvant être utilisés à l'échelle mondiale.

Avec les normes de réseaux sensibles au temps (TSN) développées dans l'IEEE 802.1, la technologie Ethernet est développée avec tous les mécanismes nécessaires afin de mettre en œuvre le déterminisme pour les communications de données - c'est une condition préalable à toutes les applications en temps réel.

Le SPE est donc une solution d'infrastructure parfaite et un « facilitateur » pour l'IdO et l'IIdO, ce qui en fait un élément de base important pour l'industrie intégrée.

Pour que le SPE puisse développer pleinement ce potentiel au sein d'un écosystème, les partenaires des différents secteurs industriels doivent travailler ensemble de manière intensive et rendre cette vision possible. Cela commence par la normalisation internationale commune dans le cadre de l'IEEE 802, de l'ISO/IEC et de la TIA. Il poursuit le développement et la production des composants nécessaires en commençant par les semi-conducteurs, les composants magnétiques, les connecteurs et les composants de câblage et la technologie de mesure. Ce n'est que lorsque les normes et les composants seront disponibles (au moins dans les quantités d'échantillons initiales) que les utilisateurs pourront équiper leur multitude d'appareils possibles avec la technologie de transmission SPE et ouvrir un large éventail de nouvelles applications.



Pushing Performance

# Ethernet à paire unique

## L'infrastructure pour l'IIoT

# Auteurs :



Pushing Performance



**Matthias Fritsche** est chef de produit et expert en connectivité Ethernet chez HARTING. Il suit de près les dernières tendances et les derniers développements en matière de communication Ethernet industrielle pour HARTING. Il siège également à divers comités de normalisation et promeut activement les normes et standards pour les utilisateurs. L'auteur a à la fois accompagné et piloté le sujet de l'Ethernet à paire unique pendant plusieurs années et le considère comme la future infrastructure des réseaux industriels.



**Jonas Diekmann** est rédacteur technique au sein du groupe technologique HARTING, où il est responsable des relations publiques, de la presse, du marketing et de la gestion du contenu pour la division électronique. Le co-auteur travaille également sur le thème du SPE depuis plusieurs années et rapproche les clients et les lecteurs du sujet - avec des articles techniques mettant en évidence l'avenir de l'Ethernet Gbit.



**Rainer Schmidt** est le responsable du développement commercial pour le câblage industriel au sein du groupe technologique HARTING en Allemagne. Schmidt est actif dans la normalisation internationale, par exemple dans l'IEC SC65C (séries IEC61918, IEC61784-5), le Cenelec TC215 (séries EN50173 et 50174) et la TIA TR-42. Schmidt est président du ISO/IEC JTC 1/SC25 et membre du SC 25/WG 3 (série ISO/IEC11801).