
CONNECTIVITÉ

Ethernet-APL et OPC UA gagnent le process

ABB s'est associé à d'autres grands fournisseurs de solutions d'automatismes et des organismes de standardisation pour développer des connexions Ethernet répondant aux exigences de la sécurité intrinsèque dans l'atelier. Un pas décisif en faveur de la convergence, via OPC UA, des réseaux d'information et de production industriels.





Stefan Bollmeyer
ABB Measurement &
Analytics
Minden (Allemagne)

stefan.bollmeyer@
de.abb.com



Francisco Mendoza
ABB Process Automation
Ladenburg (Allemagne)

francisco.mendoza@
de.abb.com

Si le réseau Ethernet a depuis une dizaine d'années étendu son emprise dans l'automatisation manufacturière, il a plus de mal à s'imposer dans le domaine des procédés continus, notamment dans les applications critiques situées en environnements dangereux [1]. Le principal frein ? Bâti sur des transmissions analogiques de type 4-20 mA, HART ou série (bus de terrain), ce grand secteur industriel a toujours dû privilégier la sécurité au détriment de la largeur de bande et du débit.

Conséquence : les masses de données collectées par l'instrumentation sont réduites à la portion congrue, quand elles ne sont pas inaccessibles et donc inexploitable par l'entreprise, de ses machines et systèmes au cloud. Or les données sont aujourd'hui un déterminant clé de l'usine et ses objets connectés ; toute entrave à leur disponibilité et à leur transfert empêche de tirer le plein potentiel de cette précieuse manne informationnelle.

C'est pour lever ces verrous technologiques qu'ABB s'est associé à un consortium de 11 partenaires industriels et 3 organismes de standardisation pour développer une couche physique améliorée. Baptisée « APL » (Advanced Physical Layer), celle-ci ambitionne de faire descendre Ethernet au niveau le plus bas des architectures d'automatismes, jusqu'aux derniers mètres du process, y compris en zones exploitables. Simple, pratique, compatible avec l'existant et facile d'emploi, la couche APL porte la bande

passante et la vitesse de transmission au niveau imposé par les applications qui accompagnent la transformation numérique de l'industrie des procédés, comme la gestion et la surveillance d'actifs. En parallèle, ABB s'est attaché à prolonger les bénéfices d'Ethernet-APL dans ses travaux de recherche sur les objets connectés de l'Internet industriel. Des démonstrateurs ont ainsi prouvé

Très répandu dans l'entreprise et la production manufacturière, Ethernet peine à s'imposer dans l'industrie des procédés.

que l'association de protocoles modernes, dont OPC UA, de mécanismes de cybersécurité et de techniques de modélisation de l'information pouvait faire tomber les traditionnelles barrières entre systèmes informatiques (IT) et opérationnels (OT), jusqu'au plus petit appareil de terrain peu gourmand en ressources [2]. Commercialisés depuis juin 2021, ces produits communiquant sous Ethernet-APL permettront aux usines de transformation d'exploiter à plein les données de toute la pyramide industrielle, du capteur/actionneur au système de gestion, en passant par les couches intermédiaires du contrôle-commande, du suivi et du pilotage de la production... jusque dans le cloud.

	Hier				Aujourd'hui
	Pneumatique		Électronique + Bus de terrain		Ethernet
Technologie	Pneumatique	BC 4-20 mA	BC 4-20 mA + HART	Bus de terrain	Ethernet
Support	Air	Analogique	Analogique + série	Bus série numérique	Réseau
Mesure	1 valeur	1 valeur	1+n valeurs	n valeurs	n valeurs
Accès local aux données			Passerelle obligatoire	Intégré	Intégré
Accès distant aux données			Passerelle obligatoire	Passerelle obligatoire	Intégré

Paramètre	Attribut
Alimentation (commutateur Ethernet-APL)	Jusqu'à 92 W
Réseau commuté	Oui
Câble	CEI 61158-2 type A
Longueur maxi de tronc	1000 m (jusqu'en zone 1/div. 2)
Longueur maxi de branche	200 m (jusqu'en zone 0/div. 1)
Débit	10 Mbit/s en duplex intégral
Protection par le bus de terrain	2-WISE pour toutes les zones et divisions avec sécurité intrinsèque dans l'appareil (option)
Référentiels	IEEE 802.3cg-2019 (10BASE-T1L), CEI TS 60079-47 ED1 (2-WISE)

02

Ethernet sur le terrain

Les techniques et réseaux de transmission ont beaucoup progressé au fil des décennies → 01. De nos jours, Ethernet est le standard de facto des communications numériques dans l'entreprise et l'industrie. Il dispose à cette fin d'une immense panoplie d'outils d'installation, de diagnostic et de dépannage standardisés, ainsi que d'une grande largeur de bande et d'un haut débit. Malgré ces atouts, son adoption reste limitée dans le secteur des procédés continus [1,3]. À cela, deux raisons principales : la simplicité et l'économie des techniques de transmission traditionnelles, qui confortent leur domination ; la dangerosité de nombre de process industriels. Coût, adéquation et praticité sont donc les trois obstacles à la conquête du terrain par Ethernet.

Le bus de terrain du futur

Dans les premiers temps de la communication industrielle, les instruments de process étaient raccordés aux systèmes numériques de contrôle-commande (SNCC) par un simple câble convertissant les mesures analogiques en boucle de courant 4-20 mA [3]. Puis vint le protocole HART qui dota ces signaux d'une capacité numérique, tout en conservant la simplicité du câblage traditionnel... sans parvenir pour autant à faire décoller le débit, limité à 1200 bit/s. Reste que cette technologie continue à dominer le paysage industriel en nombre d'équipements en place et de nouvelles installations connectées.

Les années 1990 sont marquées par l'avènement des bus de terrain série, qui deviennent au tournant du nouveau millénaire LA technologie de communication de l'industrie. Si ces réseaux

numériques affichent de meilleurs débits (31,5 kbit/s), ils n'en nécessitent pas moins des passerelles pour cohabiter et s'avèrent trop complexes à réaliser, à exploiter et à entretenir pour donner pleinement satisfaction aux industriels du process. Ces derniers veulent une solution 100 % numérique, offrant la même simplicité de développement, d'usage et de maintenance que la boucle bifilaire 4-20 mA, avec une largeur de bande et une vitesse de transmission dignes d'Ethernet, et ce jusqu'à l'appareil de terrain implanté en zone à risques.

La collaboration, clé du tout-Ethernet

La mise en place d'une communication Ethernet répondant à ces exigences ne va pas sans difficultés : le réseau pâtit en effet d'une faible portée (100 m), d'un câblage complexe (paires torsadées)

—

La dangerosité d'un grand nombre d'environnements industriels freine la descente d'Ethernet vers le terrain.

et d'un manque de sécurité en zones dangereuses. Lever ces obstacles réclame de gros efforts de recherche-développement ainsi qu'un solide partenariat entre chefs de file de l'automatisation de procédé et organismes de normalisation. Conscients de la nécessité d'implanter des usines entièrement numérisées, ouvertes aux applications 4.0, de grands noms des automatismes ont dès 2010 compris l'importance d'étendre la connectivité Ethernet

— 01 Évolution des techniques de communication dans l'industrie des procédés

— 02 Caractéristiques techniques d'Ethernet-APL

— 03 Ethernet-APL accroît la vitesse de transmission entre appareils de terrain, aussi bien dans les environnements sûrs que dangereux.

au niveau terrain. En 2015, le projet Ethernet-APL compte parmi ses initiateurs des fournisseurs réputés comme ABB, Emerson, Endress+Hauser, Krohne, Pepperl+Fuchs, Phoenix Contact, R. Stahl, Rockwell Automation, Samson, Siemens, Vega et Yokogawa, relayés par trois associations d'utilisateurs de bus de terrain : FieldComm Group, ODVA et PROFIBUS & PROFINET International (PI). De ce travail de groupe sont nées en 2018 les spécifications d'une solution de communication Ethernet industriel viable et durable, totalement compatible IEEE 802.3 et satisfaisant aux critères suivants [3] :

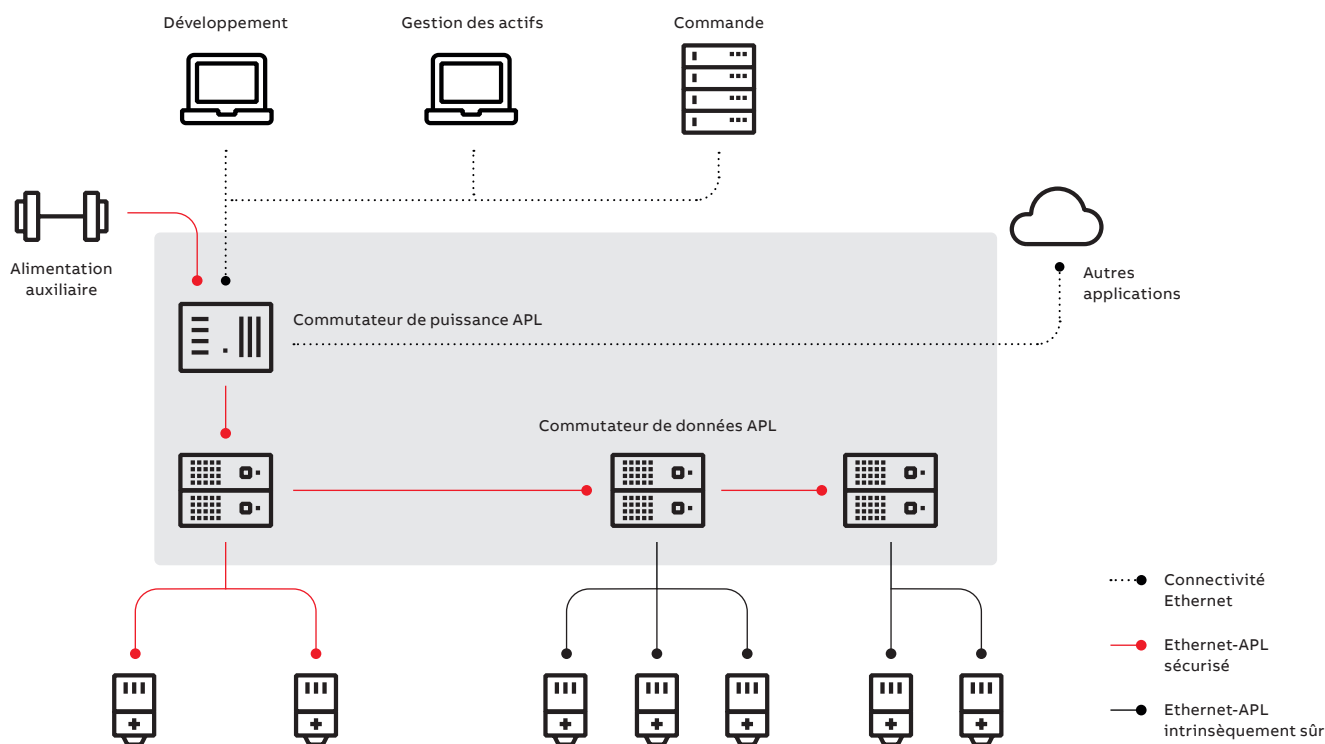
- Câble à deux fils ;
- Longue portée ;
- Alimentation/communication sur la même paire de fils ;
- Prise en charge de toutes les techniques de protection contre les explosions, y compris la sécurité intrinsèque ;
- Simplicité d'installation ;
- Réutilisation du câble de bus de terrain existant (type A) afin de réduire les coûts et de faciliter la transition vers Ethernet-APL ;
- Résilience aux perturbations électromagnétiques ;
- Protection contre les surtensions.

Au cœur d'Ethernet-APL

Ethernet-APL est à la fois l'aboutissement de presque dix ans de recherche-développement pour amener Ethernet jusqu'au terrain et l'évolution logique de l'IEEE 802.03, à l'origine d'Ethernet, en nouveau standard IEEE 802.3cg-2019 → 02 [4]. Dans ce cadre normatif, la variante 10BASE-T1L simplifie l'architecture réseau et accélère notablement les

Ethernet-APL est une couche physique améliorée permettant de transmettre les données de terrain sur une seule paire torsadée, à 1000 m de distance.

transmissions numériques entre instruments (300 fois plus vite que les bus Foundation Fieldbus H1 ou PROFIBUS PA, 8000 plus que le protocole HART du début !), en respectant à la lettre le cahier des charges [1]. Ethernet-APL est donc un perfection-





04



05



06

—
04 Prototypes Ethernet pour la communication entre débitmètres massiques Coriolis d'ABB (en haut) sur OPC UA

—
05 Prototype Ethernet pour la connexion d'une jauge laser LLT100 d'ABB à OPC UA

—
06 Réseau Ethernet-APL interconnectant sur OPC UA des prototypes ABB de capteur de pression (à gauche) et de niveau (à droite), via un prototype de commutateur Ethernet-APL (en haut)

nement de la couche physique permettant l'acheminement des données sur seulement deux fils (technologie « SPE ») jusqu'à 1000 m de distance, avec la possibilité de téléalimenter les appareils connectés. La définition de profils de port adaptés à différentes classes de protection antidéflagrante autorise l'extension de 10BASE-T1L aux zones à risques : un progrès de taille pour l'automatisation des procédés. À cela s'ajoute la spécification 2-WISE de la CEI, en 2021, qui fixe les règles de la sécurité intrinsèque sur l'Ethernet à deux fils (sans calculs) pour les instruments alimentés en boucle ou individuellement, dans les zones de danger classées 0, 1 et 2/divisions 1 et 2 →03. Inspirée du concept de bus de terrain à sécurité intrinsèque (FISCO), cette nouvelle norme simplifiera la mise en œuvre et la validation de la technologie [4].

Topologies

Ethernet-APL prend en charge plusieurs topologies d'installation de type « tronc et branches » avec, en option, des fonctions de redondance et de résilience. La dorsale du réseau, ou « tronc », véhicule les signaux de données et de haute puissance sur des câbles de 1000 m, tandis que les ramifications, ou « branches », acheminent de faibles puissances avec en option la sécurité intrinsèque, sur des distances maximales de 200 m. Ethernet-APL établit des liaisons exclusivement point à point, chaque connexion entre participants au réseau constituant un « segment ». Des commutateurs sont prévus pour isoler les communications entre segments.

Compatibilité protocolaire

Bien que prometteuse, la technologie Ethernet-APL mettra du temps à s'implanter [3]. L'hégémonie de la boucle de courant 4-20 mA et du protocole HART fait qu'il est difficile de convaincre les industriels du process à revoir de fond en comble leurs outils de développement et systèmes au profit d'APL. Cette résistance au changement ne peut être surmontée que si la valeur ajoutée de la technologie est clairement démontrée.

Sa gestion d'Ethernet/IP, d'HART-IP, d'OPC UA, de PROFINET et d'autres protocoles évolués va dans ce sens. Pour preuve, les systèmes de contrôle-commande distribués de nombreuses filières de l'industrie des procédés sont d'ores et déjà passés à PROFINET et Ethernet/IP ; il leur sera donc facile d'adopter Ethernet-APL. Sans compter qu'APL élimine les passerelles ou autres convertisseurs de protocole, d'où une complexité réduite, un moindre coût global de possession, une meilleure utilisabilité et une plus grande robustesse par rapport aux bus série ou transmissions analogiques 4-20 mA + HART. Autant d'arguments pour convaincre l'industriel de la plus-value APL.

Autre atout : les protocoles modernes peuvent aussi s'exécuter sur APL [1]. C'est le cas d'OPC UA, sur lequel ABB s'est justement penché. Ethernet-APL permet de déployer cette plate-forme de communication ouverte directement dans les appareils de terrain pour faciliter leur intégration aux applications informatiques et opérationnelles de l'industrie du futur.

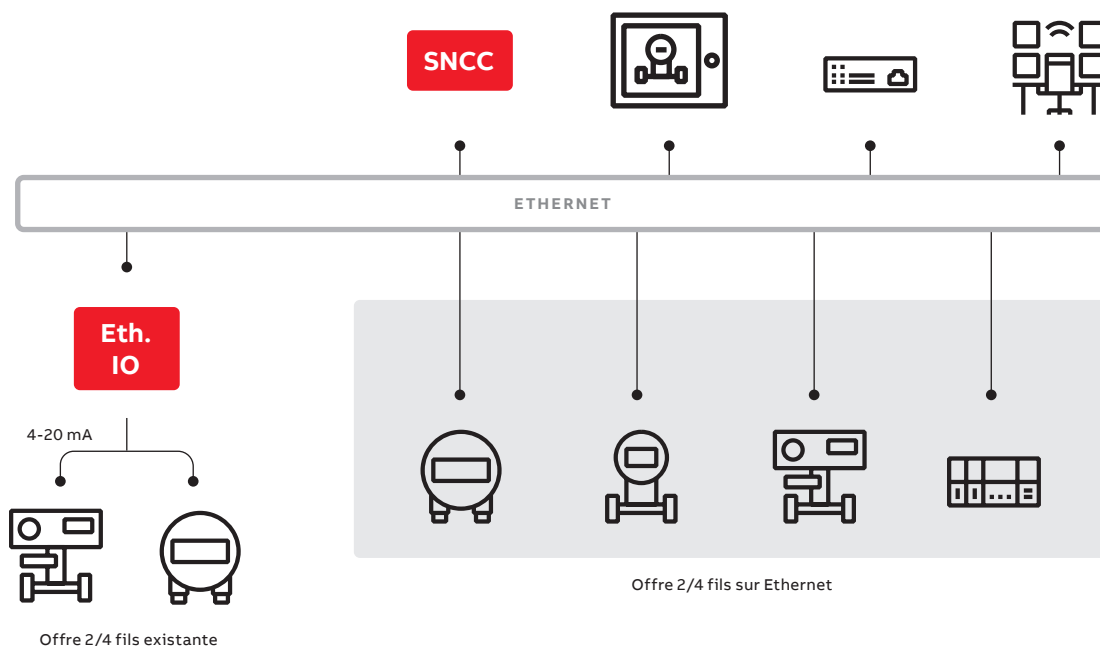
Ethernet-APL et OPC UA intégré

En 2016, l'association de groupes chimiques allemands NAMUR a publié une mise en garde (qui débouchera en 2018 sur la recommandation NE 168) invitant les fournisseurs d'automatismes résolus à déployer Ethernet dans l'atelier à ne pas reproduire les erreurs entachant les précédentes générations de bus de terrain [5–6]. Ce fut pour ABB l'occasion d'étudier les moyens de surmonter les obstacles à la transparence et à la continuité des échanges, telles que les conversions massives et les laborieuses descriptions d'équipements

—
APL prolonge la connectivité 10BASE-T1L dans les atmosphères explosibles : une prouesse technique !

dont ont besoin les bus historiques pour exploiter les données utiles d'un process aux fins de contrôle-commande, de suivi d'état, d'optimisation et de maintenance. OPC UA, au premier chef, a l'avantage de compléter ces données d'informations sémantiques qui, selon ABB, sont à même de faire sauter les traditionnels verrous des bus de terrain, sous réserve d'un déploiement correct. Dès 2017, ABB mettait au point une série de prototypes pour démontrer l'aptitude d'OPC UA à transférer les données de production en toute sécurité, avec des performances suffisantes et de faibles besoins mémoire, tout à fait adaptés aux appareils limités en ressources →04. Un progrès quand on sait qu'OPC UA était auparavant réservé aux échanges entre dispositifs plus puissants, comme des serveurs ou des automates.

Le Groupe commença par évaluer l'adéquation d'OPC UA aux débitmètres 4 fils dans lesquels signaux de données et de puissance cheminent séparément. Moyennant un adaptateur Ethernet pour convertir le protocole HART de l'instrument dans un serveur OPC UA, ABB a obtenu des performances satisfaisantes. Il devint alors



07

facile d'accéder à des centaines de paramètres d'appareils via OPC UA, sans avoir recours à des descriptifs matériels supplémentaires. ABB a également étudié la mise en œuvre d'OPC UA dans des appareils miniaturisés (capteurs de niveau, par exemple), plus sobres en énergie →05. En optant pour la nouvelle pile protocolaire OPC UA, qui vise

L'intégration OPC UA/Ethernet-APL dote le terrain d'un protocole de communication universel.

les appareils embarqués à haute performance et faible capacité mémoire, ABB a pu utiliser une plate-forme Ethernet intégrant nativement OPC UA et toutes les fonctionnalités de l'équipement dans ce prototype. La consommation électrique et l'espace mémoire en ont été d'autant réduits, sans dégrader la vitesse de rafraîchissement.

Le résultat étant à la hauteur des objectifs de performance et d'économie promis par Ethernet-APL, ABB a réalisé un dispositif nativement OPC UA, alimenté en puissance et en données sur une même paire de fils. L'application de mesure de niveau a débouché sur une carte d'évaluation développée par le consortium Ethernet-APL →06. L'équipe ABB a ensuite étudié le portage et l'intégration d'OPC UA dans un prototype de capteur

de pression nécessitant l'une des vitesses de rafraîchissement (2 ms) les plus élevées de l'instrumentation de process.

Utilisés sur les premiers bancs d'essai Ethernet-APL de plusieurs clients triés sur le volet, ces prototypes ABB font aujourd'hui preuve d'une totale interopérabilité au sein du réseau multiconstructeur. Le Groupe ne se contente pas d'implanter la technologie Ethernet-APL ; il mène également les travaux de normalisation des équipements communiquant sur OPC UA, en partenariat avec la fondation OPC et FieldComm Group.

Ces expérimentations sont propres à garantir aux clients des communications Ethernet à très hautes vitesses de transfert et de rafraîchissement, sur deux fils véhiculant sans problème données et puissance →07. Grâce à des modèles d'information embarqués, dans lesquels la sémantique est incorporée à l'information transmise, ces équipements n'auront pas besoin de descriptions supplémentaires et pourront facilement s'intégrer à différentes applications.

Le terrain, valeur ajoutée de l'entreprise

Grâce à son architecture réseau simplifiée et affranchie des conversions de protocole, Ethernet-APL offre une parfaite compatibilité, une grande facilité d'emploi, un débit de 10 Mbit/s, tout en affichant la simplicité de la boucle 4-20 mA, ainsi qu'une largeur de bande adaptée aux échanges entre instruments et une gestion multiprotocole. En multipliant

— 07 Schéma illustrant la convergence sur réseau Ethernet d'équipements de process traditionnels reliés par boucle de courant 4-20mA et d'appareils de terrain dotés de connexions Ethernet-APL multiprotocoles.

— 08 Avec sa vaste panoplie d'outils d'installation, de diagnostic et de dépannage, l'Ethernet à haut débit est le standard par excellence des technologies numériques câblées dans la grande majorité des procédés industriels.

les connexions d'un vaste parc d'instruments 2 fils déployés en ambiances explosibles, Ethernet-APL améliore les performances de communication sans déroger aux impératifs de sécurité → 08. L'intégration des technologies

—
Les premiers produits Ethernet-APL commercialisés par ABB et ses partenaires seront à l'ACHEMA Pulse 2021.

OPC UA et Ethernet-APL dote le niveau terrain d'un protocole de communication à la fois dédié et universel. Elle ouvre la voie à des modèles d'information et une sémantique libérés des

descriptions d'équipement, contribuant ainsi au découplage des mondes IT et OT.

ABB et d'autres fournisseurs d'automatismes n'auront pas attendu le lancement d'Ethernet-APL, à l'automne 2021, pour présenter des produits compatibles lors de la première édition entièrement virtuelle du salon ACHEMA Pulse, qui s'est tenue juin. Un point d'orgue à la longue migration d'Ethernet vers le process pour une connectivité sûre, fluide et continue à tous les échelons de la hiérarchie industrielle, jusque dans le cloud. •

Remerciements

Cet article n'aurait pas été possible sans les idées, les apports et le dévouement de nombreux collaborateurs ABB. Parmi les contributeurs, que soient tout particulièrement remerciés Roland Braun, Philipp Bauer, Alexander Gogolev, Alexander Nahrwold, Peter Ude et Tilo Merlin.

Bibliographie

[1] Larson, K., « The Last Mile-APL Standard to Make Field-level Ethernet a Practical Reality », *Control*, p. 24-28, juin 2020.

[2] Gogolev, A., « OPC UA et TSN, au cœur des réseaux industriels de demain », *ABB Review*, 1/2020, p. 30-35.

[3] APL Project group, « Ethernet to the Field », livre blanc, p. 1-17, 2020.

[4] « Moving Forward: Advanced Physical Layer for Industrial Ethernet », *Profinews*, disponible sur : <https://profinews.com/2019/11/moving-forward-advanced-physical-layer-for-industrial-ethernet/>, 30 novembre 2019 (consulté le 1^{er} juillet 2021).

[5] Plauky, « Ethernet-Kommunikation », exposé présenté à la session plénière 2016 de la NAMUR.

[6] Groupe de travail 2.6 « Digital Prozesskommunikation » de la NAMUR, « Anforderungen an ein Ethernet-Kommunikationssystem für die Feldebene », NE 168, p. 1-9, 22 novembre 2018.

