

MESURES MÉCANIQUES

Les TEDS donnent la parole aux capteurs analogiques

Les capteurs analogiques auront-ils prochainement une interface standard leur permettant d'être raccordés à un réseau numérique ? C'est l'un des objectifs de l'IEEE qui vient de valider la première étape de ce processus, la norme 1451.4. Celle-ci définit le format d'une fiche technique universelle permettant aux capteurs analogiques de s'auto-identifier auprès du système de conditionnement ou d'acquisition. Conscients de son intérêt, de nombreux fabricants de capteurs et de systèmes d'acquisition se sont déjà lancés dans l'aventure. Mais prudence, tous les capteurs analogiques ne parlent pas encore le même langage...

C'est comme une vague qui agite la surface de l'eau... Sans provoquer de mouvement de fond, sans révolutionner l'existant ni bouleverser les habitudes, les capteurs et les systèmes d'acquisition intégrant la fonction "Teds" font peu à peu leur entrée dans le paysage des mesures mécaniques. Leur histoire est déjà ancienne. En 1999, quelques grands noms du domaine (PCB Piezotronics, Endevco ou encore Brüel & Kjær pour ne citer qu'eux) mettent sur le marché les premiers capteurs et conditionneurs intégrant la fonction Teds, avant même que la norme qui la régit ne soit définitive. A cette époque, l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), qui s'intéresse entre autres à la standardisation des interfaces des

capteurs dits "intelligents", n'a en effet délivré qu'un document de travail provisoire, l'IEEE P1451.4. Quelques applications voient le jour, notamment dans les centres d'essais de l'industrie aéronautique, mais elles restent timides. Malgré la pression des fabricants de capteurs, nombreux sont ceux qui doutent alors de la pérennité de ce nouveau "standard".

L'avenir, pourtant, semble leur donner tort. En l'espace de

quelques mois, les annonces se sont multipliées : HBM vient de doter ses capteurs et ses amplificateurs d'une option Teds, John & Reiholfer a proposé un système d'acquisition de données Teds fabriqué par l'Allemand IMC Messsysteme, National Instruments vient d'annoncer des solutions matérielles et logicielles compatibles avec ce standard (c'est le cas par exemple de la dernière version de son driver d'acquisition de données NI-DAQmx7.2), Ors commence à intégrer une librairie de capteurs Teds à ses analyseurs acoustiques et vibratoires... et nombreux sont les fabricants de capteurs à s'être associés à National Instruments au sein du programme "Plug and Play Sensors", qui contribue largement à cet engouement général. Pour couronner le tout, l'IEEE annonçait en août dernier la version définitive de la norme régissant les Teds : l'IEEE 1451.4.

Ce nouveau standard offre la possibilité de configurer automatiquement les capteurs analogiques en y intégrant une interface spécifique et une fonction d'autoreconnaissance. Celle-ci est assurée par la présence d'une fiche technique embarquée dans le capteur : c'est le fichier TEDS (pour *Transducer Electronic Data Sheet*), une sorte de "carte d'identité" du capteur stockée dans une mémoire de type Eeprom.

Faire parler le capteur analogique

Pour comprendre l'intérêt du standard, il faut revenir au tout premier maillon de la chaîne de mesure : le capteur. Celui-ci convertit le phénomène physique (une température, une déformation physique, un déplacement...) en une grandeur électrique

(une résistance, une tension, un courant, etc.). Lorsqu'elle n'est pas immédiatement convertie à l'intérieur du capteur en signaux numériques, l'information délivrée à la sortie du capteur est toujours de nature analogique. Avant d'être exploitée par le système d'acquisition de données, elle doit donc être traitée par un conditionneur. Mais pour convertir les signaux bruts délivrés par le capteur en grandeurs mises à l'échelle, encore faut-il que le système connaisse les caractéristiques techniques du capteur (telles que son étendue de mesure, sa sensibilité, etc.). Avant toute mesure, il faut donc commencer par saisir ces informations dans le logiciel d'acquisition de données.

Habituellement, la saisie est réalisée manuellement, à partir de la documentation imprimée du capteur. Lorsqu'on a deux ou trois voies de mesures à configurer, l'opération est simple et rapide. « Mais lorsqu'il faut configurer un système comprenant plusieurs dizaines, voire plusieurs centaines de voies, cela peut prendre un temps considérable !, indique Patrick Robert, ingénieur technico-commercial chez HBM. Sans compter les nombreux risques d'erreurs liés au câblage et à la saisie des données ».

Avec des capteurs et des systèmes d'acquisition dotés de fonctions Teds, tout est plus simple et plus sûr. L'utilisateur n'a plus à rechercher la fiche d'étalonnage de ses capteurs, ni à saisir manuellement toutes les données dans le logiciel. Ceux qui ont des applications avec un nombre élevé de voies de mesures apprécieront aussi la grande simplification apportée au niveau du câblage : le système d'acquisition reconnaît immédiatement le capteur qui est raccordé à l'ex-

En bref

- ▶ L'IEEE vient de valider la version définitive de la norme 1451.4 visant à configurer automatiquement les capteurs analogiques à partir du système de conditionnement ou d'acquisition.
- ▶ Elle définit pour cela le format d'une fiche technique embarquée dans une Eeprom du capteur.
- ▶ Ce fichier permet d'éviter les erreurs liées au câblage ou à la saisie manuelle des données du capteur.
- ▶ En exploitant les données qu'il fournit, on peut aussi améliorer la qualité des mesures.



Onera

Les premières applications des capteurs dotés de fonctions Teds ont vu le jour dans le domaine de l'aéronautique il y a cinq ans. A l'Onera, par exemple, des centaines d'accéléromètres Teds montés sur les avions permettent de réaliser des essais au sol de vibrations et de structures. Plutôt que de suivre le cheminement des câbles sur des centaines de mètres de longueur, les techniciens peuvent interroger les capteurs à distance (depuis le système d'acquisition de données) pour s'assurer que toutes les connexions ont bien été établies...

trémité de chaque câble. Quand il y a de gros enchevêtrements de câbles, l'identification automatique des voies est un apport incontestable.

L'intérêt est multiple. « Une fois que l'on a raccordé les capteurs aux différentes voies de mesure, le système affecte automatiquement le gain nécessaire à chacune des voies, en fonction des caractéristiques du capteur qui lui est raccordé », précise Philippe de Cordemoy, responsable Capteur Conditionneur chez Brüel & Kjær. « Cela permet de démarrer les mesures immédiatement, sans perdre de temps dans la vérification des câblages ou dans l'application des différents paramètres de réglage », ajoute M. Robert (HBM).

Les capteurs sont aussi plus facilement interchangeables. Si l'on remplace un capteur par un autre, le système d'acquisition prend aussitôt en compte les paramètres du nouveau capteur qui lui a été raccordé.

« La norme IEEE 1451.4 fournit par ailleurs une certaine traçabilité à la chaîne de mesure analogique », indique M. Robert (HBM). Le fichier Teds comprend en effet trois zones distinctes. L'une spécifie l'identité du capteur (son fabri-

cant, son numéro de série, etc.), la deuxième ses principales caractéristiques techniques (avec notamment sa gamme de mesure, sa sensibilité, sa date d'étalonnage, etc.), et la dernière est réservée à l'utilisateur. Celui-ci peut alors indiquer toutes les informations qu'il juge utiles : l'emplacement physique du capteur, la prochaine date à laquelle il faudra l'étalonner, etc.

Ces informations peuvent être lues à tout moment par le système d'acquisition, du moment que l'on interroge le capteur. Celui-ci est en effet doté d'une interface spécifique, dite "en mode mixte", constituée d'une liaison série numérique et de la liaison analogique classique du capteur. Le système utilise alors soit l'une, soit l'autre des voies.

Il existe aussi une parade pour les capteurs analogiques "classiques" ne possédant pas encore de fonctionnalités Teds. C'est l'objet du partenariat de National Instruments avec différents fabricants de capteurs. Au lieu de lire une fiche technique embarquée dans le capteur, National Instruments propose d'y accéder

à partir de son site internet ou de son logiciel d'acquisition de données. Une bibliothèque de fichiers Teds dits "virtuels" est ainsi accessible en un clic de souris dans la version 7.1 de LabView. C'est le cas par exemple des capteurs de Sensorex. « Un certain nombre de nos capteurs, notamment certains LVDT, sont référencés dans la base de données de National Instruments, témoigne Louis Goyet, directeur technique de la société. En appelant l'un d'entre eux, l'utilisateur peut alors consulter la fiche technique du capteur et configurer son unité de conditionnement ». La solution, bien sûr, n'empêche pas les erreurs (rien ne dit que le fichier chargé correspond au capteur effectivement connecté), mais elle n'est pas sans intérêt. « L'idée, c'est de transformer des capteurs existants sans modifier leur électronique, précise Etienne Suc, expert technique chez National Instruments. Avec les éditeurs que nous proposons, l'industriel peut lire et réécrire des informations dans la fiche technique de n'importe quel capteur référencé dans notre base de données ».

Pour transformer les capteurs existants, on peut aussi ajouter l'Eeprom contenant le

Exemple de fichier TEDS (norme IEEE 1451.4)

Zone 1 Paramètres d'identification du capteur	Fabricant
	Modèle
	Version
	Numéro de série
Zone 2 Caractéristiques techniques du capteur	Date d'étalonnage
	Sensibilité
	Gamme de mesure
	Coefficient de variation thermique
	Autres paramètres (suivant le type de capteur)
Zone 3 Champs réservés à l'utilisateur	Emplacement
	Prochaine date d'étalonnage
	Autres paramètres (suivant les besoins de l'utilisateur)

fichier Teds dans le câble ou dans le connecteur du capteur. Certains fabricants (tels qu'Endevco) proposent également un petit module qui se raccorde directement au capteur analogique classique et lui permet de bénéficier de tous les avantages du Teds. Enfin, l'intérêt du standard IEEE 1451.4 réside surtout dans le fait qu'il est théoriquement... standard. N'importe quel capteur Teds du marché doit donc pouvoir être reconnu par n'importe quel système d'acquisition ou de conditionnement, quel qu'en soit le fabricant. Voilà pour la théorie...

Un drôle de standard

En pratique, tout n'est pas si simple. « Lorsque nous avons développé les premiers capteurs Teds, en 1998, nous n'avions aucune raison de choisir un codage plutôt qu'un autre dans l'écriture des données de la fiche technique, puisque les travaux normatifs n'étaient pas encore finalisés », indique Franck Retourné, p.-d.g de PCB Piezotronics. Il en est de même pour d'autres fabricants de capteurs à la même époque... Conséquence, les capteurs Teds de l'un ne sont pas forcément lisibles et réinscriptibles par les conditionneurs de l'autre. « A moins de reformater la mémoire des capteurs Teds que nos conditionneurs ne savent pas lire pour la rendre compatible avec nos systèmes », ajoute M. Retourné. Mais en pratique, aucun fabricant ne le fait. « Nos capteurs Teds ne sont exploitables pour l'instant qu'avec nos propres amplificateurs », confirme M. Robert (HBM).

Néanmoins, de l'avis de certains fabricants,

l'incompatibilité entre les différents systèmes n'est pas le fruit d'un développement technique antérieur à la norme, mais d'une réelle volonté de marquer sa différence. « Lorsqu'on tente de faire adopter un standard, il y a toujours ceux qui jouent le jeu, et ceux qui ne le jouent pas, nous confie un fabricant de capteurs. Pour renforcer des partenariats stratégiques avec des sociétés spécialisées dans l'acquisition de données ou pour chercher à se démarquer de leurs concurrents, certains fabricants de capteurs ajoutent volontairement une partie propriétaire dans le codage de la fiche technique électronique ». M. de Cordermoy (Briel & Kjaer) fait la même analyse. « Nos analyseurs sont compatibles avec n'importe quel capteur du marché conforme à la norme IEEE 1451.4. En revanche, nous sommes parfois contraints de réaliser un développement spécifique au niveau de nos propres capteurs pour les rendre compa-

Pour écrire et lire les informations contenues dans la fiche technique des capteurs Teds, les conditionneurs et les systèmes d'acquisition doivent aussi intégrer cette fonctionnalité. Théoriquement, tous les capteurs du marché conformes à l'IEEE 1451.4 devraient être compatibles avec tous les systèmes d'acquisition dotés de la fonction Teds, quel qu'en soit le fabricant. En pratique, cela n'est pas toujours le cas...



PCB Piezotronics

tibles avec certains systèmes d'acquisition qui intègrent une fonction propriétaire ».

Cela n'est pas sans rappeler d'autres tentatives (d'autres échecs, aussi...) en matière de standardisation d'interfaces. Rien que dans le domaine des mesures angulaires, par exemple, de nombreuses interfaces propriétaires se partagent le marché (c'est le cas notamment de l'EnDat, de l'Hyperface, ou encore de la toute dernière BiSS) sans que l'une ne prenne le pas sur l'autre. Ne parlons pas non plus de l'éternel débat autour des bus de terrain en instrumentation de process, ou des protocoles standards déjà existants qui restent confinés dans leur domaine d'origine sans que l'on songe à en exploiter les potentialités dans d'autres applications... Inutile, par exemple, de penser à utiliser les avantages du protocole Hart (et notamment ses fonctionnalités de paramétrage et d'autodiagnostic) pour des capteurs d'accélération. A chaque fois, la réponse sera la même : « L'instrumentation de process et les mesures mécaniques sont deux métiers différents, nous confie un fabricant de capteurs de mesures mécaniques. Et nous avons déjà assez de mal à trouver un terrain d'entente entre nous... ».

Il faut dire aussi que l'IEEE 1451 semble avoir souffert, dès le départ, d'un certain manque de réalisme, alors que le projet initial était largement plus ambitieux. Si les points 1, 2 et 3 de la norme visent à raccorder des capteurs analogiques "intelligents" à un réseau numérique, le point 4 ne définit pour l'instant qu'un simple "capteur à mémoire". « Il n'y a pour l'instant aucune intelligence dans les capteurs Teds, souligne M. Retourné. Leur mérite, c'est de faciliter la mise en œuvre des essais grâce à leur fonction d'autorecognition ». Inutile, par exemple, de demander au capteur d'effectuer dix mesures et de ne transmettre que la moyenne des dix, ou de s'autodiagnostiquer pour transmettre un éventuel message d'alerte : il ne fera que décliner son identité...

Du coup, les capteurs Teds restent essentiellement utilisés là où ils sont sûrs de présenter un intérêt certain : les essais requérant un grand nombre de voies de mesures. « On les utilise le plus souvent sur des bancs d'essais employant plus d'une cinquantaine de capteurs », souligne Marc Chambroux, directeur commercial d'Endevco France. Ainsi, « la plupart de nos capteurs Teds sont utilisés par des centres d'essais dans le domaine de l'aéronautique », constate M. Retourné (PCB Piezotronics). Dans ce cas, ce sont souvent plusieurs centaines d'accéléromètres et de jauges de contraintes qui sont fixés à la surface des structures et raccordés à une unité d'acquisition (voir encadré).

Dans d'autres domaines, en revanche, les Teds ne percent pas. Certains fabricants, qui avaient initialement cru et participé au projet, s'en sont même retirés. C'est le cas par exemple du fabricant de capteurs de courant et de tension électriques Lem. « Il y a deux ans, nous avons signé un accord avec National Instruments pour participer au "Plug and Play Sensors Program", se souvient Loïc Moreau, responsable marketing chez Lem. Nous avions même commencé à développer la fonction Teds sur certaines gammes de capteurs, au niveau des connecteurs. Nous pensions alors qu'ils pourraient être utilisés sur des bancs de tests, notamment dans la mesure de courant des moteurs. Mais peu à peu, nous nous sommes rendus à l'évidence : le marché était trop restreint pour ce type d'applications. Pour l'instant, nous avons donc laissé de côté ce programme ».

Par ailleurs, les capteurs Teds, s'ils ne représentent qu'un surcoût relativement faible par rapport aux capteurs analogiques classiques (de l'ordre de 5 à 10 %), nécessitent tout de même un investissement supplémentaire... Enfin, la fonctionnalité ne sera jamais étendue à tous les capteurs de mesures mécaniques, ne serait-ce que pour des raisons liées aux contraintes environnementales. Les

L'Onera, un pionnier du TEDS

Avec plusieurs centaines d'accéléromètres montés sur des avions pour réaliser des essais au sol de vibrations et de structure, l'Onera détient certainement l'une des toutes premières et l'une des plus belles applications des Teds en France.

Pour Michel Sergent, responsable du laboratoire d'électronique, l'idée de se lancer dans l'aventure il y a cinq ans (alors que la norme IEEE 1451.4 n'était encore que provisoire) s'est presque imposée d'elle-même. « Dès que nous avons vu l'intérêt que nous pouvions en retirer, nous avons travaillé avec des fabricants de capteurs pour pouvoir développer un prototype ». En 2000, l'application définitive voit le jour avec 500 capteurs de PCB Piezotronics et le système d'acquisition Ideas de la société MTS Systems.

« Avant de connaître les Teds, nous prenions "nos papiers et nos crayons", et nous suivions le cheminement de centaines de câbles sur des kilomètres de longueur pour s'assurer qu'il n'y avait pas d'erreurs de câblage, se souvient M. Sergent. Désormais, nous raccordons tous les capteurs, et nous les interrogeons à distance



pour s'assurer que toutes les connexions ont bien été établies ». Bien sûr, le capteur ne dit pas l'endroit où il est physiquement installé, mais « nous sommes sûrs d'avoir bien tel accéléromètre sur telle voie de mesure ». Conséquence, « en interrogeant le capteur, nous pouvons associer la bonne sensibilité à la bonne voie », poursuit M. Sergent. La fonction Teds facilite également l'opération d'étalonnage. En consultant la fiche technique du capteur, le laboratoire connaît la date du dernier étalonnage. Lorsqu'il refait l'opération, il n'a qu'à réinscrire les nouvelles valeurs dans le fichier Teds à l'intérieur du capteur...

mesures d'accélération à haute température, par exemple, nécessiteront toujours de déporter l'électronique hors du capteur...

Donner un peu "d'intelligence" au capteur

Quel avenir alors pour les Teds ? Difficile de le dire... Pour l'instant, seule une poignée de fabricants de capteurs s'y sont intéressés de près, et certains fabricants en sont encore à ignorer l'existence de ce standard.

Ce qui est sûr, en tout cas, c'est que le standard n'a pas fini d'évoluer, et que même ses nombreux défenseurs le considèrent comme une solution provisoire, une première étape vers des capteurs intelligents raccordés sur un réseau universel. « Le Teds est une fonctionnalité forcément temporaire, indique M. Chambroux (Endevco). Elle ne permet pas, par exemple, de réduire le nombre de câbles que l'on doit raccorder au système d'acquisition. L'avenir, pour nous, ce sont des accéléromètres dotés d'une interface réseau ». Pour Bruno Cristofari, directeur commercial chez Entran, « le "capteur à mémoire" qui décline son identité n'a qu'un intérêt très limité. Ce qui compte, c'est d'exploiter les données de ce capteur pour améliorer la mesure ». C'est ce que commencent déjà à proposer quelques fournisseurs. « Nous inscrivons dans le fichier Teds de nos microphones leur réponse en phase, explique M. de Cordemoy (Briel & Kjaer). Lors de la mesure, notre logiciel va ainsi pouvoir aller chercher cette valeur et l'exploiter pour donner un résultat corrigé en phase. De la même manière, on peut aussi corriger la réponse d'un capteur Teds en fonction de la température, ou encore demander au logiciel d'aller régulièrement comparer la date du prochain étalonnage (inscrite dans le fichier Teds) à la date du jour, pour avertir l'utilisateur que l'opération est bientôt nécessaire ». Les nouvelles valeurs de l'étalonnage sont alors mises à jour dans la zone réinscriptible du fichier Teds.

Marie-Line Zani

A la sortie du capteur : une interface "en mode mixte"

