

NATIONAL INSTRUMENTS

# Applications d'utilisateurs

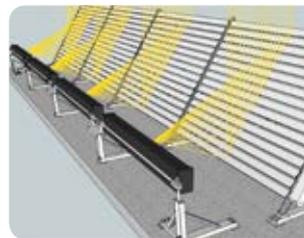
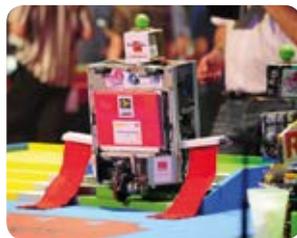
Cette brochure rassemble les articles candidats au concours des meilleures applications de 2015, ainsi que les gagnants des différentes catégories

Acquisition/enregistrement de données

Automatismes industriels et systèmes embarqués

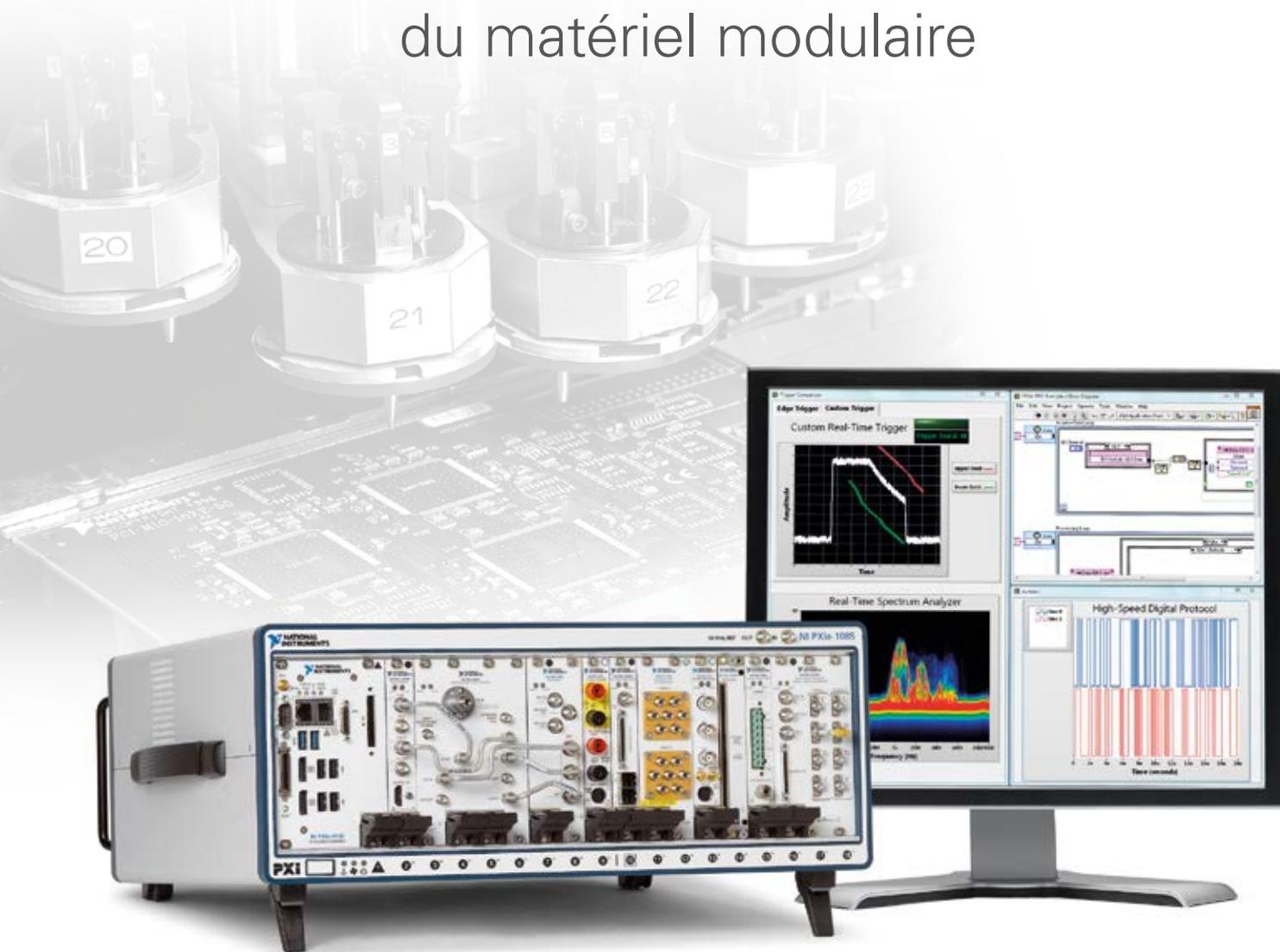
Enseignement et recherche

Instrumentation/tests électroniques



# Redéfinir le test automatique

avec un logiciel ouvert et  
du matériel modulaire



L'expansion du logiciel dans tous les secteurs d'activité offre un potentiel d'innovation sans limites, d'autant plus que notre manière d'interagir avec les appareils est en train de changer. Ces évolutions doivent également s'appliquer à nos équipements de test. Contrairement aux instruments traditionnels dotés de fonctionnalités limitées, la plate-forme de test automatique de NI intègre les technologies les plus récentes pour construire des systèmes complexes tout en réduisant le temps et les coûts de développement.

Avec sa méthode de programmation graphique intuitive, NI LabVIEW réduit le temps de développement en fournissant un environnement unique qui simplifie l'intégration matérielle et diminue le temps d'exécution.



**>> Augmentez votre productivité : visitez [ni.com/automated-test-platform](http://ni.com/automated-test-platform)**

01 57 66 24 24

©2015 National Instruments. Tous droits réservés. LabVIEW, National Instruments, NI, et ni.com sont des marques de National Instruments. Les autres noms de produits et de sociétés mentionnés sont les marques ou les noms de leurs propriétaires respectifs. Pour plus d'informations concernant les marques de National Instruments, veuillez vous référer à la partie Terms of Use sur le site ni.com/legal. 23182

**NATIONAL  
INSTRUMENTS™**

Acquisition / enregistrement de données		
Banc de contrôle pare-soleil automobile	INGENIA-system	2
Baie de mesure innovante pour le contrôle en production de pompes à vide	Innodura TB	4
Caractérisation de la transition de phase de MCP utilisés pour la modification de l'inertie thermique de matériaux	CEREMA	6
Conception de la plate-forme de détection de pathogènes la plus rapide au monde	ELVESYS 	8
Banc de test d'étanchéité pour radiateur automobile	INGENIA-system	11
Nanomécanique à haute température et transfert de technologie dans une start-up	ONERA	13
Logiciel de pilotage de banc d'éclatement de flexibles automobiles	Médiane Système	16
Développement d'une application pour la réintégration d'un banc d'essai d'étanchéité palier	Phalanx	18
Système de contrôle non-destructif pour les matériaux composites	V2i	20
Système de supervision de température des enceintes climatiques sous LabVIEW	INEVA	22
Automatismes industriels et systèmes embarqués		
Découpler la capacité d'analyse de tests d'endurance mécanique et électrique des moteurs de la maison connectée	SAPHIR	24
Banc d'endurance pression pulsée huile	INGENIA-system	26
Automatisation d'un banc de mesures pour la recherche sur les accumulateurs électrochimiques	École Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Poitiers	28
Diagnostiquer la qualité des soudures dans une usine de traitement de tôles d'acier	V2i 	31
Surveillance de production par caméra industrielle avec le logiciel interactif Vision Builder AI	NEW VISION Technologies	34
Enseignement et recherche		
HOME I/O, une maison « virtuelle » pilotée sous LabVIEW	CRestIC	36
La radio-logicielle pour l'enseignement des communications par satellites	Télécom Bretagne	38
Nouveau concept de concentrateur solaire PV/Th : S.R.L.O, Système Réfléchissant à Lames Orientables	Université de Corse	41
Programmation d'un robot pour la Coupe de France de robotique	CYBERNÉTIQUE en NORD	44
Développer un prototype sous LabVIEW pour gérer le chauffage d'un local, dans le cadre d'un projet de terminale	Lycée des Métiers Lazare de Schwendi	46
Développer un drone à l'aide de la plate-forme myRIO	Université de Technologie de Belfort-Montbéliard 	49
Développement d'une méthode de détermination de la tenue mécanique des points de soudure	Écoles des mines de Saint-Étienne	51
Instrumentation / tests électroniques		
Enregistrement et rejeu sur une plate-forme de test de navigation par satellite unifiée et ouverte	M3 Systems 	54
Banc de test pour des modules PEC des véhicules Renault Zoe	ARELIS 	57
Développement des moyens de test automatiques pour le système de distribution électrique primaire (PEPDS) d'un avion	LGM Ingénierie	59
Automatisation des étalonnages en humidité de la plate-forme de référence nationale	CETIAT et MESULOG	62
Logiciel d'automatisation des mesures de modes localisés	Laboratoire de Physique de la Matière Condensée de Nice	65



Acquisition / enregistrement de données

## Banc de contrôle pare-soleil automobile

Par Philippe BRANDAO, INGENIA-system

### L'OBJECTIF :

Proposer un rétrofit d'un banc de contrôle pare-soleil existant pour véhicules, modifier le matériel d'acquisition obsolète et effectuer la transition de DASylab vers LabVIEW, pour permettre la mesure de couple/position angulaire, force/position angulaire, force/coulissement et la détection de défauts de fabrication sur les produits en phase de R&D et sur ligne de production.

La société INGENIA-system, située à Reims en Champagne-Ardenne, est un intégrateur de produits National Instruments spécialisé dans le domaine du test & mesure, qui conçoit des bancs d'essais clé en main. À la demande d'un équipementier automobile, INGENIA-system a réalisé le rétrofit d'un banc d'essais permettant de contrôler les prototypes de pare-soleil pour véhicules mais aussi des échantillons provenant des lignes de production.

### Un rétrofit pour gagner en qualité de mesure et en productivité

Il était nécessaire de concevoir le rétrofit d'un banc obsolète qui ne répondait plus aux besoins du client. L'objectif : gagner en précision de mesure et en productivité, avec des essais plus simples à préparer et un post-traitement complet intégré dans le nouveau logiciel développé sous LabVIEW. Pour chaque essai, l'opérateur peut créer, charger et sauvegarder une configuration d'essai spécifique au produit à contrôler (différents modèles de

*« Nous avons choisi LabVIEW pour minimiser le temps de développement et les produits CompactDAQ pour garantir à notre client la pérennité de son rétrofit. »*

### LA SOLUTION :

Utiliser CompactDAQ et LabVIEW pour disposer d'un banc d'essai évolutif et clé en main permettant l'acquisition de diverses mesures (force, couple, position angulaire et coulissement), le post-traitement des données et la génération de rapports.

pare-soleil et différentes marques de constructeurs automobiles). Cette configuration permet de renseigner les éléments à intégrer au rapport d'essai, le choix des capteurs à utiliser, les limites de conformité du produit, les échelles de mesure, les curseurs du graphe par défaut... Différents types d'essais sont possibles (axe/embase, volet...) selon le modèle du produit et le contrôle demandé.

### Suivi d'essai et traitement temps réel

Lors du lancement d'un essai, l'opérateur charge la configuration et lance les acquisitions (START/STOP). Durant l'essai, l'opérateur dispose d'un affichage temps réel des mesures sur graphe, du réglage des échelles X et Y, de l'utilisation de curseurs et des informations sur le produit et de l'essai à réaliser (client, date et heure, type de produit, référence, version, min, max, moyenne mesurée, température ambiante...). Une fois l'essai terminé, l'opérateur peut effectuer le post-traitement des données avant de générer un rapport complet.

### CompactDAQ pour mesurer et contrôler

En ce qui concerne l'acquisition des données, le matériel cDAQ-9178 permettant d'intégrer jusqu'à huit modules d'E/S de la Série C a été rapidement retenu pour son prix et sa modularité, le tout géré par l'environnement de programmation graphique LabVIEW. Un PC de bureau dialogue en USB avec le châssis

chargé de faire l'acquisition des mesures de force, couple, position angulaire et coulissement. Un module NI 9401 permet d'accéder au compteur du châssis et d'acquérir les positions angulaires des deux couplemètres. Un module NI 9236 permet d'acquérir les mesures de couple et de force (jauges de contrainte) issus des deux couplemètres et du capteur de force. Enfin, un module NI 9205 permet de mesurer le coulissement du volet sur le pare-soleil. Bien entendu, l'opérateur peut ajouter ou supprimer des modules selon l'essai à effectuer.

L'interface est entièrement réalisée sous LabVIEW et permet de superviser le banc (détection de perte de communication, état des capteurs...), de créer ou charger une nouvelle configuration, de lancer l'acquisition, de sauvegarder les données, de traiter les données et de générer des rapports.

Lors de la création d'une nouvelle configuration d'essai, l'opérateur renseigne différents paramètres : le nom du fichier, le nom du client, la référence du produit, la version, le type d'essai... La configuration du banc est sauvegardée au format TDMS.

### Un mois de développement

L'application de mesure sous LabVIEW a été développée en un mois. Nous avons apprécié la facilité de mise en œuvre du matériel NI et la flexibilité de LabVIEW pour créer une interface homme machine intuitive correspondant exactement aux besoins du client. Ce banc est actuellement en fonctionnement et est utilisé dans le laboratoire d'essais d'un équipementier automobile. Le banc sert à tester la conformité des prototypes et des échantillons provenant des lignes de production.

### Pour en savoir plus, vous pouvez contacter :

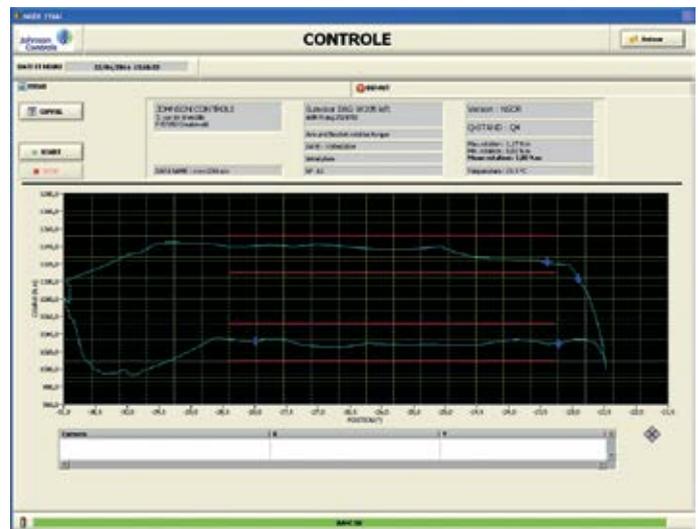
Philippe BRANDAO  
INGENIA-system  
Pôle technologique Henri Farman  
2, allée Albert Caquot  
51100 Reims  
+33 (0)9 86 25 99 02  
contact@ingenia-system.com  
www.ingenia-system.com



L'objectif est de remplacer l'ensemble du système d'acquisition obsolète par une solution National Instruments pérenne.



Un PC de bureau dialogue en USB avec le châssis chargé de faire l'acquisition des mesures de pression, couple, position angulaire et coulissement.



L'interface permet de superviser le banc, de créer ou charger une nouvelle configuration d'essai, de lancer un essai de conformité, de sauvegarder les données et de générer un rapport complet.



## Matricule opérateur

255612B

18/03/2015  
10:25:59

Conformité contrôle

Démarrer Test

## Référence pompe

217C - 7531596482

Acoustique

Vibratoire

## Résultats

Durée du test = 15sec  
Résultat du test = CONFORMEDurée du test = 15sec  
Résultat du test = CONFORME

## Acquisition / enregistrement de données

## Baie de mesure innovante pour le contrôle en production de pompes à vide

Par Romain FOREST, Innodura TB

## L'OBJECTIF :

Développer un système de mesures multiphysiques automatique pour contrôler la conformité de pompes à vide en production. Le double enjeu est de réaliser à la fois un ensemble de fonctionnalités complexes (mesures, traçabilité, sécurité machine, contrôle d'accès des opérateurs...) et de rendre ce système entièrement paramétrable depuis un outil logiciel de supervision centralisé sur le réseau de l'entreprise.

## LA SOLUTION :

Bénéficier de la souplesse de LabVIEW et de la pluridisciplinarité des produits NI pour interfacier les différents modules réalisant l'ensemble des tests de qualification de la pompe dans un environnement de production. L'ensemble des fonctions rendues possibles par LabVIEW va permettre d'améliorer le suivi des opérateurs et de la production de ces pompes à vide.

La société Oerlikon Leybold Vacuum France conçoit et fabrique des pompes à vide à palettes lubrifiées. Dans le cadre de la fabrication d'une nouvelle gamme de pompes, Oerlikon souhaite améliorer son process global de contrôle de production. L'objectif est de connaître précisément les performances des pompes en fin de ligne. Le projet consiste donc à développer une installation de mesure des pompes en fin de production, sachant qu'il n'existe pas de système de mesure clé en main adapté à ce besoin.

Oerlikon a choisi de collaborer avec Innodura TB, société spécialisée en bancs de tests innovants et partenaire de National Instruments.

## Un système automatique et pluridisciplinaire

La baie de mesure est constituée de quatre modules. Le premier effectue un test d'étanchéité de la pompe (détection de fuite) grâce à un appareil dédié. Le deuxième réalise des tests électriques sur la pompe (diélectrique, isolation et continuité de masse) par l'intermédiaire d'un module de test spécifique. Le troisième est un test de mise en fonctionnement et de vérification du vide limite de la pompe. Pour cela, le produit est démarré via une alimentation programmable, et plusieurs capteurs de pression et de température nous permettent de savoir si la pompe est conforme. Le quatrième et dernier module effectue un test vibro-acoustique au sein d'un caisson réverbérant spécifique de façon à vérifier que la pompe ne dépasse pas un seuil de bruit et/ou de vibration déterminé.

L'un des enjeux de l'opération est de réussir l'interfaçage de tous ces composants.

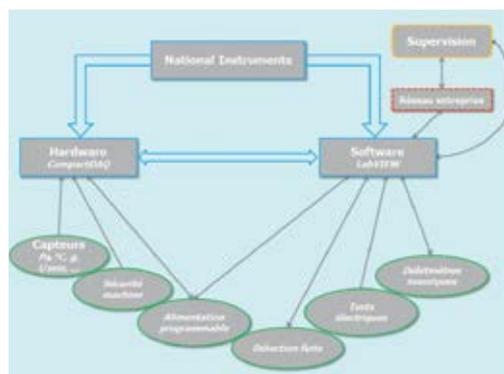
## LabVIEW comme intégrateur de technologies

La diversité des tests à effectuer nous a conduits à intégrer de manière différente une multitude d'appareils. Pour le poste d'étanchéité, le module spécifique communique en RS232 avec

« La souplesse de LabVIEW et la modularité des produits NI ont permis de concevoir et de réaliser un système intégré pour la mesure, la traçabilité, la communication réseau des données, la sécurité des opérateurs et la supervision complète de la production. »



De la conception à la réalisation d'une baie de mesure et de ses différentes unités pour le contrôle en production de pompes à vide.



Interfaçage global des différents composants du système avec les produits NI.

LabVIEW grâce aux drivers disponibles sur ni.com. La même méthode s'applique au poste électrique avec l'équipement dédié. Une porte automatique est également pilotée par l'intermédiaire d'un CompactDAQ-9171 et d'une carte de sorties numériques. Pour le test en fonctionnement, huit capteurs sont mesurés en continu (quatre de pression, deux de température et deux de débit) grâce à un cDAQ-9174 et d'une carte d'entrées analogiques. Nous pilotons également un débitmètre massique via une communication RS485 et les drivers disponibles sur ni.com pour réguler la dépression causée par la pompe au sein d'un dôme spécifique à la mesure de vide. Une alimentation programmable en RS232 génère le signal électrique spécifique à chaque référence de pompe. Pour le dernier poste, un nouveau cDAQ-9171 et une carte d'entrées analogiques nous permettent de faire l'acquisition fine d'un microphone et d'un accéléromètre.

De plus, la notion de sécurité machine a été mise en place de façon à ce que l'opérateur ne puisse pas toucher une pompe en fonctionnement. Pour cela, le poste de test du tirage au vide a été équipé d'un scrutateur laser et des contacteurs de portes ont été installés sur le caisson acoustique. L'ensemble de ces équipements ainsi que des boutons d'arrêt d'urgence sont gérés par le biais d'une centrale d'acquisition de sécurité programmable suivant le besoin. Celle-ci communique avec le cDAQ du module de test en fonctionnement qui centralise l'information de sécurité.

### Des interfaces homme-machine spécifiques

Chaque module de test dispose d'un pupitre opérateur avec un PC tactile industriel NI TPC-2212. Chaque PC embarque un logiciel de mesure développé sous LabVIEW, spécifique à chaque unité. Les logiciels de chaque poste reposent sur la même architecture (machine d'états et producteur/consommateur) de façon à uniformiser au maximum le système. Quel que soit le test à réaliser, la procédure est identique : au démarrage, un fichier de configuration est chargé depuis le serveur de l'entreprise. Puis l'opérateur doit s'identifier grâce à un lecteur de code-barres. Le système vérifie si le badge est autorisé ou non à utiliser le matériel. Il doit ensuite identifier la



Face-avant de l'interface homme-machine du poste vibro-acoustique.

pompe à mesurer. Le logiciel guide l'opérateur conformément au test à réaliser. L'opérateur valide sur le PC tactile et la mesure s'effectue automatiquement en fonction de la référence de la pompe. Par exemple, certaines pompes doivent être alimentées en 220 V, 50 Hz et d'autres en 110 V, 60 Hz. Ceci est paramétrable et géré par le système. À la fin de la procédure, l'opérateur est informé si le produit est conforme et s'il peut enchaîner avec le test suivant. Un certificat de conformité est automatiquement généré et communiqué au serveur de l'entreprise.

De plus, les postes des tests de vide et vibro-acoustiques communiquent grâce à des variables partagées LabVIEW afin de répartir l'alimentation électrique entre les deux modules.

### Supervision générale du système

Afin de superviser au mieux le système, un logiciel spécifique a également été développé sous LabVIEW et permet à la fois de gérer l'aspect Configuration et l'aspect Base de données. Il est placé sur le serveur de l'entreprise afin de le rendre facile d'accès. La partie Configuration permet le paramétrage intégral de chaque test pour chaque référence de pompe. L'administrateur qualifié peut modifier tous les paramètres de pilotage, de mesure et de performance à atteindre. La partie Base de données du logiciel synthétise l'ensemble des certificats de conformité émis par chacune des quatre unités afin de créer un historique global en fonction de la date et des références de pompes à considérer.

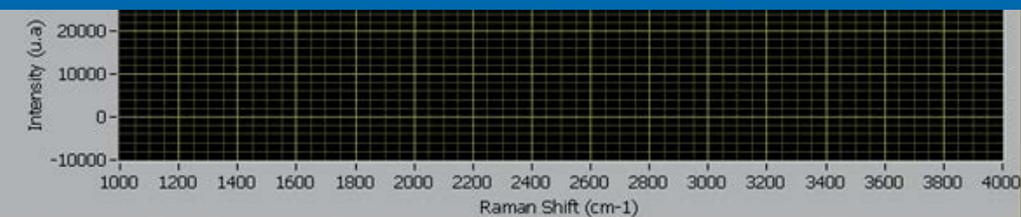
### Résultats et possibilités

Six mois seulement ont été nécessaires, de la lecture du cahier des charges initial à la fourniture puis à l'installation du système marqué CE.

La souplesse des matériels NI et LabVIEW a permis de réaliser 100 % des fonctions demandées par le client. De plus, si un nouveau module de test doit être créé pour compléter la baie, celui-ci pourra interagir avec les autres unités grâce à la modularité des produits NI et à la maintenabilité de la programmation LabVIEW.

### Pour en savoir plus, vous pouvez contacter :

Romain FOREST  
Ingénieur Développement  
Innodura TB  
56, boulevard Niels Bohr  
69100 Villeurbanne  
+33 (0)4 72 43 99 65  
romain.forest@innodura.fr  
www.innodura.fr



LaserPower: 100  
 Information Raman:   
 Serial number Raman:   
 Etat laser:  OFF  
 Puissance laser (%):   
 λlaser:   
 Dark/Acq:

Température départ (C°):   
 Température arrivée (C°):   
 Pas de mesure:  Nombre de points:   
 Nombre de spectres par point:   
 Temps d'intégration par spectre:



## Acquisition / enregistrement de données

# Caractérisation de la transition de phase de MCP utilisés pour la modification de l'inertie thermique de matériaux

Par Mario MARCHETTI, Cerema

### L'OBJECTIF :

L'intégration de matériaux à changement de phase (MCP) à transition liquide/solide dans des matériaux, et ce dans différents contextes (transport de denrées périssables, habitat, génie civil...) est l'une des solutions employées pour modifier l'inertie thermique de matériaux afin que la structure dans laquelle ils sont incorporés soit davantage fonctionnelle dans certaines conditions climatiques données.

### LA SOLUTION :

Utiliser la spectroscopie Raman et la coupler avec une platine thermo-micrométrique pour déterminer la température de transition liquide/solide d'un matériau. Les données sont enregistrées par le biais d'une interface LabVIEW, puis analysées par un traitement ultérieur.

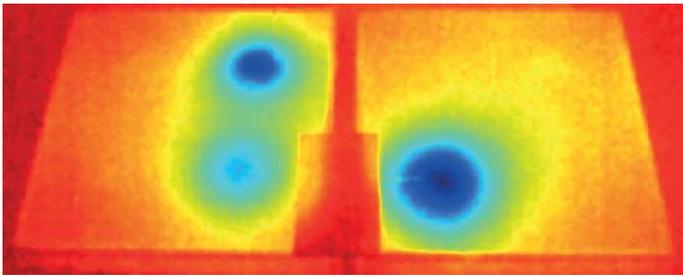
En France, comme dans bien d'autres pays, l'utilisation des voies de circulation pendant la période hivernale dépend grandement de l'épandage de sels de déneigement, dont la quantité utilisée va de 200 000 à 2 millions de tonnes par an, et ce pour les chaussées uniquement. À ces tonnages viennent s'ajouter les produits spécifiques utilisés en milieu aéroportuaire sur les pistes, les taxiways et les avions. Ces sels servent à prévenir la formation de givre et l'adhérence de la neige, et permettent donc d'éviter les surfaces glissantes ou le blocage par la glace de volets sur les avions par exemple. Leur prix moyen étant de 60 à 100 euros par tonne dans le cas du NaCl pour les routes, le coût des sels de déneigement représente une part significative du budget dédié à l'entretien hivernal.

Au-delà de l'aspect économique, leur utilisation soulève de nombreuses inquiétudes quant à leur impact sur l'environnement et les infrastructures, notamment routières et aéroportuaires.

Dans ce contexte, et dans le cadre du projet R5G (Route de 5<sup>e</sup> an exponent Génération) conduit par l'IFSTTAR et soutenu par la Direction Générale de l'Aviation Civile, et en lien avec le LMOPS de l'Université de Lorraine, des études ont été menées pour déterminer un moyen de modifier l'infrastructure de telle sorte que la température à la surface des revêtements routiers reste au-dessus du point de congélation de l'eau. Il s'agit alors de modifier l'infrastructure et d'utiliser des solutions testées dans des contextes autres que celui du génie civil.

### Utilisation de matériaux à changement de phase (MCP)

L'une des solutions proposées a suscité un intérêt particulier : elle repose précisément sur l'utilisation de matériaux à changement de phase (MCP) dans la composition de revêtements en ciment ou d'enrobés bitumineux. Cette technique est d'ores et déjà implémentée dans le bâtiment, avec des MCP dont la température de transition de phase se situe entre 20 et 25°C, ce qui permet de réduire la consommation d'énergie liée à la climatisation de l'air.



Carte d'amplitude à partir d'images infrarouges d'une structure de génie civil avec inclusion de MCP soumis à des conditions hivernales.

Dans le génie civil, les MCP sont principalement employés pour modifier l'inertie thermique des surfaces auxquelles ils sont intégrés. Le premier challenge réside dans l'identification des MCP dont la composition chimique et la température de transition de phase sont compatibles avec l'application envisagée. Le deuxième challenge consiste à pouvoir vérifier que ces MCP ont une transition de phase suffisamment stable pour répondre au besoin. Le dernier challenge repose sur une validation lors d'essais en conditions climatiques représentatives de l'hiver, notamment avec un suivi par thermographie infrarouge des températures de surface.

Pour répondre à ce deuxième challenge et ainsi identifier la température de transition liquide/solide, nous avons associé un spectromètre Raman à une platine thermo-micrométrique. Il s'agit de soumettre le MCP à des cycles de température dans une gamme donnée de température, si possible centrée sur la température théorique de transition de phase, et à des vitesses de montée et de descente spécifiques. L'acquisition des spectres Raman est déclenchée par la stabilité thermique du matériau à changement de phase (MCP) placé dans la cellule.

### Une interface LabVIEW pour l'acquisition de données Raman et le contrôle

Nous avons développé une interface LabVIEW afin de déclencher l'acquisition de données spectroscopiques et de contrôler les instruments en fonction de la température surveillée. Cette interface a été exclusivement conçue dans le but d'étudier les effets de l'intégration de MCP dans des matériaux de construction donnés afin d'en modifier l'inertie thermique.



Commande du spectromètre et visualisation des données sous LabVIEW pour déterminer la température de transition liquide/solide par spectroscopie Raman.

« Nous avons développé une interface LabVIEW afin de déclencher l'acquisition de données spectroscopiques et de contrôler les instruments en fonction de la température surveillée. »

Le spectromètre et la platine thermo-micrométrique communiquent tous deux par le biais de ports série, respectivement par liaison RS232 et USB.

L'interface LabVIEW propose tout d'abord l'initialisation et le paramétrage de ces ports de communication. Pour caractériser la transition de phase, le MCP sous test est soumis à des phases de réchauffement et de refroidissement dans une gamme de température prédéterminée, ainsi qu'à des vitesses choisies. L'acquisition de données spectroscopiques est déclenchée à des températures stables définies au préalable et mesurées par la platine thermo-micrométrique pilotée par VISA. Un fichier de données standard est ensuite créé à un emplacement donné pour enregistrer et collecter les résultats des mesures spectroscopiques. Le processus d'acquisition de données spectroscopiques se déclenche dès qu'une température stable est atteinte. Il consiste à mesurer le bruit de fond, avant d'initialiser et de configurer le laser pour effectuer l'acquisition du spectre Raman.

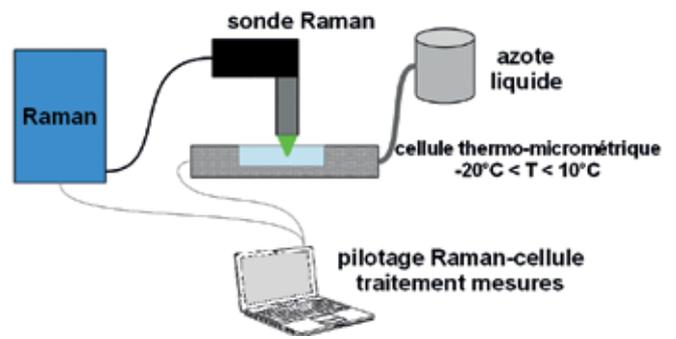


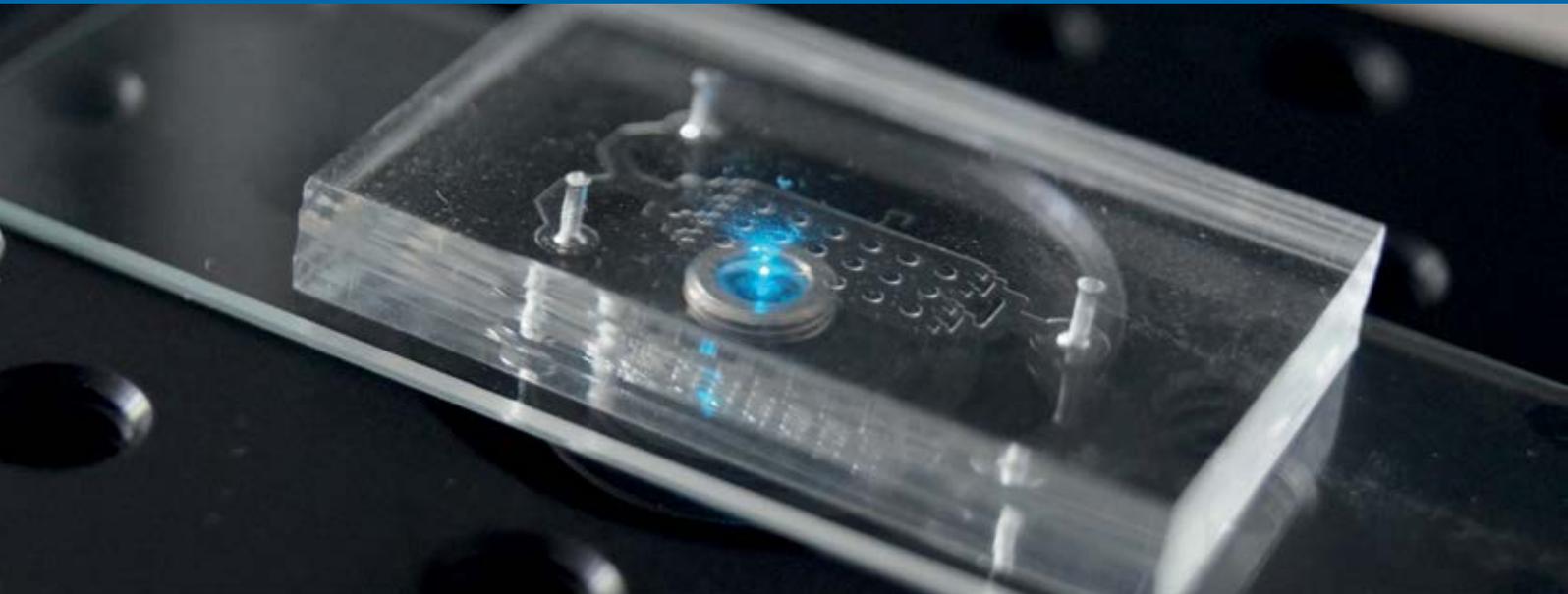
Schéma du principe de la manipulation.

LabVIEW s'est montré particulièrement adapté et rapide pour suivre l'évolution et la stabilisation de la température du MCP dans la platine thermo-micrométrique, et ce avec une précision définie par l'utilisateur, les arrêts et reprises du laser, le lancement de l'acquisition des spectres Raman et le transfert des données. Ce processus est répété jusqu'à ce que l'ensemble de la gamme de température ait été étudiée aux vitesses choisies. Les spectres Raman sont ensuite enregistrés dans des fichiers afin d'être traités ultérieurement dans l'interface LabVIEW.

Auparavant, ces mesures spectroscopiques étaient effectuées par des techniciens affectés à temps plein à cette tâche répétitive. Cette procédure leur a permis de se consacrer à des tâches plus sophistiquées, d'effectuer du support clients ou encore de développer de nouvelles applications LabVIEW dédiées par exemple aux caméras infrarouges.

### Pour en savoir plus, vous pouvez contacter :

Mario MARCHETTI  
 Research Associate  
 Direction Territoriale Est  
 Cerema - Laboratoire Régional de Nancy  
 71, rue de la Grande Haie  
 54510 Tomblaine  
 +33 (0)3 83 18 41 08  
 +33 (0)3 83 18 41 00  
 mario.marchetti@cerema.fr  
 www.cerema.fr



Acquisition / enregistrement de données

# Conception de la plate-forme de détection de pathogènes la plus rapide au monde

Par Emmanuelle NADAL, ELVESYS



## L'OBJECTIF :

Détecter Ebola, l'anthrax ou tout autre virus ou bactérie dans un échantillon en moins de 8 minutes, soit 10 fois plus rapidement qu'avec les meilleures technologies actuelles.

## LA SOLUTION :

Coupler la rapidité de détection biologique des microtechnologies, la rapidité d'acquisition d'un matériel NI USB-6003 et la souplesse d'une interface LabVIEW pour le contrôle de systèmes complexes.

## Utiliser la miniaturisation pour le diagnostic

Détecter Ebola en 8 minutes ? L'anthrax en 6 minutes ? C'est respectivement 7 et 14 fois plus rapide que les meilleures technologies existantes. Elvesys a développé la technologie la plus rapide au monde permettant de détecter n'importe quel agent pathogène en moins de 10 minutes dans une goutte de sang.

Pour cela, nous utilisons la microfluidique, une technologie issue de la microélectronique, qui permet de miniaturiser la quasi-totalité des opérations de diagnostic réalisées dans les hôpitaux sur une simple puce. C'est cette miniaturisation qui permet d'obtenir des processus de détection plus rapides et plus fiables.

Dans le cadre du projet FASTGENE, Elvesys travaille sur une technologie permettant de détecter très rapidement et avec précision des pathogènes dans des échantillons de type sang ou salive. Cette technologie répond à des besoins de santé importants en permettant notamment un diagnostic ultra-rapide et fiable pour des épidémies allant de la banale grippe à Ebola.

## La méthode de qPCR la plus rapide au monde

La technologie FASTGENE s'appuie sur une méthode de PCR (réaction en chaîne par polymérase) quantitative qui consiste à amplifier une portion spécifique d'ADN afin d'augmenter le nombre de copies présentes dans l'échantillon. À chaque cycle

d'amplification, la quantité d'ADN totale est mesurée grâce à un marqueur fluorescent. L'obtention de la cinématique complète de cette amplification permet d'obtenir une quantification absolue de la quantité d'ADN présente initialement dans l'échantillon.

La miniaturisation de cette technique a permis à Elvesys d'obtenir des mesures en 7 minutes, là où un système classique nécessiterait environ une heure, et ce sans perte de précision ni d'efficacité.

## Un écran technologique adapté aux performances de ce laboratoire sur puce

Notre laboratoire sur puce permet de détecter très rapidement virus et bactéries en multipliant rapidement leur ADN et en détectant ces derniers sous forme de spot de fluorescence. Pour cela, il était nécessaire que le système d'acquisition du signal fluorescent soit suffisamment rapide et précis pour ne pas devenir l'élément limitant de la chaîne.

Une des difficultés de ce projet a donc été de concevoir des appareils de mesure à la hauteur des performances du laboratoire sur puce. Il fallait notamment un système de lecture optique possédant une vitesse d'acquisition ainsi qu'une résolution bien supérieure à celle de la microscopie de fluorescence classique. La solution retenue a été de développer en interne un lecteur de fluorescence en



Plate-forme de détection FASTGENE.

s'appuyant sur une carte NI USB-6003 ainsi qu'un logiciel dédié conçu et implémenté sous LabVIEW.

Ce module, de même que l'intégralité de la plate-forme, est également contrôlé par une interface développée sous LabVIEW, ce qui permet de contrôler de manière synchrone l'intégralité des sous-éléments de notre laboratoire sur puce et d'atteindre notre vitesse de détection maximale.

De plus, la rapidité de développement rendue possible par l'utilisation des produits NI a permis de rester dans la course mondiale à l'innovation sur ce sujet porteur dans un domaine hautement concurrentiel.

### Un lecteur de fluorescence multi-longueur d'onde

Le lecteur de fluorescence est constitué d'une fibre optique qui permet de réaliser l'excitation et la détection à différentes longueurs d'ondes en un point précis de la puce microfluidique. Cette détection optique doit être très précise afin de détecter des faibles variations du niveau de fluorescence sur un signal de fond élevé. Ceci est rendu possible grâce à la résolution 16 bits de la carte NI USB-6003 et à son faible niveau de bruit. Il est également nécessaire de contrôler l'excitation et la détection de la fluorescence simultanément avec une résolution temporelle très élevée. La vitesse d'acquisition élevée (100 kHz) de cette carte électronique a donc été un paramètre-clé dans le choix de ce modèle. Enfin, le matériel DAQ NI USB-6003 intègre plusieurs entrées et sorties numériques et analogiques sur la même carte, ce qui a considérablement simplifié la conception de l'électronique de l'appareil et permet de contrôler l'ensemble de ses fonctionnalités avec une seule interface.

### Développement d'un logiciel dédié

Le développement du lecteur de fluorescence s'est accompagné de la conception d'un logiciel permettant un contrôle maximal sur les différents paramètres de l'appareil. Ce logiciel, conçu et implémenté sous LabVIEW, permet à l'utilisateur de contrôler l'illumination et la sensibilité de détection de l'appareil, ainsi qu'un

---

« Les solutions NI (cartes électroniques et LabVIEW) ont permis d'accélérer le développement de l'intégralité de la gamme d'instruments scientifiques Elvesys. »

certain nombre d'autres paramètres de configuration de l'appareil comme la longueur d'onde de fluorescence. Des fonctions d'analyse du signal ont également été développées pour permettre par exemple d'optimiser la précision de la mesure ou de compter des événements à une fréquence élevée.

### Une solution contre le bioterrorisme : le soutien de l'armée et du gouvernement français

Le développement d'un premier prototype de la plate-forme, incluant le système de mesure optique, mais aussi la puce microfluidique et tous les autres composants (contrôle de flux, de température...) a pu être réalisé en seulement deux ans. La rapidité de développement et les performances de cette plate-forme ont attiré l'attention de la Direction Générale de l'Armement qui nous a confié le développement d'un prototype permettant une utilisation opérationnelle par des troupes françaises.

Cette plate-forme peut être utilisée pour la protection des troupes ou des villes mais son application principale reste le diagnostic rapide et à bas coût des patients lors d'une consultation médicale. L'importance de ce marché et les performances de notre plate-forme ont permis à Elvesys d'être lauréat du Concours Mondial d'Innovation organisé par le gouvernement français pour financer les entreprises susceptibles de participer à la relance de l'économie française dans les 20 ans à venir.

### L'offre National Instruments : un tremplin pour de jeunes entreprises innovantes

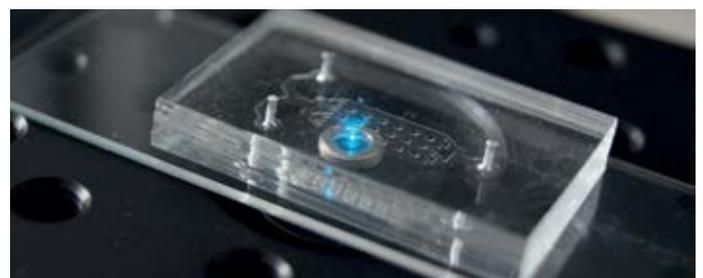
Elvesys travaille également sur d'autres projets que la détection de pathogènes. À l'origine, le cœur de notre activité consistait à développer et à commercialiser des instruments scientifiques dans le domaine de la microfluidique, afin de devenir l'acteur incontournable de ce domaine.

Les solutions NI (cartes électroniques et LabVIEW) ont notamment permis d'accélérer le développement de l'intégralité de la gamme d'instruments scientifiques Elvesys.

En tirant parti du matériel DAQ de NI et de LabVIEW pour nos interfaces, notre entreprise est parvenue à développer la plus grande gamme d'instruments scientifiques pour la microfluidique en moins de cinq ans d'existence.

Aujourd'hui, sans aucune levée de fond, notre société est devenue le leader mondial de l'instrumentation scientifique pour la microfluidique et emploie 20 personnes.

Cet exemple montre que les solutions logicielles et matérielles de NI peuvent permettre l'avènement de nouveaux types d'acteurs



Notre laboratoire sur puce microfluidique.

sur des marchés de hautes technologies : des entreprises très innovantes ayant un investissement financier de départ très faible.

Grâce à cette souplesse de développement, Elvesys a pu développer l'intégralité des instruments nécessaires au fonctionnement des laboratoires sur puce et équipe aujourd'hui les plus grands laboratoires de recherche avec sa gamme ELVEFLOW de contrôle de flux. L'ensemble de ces instruments est également disponible en version OEM pour les utilisateurs industriels, qui sont de plus en plus nombreux à se tourner vers la microfluidique.



*Une gamme d'instrumentation dédiée au contrôle de flux microfluidique.*

**Pour en savoir plus, vous pouvez contacter :**

Emmanuelle NADAL

ELVESYS

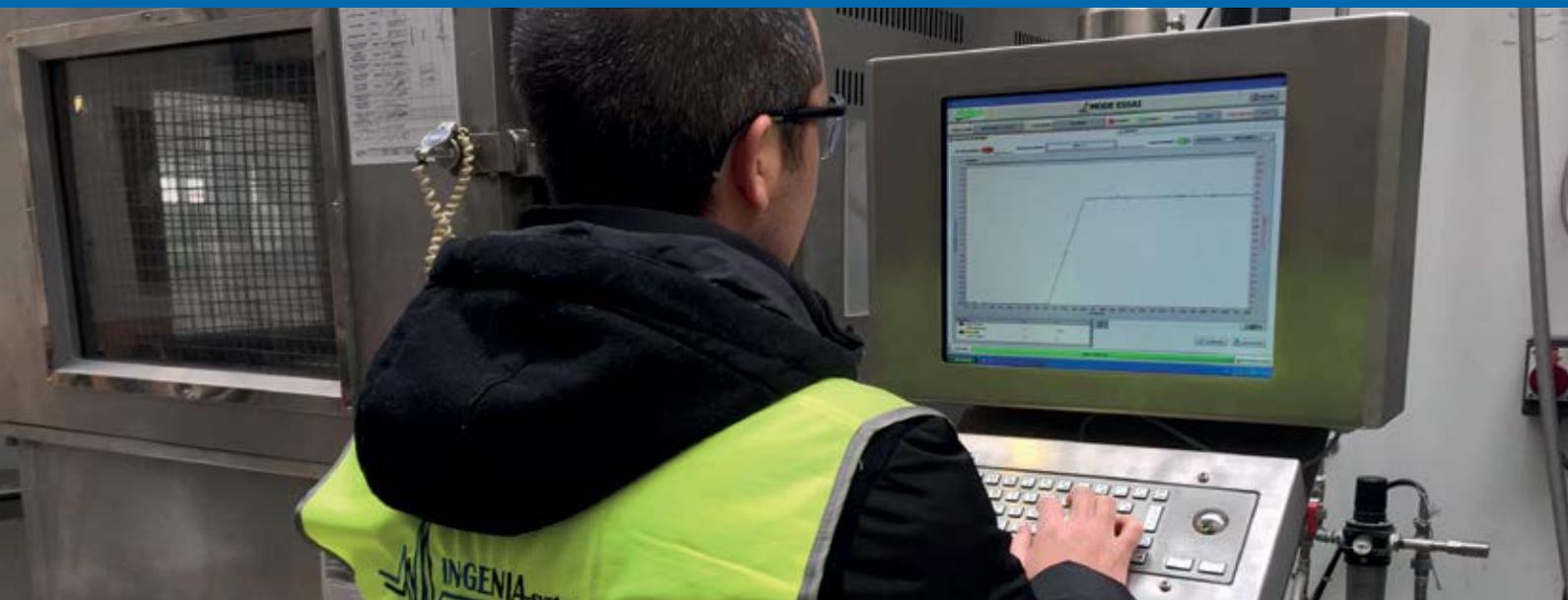
83-85, avenue Philippe Auguste

75011 Paris

+33 (0)1 84 16 38 06

[contact@elveflow.com](mailto:contact@elveflow.com)

[www.elveflow.com](http://www.elveflow.com)



Acquisition / enregistrement de données

## Banc de test d'étanchéité pour radiateur automobile

Par Philippe BRANDAO, INGENIA-system

### L'OBJECTIF :

Proposer un rétrofit de banc de test d'étanchéité existant et modifier le circuit pression d'air (6 bars) en y intégrant deux débitmètres Brooks et du matériel d'acquisition pour visualiser les courbes de pression et de débit du nouveau circuit de test d'étanchéité sur des radiateurs automobiles de type RAS.

### LA SOLUTION :

Utiliser le matériel CompactDAQ et LabVIEW pour permettre de réaliser un rétrofit à moindre coût et de disposer d'un banc de test évolutif permettant l'acquisition de diverses mesures, la visualisation instantanée des fuites, la sauvegarde et l'exportation des données au format tableur.

La société INGENIA-system, située à Reims en Champagne-Ardenne, est un intégrateur de produits National Instruments spécialisé dans le domaine du test et de la mesure qui conçoit des bancs d'essais clé en main. À la demande d'un équipementier automobile, INGENIA-system a réalisé le rétrofit d'un banc de test d'étanchéité permettant de contrôler les prototypes de radiateurs automobiles, des radiateurs de différents constructeurs automobiles et équipementiers mais aussi des échantillons provenant des lignes de production du site de Reims.

### Un rétrofit pour permettre une détection de fuites précise

Il était nécessaire de concevoir le rétrofit d'un banc obsolète qui ne répondait plus aux besoins du client. L'objectif : pouvoir détecter les fuites, et gagner en précision de mesure et en répétabilité pour garantir la conformité des produits. Les essais ont été rendus possibles par le nouveau circuit d'essai sous air 6 bars, l'intégration

de deux débitmètres et le développement d'un nouveau logiciel sous LabVIEW.

### Suivi d'essai et traitement en temps réel

Lors du lancement d'un essai, l'application détecte la demande de test d'étanchéité sur le circuit air 6 bars (START/STOP API). Durant l'essai, l'opérateur dispose d'un affichage en temps réel des mesures sur un graphe déroulant, du réglage des échelles X et Y, de l'utilisation de curseurs et des informations sur le produit. Une fois l'essai terminé, l'opérateur peut procéder au post-traitement puis à l'exportation des données au format tableur. Une évolution du banc pour le test d'étanchéité sur les autres circuits [0-30 bars] et [0-250 bars] est déjà prévue à court terme.

### Le matériel CompactDAQ pour mesurer et contrôler

En ce qui concerne l'acquisition des données, le matériel cDAQ-9178 permettant d'intégrer jusqu'à huit modules d'E/S de la Série C a été rapidement retenu pour son prix et sa modularité (car le banc actuel doit encore évoluer pour, à terme, être totalement géré sous LabVIEW). L'ensemble est géré par l'environnement de programmation graphique LabVIEW. Un panel PC dialogue en USB avec le châssis NI chargé de faire l'acquisition des mesures et de s'interfacer avec l'API. Un module NI 9203 permet d'effectuer les mesures de débit et de pression. Un module NI 9265 permettra de générer les consignes de pression sur les différents circuits du banc dans l'évolution prévue. Un module NI 9425 permet de

« Nous avons choisi LabVIEW pour la facilité de développement d'une interface homme-machine conviviale et intuitive, et les produits CompactDAQ pour garantir un rétrofit compétitif et évolutif. »

récupérer l'état du banc. Enfin, un module NI 9476 permet de piloter les électrovannes de sélection des circuits de test d'étanchéité. Cette configuration permettra de remplacer l'ensemble des entrées/sorties de l'API au moment de faire évoluer le système.

L'interface, entièrement réalisée sous LabVIEW, permet de superviser le test d'étanchéité (détection de fuites, état API), de lancer l'acquisition, de sauvegarder, de traiter et d'exporter les données (fichier tableur et image du graphe).

À la fin d'un essai, le fichier est sauvegardé automatiquement au format TDMS pour pouvoir être exploité sous Excel ou sous DIAdem (déjà utilisé par le client pour la génération de rapports complets).

### 15 jours de développement seulement

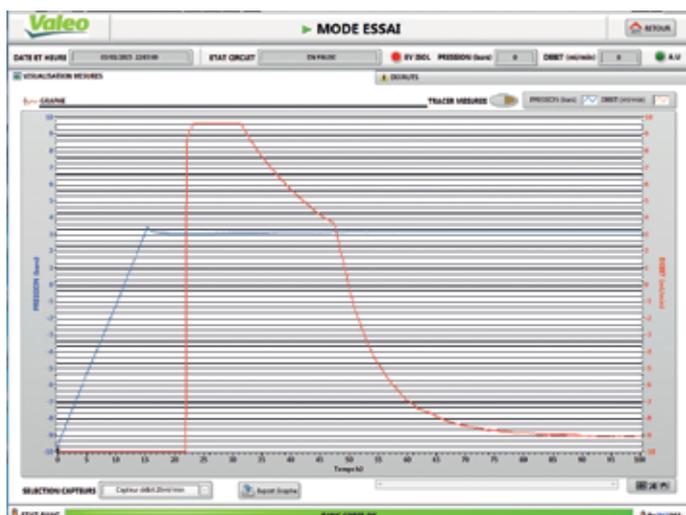
L'application de mesure sous LabVIEW a été développée en 15 jours. Nous avons apprécié la facilité de mise en œuvre du matériel NI et la flexibilité de LabVIEW pour créer une interface homme-machine intuitive correspondant exactement aux attentes du client. Le banc, actuellement en fonctionnement, est utilisé dans le laboratoire d'essais d'un équipementier automobile à Reims.

### Pour en savoir plus, vous pouvez contacter :

Philippe BRANDAO  
INGENIA-system  
Pôle technologique Henri Farman  
2, allée Albert Caquot  
51100 Reims  
+33 (0)9 86 25 99 02  
contact@ingenia-system.com  
www.ingenia-system.com



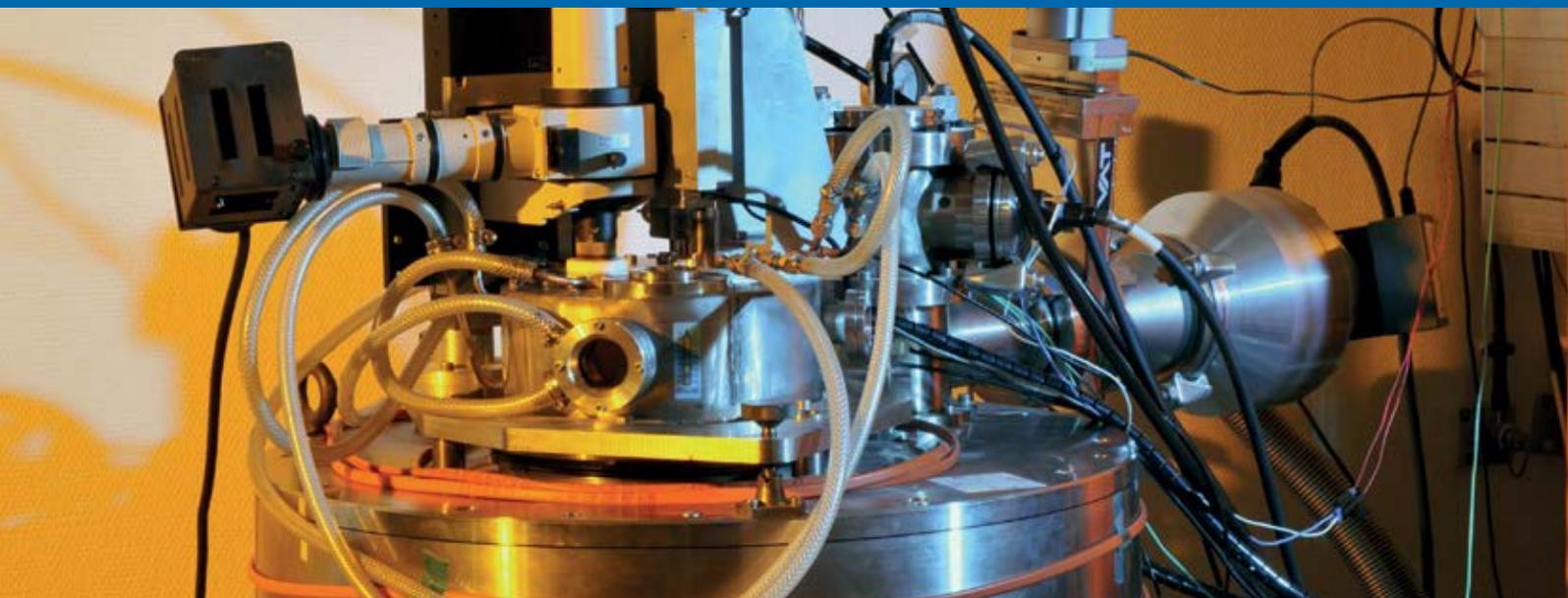
L'objectif est d'intégrer, en parallèle de l'automate existant, une solution NI pérenne et évolutive car l'automate actuel sera amené à disparaître et sera remplacé par une supervision complète du banc sous LabVIEW.



L'interface permet de superviser le test d'étanchéité, de dialoguer avec l'automate pour évaluer son état, de lancer une détection de fuites, de sauvegarder les données et de les exporter au format tableur.



Un panel PC dialogue en USB avec le châssis qui effectue l'acquisition des mesures de pression et de débit pour la détection de fuites sur les radiateurs.



Acquisition / enregistrement de données

# Nanomécanique à haute température et transfert de technologie dans une start-up

Par Bruno PASSILLY, Onera

## L'OBJECTIF :

Développer un prototype de caractérisation mécanique nanométrique fonctionnant à très haute température (1 000 °C) pour tester les aubes de turbines des turboréacteurs à l'échelle locale. Transférer le savoir-faire dans une start-up qui se charge d'exploiter le brevet en commercialisant un moyen d'indentation à haute température.

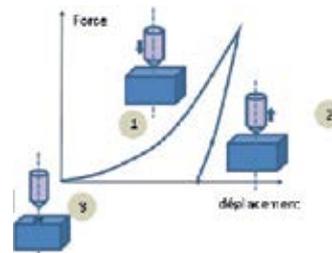
## LA SOLUTION :

Concevoir un moyen prototype reposant sur du matériel CompactDAQ piloté sous LabVIEW afin de gérer l'ensemble de ses instruments : tables de déplacement motorisées, transducteur piézoélectrique, gestion de la température des fours et des groupes de pompage primaire et turbomoléculaire. Développer un système d'acquisition des mesures de température, de pression, de déplacements capacitifs et de force.

En science des matériaux, la nanoindentation est généralement utilisée comme sonde mécanique pour mesurer les grandeurs mécaniques locales de matériaux multiphasés. Les revêtements, les matériaux architecturés, les différents constituants des matériaux composites ou des matériaux multiphasés sont ainsi les principales applications de la nanoindentation instrumentée.

Le principe de cette technique est très simple : il s'agit d'appliquer un poinçon en diamant sur la surface à caractériser et de mesurer en continu dans le temps la charge exercée par le poinçon sur l'échantillon en fonction du déplacement vertical du poinçon dans le matériau (cf. image ci-contre).

Pour accéder à des propriétés mécaniques étendues comme la variation de la dureté, du module d'élasticité ou encore du fluage en fonction de la température, il a été nécessaire de développer et de concevoir un prototype original et d'organiser ensuite le transfert de la technologie et des logiciels vers une start-up.

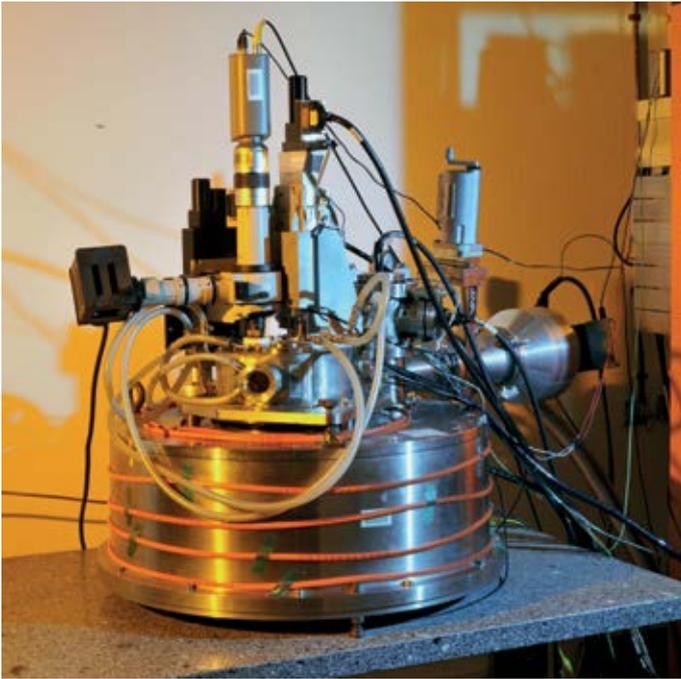


Principe de base de la nanoindentation instrumentée :  
1 - Enfoncement de l'indenteur dans le matériau ;  
2 - Remontée de l'indenteur ; 3 - L'indenteur est ressorti de l'échantillon.

## Une conception nouvelle

Afin de pouvoir réaliser des essais à haute température, il est nécessaire de disposer l'échantillon dans un four qui repose sur un capteur d'effort. L'ensemble ainsi constitué peut se déplacer à l'aide de deux platines de translations motorisées (X et Y) de précision micrométrique. L'échantillon est déplacé sous le microscope pour effectuer de la visée à chaud sur les zones à caractériser mécaniquement, puis sous le poinçon pour réaliser

l'essai nanomécanique. L'axe optique est constitué d'un microscope motorisé équipé d'une caméra pour choisir la zone à indenter et mesurer les empreintes réalisées. L'axe mécanique est piloté par une platine motorisée permettant une approche plus large du poinçon et par une platine piézoélectrique pour le déplacement fin. Le poinçon et l'échantillon sont tous les deux placés dans un four. Ces différents éléments sont disposés dans une enceinte hermétique permettant de pouvoir réaliser les expérimentations sous gaz inerte d'argon pour réduire les risques d'oxydation du matériau ou des constituants mécaniques dans des gammes de températures élevées (cf. image ci-dessous).



*Conception du prototype de caractérisation mécanique à haute température par nanoindentation instrumentée à haute température.*

Pour les applications aéronautiques, les revêtements de type barrière thermique ont permis de faire progresser les températures supportables par les aubes de turbine. À haute température, il est primordial de caractériser les propriétés élasto-viscoplastiques de ces revêtements constitués eux-mêmes de plusieurs couches de liaison. Le moyen développé permet d'atteindre des températures de caractérisation de l'ordre de 900 °C en réalisant des tests *in situ* sur des revêtements pour déterminer l'évolution des propriétés mécaniques des couches de liaison entre la barrière thermique en zircon et l'aube de turbine en superalliage. Il s'agit principalement de démontrer les corrélations entre la composition de la couche de liaison et les variations des propriétés.

### Un dialogue continu

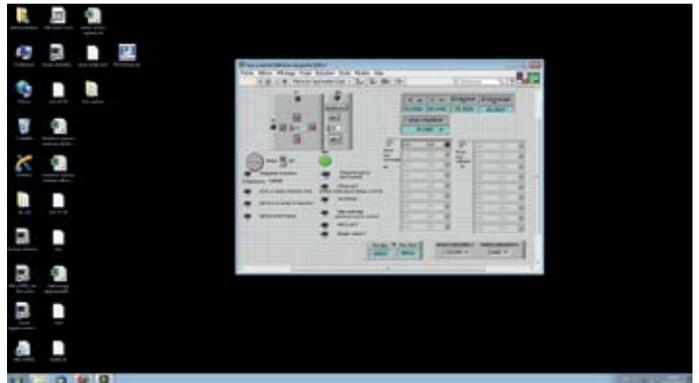
Il est en premier lieu nécessaire de faire le vide dans l'enceinte afin d'introduire un gaz neutre qui diminuera les problèmes d'oxydation. Deux régulateurs de température permettent de réaliser la rampe de montée en chauffage de l'échantillon à tester et de la pointe d'indentation. Lorsque la température désirée est atteinte, il est possible de se déplacer sous le microscope afin de choisir les zones à caractériser. Un ensemble de points est choisi, puis une procédure automatique est lancée pour réaliser les essais de nanoindentation.

*« La transformation d'un moyen prototype de laboratoire en un outil de caractérisation simple d'utilisation a été possible grâce à l'utilisation de la programmation graphique LabVIEW, qui a facilité la prise en main de l'ensemble du logiciel élaboré pour piloter le prototype. »*

Une fois l'échantillon positionné sous la pointe, l'essai de nanoindentation à haute température est lancé : la pointe est tout d'abord déplacée avec une table motorisée, puis avec une table piézoélectrique.

L'ensemble du programme a été conçu pour pouvoir acquérir en continu les données de mesure de déplacement nanométrique, d'effort, de température, toutes les données relatives aux déplacements X, Y dans le plan, mais aussi les déplacements du microscope et du poinçon.

L'ensemble des paramètres expérimentaux comme la pression dans l'enceinte, le déplacement du poinçon, l'effort ou la température des fours sont acquis en dialoguant avec un rack CompactDAQ muni d'un module d'acquisition analogique NI 9229 et d'un module analogique NI 9211 spécifique pour les acquisitions de température par thermocouples. Un module NI 9411 permet de détecter des changements d'états de contacts binaires tels que les fins de course des tables. Les dialogues de commande des tables de déplacement X, Y, Z microscope et Z poinçon, se font par une liaison série (cf. image ci-dessous).



*L'interface programmée sous LabVIEW pour la gestion du moyen d'indentation*

D'autre part, toute la partie visualisation et imagerie est gérée par une caméra numérique et un ensemble d'outils d'analyse d'image et de mesure de taille d'empreinte qui ont été développés.

### Réussir le transfert de technologie : dupliquer, transférer, s'adapter

Ces travaux se sont déroulés sur plusieurs années afin de pouvoir présenter un prototype fiable. À l'issue du projet, un brevet a été déposé par l'ONERA et la start-up Michalex a été créée pour exploiter le moyen et en faire un produit commercial.

Sur le plan technologique, la start-up a construit un premier moyen en y apportant son propre savoir-faire technologique tout en y intégrant le transfert de savoir-faire de l'Onera.

L'ensemble des programmes développés a été transféré à la start-up qui a pu s'approprier facilement les sources développées par l'Onera. Dans un deuxième temps, les programmes ont été adaptés aux évolutions de la technologie et de l'instrumentation développés par Michalex avec beaucoup de facilité grâce à la lisibilité de la programmation sous LabVIEW mais également grâce à la conception modulaire des châssis CompactDAQ.

Sur le plan informatique et instrumentation, la disponibilité de drivers et d'exemples de programmes a largement diminué le temps de développement du programme qui a nécessité environ six mois de travail.

### **Assister l'opérateur en automatisant les essais**

L'ensemble du programme permet de rassembler les commandes des différents instruments utilisés. Les campagnes d'essais sont ainsi allégées par l'automatisation des séries de caractérisation. Les données et les paramètres de l'essai sont collectés dans des fichiers de données.

Le travail d'automatisation des séries d'essais a été la partie du projet la plus difficile à réaliser car les mesures de déplacement nanométriques sont exigeantes et les moindres dérives thermiques de l'instrument ou de l'instrumentation sont sources d'erreur.

### **Conclusions et perspectives**

Le prototype de caractérisation développé à l'Onera est aujourd'hui dupliqué et commercialisé par la start-up Michalex. La construction de l'application a abouti à un produit fini et convivial qui englobe la gestion totale d'un ensemble d'instruments. La transformation d'un moyen prototype de laboratoire en un outil de caractérisation simple d'utilisation a été possible grâce à l'utilisation de la programmation graphique LabVIEW qui a facilité la prise en main de l'ensemble du logiciel élaboré pour piloter le prototype.

Nous avons à présent l'intention de développer des moyens équivalents en s'adaptant aux demandes des clients. L'architecture du programme permet aisément de s'adapter aux cahiers des charges évolutifs des clients potentiels.

### **Pour en savoir plus, vous pouvez contacter :**

Bruno PASSILLY  
ONERA  
DMSC  
29, avenue de la Division Leclerc  
92322 Châtillon Cedex  
+33 (0)1 46 73 45 54  
bruno.passilly@onera.fr  
www.onera.fr



Acquisition / enregistrement de données

# Logiciel de pilotage de banc d'éclatement de flexibles automobiles

Par Maxime GUILLOT et Eddy DUCHENE, Médiane Système

## L'OBJECTIF :

Développer un logiciel de pilotage pour des bancs de tests dédiés à des essais de contrôles destructifs de flexibles de freins automobiles (bancs pouvant monter jusqu'à une pression de 3 000 bars) pour un grand fabricant de flexibles de sécurité de freinage et d'embrayage.

## LA SOLUTION :

Utiliser un châssis CompactDAQ doté des différentes entrées/sorties numériques et analogiques nécessaires au fonctionnement du banc et à la régulation hydropneumatique, associé à une interface homme-machine intuitive et multilingue, gérant différents droits d'accès selon les utilisateurs. Deux bancs de tests complets ont été produits. La construction mécanique/hydraulique de ces bancs a été réalisée par la société Sevmy Gonzales, partenaire de Médiane Système.

Médiane Système est une société d'ingénierie en électronique et informatique industrielle qui intervient principalement dans les trois domaines suivants :

1. Électronique : conception et développement de cartes analogiques et numériques ;
2. Informatique : développement et réalisation de logiciels débarqués sur PC et embarqués ;
3. Moyens de tests : systèmes d'acquisition, de caractérisation et d'exploitation de données.



Le produit à tester : flexible de frein.

Nous couvrons ces trois domaines sous la forme d'assistance technique (régie) ou au forfait (dans nos locaux) grâce à notre bureau d'étude, et réalisons également dans chacun de ces domaines de la gestion d'obsolescence et du rétrofit.

Médiane Système est partenaire de National Instruments en tant qu'adhérent au Program VAR et dispose de plusieurs collaborateurs formés et certifiés à la programmation des logiciels sous ces environnements.

Parmi les essais permettant de vérifier la conformité des flexibles fabriqués se trouvent des tests d'éclatement, qui consistent à soumettre le produit à une montée en pression suivant un profil-type jusqu'à éclatement. Ces tests doivent répondre aux normes internationales en vigueur et aux exigences spécifiques des constructeurs. La pression à laquelle l'échantillon éclate constitue un indicateur de tenue mécanique de la pièce à comparer aux critères de qualification des clients.

« En phase de développement, LabVIEW a permis de simuler le comportement en consigne recherché et de déterminer un ensemble de coefficients associés à la régulation PID, notamment grâce aux fonctionnalités du module LabVIEW Control Design and Simulation. »



Logiciel de pilotage et suivi d'essai.

### Une gestion transparente du matériel

Afin de répondre aux contraintes techniques de l'application, notamment en termes de gestion d'entrées/sorties, Médiane Système a choisi d'opter pour la technologie cDAQ USB, qui garantit une mise en œuvre rapide via les drivers DAQmx (pas de couche de communication à développer) et surtout une adaptation facilitée du logiciel aux capteurs et actionneurs mis en œuvre (conditionnement intégré) :

- des entrées numériques permettant de vérifier l'état du banc et notamment des organes de sécurité (arrêt d'urgence, verrouillage) ;
- des sorties numériques permettant le déclenchement de vannes et pompes ;
- des entrées 4/20 mA pour les mesures de pression dans le flexible et de volume de liquide disponible dans le réservoir ;
- une sortie 4/20 mA de pilotage de la pompe haute pression régulée.



Banc de test d'éclatement

L'utilisation de l'outil logiciel Measurement & Automation Explorer (MAX) permet de décorréler totalement la gestion de l'ensemble de ces entrées/sorties au niveau du programme, du matériel et de ses spécifications. En faisant appel au principe de voies virtuelles, l'application est complètement indépendante des contraintes de câblage et d'étalonnage des voies analogiques.

Les voies virtuelles sont en effet déclarées dans MAX et configurées dans ce même logiciel de sorte que le fonctionnement du programme ne soit pas impacté par des modifications de câblage ou de réglage. De plus, il offre aux utilisateurs des outils faciles d'accès de vérification et de diagnostic des différents organes du banc.

### Un haut niveau de performances en régulation

Le domaine d'utilisation du banc de test implique une large étendue de mesure [0 ; 3 000 bars] combinée au principe consistant à suivre de manière précise un profil constitué de pentes et de

paliers, aussi bien à basse pression (phase de purge, vérification d'étanchéité) qu'à haute pression (palier de plusieurs minutes à plusieurs centaines de bars, puis rampe jusqu'à éclatement). Cela exige une grande finesse dans la mise en application de la régulation de la pression hydraulique (précision en stabilité inférieure à 1,3 bar) associée aux déformations des produits et des joints.

En phase de développement, LabVIEW a permis de simuler le comportement en consigne recherché et de déterminer un ensemble de coefficients associés à la régulation PID, notamment grâce aux fonctionnalités du module LabVIEW Control Design and Simulation et aux nombreuses fonctions mathématiques disponibles.

La phase de tests d'intégration a permis ensuite d'affiner ces paramètres pour atteindre le niveau de performance requis pour la validité des essais.

### Une interface utilisateur intuitive et adaptable

Utilisé pour des essais destructifs par échantillonnage en production, le logiciel de pilotage se doit d'être à la fois facile d'utilisation et de limiter au maximum les interventions des opérateurs. Cette simplicité d'accès se traduit par un fonctionnement intuitif et séquentiel dont les étapes sont toujours clairement identifiables via l'IHM et une génération automatisée de rapports complets directement exploitables sous Excel.

Répondant également à des besoins de tests de qualification en R&D, le logiciel est aussi paramétrable et fournit des fonctionnalités avancées uniquement accessibles aux utilisateurs chevronnés (construction de nouveaux profils d'essai, modification du comportement de la régulation, accès aux paramètres d'étalonnage). Une gestion de droits d'administration est intégrée au logiciel.

Par ailleurs, l'interface est intégralement disponible en français et en espagnol. Pour cela, Médiane Système a utilisé une bibliothèque générique développée par ses soins facilitant la gestion d'applications multilingues sous LabVIEW. Un seul et même logiciel couvre l'ensemble de ces contraintes, ce qui en facilite la maintenabilité tout en garantissant un fort potentiel d'évolutivité.

### Pour en savoir plus, vous pouvez contacter :

Maxime GUILLOT / Eddy DUCHENE  
Médiane Système  
ILENA PARK, Bât B1  
117, allée des Parcs  
69800 Saint-Priest  
+33 (0)4 81 07 65 40  
contact@medianesysteme.com  
www.medianesysteme.com



Acquisition / enregistrement de données

# Développement d'une application pour la réintégration d'un banc d'essai d'étanchéité palier

Par Aurélien ALLAIZEAU, Phalanx

## L'OBJECTIF :

Développer une application permettant de paramétrer des voies, des sécurités et de l'acquisition pour acquérir, afficher et enregistrer des données provenant des capteurs. Cette application permettra également de gérer la sécurité du banc d'essai d'étanchéité palier afin de le réintégrer en salle d'essai pour accélérer les tests.

## LA SOLUTION :

Concevoir une application clé en main de type *data logger* pour du matériel CompactDAQ nouvelle génération, ludique et intuitif, interagissant directement avec les capteurs et relais du banc de test. Cette application ne vient piloter le banc de test que dans le cas de sécurités. Aucune autre action de pilotage n'est réalisée.

## Une application au service non seulement d'un département mais d'une entreprise

PCM est leader dans la gestion des solutions de pompage industrielles. Cette entreprise est présente sur six secteurs industriels : environnement, nouvelles énergies, industrie papetière, mines et minerais, chimie et ingénierie mécanique. PCM est leader dans la fabrication de pompes à cavité progressive (PCP), une technologie permettant de répondre aux besoins de l'industrie pétrolière et gazière. PCM est également leader dans la fabrication de pompes et de systèmes de pompage pour l'agroalimentaire. Cette société ne cesse d'innover et son cœur de métier reste inchangé.

C'est dans cette esprit d'innovation que le département des essais de PCM a fait appel à la société Phalanx afin de réintégrer le banc

d'essai d'étanchéité palier à la salle d'essai en vue d'accélérer les tests (cf. image 1). PCM utilisant du matériel NI, l'application a été développée sous LabVIEW. Le projet s'est de suite tourné vers la réalisation d'un *data logger* pour CompactDAQ.

## Fonctionnalité du logiciel

Notre application créée à partir de LabVIEW permet de paramétrer les voies des modules du CompactDAQ utilisées, des sécurités et de l'acquisition (fréquence d'acquisition, choix du mode) en vue de l'acquisition et de l'enregistrement de données. Un maximum de 30 capteurs peut être relié au CompactDAQ *via* les modules NI 9203, NI 9211 et NI 9215 afin d'acquérir des signaux. Au total, huit sécurités peuvent être paramétrées pour arrêter le banc d'essai grâce à l'activation de relais *via* le module NI 9482.

Afin de faciliter la maintenance du logiciel et de le rendre plus modulaire, nous avons implémenté la gestion de certains paramètres *via* des fichiers d'initialisation. Un fichier de configuration spécifie l'emplacement d'accès au fichier des adresses emails et les chemins où seront déposés les captures d'écran ainsi que les fichiers d'enregistrement des données. Un fichier *unite.ini* représente la base de données des unités utilisées.

*« La programmation sous LabVIEW nous a permis de gagner en temps de développement, mais aussi de produire un code évolutif, lisible, modulaire et maintenable. »*

Au vu des différents types de capteurs utilisés et donc de leurs unités, le choix de l'enregistrement en fichier TDMS s'est avéré être la meilleure solution.

Au lancement de l'application, l'utilisateur arrive sur la page de paramétrage, à partir de laquelle il peut choisir d'ajouter, de modifier ou de supprimer une voie et/ou une sécurité, de sauvegarder et de charger des paramètres et de configurer des adresses emails. L'utilisateur a le choix entre deux modes : un mode compte à rebours (acquisition et enregistrement pendant un temps défini), et un mode libre (déclenchement de l'enregistrement manuellement).

Une fois les paramétrages effectués, l'utilisateur peut accéder à trois autres pages, « Acquisition », « Sécurités » et « Voie ». La page « Acquisition » permet de lancer l'acquisition, de visionner les données sur des graphiques et d'effectuer des captures d'écran (cf. image IHM de la page d'acquisition). Sur la page « Sécurités » se trouvent toutes les sécurités qui ont été paramétrées ainsi que l'état des relais. La page « voies » affiche l'ensemble des voies paramétrées.

### Création d'une application ludique, intuitive et personnalisée

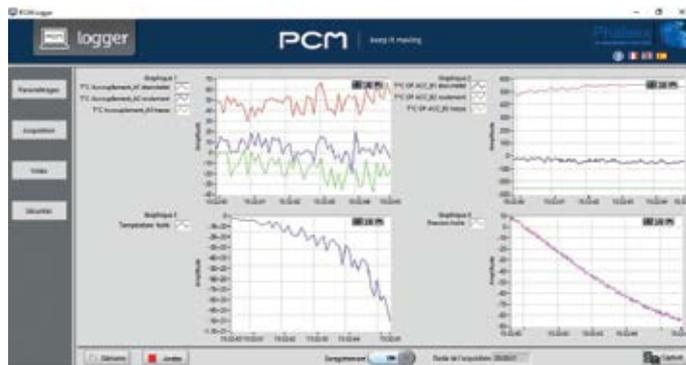
Tout au long du projet, PCM a précisé sa volonté d'obtenir un logiciel facile à prendre en main, ludique et personnalisé. Nous avons donc utilisé des outils natifs à LabVIEW, tel qu'un Xcontrol (cf. images représentant les différents états possibles d'un Xcontrol personnalisé pour cette application), des commandes et des indicateurs personnalisés pour rendre l'application plus professionnelle. Grâce à la gestion d'évènements, un comportement de mise en plein écran des graphiques a été possible. Ce logiciel a aussi été développé afin qu'il puisse être utilisé dans différents pays grâce à sa fonction de sélection de la langue. Pour l'instant, l'application peut être utilisée en français, anglais et espagnol. L'utilisation de ce logiciel permet à tout utilisateur d'arriver à un haut niveau de paramétrage de son CompactDAQ.



**PCM**  
keep it moving

**Phalanx**  
La compétence à votre côté

Banc d'essai sur lequel le data logger fonctionne.



IHM de la page d'acquisition.



Différents états possibles d'un Xcontrol personnalisé pour cette application.

### Conclusion et perspectives

La programmation sous LabVIEW nous a permis de gagner en temps de développement, mais aussi de produire un code évolutif, lisible, modulaire et maintenable.

Ainsi, ce *data logger* se différencie des autres par une liberté de paramétrage du CompactDAQ, la possibilité d'acquérir tous types de données (température, débit, pression, couple, force...), une gestion de sécurité lors de l'utilisation de relais (un relais peut surveiller plusieurs voies), et la possibilité donnée à l'utilisateur de choisir le graphique sur lequel il veut faire apparaître la ou les voie(s) paramétrée(s).

Pour le moment, le logiciel est limité à l'utilisation des modules suivants : NI 9203, NI 9211, NI 9215 et NI 9482. C'est pourquoi nous envisageons à l'avenir d'incorporer plus de modules.

Dans une évolution future, le logiciel sera développé sur du matériel CompactRIO avec l'utilisation d'une caméra. Un historique des sécurités déclenchées sera enregistré. De plus, actuellement, le déclenchement d'une sécurité entraîne l'arrêt de l'acquisition, l'apparition d'une fenêtre avec la sécurité enclenchée et enfin la possibilité d'envoyer un email. L'une des perspectives est l'envoi d'un SMS ou l'émission d'un appel téléphonique à la personne d'astreinte. À terme, nous pourrions envisager la mise sur le marché d'un produit pour les entreprises souhaitant l'utilisation d'un logiciel clé-en-main.

### Pour en savoir plus, vous pouvez contacter :

Aurélien ALLAIZEAU  
Ingénieur système  
Phalanx  
2, rue Robert Schuman  
44400 Rezé  
+33 (0)2 40 94 07 37  
aurelien.allaizeau@phalanx.fr  
www.phalanx.fr



Acquisition / enregistrement de données

# Système de contrôle non-destructif pour les matériaux composites

Par Christophe LOFFET, V2i

## L'OBJECTIF :

Développer un système léger, compact, autonome, et compétitif dédié au contrôle non-destructif de matériaux composites, pour l'inspection primaire sur les sites de production et la maintenance d'aéronefs. Le but est de détecter des défauts, invisibles à l'œil nu, résultant de mauvais paramètres du process dans le cas de l'inspection en production ou d'accumulation de dommages dans le cas de la maintenance.

## LA SOLUTION :

Implémenter la shearographie, technique de mesure reposant sur le principe de l'interférométrie optique, dans un système d'inspection rendu portable après optimisation du chemin optique, du choix des composants optiques (laser, lentilles, interféromètre) et électroniques. Développer un logiciel permettant la calibration du système, le traitement d'images en temps réel (Vision) et leur post-traitement.

V2i est une société spécialisée dans le domaine de la dynamique des structures. Elle développe, exploite et commercialise des solutions pour améliorer la conception, la résistance mécanique et la durée de vie des équipements ou des structures. V2i propose également une gamme d'équipements et de services destinés au suivi des équipements de production. En 2009, vu la complémentarité des activités concernées, elle fait l'acquisition de la société Optrion qui est spécialisée en métrologie optique. Son activité est réorientée vers le contrôle non-destructif. Elle possède notamment une grande expertise en holographie, technique qui repose sur les principes de

l'interférométrie optique et qui est à la base de la shearographie, le cœur de l'outil de contrôle non-destructif présenté dans cette étude de cas.

## Développement de la caméra shearographique

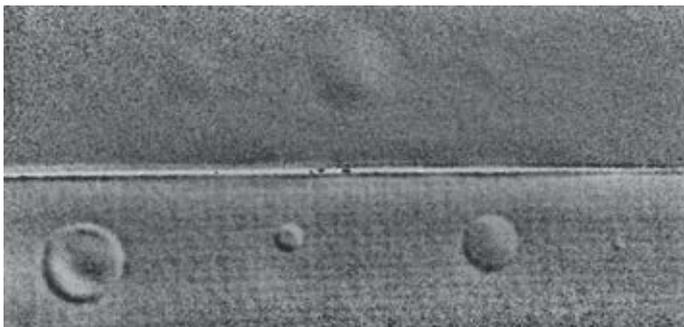
La caméra shearographique est le résultat de plusieurs années de recherche et a été finalisée récemment dans le cadre d'un projet financé par la Région wallonne. Ce projet visait la mise au point d'un outil, à usage industriel, de détection de défauts dans les grandes structures en composite. Ce projet a été mené en vue de la commercialisation de la caméra dans les secteurs les plus exigeants de l'industrie tels que l'aérospatiale, secteur d'activité principal d'Optrion et V2i.

*« La carte NI 6008 constitue la seule interface électronique de la caméra, lui conférant fiabilité, robustesse et aussi flexibilité vu les performances offertes. Ces critères sont primordiaux en vue d'une installation sur un site de production ou pour des activités de maintenance. »*

Bien que la shearographie soit une technique connue et maîtrisée depuis de nombreuses années, ce n'est que récemment, suite à l'amélioration des performances de l'électronique et des instruments d'optique, que cette technique s'est démocratisée et s'est développée à un niveau industriel. Il reste cependant quelques barrières, comme la complexité de la technique mise en œuvre ainsi que la portabilité. C'est précisément dans ce cadre qu'Optrion a souhaité



Vue 3D de la caméra shearographique (nouveau design).



Mise en évidence de défauts dans un composite monolithique à travers une piste d'abradable.

apporter une solution pertinente sur le marché via l'optimisation des éléments optiques et l'utilisation de LabVIEW ainsi que du matériel National Instruments.

L'intérêt pour la shearographie trouve son origine dans l'utilisation croissante des matériaux composites dans les secteurs d'activité les plus pointus. Parmi ceux-ci figure l'aéronautique où les gains de masse sont constamment recherchés. L'utilisation croissante des composites dans la fabrication de pièces critiques a demandé le développement de techniques d'inspection nouvelles, capables de détecter des défauts invisibles à l'œil nu. Elle permet aussi de pallier certains manques d'efficacité de techniques plus classiques, leur difficulté de mise en œuvre et leur coût trop important. Il s'agit donc d'une technique complémentaire aux techniques existantes. Elle présente plusieurs avantages : il s'agit d'une méthode sans contact et donc de mise en œuvre aisée ; il s'agit aussi d'une méthode plein champ qui, par comparaison à d'autres techniques, permet l'inspection de grandes surfaces, et elle est raisonnablement sensible aux conditions extérieures. En outre, la solution d'Optrion en fait une technique portable, semi-automatique et très compétitive financièrement. Parmi les applications les plus intéressantes, citons le cas des nids d'abeilles et matériaux de type sandwich pour détecter des défauts de type décollements, intrusions, fissurations, impacts... ainsi que les composites monolithiques de faible épaisseur (type CFRP, GFRP).

Parmi les principaux composants du système figure l'interféromètre. Dans le cas du système Optrion, il s'agit d'un interféromètre de Michelson. Il permet la combinaison des hologrammes via le contrôle précis d'actuateurs piézoélectriques, calibrés et complètement gérés par la carte NI 6008. Un autre élément essentiel du système est le laser monochromatique (de couleur verte) qui éclaire la pièce et apporte la source de lumière cohérente nécessaire à l'interférence des images dont l'alimentation est aussi gérée par la carte NI

6008. Enfin, cette carte permet de réaliser l'acquisition de divers paramètres de mise au point et la gestion de relais en vue du contrôle du stimulus thermique appliqué à la pièce inspectée.

En effet, c'est en appliquant une faible contrainte mécanique que la shearographie permet de détecter, via la combinaison d'images de référence et déformées, des défauts produisant des singularités dans le champ de déformation à la surface de l'échantillon mesuré. Les images sont captées par une caméra CMOS et traitées à l'aide d'un logiciel entièrement développé sous LabVIEW et tirant profit de Vision. Ce logiciel est composé de 3 modules :

1. Un module pour la calibration des actuateurs piézoélectriques, indispensables au bon fonctionnement du système,
2. Un module dédié à l'acquisition et au traitement des images, des paramètres distance et température en temps réel,
3. Un module pour le post-traitement des images en vue d'en optimiser le traitement et donc l'analyse *a posteriori*.

Ceci signifie donc que la carte NI 6008 constitue la seule interface électronique de la caméra, lui conférant fiabilité, robustesse mais aussi flexibilité vu les performances offertes. Ces critères sont primordiaux en vue d'une installation sur un site de production ou pour l'utilisation lors d'activités de maintenance dans les secteurs industriels les plus contraignants.

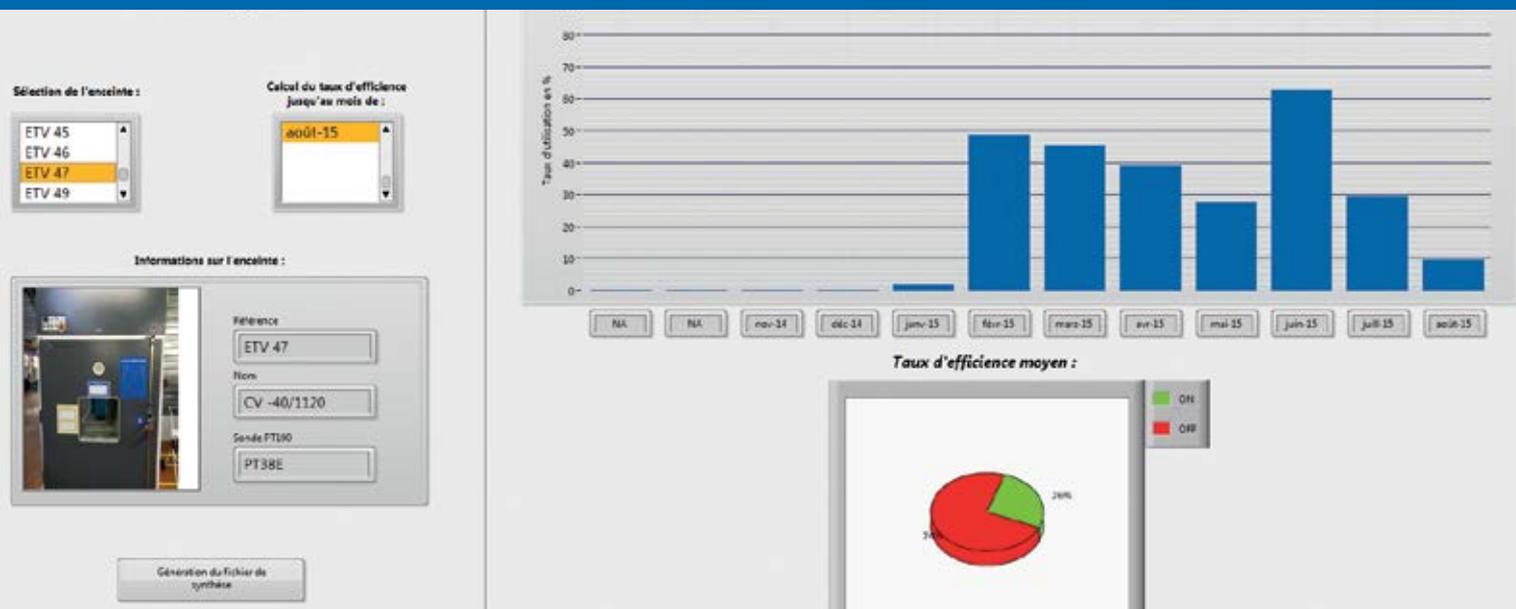
Cette solution est également totalement compatible avec les contraintes de coût, de volume et de masse imposées dès le début du projet. Enfin, soulignons la facilité de mise en œuvre de LabVIEW qui a permis de développer très rapidement un logiciel prototype mais aussi de gérer très facilement l'acquisition de plusieurs signaux, le contrôle des équipements critiques de la caméra ainsi que le traitement des images en temps réel. Le post-traitement des enregistrements a lui aussi été mis en œuvre de manière rapide et aisée et constitue aujourd'hui un avantage concurrentiel important.

Après avoir collaboré avec un expert en matériaux composites issu du secteur du nautisme ainsi que plusieurs industriels belges de l'aérospatiale, la caméra a été testée chez Testia Toulouse (anciennement NDT Expert) qui n'est autre que le centre d'expertise NDT du groupe Airbus.

La caméra est bien évidemment appelée à évoluer et Optrion l'envisage de manière très sereine vu les capacités matérielles encore disponibles. Citons la possibilité de faire l'acquisition de signaux ou images complémentaires ou la possibilité de contrôler d'autres périphériques (mise au point automatique du focus par exemple). Le logiciel pourra lui aussi être facilement mis à jour et amélioré en termes de fonctionnalité et d'interface selon les retours clients ou nouvelles exigences provenant du terrain.

#### Pour en savoir plus, vous pouvez contacter :

Christophe LOFFET  
V2i  
Avenue du pré Aily, 25  
25 4031 Liège (Belgique)  
+32 4 287 10 76  
c.loffet@v2i.be  
www.v2i.be



Acquisition / enregistrement de données

# Système de supervision de température des enceintes climatiques sous LabVIEW

Par Josselin FELD, INEVA

**L’OBJECTIF :**

Développer un système composé d’une interface logicielle et d’une chaîne d’acquisition permettant de garantir la bonne application des conditions environnementales de tests climatiques (températures) qui contribuent à l’évaluation de la conformité des produits développés et d’optimiser l’utilisation et la maintenance d’un parc d’enceintes climatiques.

**LA SOLUTION :**

Le système d’autocontrôle consiste à vérifier en continu et en temps réel la température des enceintes à l’aide de sondes de température (PT100), d’un convertisseur multiplexé et d’un système d’acquisition. La supervision est réalisée grâce à une application développée sous LabVIEW. Cette solution présente l’avantage de pouvoir s’adapter à toute sorte d’architectures NI.

INEVA accompagne ses clients, du développement à l’industrialisation des produits, grâce au conseil, à l’ingénierie, à la prestation de laboratoire d’essai et à la conception de bancs de tests ou de contrôle. L’objectif d’INEVA est d’aider ses clients à optimiser leurs coûts et améliorer la qualité de leurs produits par de l’Intelligence en Validation.

Les domaines de compétences d’INEVA sont orientés vers la mécatronique et l’interaction entre la mécanique, l’électronique et le logiciel. INEVA possède une spécificité de qualité perçue, qualification optique, acoustique, vibratoire et climatique.

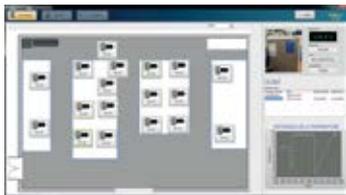
**Des logiciels existants mais pas d’autocontrôle**

Le principe d’un test en enceinte climatique est de soumettre un produit (équipement sous tension ou non) à des contraintes de température et d’humidité. Il est important de connaître précisément les valeurs atteintes par les enceintes afin d’éliminer les effets de bord et de garantir la qualité de l’essai. Il peut arriver qu’une étuve n’atteigne pas la température de consigne demandée et rende un essai incomplet, des défauts pouvant apparaître sur le produit dans la plage de température ou d’humidité non testée.

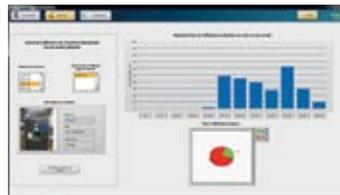
« Le choix de la programmation orientée objet avec LabVIEW s’est imposé naturellement : chaque enceinte représente un objet auquel on a affecté des propriétés et des méthodes. Cette méthodologie de programmation permet de gérer plus facilement la diversité du parc des enceintes. »



Suivi mensuel du taux d’utilisation.



Implantation des enceintes dans le laboratoire.



Taux d'efficacité d'une enceinte sur une période donnée

Pour s'affranchir de ces dérives potentielles, l'utilisateur peut effectuer, au préalable du test du produit, un test des équipements. Ce test du test garantit la conformité du test final.

Les logiciels de gestion de parc d'enceintes existent et sont livrés par les constructeurs. Par contre, aucun d'entre eux n'assure un autocontrôle indépendant. Pour réaliser ce test d'autocontrôle, notre client souhaite réutiliser du matériel existant, notamment des modules CANSAS et des sondes PT100 pour la mesure des températures. Ce projet peut néanmoins être réalisé avec des châssis NI Ethernet RIO et des cartes NI-9217.

### Une architecture matérielle classique, un logiciel évolutif

L'architecture est très classique. Des sondes sont placées dans les enceintes et reliées à des conditionneurs CANSAS. Le réseau CAN permet de multiplexer les données et de relier les enceintes de façon évolutive. Les températures sont transmises au PC via le réseau CAN.

Le choix de la programmation orientée objet avec LabVIEW s'est imposé tout naturellement pour le développement de cette application. Chaque enceinte représente un objet auquel on a affecté des propriétés et des méthodes. Cette méthodologie de programmation permet de gérer plus facilement la diversité du parc des enceintes. En effet, les méthodes peuvent varier et des propriétés peuvent être ajoutées en fonction du type d'enceinte. La programmation orientée objet permet également d'avoir une application très évolutive, nécessitant peu de modifications dans l'architecture principale du programme si l'on veut ajouter des fonctionnalités aux objets « enceintes », comme l'ajout de la surveillance de l'humidité dans les enceintes ou de la fonction de pilotage.

### Déroulement du test de vérification

Avant chaque test de pièce, un test de vérification peut être réalisé pour vérifier les caractéristiques de l'enceinte, comme la température de consigne, la tolérance, le temps de stabilisation, le temps de mesure... On définit un cycle de mesure et selon les résultats obtenus, des ajustements de consignes (gain, offset) sont réalisés pour que l'enceinte réponde aux exigences de l'essai final. Des



Visualisation d'un essai en temps réel.

mesures de température sont effectuées régulièrement (toutes les 30 secondes) afin de garder un historique. Cet autocontrôle garantit la qualité des tests et évite une dérive en température des enceintes qui peut rendre des tests non conformes aux spécifications. Pour coller encore plus à la réalité, les sondes PT100 sont placées directement au contact des pièces à tester, de manière à ne pas se fier à une température générale, mais au contraire, d'avoir la température réelle au plus proche des pièces. L'historique permet une traçabilité en cas de problèmes.

### Test d'efficacité pour une meilleure gestion du parc

La collecte des données périodiques permet d'obtenir des statistiques sur le taux d'utilisation de chaque enceinte et indique l'activité du laboratoire sur une période donnée. Ces informations sont importantes car elles permettent de gérer plus efficacement le parc, d'anticiper les révisions pour chaque enceinte et donc d'éviter les pannes en cas de surutilisation, ou de réaliser des économies en espaçant l'entretien dans le cas contraire.

### Gain en qualité de test et gain financier

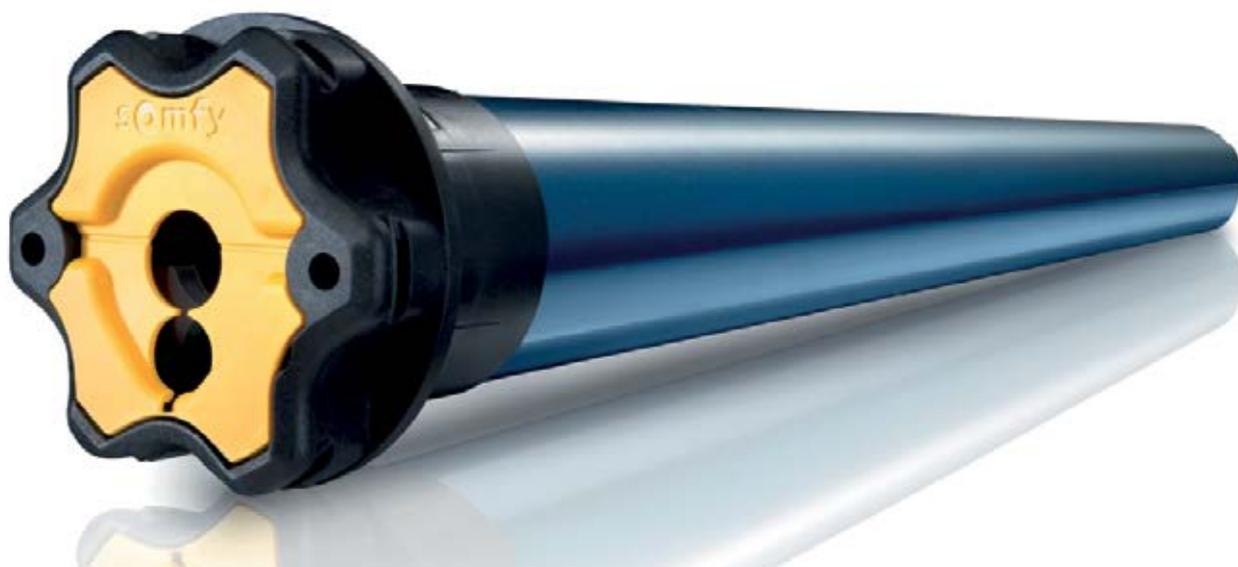
Les coûts de calibration peuvent être importants. En effet, au simple chiffrage financier s'ajoutent le temps d'immobilisation d'enceinte et le coût du technicien en charge de préparer la calibration (arrêt et démontage des tests en cours, remise en état après calibration). Notre système est beaucoup plus souple d'utilisation car la chaîne complète de traitement peut être calibrée par un opérateur de laboratoire à n'importe quel moment, à l'aide d'appareils de mesures certifiés et d'un simulateur de charges. Les sondes PT100 de classe A sont remplacées annuellement, de façon transparente pour l'activité du laboratoire. Le retour sur investissement est d'autant plus conséquent que le parc surveillé est important (ici plus de 25 enceintes).

### Résultats et évolutions

L'architecture du projet permet de multiples évolutions. C'est un modèle ouvert qui pourrait facilement intégrer d'autres solutions National Instruments. La prochaine évolution sera d'intégrer le pilotage des enceintes directement au sein du programme de surveillance et d'ajouter une chaîne de mesure de l'humidité. Enfin, une automatisation des tests par une programmation générique facilitera l'utilisation de l'ensemble du système, en choisissant des tests génériques dans une base de tests. Ce modèle peut être déployé dans tous les laboratoires possédant des enceintes climatiques.

### Pour en savoir plus, vous pouvez contacter :

Josselin FELD  
INEVA  
14, rue du Girlenhirsch  
67400 Illkirch  
+33 (0)3 67 07 95 40  
josselin.feld@ineva.fr



Automatismes industriels et systèmes embarqués

## Découpler la capacité d'analyse de tests d'endurance mécanique et électrique des moteurs de la maison connectée

Par Frédéric BERNARD et Olivier JOURDAN, SAPHIR

### L'OBJECTIF :

Améliorer la surveillance et l'enregistrement des essais grâce à la nouvelle génération de bancs et augmenter le nombre de moteurs testés selon des cycles indépendants. Ces bancs enregistrent les mesures et les indicateurs pertinents pour une investigation.

### LA SOLUTION :

Une armoire électrique abrite le conditionnement des signaux et un châssis cRIO-9068 équipé de modules analogiques et digitaux. LabVIEW Real-Time assure la conduite asynchrone des cycles de dix moteurs, la mesure et le calcul d'indicateurs, ainsi que les enregistrements et l'export des données vers un serveur. Un PC en réseau fournit l'interface homme-machine (IHM) de paramétrage des essais et la visualisation interactive des opérations en cours.

### Adapter son habitat à ses envies, à son rythme de vie, aux conditions extérieures...

Autant de bonnes raisons de considérer les offres domotiques, de motoriser et de programmer pour se faciliter la vie, mais encore faut-il s'assurer de la fiabilité des technologies mobilisées.

Pour cela, le constructeur français Somfy ne cesse d'innover et intègre le meilleur de la technologie dans ses produits à très haut niveau d'endurance. L'équipe de développement de la société SAPHIR

a pu mettre son expertise au service du développement des bancs de tests utilisés pour les motorisations de nouvelle génération.

### « Automatiser pour se dispenser d'y penser ! »

Ce slogan, propre à la domotique, s'applique aussi au pilotage des bancs d'endurance : en effet, si les services techniques de Somfy s'attachent depuis longtemps à éprouver les produits afin d'en améliorer la robustesse et la durée de vie, de nombreuses tâches de relevés périodiques étaient restées manuelles et chronophages.

*« Les exigences de robustesse et de taux de service, la nécessité de calculs en temps réel, le besoin d'autonomie d'enregistrement en cas de perte de liaison avec le serveur d'archivage, ont conduit naturellement à l'utilisation du contrôleur cRIO-9068. »*

Les tests d'endurance se déroulent généralement sur des milliers de cycles durant plusieurs mois. Le principe consiste à reproduire de manière cyclique et accélérée les contraintes mécaniques et électriques subies durant une vie de fonctionnement. Le vieillissement accéléré sur un prototype en phase d'innovation permet de révéler une défaillance et d'en corriger la conception. En phase de production, de tels tests par échantillonnage permettent de prévenir d'éventuelles dérives de fabrication.



*Votre maison suit votre rythme de vie et vos envies,  
en harmonie avec votre environnement.*

Pour ce faire, il importe non seulement de dérouler les cycles en contrôlant le bon comportement du produit sous test, mais aussi, à présent, d'enregistrer toutes les mesures pertinentes qui permettront aux ingénieurs d'investiguer pour l'amélioration.

Le bilan de l'épreuve d'endurance permet, en outre, de déterminer l'espérance de vie du produit et d'offrir une durée de garantie adaptée, mais aussi de mettre en évidence les pièces d'usure remplaçables et de calibrer un agenda de maintenance prévisionnelle.

### Réalisation du banc d'endurance piloté par le contrôleur cRIO-9068

Les exigences de robustesse, le taux de service, la nécessité de calculs en temps réel et le besoin d'autonomie pour l'enregistrement en cas de perte de liaison avec le serveur d'archivage ont conduit naturellement à l'utilisation du contrôleur cRIO-9068.

Le banc est dimensionné pour tester simultanément dix moteurs, chacun étant soumis à son propre cycle, caractérisé avec ses propres indicateurs paramétrés, contrôlé avec ses propres seuils, sur une longue durée indépendante des autres. Le posage d'un nouveau moteur sur un des postes n'impacte en rien le déroulement des essais courants sur les autres.

Un PC offre l'interface de paramétrage d'un nouveau cycle d'endurance, tout en permettant de visualiser le déroulement des tests courants et de consulter les enregistrements précédents.

Les paramètres sont transmis d'une part à un automate dédié à la commande des moteurs, d'autre part au contrôleur cRIO-9068 qui assure non seulement l'échantillonnage et l'analyse en temps réel des signaux, mais aussi le calcul des indicateurs, le contrôle des seuils, l'animation d'alarme en cas de détection d'anomalie et l'arrêt de sécurité.

L'enregistrement des indicateurs et du journal de bord est effectué localement sur disque flash du CompactRIO en fichiers circulaires et transféré périodiquement au serveur d'archivage sur le réseau d'entreprise. En cas de perte de liaison réseau, une alarme est déclenchée et l'autonomie d'archivage peut durer plusieurs journées avant arrêt pour saturation de disque.



*L'armoire électrique abrite le conditionnement  
des signaux et un contrôleur cRIO-9068.*

Des mesures de courant jusque 6 A, de tension AC/DC jusque 400 V et de température sont conditionnées puis échantillonnées par deux modules analogiques NI 9205 pour être filtrées et intégrées en valeur RMS par le code FPGA.

Le codeur tachymétrique de chaque moteur est acquis par des modules numériques NI 9411, et traité par le FPGA permettant de contrôler le profil de position et vitesse.



*Moteur pour volet roulant de dernière génération.*

Le logiciel sous LabVIEW Real-Time analyse les profils à la volée pour détecter les phases de stabilité et extraire les mesures permettant de calculer les indicateurs et de contrôler les gabarits.

Un module NI 9476 assure le pilotage de relais d'alarme en cas de franchissement de seuils, ainsi que l'arrêt d'un essai avec coupure d'alimentation moteur en cas de défaut d'une condition de sécurité, tout événement étant enregistré au journal de bord.

### Trois modes d'exploitation supportés

Chaque moteur est testé selon trois modes qui se déroulent simultanément :

- Le mode « Surveillance » calcule, contrôle et enregistre quatre indicateurs par cycle ;
- Le mode « Expertise » ajoute à la surveillance l'enregistrement des profils de mesure intégrés et décimés à 50 Hz ;
- Le mode « Glissement » établit un état stable et contrôle cette stabilité durant une période paramétrée de plusieurs journées.

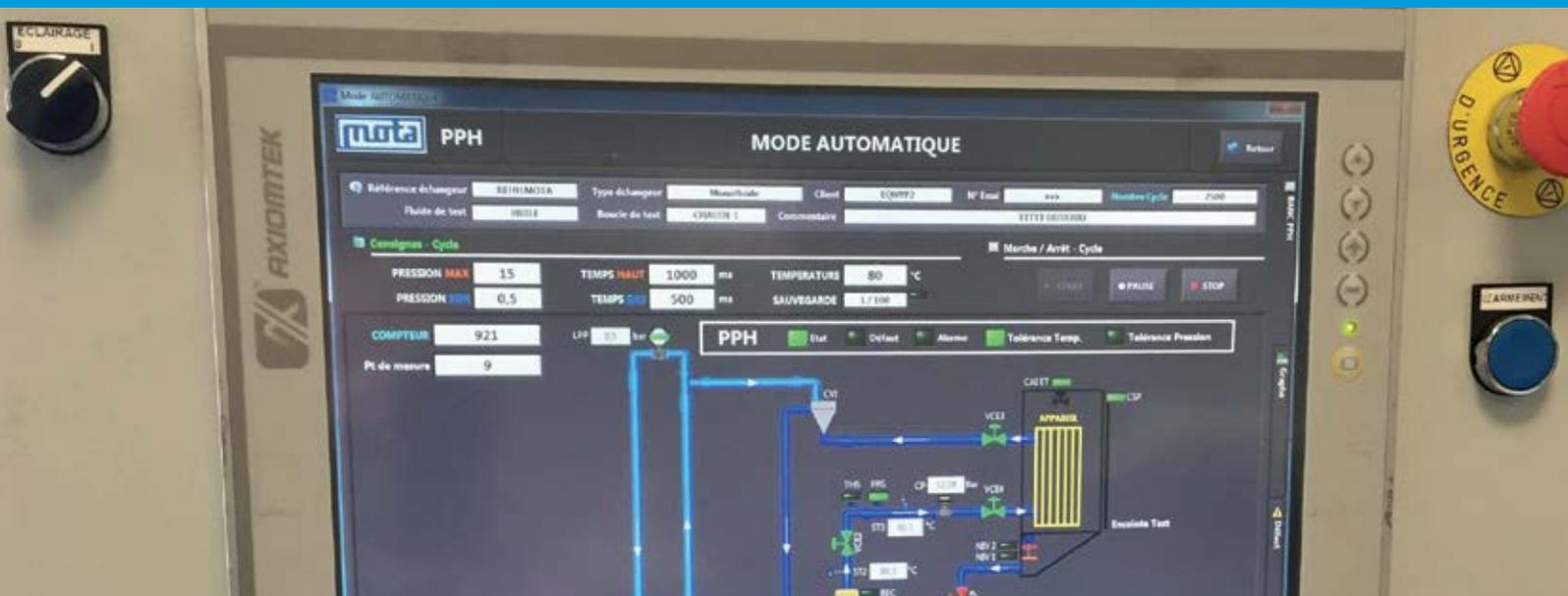
Tous les paramètres courants d'exploitation sont conservés de telle sorte que tout arrêt du banc, quelle qu'en soit la cause, inopinée ou programmée, soit suivi de la reprise automatique avec tous les paramètres courants et sans perte d'information.

Le dispositif est autonome, hormis le paramétrage transmis par le PC ; ce dernier peut également accéder aux données courantes, mesures, indicateurs et franchissement de seuils, entre autres.

Deux exemplaires installés en juillet puis octobre 2014 sont en exploitation ; un troisième est en cours de réalisation. Le parc devrait être doublé en 2015.

### Pour en savoir plus, vous pouvez contacter :

Frédéric BERNARD  
Responsable Technique de projet  
Service technique  
SAPHIR  
50, rue du Mail  
38530 Barraux  
+33 (0)4 38 92 15 50  
contact@saphir.fr  
www.saphir.fr



## Automatismes industriels et systèmes embarqués

# Banc d'endurance pression pulsée huile

Par Philippe BRANDAO, INGENIA-system

### L'OBJECTIF :

Réaliser un banc d'endurance pression pulsée huile entièrement paramétrable en utilisant les produits NI afin d'effectuer des essais d'endurance (jusqu'à un million de cycles) à différentes pressions (de 0,5 à 30 bar) et températures (de 60 à 130 °C) ; sur des échangeurs (de 1 à 3 par essai d'endurance) de différentes tailles (échangeur de jet ski, de bateau, de camion, d'engin de chantier, etc.).

La société INGENIA-system, située à Reims en Champagne-Ardenne, est un intégrateur de produits National Instruments spécialisé dans le domaine du test et de la mesure qui conçoit des bancs d'essais clé en main. À la demande d'un équipementier naval et automobile, INGENIA-system a réalisé un banc d'essais pression pulsée huile, en partenariat avec une entreprise rémoise spécialisée en hydraulique. Ce banc d'essais permet de contrôler les prototypes d'échangeurs, des retours clients mais aussi des échantillons provenant des lignes de production d'un équipementier naval et automobile sur le site d'Aubagne.

### Un nouveau banc pour permettre des essais d'endurance de haute précision

Il était nécessaire de concevoir un banc de pression pulsée huile pour répondre aux nouveaux besoins du client. L'objectif : pouvoir effectuer des cycles de pression sur une gamme de 0,5 à 30 bars,

*« LabVIEW et le matériel CompactRIO nous ont permis de développer facilement une interface homme-machine intuitive et de garantir une gestion optimale des cycles de pression. »*

### LA SOLUTION :

Utiliser le matériel CompactRIO et LabVIEW Real-Time pour obtenir de hautes performances à moindre coût et disposer d'un banc de test performant permettant la gestion des cycles de pression et des temps de paliers imposés (variables de 500 à 1 500 ms), l'acquisition de diverses mesures, la visualisation en temps réel du synoptique complet du banc et des cycles de pression, la sauvegarde des données et l'export des données au format XLS.

autour d'une température de 60 à 130 °C et des temps de paliers de pression de 500 à 1 500 ms, en garantissant une précision, une stabilité et une répétabilité des différents paramètres sur des durées d'essais allant jusqu'à 1 million de cycles, soit environ 23 jours d'essais d'endurance.

### Suivi d'essai et supervision temps réel

Lors du lancement d'un essai d'endurance, l'application transmet au CompactRIO les caractéristiques du cycle demandé et le nombre de cycles à réaliser en utilisant les variables partagées. Durant l'essai, l'opérateur dispose d'un affichage temps réel du synoptique complet du banc et des différentes mesures (pression et température) sur un graphe déroulant, du réglage des échelles X et Y, des informations sur le cycle demandé, du nombre de cycles réalisés (et à réaliser) et des informations sur le produit en cours de test. Une fois l'essai terminé, l'opérateur peut procéder au post-traitement puis à l'exportation des données au format XLS. L'opérateur peut tester jusqu'à trois échangeurs en parallèle pour gagner du temps sur ses essais d'endurance.

### Le matériel CompactRIO pour mesurer et contrôler

En ce qui concerne le contrôle/commande et l'acquisition des données, le matériel cRIO-9074, permettant d'intégrer jusqu'à huit modules d'E/S de la Série C, a été rapidement retenu pour son prix



*L'objectif est d'intégrer une solution National Instruments permettant de répondre aux exigences du cahier des charges. Le matériel CompactRIO, performant et fonctionnant sous LabVIEW Real-Time, répond à notre besoin.*



*Un panel PC dialogue en Ethernet avec le châssis CompactRIO chargé de l'ensemble du contrôle/commande du banc, de la génération des cycles de pression, et de l'acquisition des mesures de pression et températures pour les essais d'endurance de pression pulsée d'huile sur échangeurs.*

et ses performances. L'ensemble est géré par l'environnement de programmation graphique LabVIEW pour l'interface PC et LabVIEW RT pour le code embarqué sur le CompactRIO. Un panel PC dialogue en Ethernet avec le châssis CompactRIO qui gère l'ensemble du banc en temps réel. Un module NI 9205 permet d'effectuer les mesures de pression et de température. Un module NI 9265 permettra de générer la consigne de pression et la fréquence des pompes. Un module NI 9425 permet de récupérer l'état des différents composants du banc (électrovannes, capteurs, sécurités) Enfin, un module NI 9476 permet de piloter les électrovannes et de démarrer les pompes.

L'interface est entièrement réalisée sous LabVIEW et permet de superviser le banc d'essais, de charger un produit, de paramétrer les essais d'endurance, de lancer le cycle de pression, de lancer les acquisitions, de sauvegarder les données, de traiter les données et de les exporter (fichier tableur et image du graphe).

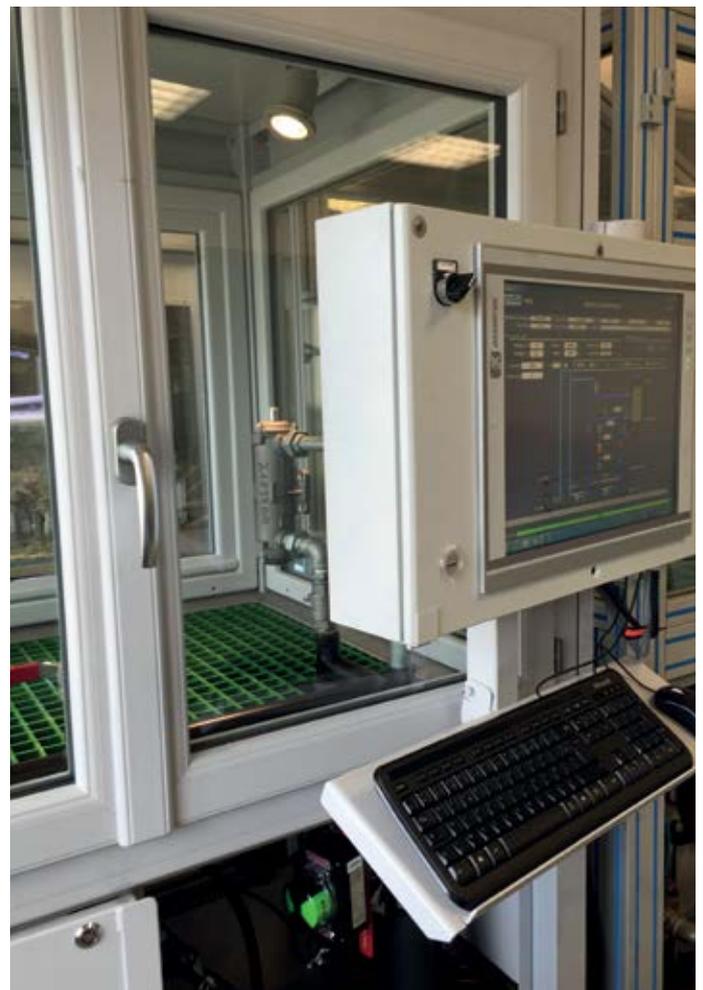
À la fin d'un essai, le fichier est sauvegardé automatiquement au format XLS pour pouvoir être exploité sous Excel.

### Un mois de développement

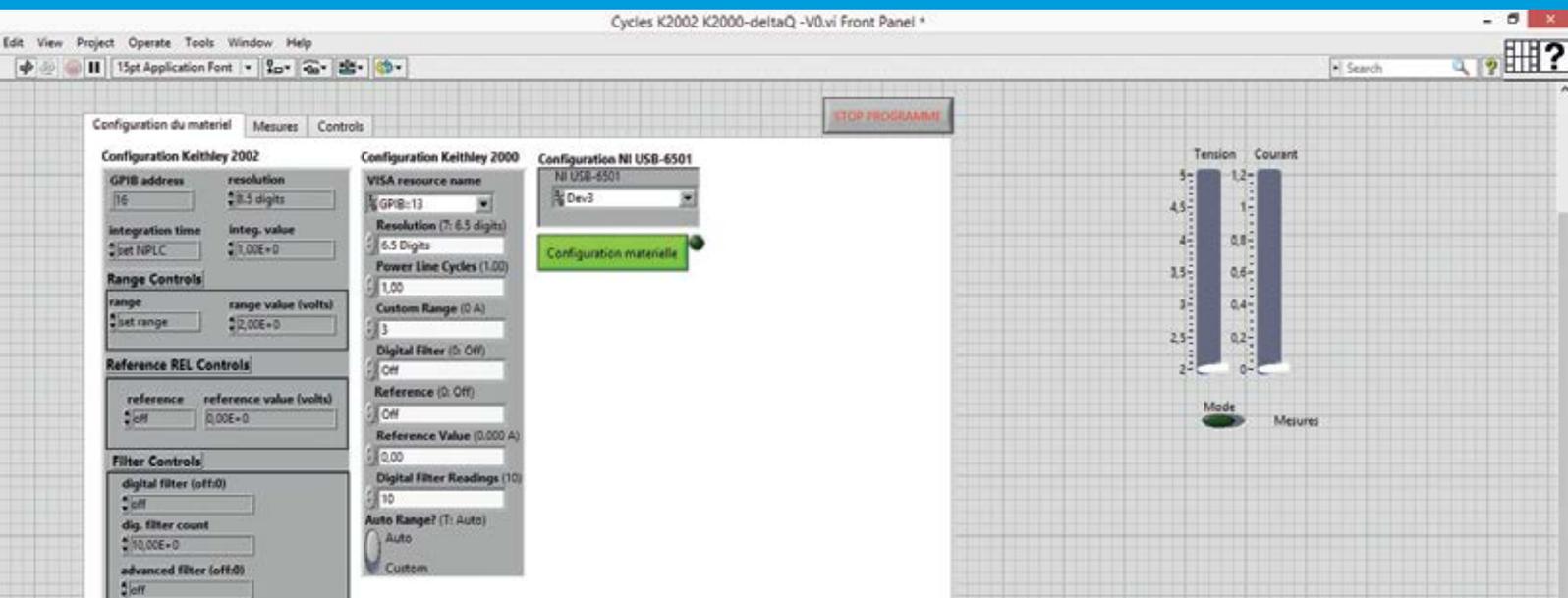
L'application de contrôle/commande et de mesure sous LabVIEW a été développée en un mois et la conception mécanique et hydraulique en deux mois. Nous avons apprécié la facilité de mise en œuvre du matériel CompactRIO et le déterminisme de LabVIEW Real-Time. Le banc est actuellement utilisé dans le laboratoire d'essais d'un équipementier naval et automobile à Aubagne.

### Pour en savoir plus, vous pouvez contacter :

Philippe BRANDAO  
INGENIA-system  
Pôle technologique Henri Farman  
2, allée Albert Caquot  
51100 Reims  
+33 (0)9 86 25 99 02  
contact@ingenia-system.com  
www.ingenia-system.com



*L'interface permet de superviser les essais d'endurance en mode manuel ou automatique et de paramétrer les cycles d'essais : pression minimum et maximum (bar), température de l'huile (°C), temps palier haut et temps palier bas (ms), nombre de cycles à réaliser. L'interface sert également à dialoguer avec le CompactRIO pour récupérer l'état du banc, lancer l'essai, visualiser les mesures et sauvegarder les données au format XLS.*



## Automatismes industriels et systèmes embarqués

# Automatisation d'un banc de mesures pour la recherche sur les accumulateurs électrochimiques

Par Valentina Alina RAILEANU et Patrick LAGONOTTE, École Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Poitiers

### L'OBJECTIF :

Concevoir un banc de test pour des accumulateurs électrochimiques, adaptable aux différentes technologies de batteries et aux évolutions de l'instrumentation. Ce banc de test doit également être très évolutif pour répondre aux besoins de la recherche, les tests allant d'une simple décharge à des cycles complexes en charge, décharge et récupération.

### LA SOLUTION :

Développer un banc de test composé d'instruments de mesures pilotés par LabVIEW au travers d'une interface USB-GPIB. Les tests étant lents, une interface graphique de la face-avant permet de suivre le bon déroulement des tests. L'introduction de sécurité logique permet d'éviter une décharge profonde ou une surtension en fin de charge.

L'École Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Poitiers forme des promotions de 110 étudiants à deux diplômes, l'un en Eau et génie civil, l'autre en Énergétique. L'Institut Pprime (P<sup>2</sup>) est une unité propre de recherche du CNRS créée en 2010 en partenariat avec l'ISAE-ENSMA et l'Université de Poitiers. Elle est composée de plus de 600 personnes dont les thématiques de recherche concernent les Sciences pour l'Ingénieur et la Physique des matériaux.

Dans le cadre d'un programme de recherche sur les accumulateurs électrochimiques, nous avons développé un premier banc de mesures dédié à ces éléments. Le schéma de principe de ce banc est présenté dans l'illustration ci-contre. Ce banc peut fonctionner en charge, en décharge ou en combinaison : charge, décharge ou récupération pour effectuer des cycles complexes.

*« C'est pour la facilité d'adaptation, d'évolution et de création d'interface graphique pour le paramétrage et l'affichage des mesures que nous avons choisi d'utiliser LabVIEW dans le cadre de cette application. »*

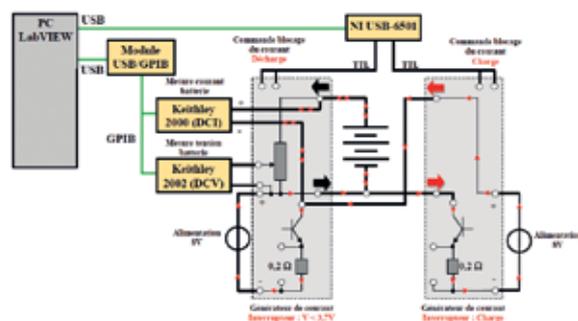


Schéma du montage développé.

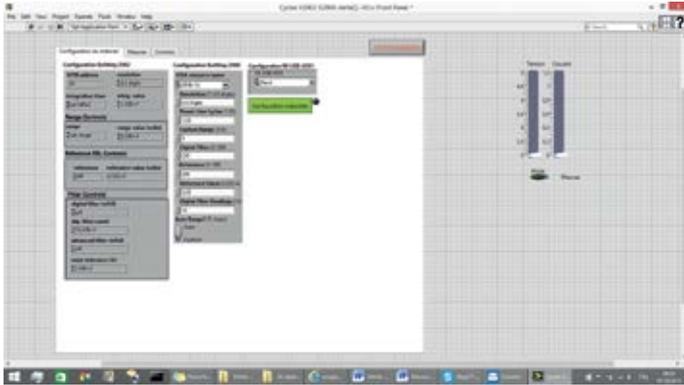
Pour la commande du blocage des générateurs de courant, nous avons utilisé un boîtier NI USB-6501. Pour la commande et la récupération des mesures des instruments, nous avons utilisé un boîtier GPIB.

Nous envisageons d'avoir à disposition un second banc de mesures pour que les étudiants de l'école d'ingénieurs puissent réaliser des projets. Ce second banc sera développé par la réutilisation de matériel disponible mais ne sera pas forcément

identique au premier. Le logiciel de pilotage devra donc être réadapté à une nouvelle configuration matérielle différente de la première.

### Paramétrage des tests et des instruments de mesures

Les différents instruments de mesures doivent être configurés (fonction, calibre, précision, vitesse d'intégration ou d'acquisition, utilisation ou non de filtres). Des sécurités logicielles permettent l'arrêt des courants de charge ou de décharge en cas de tension trop basse ou trop haute au niveau de l'élément testé.



Face-avant du paramétrage des instruments Keithley.

### Pilotage des générateurs de courant

Des générateurs de courant analogiques ont été construits (réglage de la valeur du courant à l'aide d'un potentiomètre multi-tours, blocage du courant par un interrupteur et entrée numérique). Les générateurs de courant sont pilotés à l'aide d'une carte NI USB-6501.

Le montage pourrait évoluer en utilisant des sources de courant programmables.



Générateur de courant développé.

### Surveillance graphique du bon déroulement des tests

Les tests sur des accumulateurs électrochimiques pouvant être longs (de quelques heures à plusieurs journées), il est nécessaire d'avoir en face-avant les indicateurs instantanés de son bon fonctionnement, mais également de pouvoir suivre les phénomènes. La face-avant doit pouvoir offrir ces différentes informations.

C'est pour cette facilité d'adaptation, d'évolution et de création d'interface graphique pour le paramétrage et l'affichage des mesures que nous avons choisi d'utiliser LabVIEW dans le cadre de cette application.

### La mise en œuvre logicielle

Les générateurs de courant sont pilotés par une carte NI USB-6501. L'enregistrement du courant et de la tension aux bornes d'un accumulateur est effectué sur le disque dur. L'ensemble des paramètres qui incluent la configuration des appareils et les paramètres de mesure (période d'échantillonnage, atténuation, paramètres cycles) est enregistré dès la première utilisation du programme dans un fichier de configuration. Les paramètres seront relus par la suite, au début du processus, pour initialiser le programme.

Le projet est conçu sous forme de machine à états capable d'effectuer les actions suivantes :

- État 0 : initialisation et configuration du matériel ;
- État 1 : programme principal ;
- État 2 : écriture des paramètres de travail dans le fichier de configuration ;
- État 3 : arrêt du courant des générateurs et du programme.

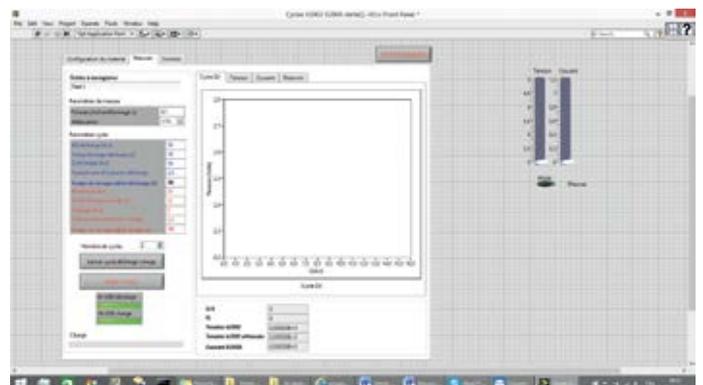
### État 0 : initialisation et configuration du matériel

Si le fichier de configuration existe, les valeurs des paramètres de travail seront initialisées avec les valeurs du fichier (sinon, des valeurs par défaut seront utilisées). Les paramètres des appareils peuvent être changés à tout moment avant que la configuration ne soit figée. Dans cette étape, on crée aussi le fichier « Mesures ».

### État 1 : programme principal

Le programme principal est conçu avec une structure Condition à deux états qui gère le démarrage et l'arrêt des cycles décharge/charge. Les cycles de décharge/charge sont ensuite gérés par une machine à état double avec quatre états principaux : décharge, récupération décharge, charge, récupération charge ; et deux états pour chacun des états décharge et charge : 0 (décharge/charge) et 1 blocage (décharge/charge).

Cette étape permet aussi la visualisation des mesures sous quatre fenêtres différentes, le changement des paramètres de mesures et des paramètres cycle, et l'enregistrement des mesures.



Paramétrage d'un cycle.

## État 2 : écriture des paramètres de travail dans le fichier de configuration

À la fin du programme, si on a demandé STOP PROGRAMME, tous les paramètres de travail seront mis à jour dans le fichier de configuration.

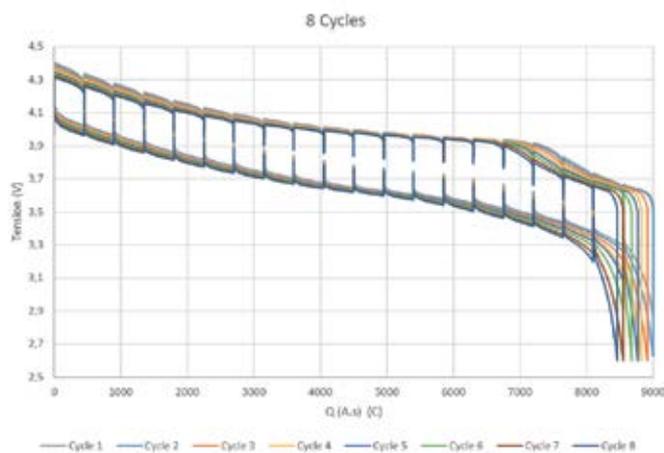
## État 3 : arrêt du courant des générateurs et du programme

L'application s'arrête.

## Exemples de mesures obtenues

Nous testerons un élément d'une batterie accumulateurs usagée de PC de type Li-Ion dont la capacité annoncée est de 2 600 mAh, soit 9 000 As. Les courants de décharge et de charge ont été réglés à 1 A, et le temps de décharge et de charge ont été fixés à 450 secondes. Le temps de récupération a été établi à 100 secondes, ce qui permet d'avoir une stabilisation de la tension.

Le cyclage de la batterie permet d'obtenir la figure présentée dans l'illustration ci-dessous.



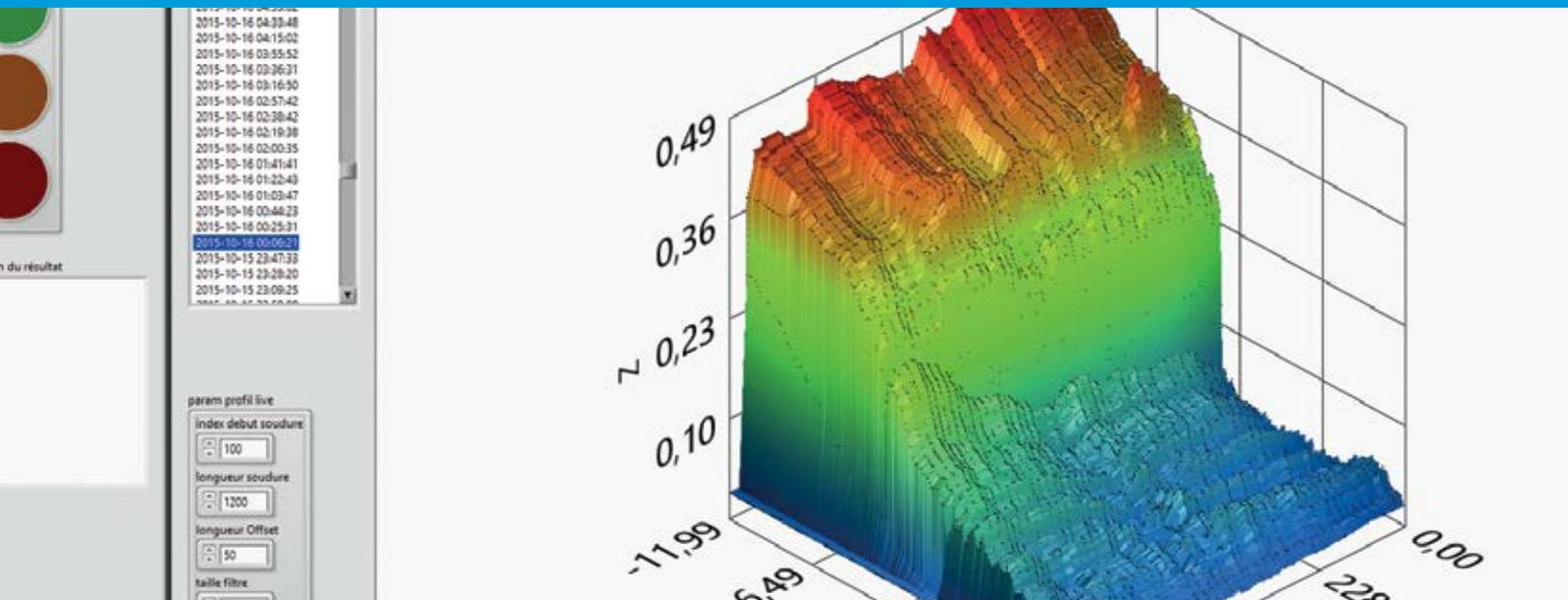
Cyclage batterie : tension batterie en fonction de sa capacité Q(As).

## Conclusion

Ce développement sous LabVIEW a permis en quelques mois de construire un montage de test d'accumulateurs efficient et d'obtenir d'intéressants résultats au niveau de la charge et de la décharge d'accumulateurs électrochimiques.

## Pour en savoir plus, vous pouvez contacter :

Patrick LAGONOTTE  
Institut P', UPR CNRS 3346  
Département Fluide Thermique Combustion  
Axe EFD (Electro-Fluido-Dynamique)  
ENSIP-Bâtiment de mécanique B 25. 3eme étage  
2 rue Pierre Brousse TSA 41105  
86073 Poitiers Cedex 9



Acquisition / enregistrement de données

# Diagnostiquer la qualité des soudures dans une usine de traitement de tôles d'acier

Par Arnaud PHILIPPART, V2i



## L'OBJECTIF :

Fournir un outil de diagnostic de la qualité des soudures en temps réel pour éviter des arrêts de lignes consécutifs au déchirement d'une soudure.

## LA SOLUTION :

Développer un système basé sur un contrôleur cRIO-9038 pour l'acquisition de données provenant d'une série de capteurs (profilomètre, pyromètre, pressions, force, courant, tension, déplacement, déclenchements) et la gestion d'une base de données hébergée sur le CompactRIO pour faciliter la prise de décision en s'appuyant sur l'expérience accumulée et sur des indicateurs spécifiquement développés.

V2i est un bureau d'études et de tests expérimentaux dans le domaine de la dynamique des structures. La société développe, exploite et commercialise des solutions pour améliorer la conception, la résistance mécanique et la durée de vie des équipements ou des structures. V2i propose également une gamme d'équipements et de services destinés au suivi des équipements de production.

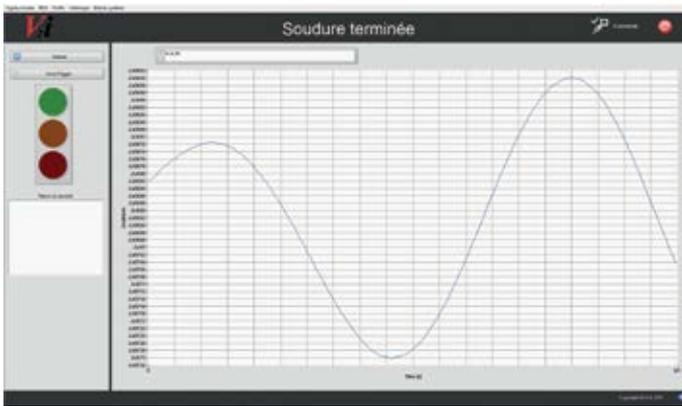
À ce titre, V2i a été sollicitée afin de résoudre un problème majeur intervenant durant le processus de traitement des tôles d'acier sur une ligne de production en continu. La tôle de deux bobines successives doit donc être soudée bout à bout. Cette soudure, effectuée en un laps de temps très court, est un point critique dans ce type de processus. En effet, si celle-ci n'est pas suffisamment résistante, une rupture risque de survenir sous la traction

importante appliquée à la bande, le pire des scénarios étant la rupture dans le four. Les quatre jours d'arrêt nécessaires à son refroidissement engendrent une perte sèche de plusieurs centaines de milliers d'euros. D'après l'expérience de notre client, ce genre d'incident se produit une à deux fois par an. La valeur d'un système permettant de prévenir ces ruptures est donc évidente.

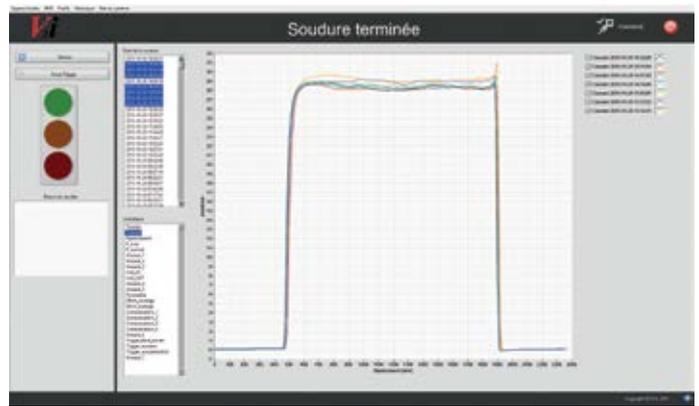
Dès lors, le but de notre système est de détecter une soudure de mauvaise qualité et d'avertir immédiatement l'opérateur afin qu'il ait le temps de la recommencer. Pour ce faire, il faut être capable de discriminer les soudures tout en tenant compte des multiples paramètres intervenant dans le processus (dureté et type de l'acier, épaisseur, largeur, vitesse de soudure).

Plusieurs éléments nous ont conduits au choix de la plate-forme CompactRIO pour la réalisation de ce système. Tout d'abord, la production se faisant en continu 7 jours sur 7, le système doit être robuste et autonome. C'est pourquoi nous nous sommes directement orientés vers un système temps réel.

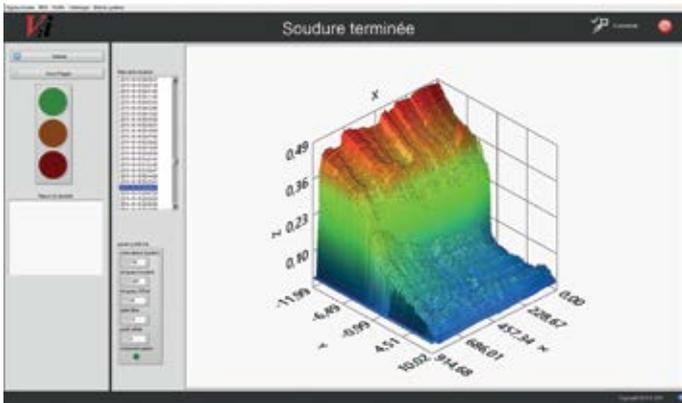
*« Le but de notre système est de détecter une soudure de mauvaise qualité et d'avertir immédiatement l'opérateur afin qu'il ait le temps de la recommencer. »*



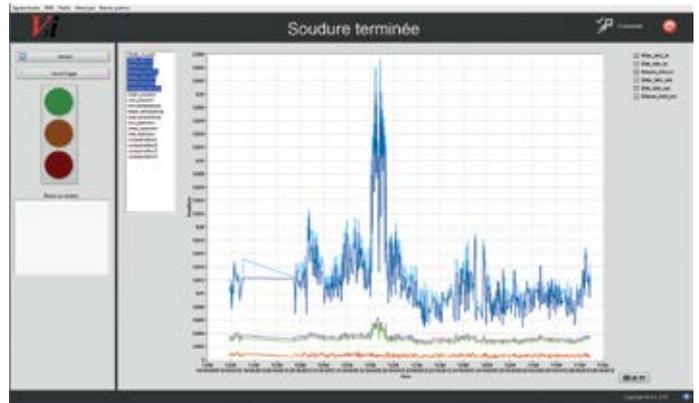
Données temporelles affichées en direct pendant la soudure.



Comparaison du courant mesuré pour plusieurs soudures.



Vue en 3D d'une soudure obtenue à l'aide du profilomètre (en direct ou a posteriori).



Key Process Indicator : représentation des indicateurs développés.

Ensuite, la complexité du processus nécessite l'acquisition d'un nombre important de grandeurs physiques. Vu la grande diversité des capteurs et signaux à acquérir (une brève description en est faite ci-après), nous avons besoin de suffisamment d'emplacements pour y loger les différents modules (deux NI 9234, deux NI 9239, un NI 9203, un NI 9402). Un profilomètre mesure la forme de la soudure avec une précision et une fréquence élevée (cf. image de comparaison du courant mesuré pour plusieurs soudures) Dans le même temps, un pyromètre mesure la température du cordon. Plusieurs capteurs plus conventionnels se chargent de mesurer les pressions appliquées (molettes de planage et de soudage), le courant traversant la soudure, la différence de tension entre les deux électrodes, les vibrations engendrées, le positionnement des clames qui maintiennent les deux parties de la bande et la vitesse de la soudure. Pour n'enregistrer que des données pertinentes, nous disposons également de plusieurs signaux de déclenchement qui déterminent le début et la fin de chaque soudure.

La connectivité est également importante car le profilomètre, élément primordial du système, transfère ses mesures par Ethernet. Le second port Ethernet est utilisé pour établir la communication avec le réseau de l'entreprise. Le CompactRIO est capable de stocker l'ensemble des données mesurées. Grâce à l'OS NI Linux Real-Time, il est possible d'héberger un serveur Mysql sur le CompactRIO. Celui-ci prend en charge l'historisation et la mise à disposition des données sur tout le réseau de notre client sans devoir installer un logiciel spécifique sur les PC distants (interface HTML). Par ailleurs, le système récupère différents paramètres

relatifs aux produits en interrogeant la base de données contenant les informations de productions. Ces paramètres sont capitaux car ils permettent d'effectuer des regroupements entre les soudures et ainsi de comparer des soudures similaires. La finalité de cette historisation est double : elle permet de mettre en évidence les dérives lentes et de définir des bornes acceptables pour chaque type de soudure. En outre, elle constitue un outil de compréhension et de mise au point de la soudeuse.

Enfin, le système nécessite une puissance de calcul importante pour être en mesure de gérer les différents buffers, les traitements de signaux avancés (filtrages, interpolation, etc.) et le traitement des images en provenance du profilomètre. De plus, le délai entre la fin d'une soudure et l'affichage de la décision ne doit pas excéder deux secondes afin de laisser le temps à l'opérateur de recommencer la manœuvre si nécessaire. Le cRIO-9038 dispose des ressources nécessaires pour prendre toutes ces opérations en charge en un temps record. En effet, l'affichage des courbes est quasi instantané et les indicateurs sont mis à jour en moins d'une seconde.

Le logiciel a été réalisé entièrement sous LabVIEW. Le temps de développement du logiciel à proprement parler n'a pas dépassé six mois. La phase d'apprentissage et de détermination des seuils est en revanche bien plus longue en raison du grand nombre de combinaisons d'aciers et de paramètres possibles. Elle ne nécessite cependant pas d'intervention externe dans la mesure où le système est entièrement autonome.

Le système se compose de deux logiciels distincts :

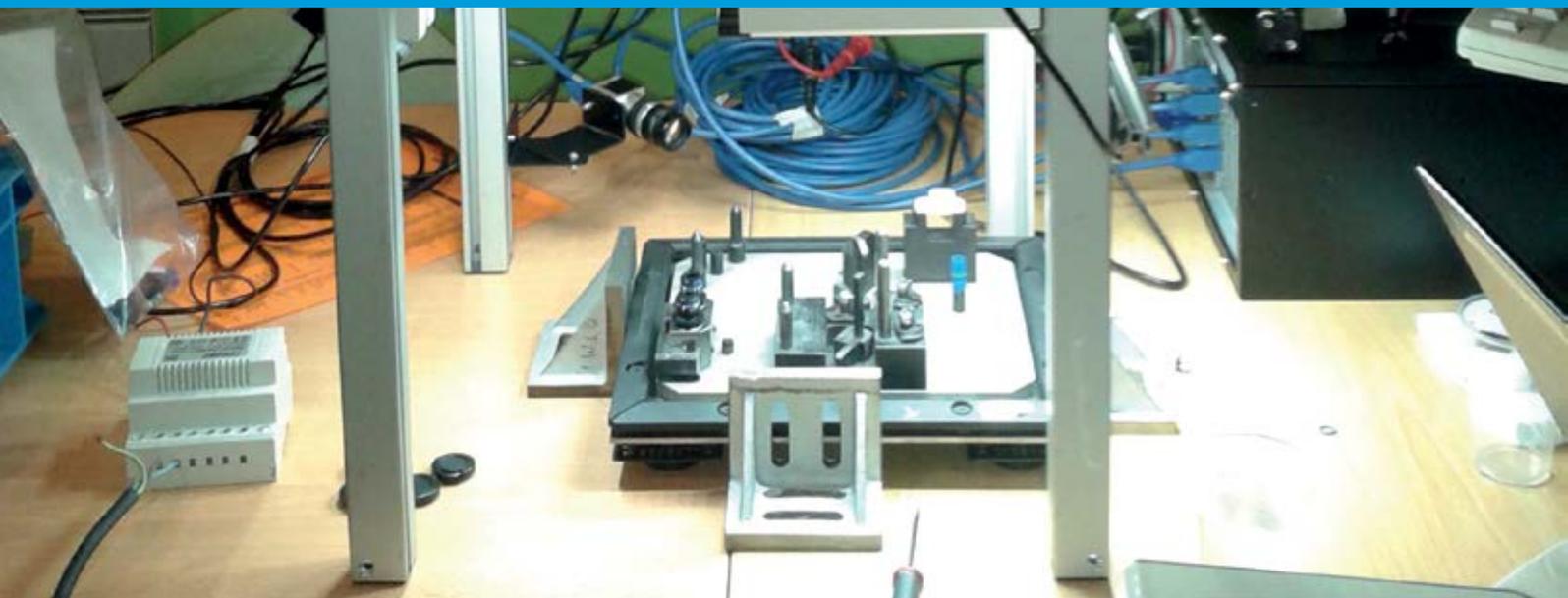
1. La partie temps réel, qui gère le rapatriement des informations de production, l'acquisition, le post-traitement, l'historisation des indicateurs et l'enregistrement des données brutes. C'est également cette partie qui répond aux requêtes provenant de l'interface utilisateur pour fournir des données plus anciennes. Il s'agit de la pièce maîtresse du système.
2. L'interface utilisateur, qui permet de visualiser les données en temps réel (cf. image des données temporelles affichées en direct pendant la soudure), de comparer des soudures (cf. image Key Process Indicator) et de suivre l'évolution des indicateurs (cf. vue en 3D d'une soudure). Cette partie gère aussi l'affichage d'un indicateur de qualité de la soudure. Si cet indicateur est vert, la soudure est bonne et la production peut continuer. Si l'indicateur passe à l'orange, l'opérateur doit tester mécaniquement la soudure. Si le voyant est rouge, un défaut majeur a été détecté et la soudure doit être recommencée.

Notons que le système indique également la raison qui l'a poussé à envoyer un signal orange ou rouge. Il se peut qu'un capteur fournisse des données incohérentes. Dans ce cas, la soudure doit être testée mécaniquement et la production peut reprendre après correction du problème sur le capteur défectueux.

Les premiers retours sont extrêmement positifs. Les opérateurs comme les ingénieurs responsables de la production saluent la réactivité du système et le fait qu'il fournisse des informations jusqu'à présent indisponibles, et ce, en un temps très court. Notre client utilise le système à la fois en production et lors des phases de mise au point des paramètres de la machine. Nous avons bon espoir que ce produit séduise d'autres sites de production au vu de son excellent rapport coût d'installation/gain de production.

**Pour en savoir plus, vous pouvez contacter :**

Arnaud PHILIPPART  
Responsable développement de produits  
V2i  
Avenue du pré Aily, 25  
4031 Angleur (Belgique)  
+32 42871072  
a.philippart@v2i.be  
www.v2i.be



## Automatismes industriels et systèmes embarqués

# Surveillance de production par caméra industrielle avec le logiciel interactif Vision Builder AI

Par Véronique NEWLAND, NEW VISION Technologies

### L'OBJECTIF :

Assurer la qualité d'assemblage de palettes support en vérifiant la conformité de quatre types de composants pour un équipementier automobile. Les références à fabriquer varient selon le type de véhicules à équiper. Le service maintenance doit être autonome pour faire évoluer les contrôles.

### LA SOLUTION :

Pour avoir un outil industriel performant, il est essentiel de suivre la qualité de production. Les erreurs de fabrication ont des impacts négatifs. Les systèmes de contrôle par vision industrielle National Instruments intégrés par NEW VISION permettent de répondre à cette exigence de qualité.

NEW VISION Technologies réalise des systèmes de vision industrielle clé en main ainsi que de l'accompagnement : audit de systèmes de vision, développement de logiciels, bibliothèques, scripts et formations basés sur les logiciels vision de National Instruments. Ses compétences en traitement de l'image assurent des développements fiables en mesures optiques 2D, 3D et contrôle qualité.

NEW VISION Technologies, intégrateur de solutions de vision industrielle, a proposé à WABCO une solution ouverte, très complète et performante.

WABCO est le fournisseur mondial numéro un des technologies et des systèmes de contrôle pour la sécurité et l'efficacité des véhicules utilitaires.

Wabco France est spécialiste des systèmes de freinage, d'assistance au freinage et à l'embrayage sur camions.

### Une architecture ouverte et performante

Le besoin de contrôle consiste à vérifier l'implantation correcte de quatre composants sur une palette support pour un équipementier

automobile. La ligne de fabrication s'adapte à de nombreuses variantes qui peuvent être sources d'erreurs.

Les caractéristiques à contrôler sont :

- Les composants sont-ils implantés dans le bon sens ?
- Les composants sont-ils de la bonne couleur ?
- Correspondent-ils à la référence du produit en cours de fabrication ?



Contrôle automatique de l'implantation des composants par vision industrielle.

## Architecture matérielle

L'architecture matérielle validée par NEW VISION Technologies est composée de quatre caméras numériques couleurs BASLER USB3 avec les objectifs et composants optiques adaptés. Chaque caméra est reliée par un seul câble au PC sous Windows sur une carte 4 ports USB3 NI-PCIe 8244. La liaison assure l'alimentation de la caméra, le pilotage de celle-ci et la transmission des images. La solution matérielle proposée est ouverte et basée sur les standards USB3 Vision assurant une interopérabilité entre les caméras de nombreuses marques (Allied Vision, BASLER, JAI, National Instruments, SONY, SVS-Vistek...) et les systèmes d'acquisition d'images de National Instruments.

Les entrées/sorties sont gérées par un boîtier USB-(NI USB 6525) connecté sur le PC.



*Interface conviviale réalisée sous Vision Builder AI pour un contrôle de ligne de fabrication.*

## Architecture logicielle

Concernant les logiciels, le pilote NI-IMAQdx et l'utilitaire « Measurement & Automation Explorer » permettent la gestion du fonctionnement des caméras sur l'ordinateur.

Le logiciel de paramétrage du système de vision Vision Builder AI (Vision Builder for Automated Inspection) assure l'acquisition des images issues des quatre caméras, le traitement des images, le pilotage des entrées/sorties, le diagnostic ainsi que la création d'une interface homme-machine conviviale.

## Mise en œuvre

Les contraintes d'implantation mécanique ont été relevées lors d'une visite préalable sur le site du client. NEW VISION a calculé les objectifs permettant les angles et les distances nécessaires d'implantation des quatre caméras. Une implantation de test avec un bâti en profilés a permis de valider les positions du matériel autour de la palette support. Ce bâti mécanique de test a permis de réaliser la formation dans le contexte quasi-réel du projet et de faciliter le transfert sur la ligne de fabrication.

---

*« Le logiciel Vision Builder AI est d'une prise en main aisée car il permet de visualiser directement les modifications apportées aux fonctions de traitement d'image. »*



*Bâti en profilés pour l'implantation des quatre caméras utilisées pour la formation.*

## Accompagnement

NEW VISION Technologies, société experte en vision industrielle, propose un accompagnement pour fiabiliser la mise en œuvre d'un système de vision, puis forme l'équipe Méthode ou Maintenance pour réaliser les évolutions de façon autonome.

Le sujet peut paraître simple : il impose cependant une étude dans différents domaines qui interagissent sur la bonne fin du projet (photométrie pour l'éclairage, traitement de l'image, optique, mécanique, etc.).

Ces études réalisées par un professionnel du domaine sont la base d'un système de vision fiable.

La mise en œuvre de quatre caméras sur une même zone de contrôle nécessite de vérifier s'il n'y a pas de perturbation lumineuse entre les caméras.

## Formation

En tant que concepteur de systèmes de vision industrielle depuis plus de dix ans, NEW VISION transmet les concepts essentiels à une réalisation fiable d'un système de contrôle qualité. Le logiciel Vision Builder AI est d'une prise en main aisée car il permet de visualiser directement les modifications apportées aux fonctions de traitement d'image. La formation permet de balayer tout le potentiel de l'outil, très complet en termes de recherche d'objet par sa forme, par sa couleur, de recherche de défauts d'aspect, de mesures, de lecture de code,...

L'équipe maintenance a paramétré et intégré avec succès le système de vision artificielle validé par NEW VISION. Le logiciel Vision Builder AI est adopté sur ce site de fabrication : il permettra le paramétrage de futurs systèmes de vision en utilisant une licence de déploiement.

## Pour en savoir plus, vous pouvez contacter :

Véronique NEWLAND  
NEW VISION Technologies  
18, rue Albert Einstein  
77420 Champs-sur-Marne  
+33 (0)1 60 17 46 73  
contact@new-vision-tech.com  
www.new-vision-tech.com



## Enseignement et recherche

# HOME I/O, une maison « virtuelle » pilotée sous LabVIEW

Par David ANNEBICQUE et Bernard RIERA, CReSTIC

### L'OBJECTIF :

Apprendre à développer des applications LabVIEW (acquisition, IHM, historisation, lois de commande...) en disposant comme source de données d'une simulation performante et interactive de systèmes dynamiques avec de nombreuses entrées/sorties de type TOR et analogique.

### LA SOLUTION :

Utiliser LabVIEW avec le logiciel HOME I/O, qui propose une maison virtuelle simulée 3D hyperréaliste entièrement équipée de nombreux capteurs et actionneurs.

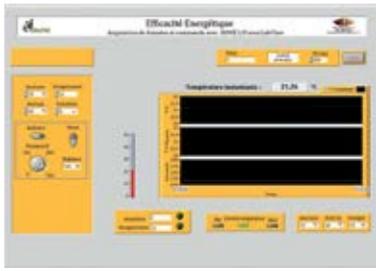
HOME I/O, une maison réaliste en 3D, est le fruit d'un partenariat entre le CReSTIC (Centre de Recherche en STIC) de l'Université de Reims Champagne-Ardenne et la société portugaise Real-Games. Cette dernière est spécialisée dans le développement de logiciels pédagogiques qui simulent des environnements avec un réalisme 3D proche de la qualité d'un jeu vidéo. Real-Games utilise les techniques du jeu vidéo (moteur graphique, son et physique) pour proposer des environnements très réalistes et ludiques à l'intention d'étudiants mais aussi de professionnels souhaitant approfondir leurs connaissances ou tester de nouveaux concepts. Ces logiciels sont également très utilisés comme outils de benchmark dans des projets de recherche sur la commande et le diagnostic.

HOME I/O est une simulation de maison moderne où l'élève, en agissant à la première personne comme dans les jeux vidéo FPS

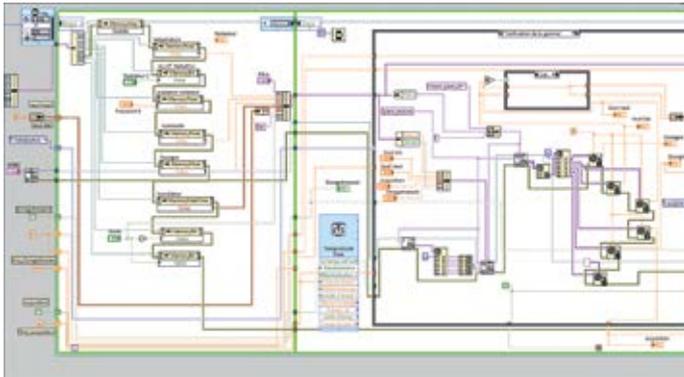
*« La puissance de LabVIEW et sa grande connectivité peuvent permettre de proposer un système de sauvegarde de l'ensemble des mesures issues de la maison virtuelle HOME I/O dans une base de données. »*

(*first-person shooter*), va pouvoir expérimenter, apprendre et améliorer ses connaissances dans les domaines de l'automatisation, de la domotique, des transferts de chaleur, de l'efficacité énergétique et bien plus encore. La simulation fonctionne en temps réel ou accéléré. L'utilisateur peut interagir avec les objets pilotables (ou dispositifs) de la maison ainsi qu'avec les paramètres environnementaux. Chaque objet peut être piloté au moyen de trois modes différents : Câblé (sans domotique), Console (domotique "simple", en utilisant une console intégrée dans la maison à la façon des box domotiques) et Externe (où l'utilisateur peut piloter la maison avec des technologies tierces au moyen d'un SDK). Tous les objets de HOME I/O sont interactifs et ont des entrées/sorties qui peuvent être utilisées pour automatiser la maison. Au total, cela représente plus 400 E/S TOR ou analogiques. L'environnement de la maison est également très réaliste puisqu'il est possible de géolocaliser afin de voir l'influence du climat et des éléments sur la maison. Le site [www.teachathomeio.com](http://www.teachathomeio.com) propose des ressources pédagogiques utilisant HOME I/O pour l'enseignement des sciences de l'ingénieur, du collège à l'université.

L'ensemble des capteurs et des actionneurs est bien sûr accessible pour pouvoir proposer des outils de commande, de supervision ou de pilotage de cette maison. On trouve notamment des capteurs



Face-avant de LabVIEW pour afficher la température du salon de HOME I/O et piloter le radiateur.



Exemple de programme utilisant la mémoire image de HOME I/O pour lire et écrire des données.



Vue du salon de HOME I/O utilisée pour l'application LabVIEW.

de présence, de luminosité, ou encore de température, ainsi que des actionneurs pour piloter les stores, le chauffage, la lumière, le portail et la porte de garage, et ce dans toutes les pièces de la maison.

### Une connectivité accrue

Il est par exemple possible de connecter HOME I/O avec l'automate logiciel CONNECT I/O (Real-Games), des API (Automates Programmables Industriels), des cartes Arduino, des développements propres (logiciel ou matériel) ou encore LabVIEW.

### Utilisation de LabVIEW pour piloter une maison « virtuelle » domotisée

LabVIEW est capable de lire et d'écrire les données provenant de HOME I/O au moyen du SDK fourni avec le logiciel. En fait, HOME I/O utilise une cartographie mémoire *memory map* qui contient l'ensemble des données des capteurs et des actionneurs. Ainsi, HOME I/O va écrire les données issues de ces capteurs dans la *memory map* et lire les données des actionneurs (activation/désactivation, consigne de température, etc.).

Avec HOME I/O, le professeur ou le formateur dispose ainsi dans sa salle de travail d'une maison entièrement instrumentée. L'utilisation de LabVIEW permet par exemple de suivre l'évolution des réponses d'un capteur (ou d'un ensemble de capteurs) et de proposer une visualisation graphique de type « face-avant ». Mais il est également possible de gérer la maison depuis LabVIEW en pilotant des actionneurs en face-avant qui vont écrire dans la *memory map*.

### Créer une maison « intelligente » avec LabVIEW

Il est possible d'aller plus loin dans l'utilisation de LabVIEW avec HOME I/O, notamment en proposant un pilotage intelligent de la maison. Prenons le scénario suivant : les propriétaires de la maison travaillent de 8h00 à 17h00. On peut donc imaginer que le chauffage se coupe automatiquement à 8h00 pour maintenir une température à 18 °C pendant l'inoccupation, et proposer une loi de commande afin de revenir à une température de confort de 21 °C à 17h00, au retour des propriétaires. Il est donc possible d'implémenter ce type de commande en LabVIEW et de piloter la maison. On peut étendre ce type de scénario à l'ensemble des actionneurs comme l'éclairage ou encore l'ouverture des stores. La simulation de l'environnement (vent, couverture nuageuse, température extérieure) en temps réel ou accéléré proposée dans HOME I/O permet de disposer de perturbations particulièrement intéressantes d'un point de vue pédagogique.

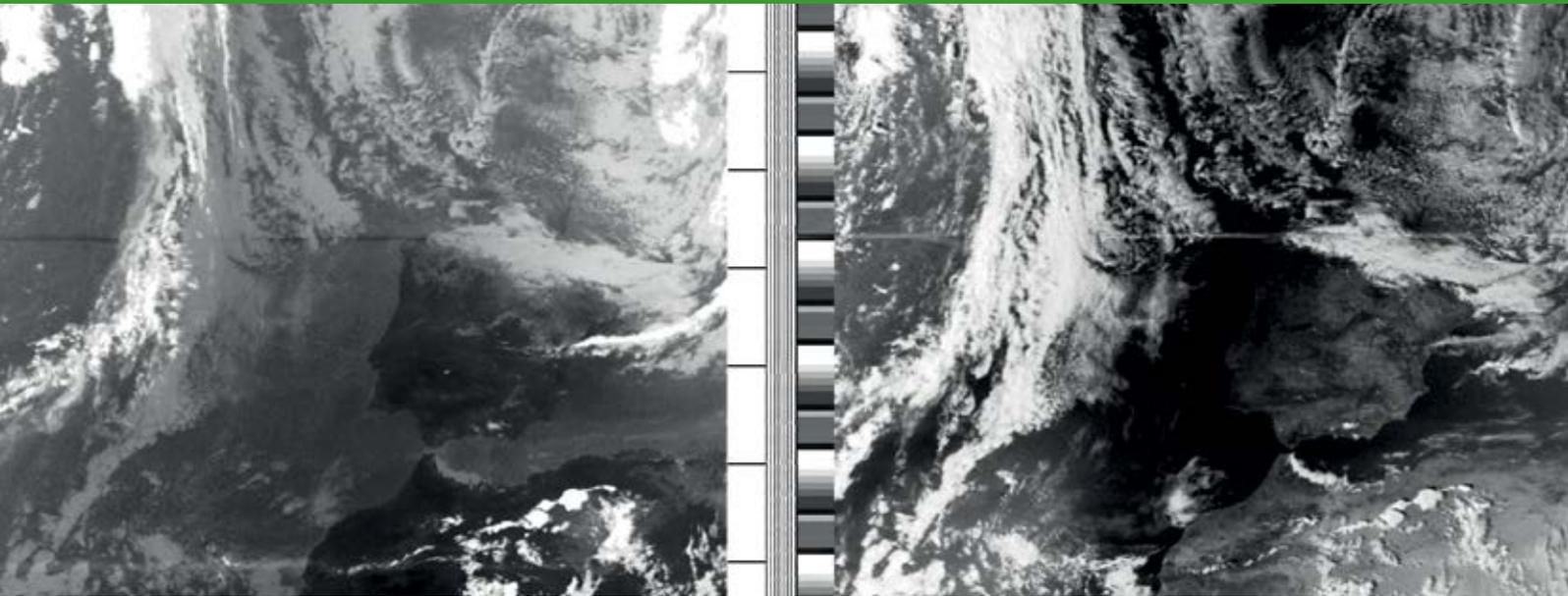
### LabVIEW pour sauvegarder des données

La puissance de LabVIEW et sa grande connectivité peuvent également permettre de proposer un système de sauvegarde de l'ensemble des mesures issues de la maison virtuelle dans une base de données. LabVIEW intègre une multitude de drivers de base de données, et offre donc la possibilité de choisir la plus adaptée pour l'usage souhaité et de proposer des applications pédagogiques permettant de faire le lien entre les mondes de l'IT et celui de l'informatique industrielle. Dans ce cadre, nous avons développé une sauvegarde dans une base de données de type MySQL afin d'exploiter les résultats des mesures dans une interface de supervision ou de pilotage de type site Web ou application mobile.

### Pour en savoir plus, vous pouvez contacter :

David ANNEBICQUE  
Maître de Conférences, enseignant dans le département MMI de l'IUT de TROYES  
CRESTIC  
9, rue de Québec CS90396  
10026 Troyes Cedex  
david.annebicque@univ-reims.fr

Bernard RIERA  
Professeur à l'Université de Reims Champagne Ardenne  
Directeur-adjoint du CReSTIC  
Conseiller scientifique de la société Real Games  
UFR Sciences Exactes et Naturelles  
Moulin de la House BP1039  
51687 Reims Cedex 2  
bernard.riera@univ-reims.fr  
<http://crestic.univ-reims.fr>  
<http://www.realgames.pt>



## Enseignement et recherche

# La radio logicielle pour l'enseignement des communications par satellites

Par Laurent FRANCK, Télécom Bretagne

### L'OBJECTIF :

La formation Space Communication Systems, co-organisée par trois écoles d'ingénieurs à Toulouse, s'adresse à un public hétérogène aux compétences variées. Cette variété, source de richesse, appelle également une réflexion autour des méthodes pédagogiques pour garantir l'acquisition des compétences en communications par satellites.

### LA SOLUTION :

Une des approches déployées repose sur la réalisation de projets techniques en binômes. Certains de ces projets utilisent le laboratoire expérimental du site toulousain de Télécom Bretagne. Ce laboratoire fait la part belle aux plates-formes de radio logicielle. Couplées à la réception de « vrais » signaux satellites, ces plates-formes hébergent des projets motivants pour les élèves et pédagogiquement efficaces.

Depuis plus de trente ans, le cursus Space Communications Systems (SCS) proposé à Toulouse forme de futurs spécialistes de l'ingénierie des communications spatiales. Ce cursus, animé conjointement par l'INPT-ENSEEIH, l'ISAE et Télécom Bretagne se décline sous plusieurs formes (filiale ingénieurs de 3<sup>e</sup> année, mastère spécialisé) et accueille des élèves internationaux provenant d'horizons académiques variés. L'approche système promue dans la formation permet d'aborder la conception de satellites et de services de télécommunications en partant du traitement du signal jusqu'à la commercialisation des services. Cette approche soutient la visée professionnalisante du programme. Elle permet de former des spécialistes des télécommunications spatiales rapidement opérationnels auprès de grands groupes tels que Airbus Defence & Space, Thales Alenia Space, des agences spatiales nationales et européennes (CNES, DLR, ESA) et des PME.

Le développement des compétences d'un groupe d'élèves hétérogène n'est pas sans présenter des défis. Il faut construire sur des acquis qui sont divers. Dans ce cadre, un laboratoire expérimental a été mis en place à Télécom Bretagne. Il comprend des équipements de communication (modems satellites, antennes) et des instruments de mesure. L'usage du laboratoire est libre ou dirigé au travers des projets ou encore lors d'une étape de découverte avant un cours magistral. L'émergence depuis quelques années de produits abordables de radio logicielle vient compléter ce laboratoire et ouvre des perspectives intéressantes.

L'usage de la radio logicielle présente plusieurs avantages. Les solutions mises en œuvre sont – par définition – instrumentées et permettent une observation facile des techniques et phénomènes. L'intérêt pédagogique est évident. Les solutions sont également modulaires et économiques, partageant toutes la même plate-forme matérielle. Enfin, elles permettent la mise en place d'une équipe pédagogique transdisciplinaire autour d'une plate-forme matérielle mutualisée. Cet aspect constitue également un challenge de la radio logicielle : les problématiques rencontrées lors de la mise en œuvre sont transverses. Par ailleurs, nous avons fait le choix

*« 9 élèves sur 10 qualifient d'indispensables les plates-formes expérimentales pour l'enseignement. »*

de LabVIEW pour sa complémentarité avec nos plates-formes technologiques et sa courbe d'apprentissage en adéquation avec nos projets courts.

### La perception des élèves

Une enquête en ligne a été menée en avril/mai 2014 auprès des étudiants des deux dernières promotions, avec un taux de réponse de 84 %. Les résultats montrent que près de 9 élèves sur 10 (parmi les répondants) qualifient d'indispensables les plates-formes expérimentales pour l'enseignement. Par ailleurs, tous les élèves exposés à nos plates-formes radios logicielles trouvent que celles-ci offrent des opportunités réellement novatrices pour les projets. Rappelons que ces élèves ont – au minimum – déjà deux années de cursus en école d'ingénieur et donc une certaine expérience des projets. Quant à l'usage de LabVIEW, 15 élèves sur 16 corroborent notre impression concernant la courbe d'apprentissage abordable.

Nous constatons également que pour l'année académique 2014-2015, un nombre significatif de stages (20 %) de nos élèves implique une composante radio-logicielle. Ces stages se déroulent en entreprise ou en laboratoire. Cet état de fait conforte la stratégie choisie il y a quatre ans autour de la radio-logicielle : les élèves revendiquent à présent de nouvelles compétences lors de la prospection pour un stage, revendications appuyées par leurs expériences en projets.

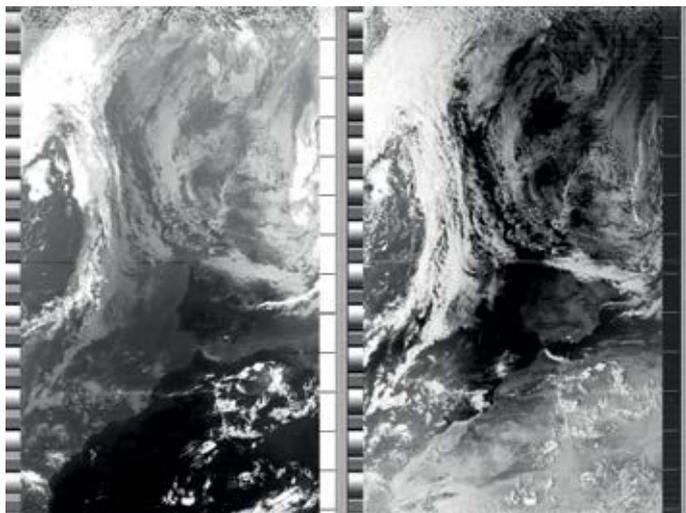
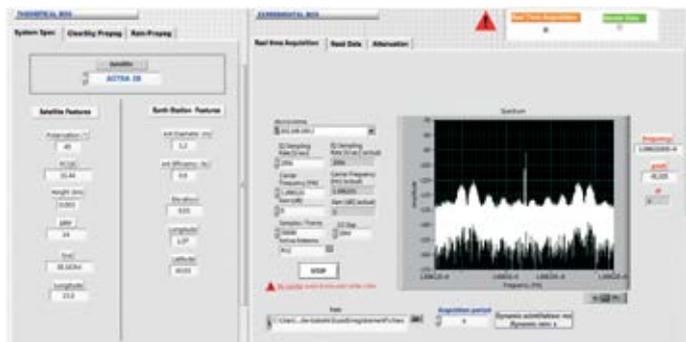
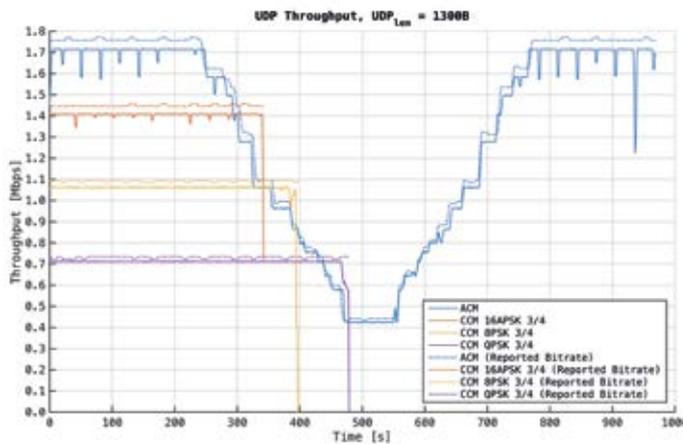


Image météo satellite reçue et traitée avec une chaîne USRP + LabVIEW.



Réception d'une balise de satellite géostationnaire (chaîne USRP et LabVIEW).



Mesure du débit utilisateur sur un lien satellite avec standard DVB-S2 et ACM. L'émulation par radio-logicielle du lien satellite permet de faire varier à volonté les caractéristiques du lien.

### Exemples d'utilisation de la radio-logicielle

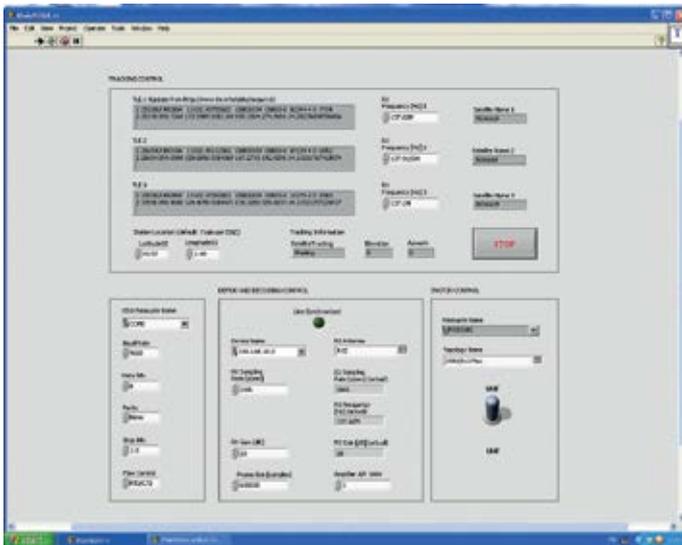
Dans le cadre du cursus SCS, nous utilisons depuis quatre ans la radio logicielle afin d'illustrer la réception et le traitement de signaux satellites. La radio logicielle nous permet également de reproduire fidèlement en laboratoire (émuler) les conditions de transmission au travers d'un canal satellite géostationnaire. Ce dernier point a déjà fait l'objet d'un article utilisateur.

La liste suivante illustre des thématiques abordées lors des projets ainsi que les équipements de radio-logicielle utilisés :

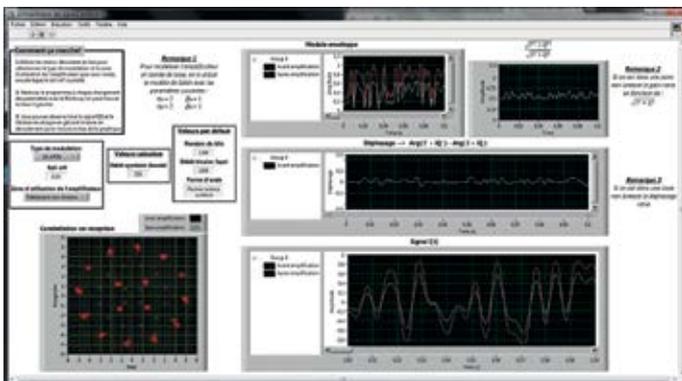
- Réception et traitement d'images météo reçues par satellites (USRP 2920 + LabVIEW) ;
- Évaluation des politiques d'ACM (*adaptive coding & modulation*) d'un modem DVB-S2 (USRP 2920 ou PXIe 5644R et LabVIEW) ;
- Réception et décodage de signaux issus d'un prototype de Cubesat, petit satellite de 10 x 10 x 10 cm (USRP 2920 et LabVIEW) ;
- Réception des signaux "balises" d'un satellite géostationnaire et évaluation de la puissance en fonction des conditions climatiques (USRP 2920 et LabVIEW) ;
- Évaluation de la qualité de la voix sur IP (VoIP) en fonction des conditions du canal de propagation satellite (USRP 2920 et LabVIEW).

Nous utilisons également LabVIEW (sans nécessairement de radio logicielle) dans d'autres projets éducatifs. Citons comme exemples le traitement d'images météo satellite (myRIO + LabVIEW), le développement d'un outil d'analyse de bilan de liaison pour communications par satellites géostationnaires (LabVIEW) ; le pilotage des antennes d'une station de réception de satellites en orbite basse (LabVIEW).

En juin et juillet 2015, nous avons eu l'occasion d'organiser en collaboration avec l'ENSEEIH et Télécom ParisTech, un MOOC (Cours en Ligne, Ouvert et Massif) intitulé « Introductions aux communications par satellites ». Celui-ci, hébergé par la plate-forme France Université Numérique, a recueilli plus de 5 000 inscriptions provenant de 83 pays. En complément des vidéos et des quiz, le cours proposait aux apprenants des



*Pupitre de pilotage d'une station de réception pour satellites en orbite basse (chaîne USRP et LabVIEW).*



*Programme éducatif LabVIEW inclus dans le MOOC hébergé sur la plate-forme FUN « Introduction aux communications par satellite ».*

programmes éducatifs écrits sous LabVIEW illustrant les notions d'orbitographie, de modulation en bande de base et de transmission au travers d'un satellite.

Pour cette année, nous continuerons à proposer des projets sur des thématiques explorées précédemment. Nous allons également évaluer l'usage de la suite LabVIEW Communications System Design dans ce contexte pour la modélisation des chaînes de communication.

**Pour en savoir plus, vous pouvez contacter :**

Laurent FRANCK  
 Professeur  
 Département Micro-ondes  
 Site de Toulouse  
 Télécom Bretagne  
 10, avenue Edouard Belin BP 44004  
 31028 Toulouse  
<http://spacecomm.wp.mines-telecom.fr>



Enseignement et recherche

# Nouveau concept de concentrateur solaire PV/Th : SRLO, Système Réfléchissant à Lames Orientables

Par Brice LECOEVRE, Université de Corse

## L'OBJECTIF :

Développer un système de contrôle/commande, ainsi qu'une interface de supervision afin de piloter et d'optimiser un nouveau système de concentration solaire hybride pouvant assurer une demande d'énergie thermique et électrique sur site isolé. Ce système peut donc produire de l'énergie thermique à basse température autour de 140 °C et de l'énergie électrique d'une puissance de 1,2 kW.

## LA SOLUTION :

La partie de contrôle/commande du système est assurée par LabVIEW associé à deux cartes à microcontrôleur Arduino Mega 2560. Il permet de contrôler le concentrateur hybride dans plusieurs modes : mode concentration, mode photovoltaïque ou les deux en même temps. Un système d'acquisition récupère toutes les données de tous les capteurs et une interface de supervision permet de visionner en temps réel l'état du système.

Le Centre de Recherches Scientifiques George Peri de l'Université de Corse (UMR 6134), situé à Ajaccio, est une plate-forme de recherche appliquée représentant un élément majeur dans la stratégie de développement des énergies renouvelables en Corse.

## Que faisons-nous ?

Plusieurs projets sont en cours, comme le projet MYRTE (Mission hYdrogène Renouvelable pour l'Intégration au réseau Électrique) et le projet PAGLIA ORBA (Plate-forme Avancée de Gestion éLectrique Insulaire, Associant stOckage et énergies Renouvelables – Objectif Autonomie).

Le projet MYRTE met en œuvre le couplage de l'énergie solaire avec une chaîne hydrogène comme vecteur énergétique pour

le stockage des énergies renouvelables. Elle vise à étudier le déploiement d'un stockage de l'énergie photovoltaïque *via* l'hydrogène afin de garantir la puissance des énergies renouvelables.

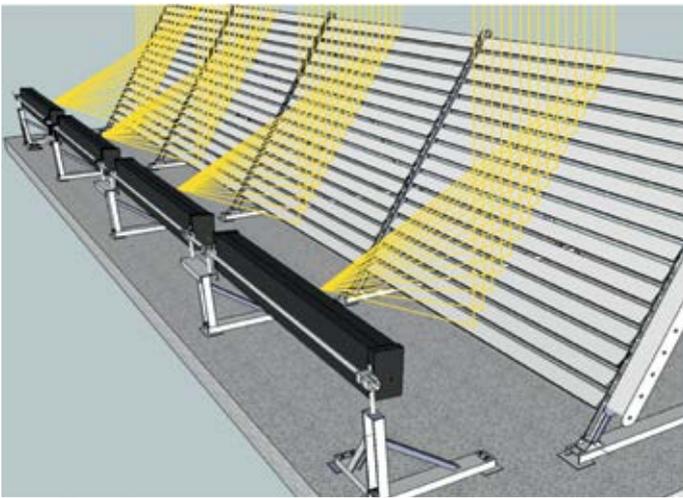
Le projet PAGLIA ORBA est composé de systèmes de production de l'énergie à partir du rayonnement solaire, associés à des moyens de stockage mécaniques et électrochimiques. Il a pour objectif d'alimenter certains bâtiments tertiaires ainsi que des logements.

C'est dans ce deuxième projet que le SRLO (Système Réfléchissant à Lames Orientables) s'inscrit.

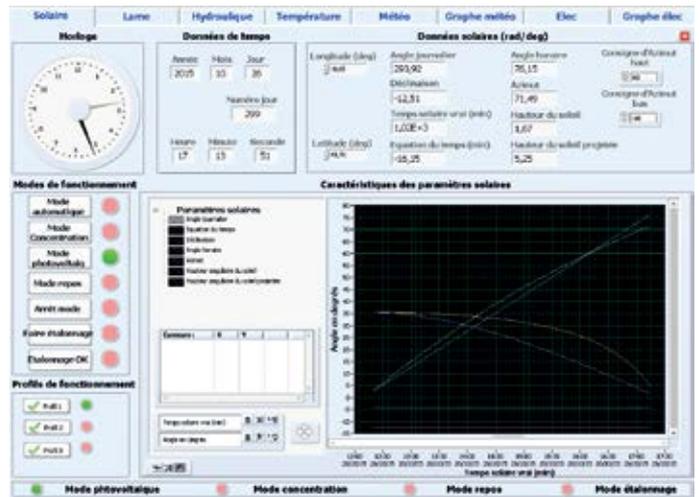
## Présentation du système

Ce nouveau concentrateur solaire hybride est capable de produire de l'énergie thermique à environ 140 °C et de l'énergie électrique d'une puissance de 1,2 kW pour son autonomie, ainsi que pour l'alimentation d'une charge. Les applications possibles pour ce type de concentrateur sont la production ECS (eau chaude sanitaire), la production de froid entre -5 et -15 °C et/ou la production

*« La modularité de LabVIEW va nous permettre de mettre en place un banc pédagogique pour faire manipuler nos étudiants. »*



Principe de fonctionnement.



Interface de pilotage.

d'électricité. Ce nouveau concentrateur solaire peut donc alimenter une charge électrique et/ou thermique. Les lames sont orientables de façon indépendante et sont constituées d'une partie réfléchissante d'un côté et de modules photovoltaïques de l'autre. Ce système est équipé de chaudières constituées d'un absorbeur avec des cellules anti-radiatives mises en face-avant et d'un contrôle d'inclinaison des lames sur un axe (Est-Ouest). Ce concentrateur est pour l'instant implanté dans le micro réseau de PAGLIA ORBA, mais pourra également être utilisé sur site isolé.



Système Réfléchissant à Lames Orientables (SRLO).

### Pourquoi utiliser LabVIEW associé aux cartes Arduino ?

Nous recherchons tout d'abord une solution pour mettre en place un système de récupération de données et contrôler le système. Nous avons donc choisi d'utiliser des cartes Arduino Mega 2560 pour plusieurs raisons : peu coûteuses, multiples fonctionnalités, de nombreuses bibliothèques sont mises en place par la communauté, ainsi qu'un logiciel de développement libre et ouvert.

Une fois la programmation de ces cartes réalisée, le système était opérationnel. Le problème qui s'est posé était que nous avons besoin d'une interface de contrôle et de supervision. Plusieurs solutions étaient envisageables mais la seule qui a retenu notre attention était celle mise en place sous LabVIEW, de par sa simplicité d'utilisation, ses multiples fonctionnalités, et surtout la mise à disposition d'une bibliothèque Arduino. De plus, la communauté

LabVIEW est importante, ce qui nous a permis de télécharger directement des bibliothèques complètes de nos équipements (Station Météo Vantage Pro, par exemple).

### Présentation de l'interface de commande

Cette interface de commande permet d'agir sur tous les paramètres du système.

Le programme mis en place permet de lire l'heure de l'horloge du PC, et de calculer à chaque instant et de façon exacte la position du soleil. On peut donc obtenir l'inclinaison de la partie réfléchissante du système pour permettre la focalisation du rayonnement solaire sur l'absorbeur des chaudières. Il est également possible de suivre le soleil avec la partie photovoltaïque pour augmenter le rendement de production d'énergie électrique.

Différents modes peuvent être sélectionnés. Le mode photovoltaïque assure la production électrique avec un « suivi un axe » paramétrable. Le mode thermique permet de produire de l'eau chaude à une température de consigne de 90 °C pouvant aller jusqu'à 140 °C. Enfin, un mode automatique permet de produire dans un premier temps de l'énergie thermique et dans un second temps de l'énergie électrique. Ce mode dépend de plusieurs paramètres comme la météo, l'état des batteries, de la charge électrique et/ou thermique et du profil sélectionné.

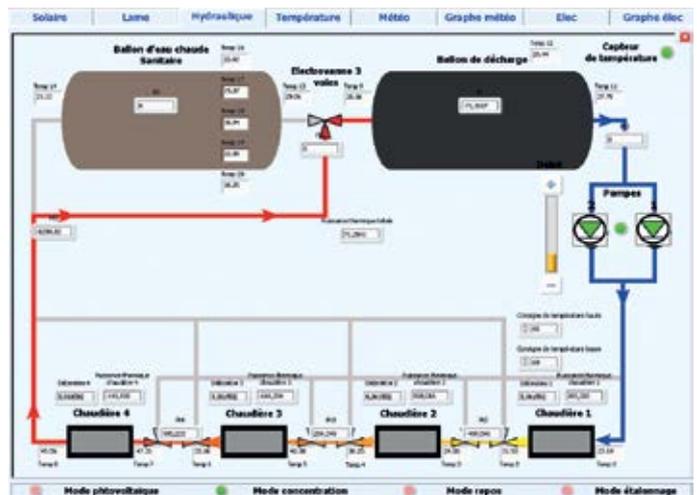
Plusieurs asservissements de la température de l'eau sont possibles grâce à un débit variable des pompes, une modularité des chaudières, ainsi qu'une focalisation/défocalisation des différents miroirs.

### Présentation de l'interface de supervision

Cette interface de supervision permet de connaître l'état du système grâce à l'affichage de toutes les valeurs des capteurs dans plusieurs onglets. L'onglet « Lame » permet de connaître l'inclinaison de toutes les lames. L'onglet « Hydraulique » affiche les températures, les débits du circuit hydraulique ainsi que les puissances thermiques de chaque capteur solaire. On peut également connaître la configuration des chaudières. Les températures, la pluviométrie, l'hygrométrie et les différentes valeurs de rayonnement (diffus, direct et global) sont répertoriés dans l'onglet « Météo ». Enfin l'onglet « Elec » permet de connaître pour chaque lame le courant et la puissance produite.



Supervision de la production d'énergie électrique



Supervision de la production d'énergie thermique

Toutes ces valeurs sont représentées en temps réel sur des graphiques dynamiques.

### Conclusion et perspectives

La solution LabVIEW a été très simple à mettre en place et le logiciel est facile à prendre en main. Grâce à LabVIEW, nous avons optimisé rapidement plusieurs paramètres du concentrateur hybride. En effet, l'interface de contrôle/supervision du système nous a permis de contrôler et d'analyser rapidement les défaillances du système. La modularité de LabVIEW va nous permettre de rajouter prochainement d'autres équipements. De plus, il sera aisé de mettre en place un banc pédagogique pour faire manipuler nos étudiants.

### Pour en savoir plus, vous pouvez contacter :

Brice LECOEVRE  
 UMR CNRS 6134 SPE  
 Université de Corse  
 Vignola - Route des sanguinaires  
 20 000 Ajaccio  
 +33 (0)6 21 24 37 63  
 lecoevb@gmail.com  
 www.univ-corse.fr



Enseignement et recherche

# Programmation d'un robot pour la Coupe de France de Robotique

Par Bernard GERARDY, CYBERNÉTIQUE en NORD

## L'OBJECTIF :

Faciliter et accélérer la programmation d'un robot Coupe de France de Robotique® en la rendant accessible à tous.

## LA SOLUTION :

Utiliser LabVIEW sur un PC embarqué : la face-avant du VI de contrôle affiche les ordres successifs sous forme de tableaux. En utilisant sa commande à distance par liaison Wifi, on programme l'ensemble des déplacements et actions du robot à partir d'un PC fixe.

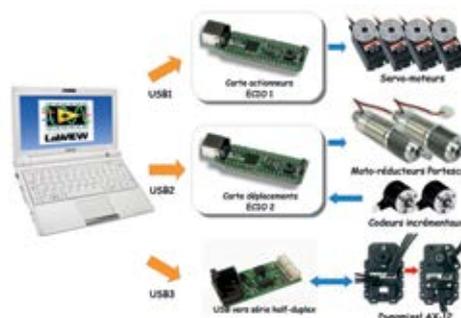
Notre association CYBERNÉTIQUE en NORD a pour objet la participation aux différents concours européens de robotique liés à Eurobot : Coupe de France, de Belgique, etc. La compétition française se déroule courant mai. Les neuf membres actifs de l'association conçoivent, fabriquent et programment les deux robots.

## EUROBOT

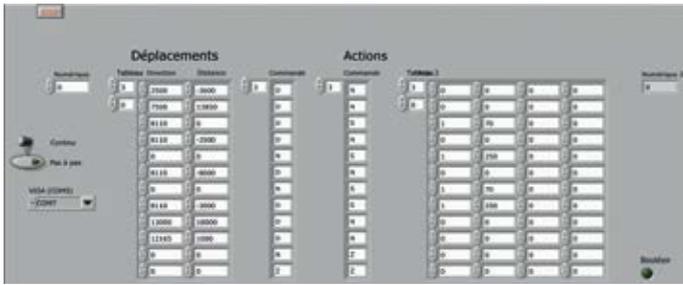
C'est une compétition de robotique ludique internationale ouverte à des équipes de jeunes rassemblés dans des projets d'étudiants ou des clubs indépendants. Plusieurs centaines d'équipes y participent. Les équipes s'affrontent deux à deux avec quatre robots au plus, sur une piste de 2 x 3 m, dans un match amical d'une durée de 90 secondes. En totale autonomie, et en évitant l'adversaire, les machines doivent ramasser et manipuler des objets de formes et matériaux divers. Chaque action réussie

rapporte des points. Le règlement décrit en détails le cahier des charges auxquelles doivent satisfaire les robots pour participer à la compétition : hauteur maximale (0,35 m), périmètre limité à 1,2 m, etc. Il précise les dimensions et la nature des pièces à manipuler, les actions à effectuer, les contraintes, ainsi que les règles de comptage des points. Le thème de la compétition 2015, Robomovies, était le cinéma. Au programme : fermeture de claps, empilage de cylindres pour former des spots, collecte de pop-corn à déposer dans les salles, montée des marches et dépose de tapis rouges.

« *LabVIEW dispose de tous les outils de communication, de calcul et de traitement des données. En cas de besoin, de nombreuses ressources dans l'aide fournissent très rapidement des solutions, sans écrire une ligne de code.* »



Structure électronique du robot.



La face-avant du VI de contrôle.



La face-avant du VI de contrôle.

## Les robots

Le robot secondaire est constitué d'une base extrêmement plate, qui comprend tous les éléments nécessaires à son déplacement : roues motrices, moto-réducteurs, roues de codage et codeurs, batteries et carte de puissance avec microcontrôleur. Sur cette base est assemblée la structure en Lego Mindstorms et ses actionneurs. Ce robot a pour mission de remplir des gobelets de pop-corn, de les déposer et de fermer un clap dans la zone adverse.

Le robot principal dispose d'une structure en profilés associés à des plaques d'aluminium, pour un poids d'environ 8 kg en ordre de marche. Il est propulsé par deux moto-réducteurs de 11 W, actionnant les roues droite et gauche. Alignées avec les roues motrices, deux roues de codage entraînent les codeurs incrémentaux, et permettent de déterminer la vitesse, la direction des déplacements, et donc la position du robot. La manipulation des objets (claps et tapis) est assurée par quatre servomoteurs. La montée des marches a nécessité, quant à elle, trois moteurs : deux pour les chenilles à l'avant et un pour la roue crantée à l'arrière, ainsi qu'un servomoteur qui modifie l'assiette du robot.

La partie électronique comporte essentiellement deux cartes. La première, dédiée aux asservissements de vitesse, de position et à la gestion de trajectoire, pilote les moteurs de propulsion. La seconde commande les actionneurs et lit les signaux des capteurs, en particulier les informations sur la proximité des robots adverses. Deux modules DIL40 supportant un microcontrôleur PIC 18f4455 et un port USB, sont enfichés sur chacune d'elles. Un netbook embarqué avec LabVIEW supervise l'ensemble et dialogue par bus USB avec les cartes électroniques.

## La programmation

Les membres de l'équipe ne maîtrisent pas tous un langage de développement informatique. Nous nous sommes donc tournés vers des outils de développement graphique. Flowcode (Matrix TSL) nous fournit la solution bas niveau, les pilotes Windows et le VI de communication en USB avec LabVIEW nous donnent la solution « intelligence artificielle » haut niveau.

En bas niveau, est implémentée toute une série de fonctions dédiées à la commande de servomoteurs, au déplacement rectiligne ou en courbe spécifique, etc. Ces fonctions dialoguent, via l'USB, avec l'IA installée dans le mini PC.

LabVIEW dispose de tous les outils de communication, de calcul et de traitement des données. En cas de besoin, de nombreuses ressources dans l'aide fournissent très rapidement des solutions, sans écrire une ligne de code. Par exemple, nous avons utilisé des servomoteurs Dynamixel, qui se commandent par liaison série *half-duplex*. J'ai trouvé un VI de paramétrage sur le Web. Le sous



La montée des marches et la dépose des tapis.

VI de contrôle récupéré a été implanté dans le programme en quelques dizaines de minutes.

La face-avant de LabVIEW fournit une IHM très confortable. Le programmeur dispose d'un tableau où il peut écrire les commandes successives suivies de leurs paramètres. Pour un déplacement, on peut écrire la direction et la distance, ou les coordonnées XY du point à atteindre. La connexion à une face-avant distante améliore le confort. Le PC embarqué et le PC fixe sont reliés par Wifi en réseau *ad hoc*. On commande le robot depuis le PC fixe, soit en pas à pas, soit en continu. Quand la séquence est correcte, il suffit de tout enregistrer sur le PC embarqué.

## Les résultats

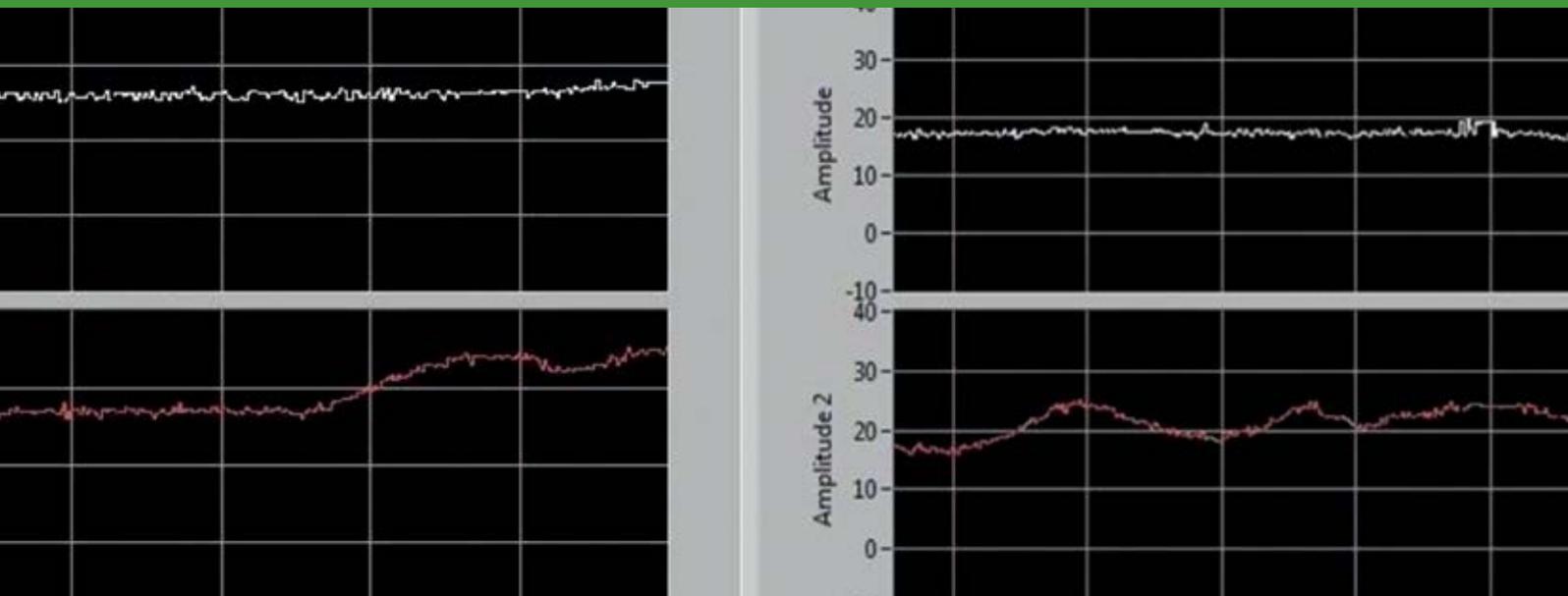
La Coupe de Belgique s'est déroulée à l'Université de Louvain-la-Neuve les 18 et 19 avril 2015. Sur la vingtaine d'équipes présentes, CYBERNÉTIQUE en NORD a fini 5<sup>e</sup> après la phase qualificative. En phase finale, nous nous sommes classés 3<sup>e</sup>.

La Coupe de France a eu lieu du 13 au 16 mai à La Ferté-Bernard (72), avec 154 équipes participantes. Nous nous sommes classés 10<sup>e</sup>, puis sommes éliminés en 1/8 de finale (cf. notre blog [cybernetiqueennord.blogspot.fr](http://cybernetiqueennord.blogspot.fr) et la vidéo du match)

Les résultats sont très bons, malgré quelques problèmes mécaniques. Il est évident que nous continuerons à travailler dans ce sens.

## Pour en savoir plus, vous pouvez contacter :

Bernard GERARDY  
CYBERNÉTIQUE en NORD  
20, rue Destombes  
59223 Roncq  
+33 (0)3 20 03 28 48  
[cybernetiqueennord@gmail.com](mailto:cybernetiqueennord@gmail.com)  
<http://cybernetiqueennord.blogspot.fr>



## Enseignement et recherche

# Développer un prototype sous LabVIEW pour gérer le chauffage d'un local, dans le cadre d'un projet de terminale

Par Alexandre HUBER, Lycée des Métiers Lazare de Schwendi

### L'OBJECTIF :

Dans une salle de classe, les élèves constatent souvent la température excessive de la pièce en hiver, et en particulier lorsque celle-ci est ensoleillée, du fait de son orientation plein Sud. Des élèves de terminale se sont lancés dans un projet sur la maîtrise de la température du chauffage et sur la gestion de la consommation énergétique.

### LA SOLUTION :

Créer un prototype de local d'environ 1 m<sup>3</sup>, qui intègre un aérotherme pour simuler le chauffage à eau chaude, avec création d'énergie à l'aide d'une pompe à chaleur (car l'intervention sur les installations réelles était impossible). Intégrer une vanne 3 voies, des capteurs de températures gérés sous LabVIEW à l'aide d'une carte NI USB-6009, ainsi que d'une carte USB-X440 de CGE Electronics reconnue par LabVIEW.

L'objectif de ce projet est de maîtriser la température de chauffage d'une salle de classe. En effet, les élèves constatent souvent la température excessive de la pièce en hiver, et en particulier lorsque celle-ci est ensoleillée, du fait de son orientation plein Sud.

Leur premier réflexe est bien sûr d'ouvrir les fenêtres, ce qui entraîne une perte sèche d'énergie. L'idée d'utiliser le thermostat ne leur vient pas à l'esprit, d'autant plus que dans ce cas précis, même avec les thermostats à zéro, le problème persiste (radiateurs toujours chauds).

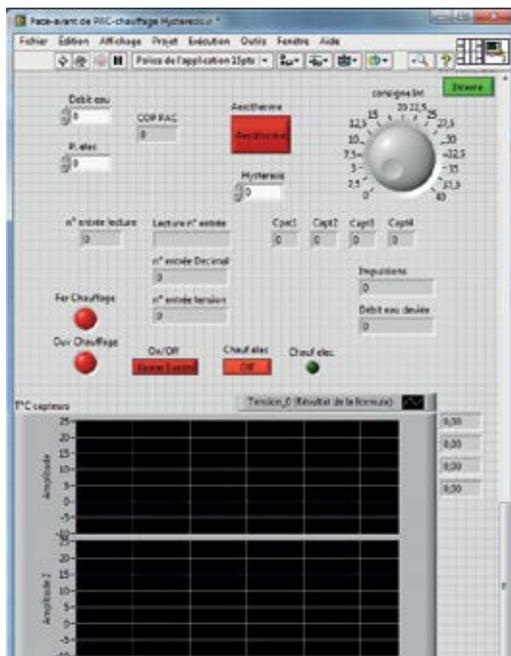
*« Grâce aux VIs LabVIEW, les élèves ont pu mettre en place une application sur iPad avec Data Dashboard. La température est également réglable par iPad ou iPhone, en lien avec un réseau Ethernet pédagogique facilement reconnaissable par LabVIEW. »*

Les étapes du projet étaient les suivantes :

- Constatation de la problématique technique, avec application sur un prototype (car il était impossible de travailler sur les installations existantes) ;
- Réduction et gestion de la consommation énergétique avec le minimum d'intervention humaine, voire aucune (dans le cadre d'un lycée, nous avons remarqué qu'il est préférable d'opter pour une gestion sans intervention humaine, en raison des manipulations intensives des élèves, responsables de défaillances des thermostats) ;
- Constatation de l'explosion des factures de chauffage, due aux pertes énergétiques importantes lors de l'ouverture des fenêtres.

### Prototypage du local

Pour le prototypage, les élèves ont réalisé un modèle de pièce et de dispositif de chauffage comparable aux conditions réelles. Le prototype simulant le chauffage par eau chaude du local a nécessité



Face-avant LabVIEW.

la construction d'un boîtier, l'insertion d'un aérotherme alimenté par eau chaude à partir d'une pompe à chaleur pédagogique, l'insertion sur le circuit d'une vanne 3 voies proportionnelle, l'insertion de capteurs de température interne et externe, ainsi que de capteurs sur les fluides circulants, et enfin l'utilisation de cartes d'acquisitions NI USB-6009 et USB-X44o CGE Electronics reconnue par LabVIEW. L'ensemble était géré par le logiciel LabVIEW.

Le principe est simple : créer une régulation de la température de l'enceinte par contrôle de la vanne 3 voies. Un traitement d'informations est donc nécessaire.

Le travail à réaliser repose sur les objectifs des projets technologiques obligatoires pour le baccalauréat STI2D, à savoir :

- définir une problématique, en construisant des diagrammes SysML et tout outil utile pour la mise en place d'une démarche de projet et d'investigation ;
- déterminer les caractéristiques de l'enceinte, et de la salle réelle ;
- proposer une solution pour répondre à la problématique ;
- mettre en place une simulation permettant de corréliser le réel et le prototypage, et d'apporter d'autres solutions d'amélioration par simulation ;
- construire et mettre en œuvre le prototype en réalisant des mesures comportementales ;
- comparer ces mesures avec les simulations, puis en déduire le comportement réel ;
- prendre en compte l'impact environnemental.

Enfin, les élèves devaient tirer des conclusions sur les mesures à prendre pour remédier à la problématique de départ.

### Développement du projet sous LabVIEW

Le premier instrument virtuel permet de relever le comportement de température de la pompe à chaleur. Cet outil existait déjà : nous

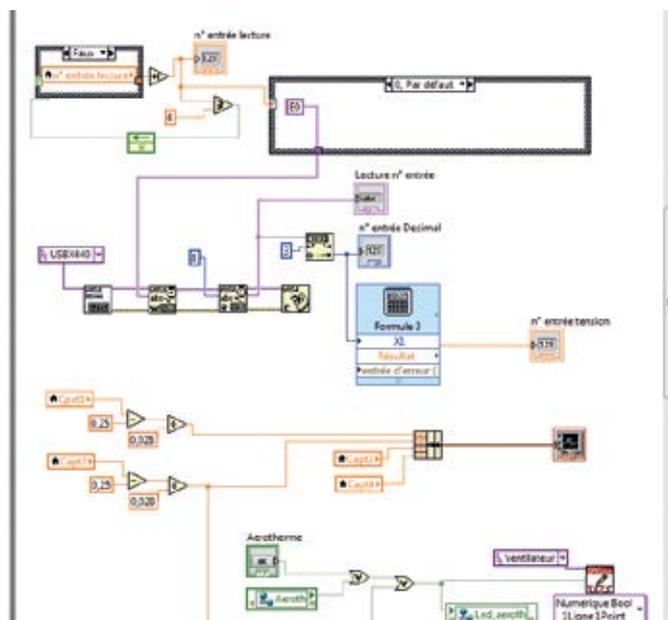
l'utilisons pour l'étude comportementale d'une pompe à chaleur lors d'expérimentations pédagogiques durant l'année.

On y trouve deux températures : celles d'entrée et de sortie d'eau de l'échangeur.

Le second VI est la partie développée pour le projet. Des commandes tout-ou-rien permettent le contrôle de la vanne 3 voies, pour des raisons de temps et de complexité vis-à-vis des élèves. Mais la vanne procurée permet une régulation proportionnelle.

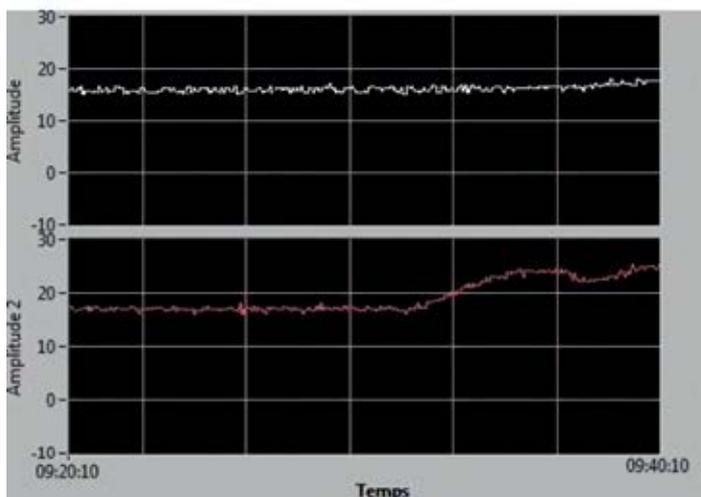
La face-avant comporte :

- Un bouton rotatif qui permet de régler la consigne de température de l'enceinte. La pompe à chaleur fonctionne en permanence. La vanne 3 voies est utilisée par déviation de l'eau chaude de l'aérotherme. En réalité, ceci ne cause pas de problème car cette eau retourne vers la chaudière, ce qui limitera l'utilisation d'énergie par retour d'eau plus chaude.
- Une commande de réglage d'hystérésis (indispensable dans une régulation tout-ou-rien) ; un bloc interne a été créé spécialement à cette occasion car le bloc hystérésis n'existait pas en tant que tel dans la bibliothèque LabVIEW ;
- Un bouton voyant Aérotherme. L'aérotherme est composé d'un réservoir d'eau chaude, ainsi que d'un ventilateur électrique qui diffuse les calories. Ce ventilateur est actionné via un automate présent dans la pompe à chaleur, lui-même recevant un ordre de commande du module USB-6009 (sortie TOR) ;
- Des afficheurs permettant de visualiser les différentes températures récupérées par les deux cartes (températures de la pompe à chaleur et sondes de température interne et externe), ainsi qu'un compteur de débit d'eau permettant de visualiser le débit ainsi dévié de l'aérotherme ;
- Des graphes d'évolution de températures de ces sondes, en fonction du temps.

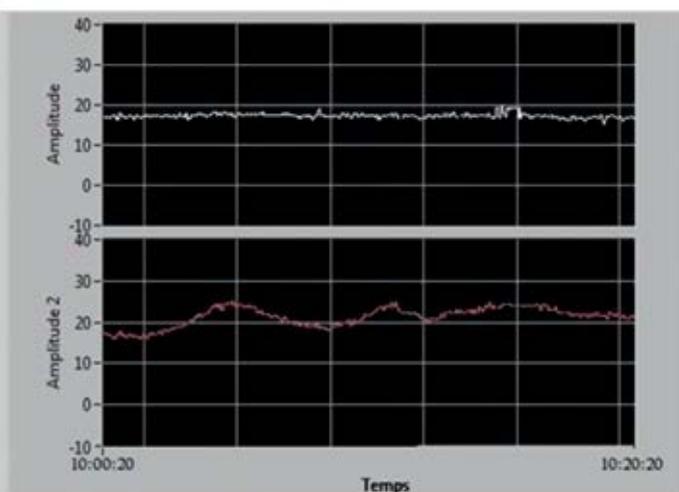


VI.

## Résultats sans régulation



## Résultats avec simulation



Résultats sans régulation et résultats avec simulation.

Un contrôle de température et de trace d'évolution de température de l'enceinte sur iPad a également été ajouté à l'aide de l'application Data Dashboard. La communication est réalisée via un réseau Ethernet à IP fixes, présent et développé dans cette salle de classe. Les essais ont été réalisés avec un iPad et un téléphone Android.

Côté diagramme, la partie dédiée à la gestion de l'information (boucles) contient :

- Une partie gestion de lecture des entrées de la carte CGE Electronics (premier bloc). Le problème, contrairement à l'USB 6009, est la lecture des entrées analogiques successives, car il faut implémenter une temporisation pour cadencer la boucle.
- Une partie traitement de l'information des capteurs de température, afin de réaliser la conversion de lecture numérique en informations exploitables de tension, puis de température (second bloc).
- Un troisième bloc « Régulation » permettant la gestion énergétique de la vanne, qui contient les capteurs de température, les sorties TOR de la vanne, la consigne, ainsi que le bloc hystérésis créé.

## Conclusion et améliorations

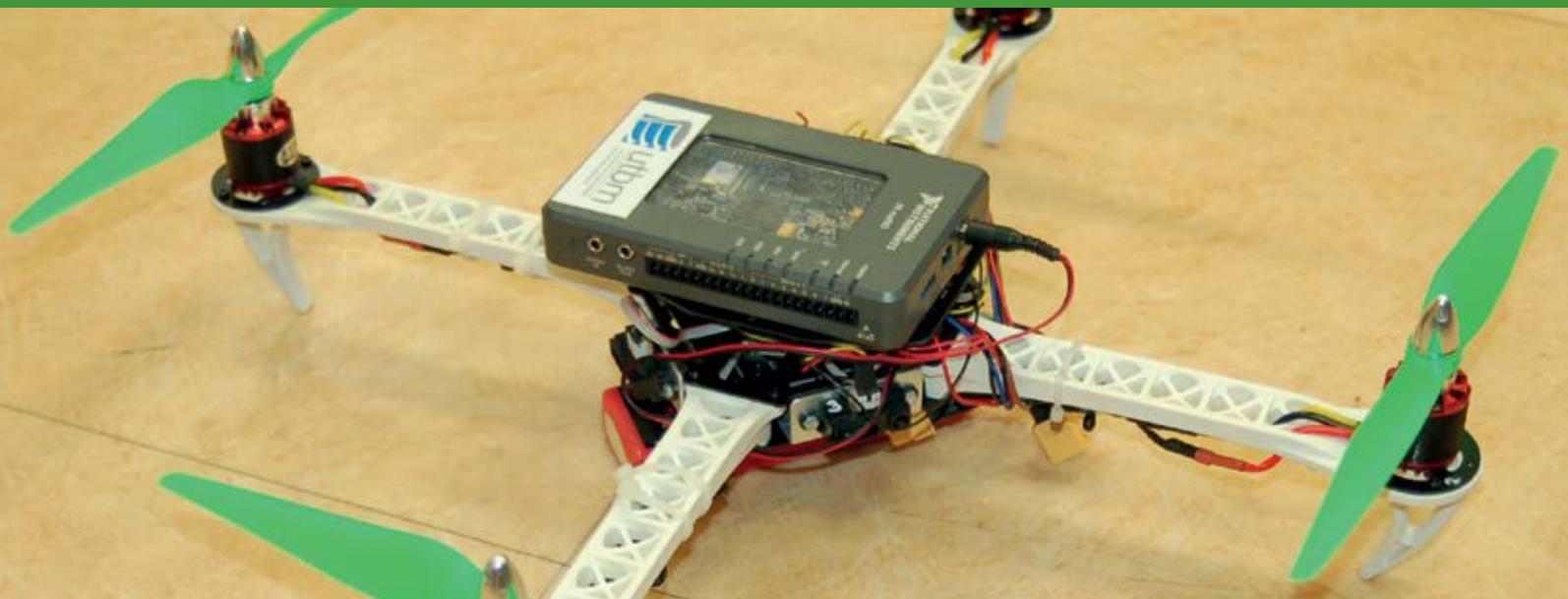
Le système fonctionne bien, avec l'hystérésis. La suite serait de donner un développement particulier sur le principe de la proportionnalité. En effet, la vanne 3 voies choisie est actuellement modélisée en fonctionnement tout-ou-rien. Mais cette vanne accepte un signal analogique en tension 0-10 V. Afin de permettre une stabilité de la température sur le local, il est judicieux de définir une relation de proportionnalité entre le débit d'eau chaude et l'écart entre la température réelle et la température de consigne. Cette mise en place peut être intégrée au développement initial, en utilisant une sortie analogique NI USB-6009. Cette sortie étant limitée à +5 V / -5 V, intégrer un petit amplificateur de tension (type NE555) permettra la commande de cette vanne.

Le matériel électronique est déjà prévu, il ne reste donc plus qu'à développer le VI. Les simulations ont quant à elles été réalisées avec le logiciel Scilab.

L'intérêt de LabVIEW porte dans ce cas sur la gestion du prototype grâce aux modules d'acquisition de signaux. Des modules USB doivent néanmoins être ajoutés pour faire fonctionner l'installation sans PC. Nous avons ainsi pu mener à bien un projet pédagogique en utilisant un langage de programmation orienté objet et aborder d'autres possibilités d'actions par logiciel.

## Pour en savoir plus, vous pouvez contacter :

Alexandre HUBER  
Lycée des Métiers Lazare de Schwendi  
19, route de Turchkeim  
68040 Ingersheim  
+33 (0)6 21 57 88 95  
ahuber2@ac-strasbourg.fr - alex.huber21@gmail.com  
www.lyceeschwendi.fr



Enseignement et recherche

# Développer un drone à l'aide de la plate-forme myRIO

Par Damien PAIRE, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard



## L'OBJECTIF :

Développer un drone en un minimum de temps dans le cadre d'un projet universitaire au sein du département Énergie de l'Université de Technologie Belfort-Montbéliard (UTBM). Piloter ce drone à distance pour le présenter lors de démonstrations à l'UTBM. Concevoir un quadrirotor compact piloté par un système temps réel, et le programmer sous LabVIEW

## LA SOLUTION :

La plate-forme myRIO associée à LabVIEW et au module LabVIEW Control Design & Simulation s'est présentée comme la meilleure solution pour développer rapidement un véhicule aérien sans pilote (UAV) disposant de capacités temps réel. Elle nous a permis de bénéficier de toutes les fonctions dont nous avions besoin, à savoir une connexion WiFi, un accéléromètre trois axes et des E/S reconfigurables.

L'Université de Technologie Belfort-Montbéliard (UTBM) forme des ingénieurs rapidement opérationnels, particulièrement adaptables aux évolutions de la technologie. Ses formations couvrent de nombreux domaines d'ingénierie : Énergie, Génie mécanique et conception, Ergonomie, design et ingénierie mécanique, Informatique, Ingénierie et management des systèmes industriels. Créée en 1999, l'UTBM est un établissement à caractère scientifique, culturel et professionnel. Les apprentis ingénieurs travaillant sur ce projet suivent la formation en Génie électrique par apprentissage de l'UTBM. Cette formation est réalisée en partenariat avec le CFAI d'Exincourt qui a co-financé le drone.

« Nous nous sommes tournés vers la plate-forme myRIO car elle intègre toutes les fonctionnalités dont nous avons besoin pour développer notre drone. L'accéléromètre nous permet de déterminer la position du drone dans l'espace et la connexion WiFi permet le contrôle à distance. »

La conception du drone doit dans un premier temps répondre aux exigences exprimées qui consistent à concevoir un drone quadrirotor piloté à distance à l'aide d'un système temps réel.

Avant de commencer ce projet, nous devions développer une architecture solide qui doit nous permettre d'intégrer toutes les composantes utiles. Nous avons défini toutes les données électriques nécessaires pour garantir une autonomie prolongée et une bonne poussée des moteurs. Nous avons donc dû tenir compte du poids de l'appareil, qui ne devait pas dépasser trois kilogrammes (cf. image du drone). C'est pourquoi la plate-forme myRIO offre une facilité d'intégration d'une part pour répondre aux contraintes de poids (500 g), et d'autre part pour répondre aux contraintes d'encombrement.

Ce projet a été effectué en deux temps. La première étape a été réalisée par des étudiants en génie électrique de la promotion précédente. Ces derniers ont travaillé sur la conception de la partie matérielle et sur l'intégration des moteurs sans balais à courant continu (BLDC) et du boîtier myRIO afin d'aboutir à un véhicule aérien sans pilote (UAV) compact. Ils ont également commencé

la programmation du matériel myRIO sous LabVIEW. Cette année, notre équipe se composait de trois étudiants, qui ont eu pour mission de résoudre les problématiques restantes et de finaliser le programme LabVIEW pour permettre l'utilisation de l'UAV lors de démonstrations à l'UTBM (cf. image de l'architecture du drone).



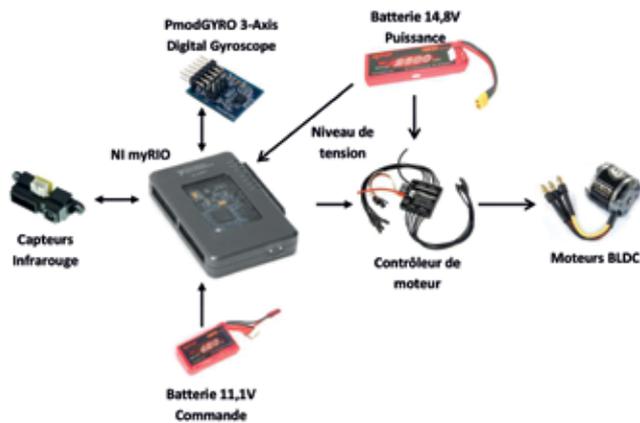
*Drone de l'UTBM.*

La principale difficulté de ce projet reposait sur le contrôle/commande du moteur BLDC. À partir des mesures de position du drone effectuées à l'aide de l'accéléromètre trois axes et du gyroscope pour manipuler les moteurs BLDC, nous avons exécuté un programme LabVIEW pour atteindre notre objectif. Nous avons utilisé les bibliothèques NI disponibles sous LabVIEW pour implémenter un contrôle de boucle.

Afin de gérer au mieux l'alimentation, nous avons intégré deux batteries : la première est dédiée aux moteurs BLDC et la seconde à la plate-forme myRIO. Compte tenu du poids original du drone, nous atteignons une autonomie d'environ 30 minutes.

Nous avons également ajouté quatre capteurs infrarouges ayant une portée d'environ un mètre. Des alarmes s'affichent sur l'interface homme-machine lorsque le drone s'approche d'un obstacle.

Globalement, les produits NI ont permis aux étudiants en ingénierie de mener à bien leur projet en l'espace d'un semestre. D'autres équipes amélioreront par la suite ce système embarqué afin d'exploiter toutes les fonctionnalités de la plate-forme myRIO.



*Architecture du drone de l'UTBM.*



*Focus sur la plate-forme myRIO.*

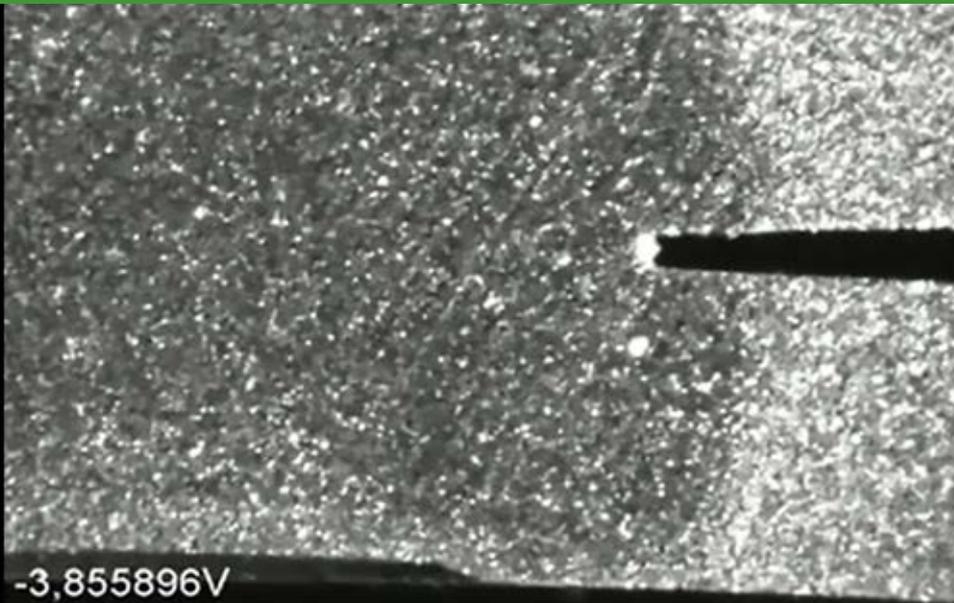
### L'utilisation de la plate-forme myRIO pour le développement du drone

Nous nous sommes tournés vers la plate-forme myRIO parce qu'elle intègre toutes les fonctionnalités dont nous avons besoin pour développer notre drone. L'accéléromètre nous permet de déterminer la position du drone dans l'espace et la connexion WiFi permet le contrôle à distance. Enfin, la fiabilité de la solution temps réel a servi au développement d'un système embarqué temps réel robuste et réactif.

L'utilisation de LabVIEW a influencé notre choix, puisque ce logiciel nous a donné la possibilité de concevoir et de développer un programme de commande à distance pour notre drone en un temps record. Nous avons également pu développer une interface homme-machine. Ce type de projet requiert l'obtention de résultats optimaux dans un laps de temps relativement court. Des modifications peuvent être facilement apportées au programme, de sorte que des tests peuvent être menés rapidement.

### Pour en savoir plus, vous pouvez contacter :

Damien PAIRE  
Université de Technologie de Belfort-Montbéliard  
13, rue Ernest Thierry Mieg  
90010 Belfort Cedex  
+33 (0)3 84 58 33 96  
damien.paire@utbm.fr  
www.utbm.fr



## Enseignement et recherche

# Développement d'une méthode de détermination de la tenue mécanique des points de soudure

Par Joël MONNATTE, Helmut KLOCKER, et Rémy LACROIX, École des mines de Saint-Étienne

### L'OBJECTIF :

L'essai développé permet de caractériser les ruptures interfaciales des points soudés et d'estimer expérimentalement le mode de rupture de la zone fondue afin de simuler numériquement le comportement de la soudure.

### LA SOLUTION :

Les observations sont enregistrées à l'aide d'une cellule de force, d'un capteur LVDT et d'une caméra CCD dans l'environnement LabVIEW pour les pilotages par le port série. Les acquisitions sont réalisées à l'aide d'une carte PCI-6024E.

### De l'essai normalisé aux non standards

Dans ses missions de recherche, l'École des mines de Saint-Étienne propose très souvent des systèmes expérimentaux innovants. Ils sont généralement liés aux besoins des chercheurs confrontés à des obstacles technologiques pour mener à bien leurs études. Le laboratoire d'essais mécaniques de l'École des mines de Saint-Étienne peut conduire des tests standards normalisés aussi bien à l'ambient que dans des environnements corrosifs et sous haute température. Mais pour des expériences particulières, les dispositifs expérimentaux sont réalisés à la demande et permettent de développer des applications complètes qui apportent plus de pertinence sur un point précis. Dans le cadre des tests de mesure de la résistance des points de soudés, le système qui est présenté permet de visualiser le comportement mécanique de la soudure.

### Amélioration des informations de la tenue mécanique

Réaliser des essais sur un point de soudure nécessite de comprendre les mécanismes mis en jeu et les méthodes d'essais existantes. Le soudage par points sans métal d'apport permet d'assembler localement deux tôles. Ce procédé utilise les effets conjugués d'une pression mécanique et d'un courant électrique de forte intensité. Les tôles à souder sont plaquées l'une contre l'autre en exerçant une pression déterminée par l'intermédiaire de deux électrodes en alliage de cuivre. La chaleur au point de contact fait

fondre localement le métal par effet Joule. Dans cette zone entre les deux tôles, l'étape de refroidissement qui suit la fusion crée un point de soudure.

Une opération de soudage est qualifiée en quatre phases :

- Accostage : rapprochement des électrodes et compression des pièces à souder ;
- Soudage : le courant traverse les tôles et une zone fondue apparaît. Le temps d'application est très court, de l'ordre de quelques dixièmes de seconde ;
- Forgeage : l'effort de serrage est maintenu sans intensité et permet au noyau fondu de refroidir et de se solidifier ;
- Libération de la pression : les électrodes sont séparées des tôles soudées.

Les points importants qui font une bonne soudure sont l'effort de serrage et l'intensité du courant qui traverse les électrodes. Ces paramètres sont principalement fonctions de l'épaisseur des tôles à souder. Une soudure doit résister mécaniquement et se caractérise par le diamètre moyen d'un bouton restant après séparation de l'une des deux tôles après un essai. Un des tests les plus simples pour contrôler la résistance d'une soudure est la séparation de

l'assemblage. Cette opération appelée "déboutonnage" laisse apparaître un trou d'une part et un rivet de l'autre après arrachement du point soudé. Pour mesurer le diamètre de bouton après une opération de soudure, un essai normalisé de traction en croix est réalisé. Les deux tôles sont maintenues et un effort croissant au cours du temps est appliqué sur chaque bras jusqu'à la rupture.

L'essai normalisé tel qu'il est pratiqué permet de séparer les tôles soudées, mais ne fournit que peu d'informations sur la nature de la soudure. Les mesures effectuées concernent l'effort ultime et le déplacement. L'observation a *posteriori* du diamètre du bouton donne seulement une information utile sur la résistance à la rupture.

La rupture idéale attendue d'un point soudé pour caractériser sa résistance est classée en trois types :

- Par déboutonnage, localisée dans la zone affectée thermiquement. Il ne reste que le noyau fondu ;
- Une rupture partielle, avec une fissuration du noyau et présentant un diamètre de bouton plus faible ;
- Un mode de rupture interfacial qui se situe dans le plan de soudure des tôles.

La chaleur produite au cours de la soudure des tôles modifie l'état de la matière autour du point soudé. Une zone homogène, dite zone fondue ou noyau, représente le centre de l'assemblage.

À la périphérie de ce point soudé, une autre zone affectée thermiquement se répartit en une couche plus ou moins épaisse lors du refroidissement de la zone fondue. L'évacuation de la chaleur se répartit dans les tôles et aussi dans les électrodes. Ensuite, le reste correspond au matériau de base des tôles à souder.

### Description du système d'essais réalisé

La machine doit, par l'intermédiaire d'un coin, séparer les tôles soudées en appliquant un effort sur la fente entre les deux tôles. Les charges appliquées sur l'échantillon sont mesurées par une cellule de force. La machine de traction est placée horizontalement.

Un moteur sans balais entraîne une vis à billes par l'intermédiaire d'une poulie et d'une courroie crantée. La vitesse de déplacement est de l'ordre de 0,02 mm/s. Le coin destiné à séparer les tôles suit un mouvement de translation. L'échantillon est bloqué sur le mors fixe, la pointe du vé entre en contact avec les deux tôles et l'effort est appliqué jusqu'à rupture du point soudé. Le pilotage du moteur est réalisé par l'intermédiaire des ressources VISA incluses dans LabVIEW, ce qui offre la possibilité de dialoguer en direct avec le variateur.

Les séquences vidéos des essais sont enregistrées par l'intermédiaire d'une caméra de type Hamamatsu C 4742-95 (12 bits), avec un capteur CDD d'une résolution de 1280 x 1024 pixels. Elle est équipée d'un système de grossissement de 120 fois. Les images sont acquises par une carte d'acquisitions vidéos NI de type PCI-1422. Le format est en niveau de gris sur huit ou seize bits. En option, diverses caméras peuvent aussi être utilisées et sont directement détectées par l'application.

Les séquences sont enregistrées suivant une période de 0,5 seconde. La zone observée en fonction du grossissement est variable de 5 x 4 à 8,5 x 6,5 mm<sup>2</sup>.

L'éclairage est fourni en lumière blanche par des guides optiques qui concentrent le faisceau lumineux sur l'échantillon. La puissance des ampoules du système est de 200 W. Le réglage de la lumière est un point délicat de la qualité de la vidéo, mais les outils de traitement fournis par LabVIEW apportent une excellente solution pour affiner les contrastes.

Une série d'images permet de suivre la progression de la fissure jusqu'à la rupture. Le principe est de déterminer les déplacements de motifs présents sur deux images consécutives, la première à l'état initial et une seconde déformée par la charge. La mesure du déplacement est réalisée en évaluant le décalage nécessaire pour que le motif de l'image initiale se superpose à celui de l'image déformée.

Une région d'intérêt d'une partie de l'image est étudiée dans la zone où le déplacement moyen est mesuré. Le champ de déplacement de l'ensemble est déterminé par la déformation d'une image par rapport à une image initiale. Chaque pixel de la région d'intérêt acquis par la caméra restitue le flux lumineux qu'il reçoit en prenant une valeur sur 8 bits comprise entre 0 (maximum) et 255 (minimum).

Une image correspond à un tableau 2D avec une valeur de niveau de gris pour chaque point. Les deux états sont comparés et une carte de champs de déplacement de la surface de l'échantillon est analysée par logiciel. Ceci permet de suivre l'évolution de la fissure en surface du point soudé et d'établir un lien avec le déplacement d'ouverture.

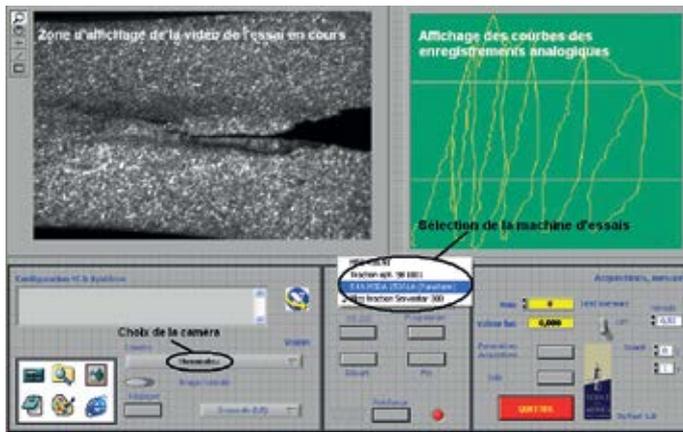
### Logiciel d'acquisition et de pilotage

L'expérience acquise de longue date avec LabVIEW nous permet de construire rapidement des applications complexes et modulables. Les matériels proposés par National Instruments nous offrent la possibilité de développer à moindres coûts des applications robustes et innovantes pour la recherche.

L'interface de l'application est découpée en plusieurs zones qui correspondent aux fonctions nécessaires aux essais. La progression du vé est enregistrée et parallèlement la vidéo s'affiche à l'écran avec la valeur de la charge appliquée en volts. Une seconde zone permet de suivre l'évolution des mesures acquises en traçant la courbe des valeurs sélectionnées pour l'affichage : force, déplacements, déformations.

---

*« L'expérience acquise de longue date avec LabVIEW nous permet de construire rapidement des applications complexes et modulables. Les matériels proposés par National Instruments nous offrent la possibilité de développer à moindres coûts des applications robustes et innovantes pour la recherche. »*



Interface.

La carte d'acquisition est une carte PCI-6024 E de signaux analogiques qui permet de lire seize voies simultanément au maximum. Généralement, il s'agit de la lecture de la force, du déplacement et au maximum de quatre mesures de déformation par jauge. Les informations sont sauvegardées dans un fichier texte dans un format qui peut être lu par un tableur de type Excel. Une procédure développée avec LabVIEW nous permet de faire du post-traitement.

### Notre expérience avec LabVIEW à l'ENSMSE

L'utilisation de LabVIEW à l'École des mines de Saint-Étienne commence avec les premières versions pour Windows. Cette longue expérience de plus de vingt ans nous a permis de développer de nombreuses applications pour la recherche. Ces successions de développements sont aujourd'hui une source importante d'outils que nous réemployons pour les adapter à de nouvelles expériences. Le gain en termes de réactivité est considérable. Toutes nos applications sont à la fois rapidement opérationnelles et ouvertes à des améliorations immédiates suivant les besoins actuels. L'intégration directe de matériels NI par l'intermédiaire du programme NI MAX sont aussi de réels atouts de soutien pour nos développements. Leur utilisation en est réellement facilitée et apporte un gain de temps conséquent dans la gestion des matériels.

### Pour en savoir plus, vous pouvez contacter :

Joël MONNATTE  
 École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne  
 158, cours Fauriel  
 42026 Saint-Etienne  
 +33(0)4 77 42 00 73



Instrumentation / tests électroniques

# Enregistrement et rejeu sur une plate-forme de test de navigation par satellite unifiée et ouverte

Par David BOURDIER, M3 Systems



## L'OBJECTIF :

Proposer une plate-forme de test GNSS économique (Galileo, GPS, Glonass, Beidou, SBAS) présentant un haut niveau de souplesse pour satisfaire l'ensemble des tests en laboratoire.

## LA SOLUTION :

Combiner les performances radiofréquences du VST (Vector Signal Transceiver), la modularité de la plate-forme NI PXIe et l'évolutivité de StellaNGC®, la solution de radio logicielle de M3 Systems, pour proposer une plate-forme unifiée et ouverte qui ne se limite pas à une seule fonctionnalité, mais qui effectue de la simulation, de la génération, de l'enregistrement et du rejeu.

Implantée dans le sud de la France et en Belgique, à proximité des institutions européennes, M3 Systems, l'un des membres fondateurs du pôle de compétitivité mondial Aerospace Valley (AESE), est une société spécialisée dans le domaine du positionnement et de la navigation hautes performances pour les applications civiles et militaires depuis 1999. M3 Systems apporte son expertise en R&D et en développement d'applications dans trois secteurs spécifiques : le traitement du signal, les études sur la gestion

de circulation aérienne, ainsi que le développement de produits et le déploiement de solutions opérationnelles de test et mesure.

## NI et M3 Systems dans l'aventure StellaNGC

La solution de test et mesure GNSS (Global Navigation Satellite System) de M3 Systems a été baptisée StellaNGC® d'après le nom de la liste des constellations : *New General Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars* (en français « Nouveau catalogue général de nébuleuses et d'amas d'étoiles »).

*« Compte tenu de la grande complexité, de la diversité et de l'évolution constante des signaux GNSS civils ou militaires, les fabricants et intégrateurs de systèmes de navigation GNSS requièrent des solutions pour tester et valider leurs produits sur la base de signaux radiofréquences simulés et réels en laboratoire. »*

Le développement des lignes de produits GNSS de M3 Systems a été lancé en 2012 pour répondre aux besoins de ses clients historiques dans les secteurs aérospatiale & défense et recherche. La combinaison du savoir-faire GNSS de M3 Systems et des plates-formes d'intégration NI en environnement LabVIEW s'avère idéale pour aboutir à une solution technique transversale. Celle-ci présente l'avantage de diminuer le temps et les investissements consacrés aux phases de test tout au long du cycle de développement des produits.

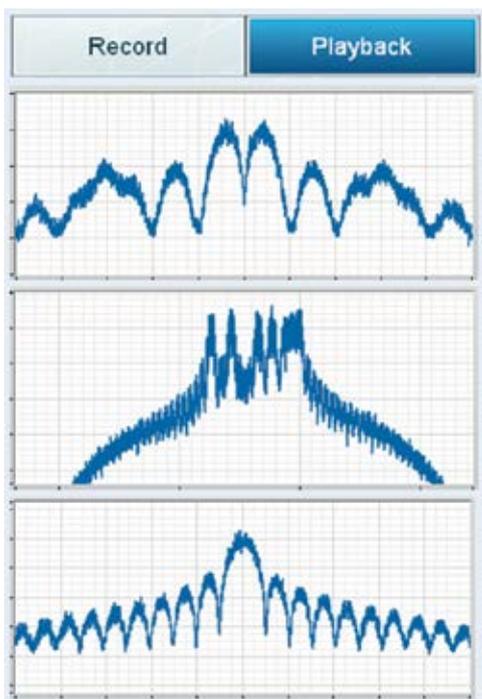
## Aperçu

StellaNGC® est une plate-forme radio logicielle GNSS ouverte qui englobe tous les outils nécessaires au test GNSS. Elle est non seulement capable de simuler des signaux GNSS selon des scénarios définis par l'utilisateur, mais elle effectue également l'enregistrement et le rejeu de signaux GNSS réels. Cela en fait une plate-forme de test et mesure unifiée et ouverte à partir de laquelle l'utilisateur peut accéder à toutes les fonctions standard et personnalisées, et assurer l'évolutivité du système et l'optimisation de son retour sur investissement. L'enregistrement et rejeu RF constituent une méthode efficace pour répondre au besoin de création de scénarios les plus réalistes possible en fonction de l'environnement réel. L'acquisition de grands volumes de données permet un post-traitement poussé avant l'analyse en laboratoire.

## Souplesse et modularité

Le système d'enregistrement et de rejeu de radio logicielle de M3 Systems nommé StellaNGC-RP a été déployé cette année chez des industriels de l'automobile, de l'aérospatiale et de la défense. L'offre commerciale est disponible en version à une seule voie (StellaNGC-RP-SC) et en version multivoie (StellaNGC-RP-MC avec 4 voies RF maximum par châssis). Avec des signaux RF parfaitement synchronisés, la version multivoie permet un enregistrement simultané de 65 MHz à 6 GHz sur une bande passante maximale de 80 MHz (PXIe-5644R) ou 200 MHz (PXIe-5646R) qui garantit une restitution haute fidélité.

De plus, StellaNGC® est extensible grâce à l'interconnexion possible avec des protocoles spécifiques à chaque industrie, via l'intégration par exemple de cartes PXIe-CAN pour l'automobile ou PXIe-ARINC 429/AFDX pour l'aéronautique. Ceux-ci peuvent facilement être ajoutés dans un système par le biais des compléments logiciel M3 Systems, tels que des triggers ou l'enregistrement de données synchrones.



Enregistrement et rejeu multivoies RF/GNSS de M3 Systems.

## Support et services d'assistance

L'interface d'unité graphique de StellaNGC® a été spécialement conçue pour les opérateurs et contient un vaste éventail de paramètres réglables. La fréquence, la largeur de bande, la quantification ou encore la fréquence d'échantillonnage, entre autres, sont entièrement programmables de façon indépendante sur chaque voie.

Toutes les configurations spécifiques à un enregistrement sont stockées et automatiquement chargées au moment du rejeu du signal I/Q. La précision de la synchronisation des voies est assurée par un trigger de démarrage assigné aux tâches d'enregistrement et de rejeu, et est accessible manuellement via un trigger électronique et/ou logiciel.

Une grande partie de nos efforts a été consacrée à la simplicité d'utilisation du système StellaNGC®. Les fonctionnalités suivantes permettent un gain de temps notable :

- Des scénarios préconfigurés dédiés à l'enregistrement d'un signal GNSS spécifique permettent de réduire le temps nécessaire à la configuration ;
- Des menus contextuels apportant des conseils et de l'aide à l'opérateur pour optimiser la configuration ;
- Des modules de vérification de cohérence permettant d'éviter que l'opérateur n'indique une durée d'enregistrement incompatible avec l'espace de stockage disponible sur l'équipement. Pendant l'exécution, l'opérateur peut visualiser différents indicateurs pour contrôler facilement l'état opérationnel de son test (via des indicateurs lumineux, une barre de progression, un état de la mémoire tampon, etc.)

## Mobilité

Nous avons porté une attention particulière à la mobilité du système StellaNGC®. Pour l'optimiser, nous avons utilisé un châssis sur alimentation DC (PXIe-1082DC), un stockage intégré (jusqu'à 8 To par emplacement PXIe) et transfert intégral de l'IHM sur tablette connectée via WiFi/TCP-IP. Côté logiciel, le système présente un dispositif de commande automatique de gain (CAG) pour gérer les interférences lors des sessions d'enregistrement. Ce complément logiciel permet de prolonger la durée de l'enregistrement pour une même capacité de stockage en réduisant la quantification du signal sans dégrader la sensibilité du VST en présence d'interférences (la gamme dynamique théorique complète ainsi obtenue avoisine 130 dB avec une quantification de 2 x 16 bits).

## Intégration dans l'environnement de test automatique

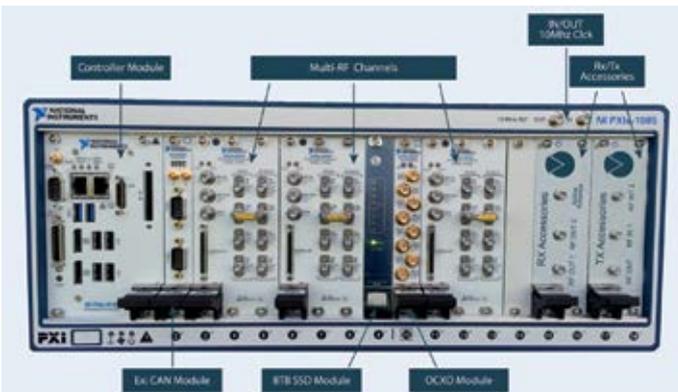
L'architecture du système d'enregistrement et de rejeu radio logicielle M3 Systems a été conçue de sorte à être facilement intégrée dans un environnement de test automatique tel que TestStand, par exemple. En y incluant un module d'interface API standard et un serveur intégré (via TCP/IP), nous avons abouti à une solution générique compatible avec différents environnements de bancs de test disponibles sur le marché. Elle s'appuie sur un transfert de données de type « pull » (via TCP/IP) mais son architecture est ouverte, de manière à appliquer un transfert de données de type « push » (par port UDP) si nécessaire. Cette fonctionnalité est essentielle pour que l'équipement puisse être considéré comme autonome et être parfaitement intégré dans un banc de test automatique.



Interface de l'enregistreur multivoies RF/GNSS.

### L'avenir des systèmes de radio logicielle de test et mesure M3 Systems avec la technologie NI VST

La détermination de M3 Systems à proposer une plate-forme de test de navigation par satellite unifiée et ouverte reposant sur la technologie NI VST s'est concrétisée l'an dernier par le lancement du simulateur de signaux GNSS StellaGNC® sur le marché. Cette année, cette volonté a été réaffirmée par la sortie de la solution d'enregistrement et de rejeu StellaNGC-RP. La communalisation du simulateur GNSS et du logiciel d'enregistrement et de rejeu sur une même plate-forme d'exécution facilite la mise à niveau du système, et offre une grande flexibilité ainsi qu'une vaste couverture de tests GNSS. La feuille de route du produit prévoit l'ajout de deux fonctionnalités intéressantes : une unité d'analyse de performances (comparaison croisée de trajectoires, par exemple) et une unité de traitement du signal (mode statique et dynamique). Cela fera de ce produit une des solutions de test les plus complètes, adaptable et efficace pour la vérification et la validation pour tout type d'utilisateurs.



Equipement intégré et autonome d'enregistrement et de rejeu ; 3 canaux RF/GNSS sur plate-forme VST/NI.

### Pour en savoir plus, vous pouvez contacter :

David BOURDIER  
 Responsable des produits  
 M3 Systems  
 26, rue du Soleil Levant  
 31410 Lavernose  
 +33 (0)5 62 23 10 80  
 contact@m3systems.net  
 www.m3systems.net



Instrumentation / tests électroniques

# Banc de test pour des modules PEC des véhicules Renault Zoe

Par Fabien DEVILLER, Arelis



## L'OBJECTIF :

Réaliser un banc de test automatisé permettant la validation de façon dynamique du système PEC (Power Electronic Controller) en fin de chaîne d'assemblage avec des contraintes fortes de sécurité (test à 65 kW).

## LA SOLUTION :

Élaborer un système modulaire basé sur la plate-forme PXI avec LabVIEW Real-Time et LabVIEW FPGA pour le pilotage et l'acquisition de signaux, gérer les tests à réaliser avec TestStand, puis utiliser la plate-forme VeriStand pour faire communiquer l'ensemble.

## Renault et le véhicule électrique Zoe

Dans le cadre du développement commercial du véhicule électrique, l'usine Renault de Cléon, près d'Elbeuf, au sud de Rouen (en Seine-Maritime), est chargée de la conception du R240, un nouveau groupe moteur électrique qui porte l'autonomie de Zoe à 240 km.

Celui-ci est composé d'un moteur synchrone à rotor bobiné, ainsi que d'un ensemble Power Electronic Controller (PEC) intégrant le boîtier d'interconnexion, l'électronique de puissance et le chargeur Caméléon.

Le site de Cléon a confié à Arelis la réalisation du banc de test destiné aux tests finaux de la chaîne d'assemblage du PEC.

Ces tests sont indispensables à la validation dynamique en fonctionnement.

Ce banc de test dynamique permet de reproduire un environnement électrique similaire à celui des véhicules électriques Renault. Il est composé d'une armoire de puissance ainsi que d'une baie de supervision.

## Une simulation de charge pour l'armoire de puissance en conditions réelles

Les différents composants de l'armoire de puissance permettent de simuler les conditions réelles d'utilisation. Ainsi, l'alimentation est capable de simuler la batterie haute tension du véhicule. Le stator et une résistance simulant le rotor du moteur sont utilisés pour filtrer la tension du réseau alternatif, comme dans le véhicule. Cette tension redressée et filtrée est utilisée pour charger la batterie, elle-même simulée par une résistance.

Le rôle principal de l'armoire de puissance est de fournir l'énergie nécessaire au PEC pour lui permettre de réaliser la charge de la batterie. Pendant cette simulation de charge, les mesures nécessaires à l'analyse du bon fonctionnement du PEC sont envoyées vers la baie de supervision.

*« Ce banc de test peut s'adapter à de nouveaux scénarii de test grâce à son architecture basée sur l'utilisation de TestStand et VeriStand. Cela permet de s'adapter en temps réel aux développements continus réalisés sur les moteurs électriques de Zoe et d'adresser les versions dérivées. »*



Zone de test PEC intégrant le banc développé.



Baie de supervision.

L'armoire de puissance est entièrement pilotée par la baie de supervision au travers d'une interface de puissance et l'adaptation de niveau.

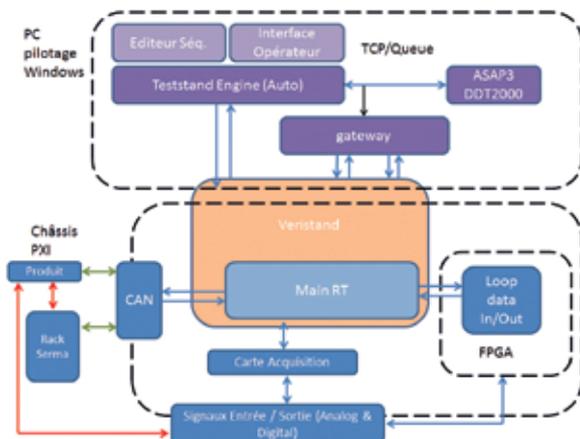
D'autre part, tous les contacteurs de puissance sont équipés de contacts auxiliaires permettant à la baie de supervision de s'assurer du bon fonctionnement. D'autres contacts auxiliaires sont utilisés dans la chaîne de sécurité. Cette fonction permet d'autoriser un démarrage sécurisé et dont les conditions initiales sont sécuritaires.

Du point de vue sécurité, cette armoire est interconnectée avec la chaîne de sécurité de la ligne de production. Un arrêt d'urgence provoque la coupure immédiate de l'énergie fournie au PEC, cette coupure étant réalisée par au minimum deux ouvertures de contacts en série.

Toutes les tensions résiduelles (charges de condensateurs sous 400 V) sont toutes mises instantanément à la masse afin de réduire les risques d'électrisation des opérateurs et ce, aussi bien lors d'un arrêt normal que lors d'un arrêt d'urgence.

### VeriStand Gateway pour une communication fluide avec la baie de supervision

La baie de supervision effectue en continu l'acquisition d'une dizaine de voies analogiques (tensions/courants d'entrée/sortie) et d'une dizaine de voies numériques (relais de puissance).



Synoptique logiciel.

Le pilotage du produit s'effectue par commande CAN via les cartes d'interfaces CAN NI PXI-8512 et est associé aux fonctions de la bibliothèque NI XNET permettant une intégration simple de la messagerie Renault.

Le déterminisme nécessaire pour synchroniser le démarrage du produit avec les stimuli extérieurs est assuré par la plate-forme temps réel.

Ces données sont elles aussi récupérées grâce au moteur VeriStand Gateway pour l'affichage et le contrôle.

### Une solution prête à toute nouvelle évolution grâce à VeriStand et TestStand

Le logiciel VeriStand a permis d'établir une communication rapide avec le châssis temps réel. Il prend en charge la récupération des variables ainsi que leur affichage lors des premières phases de déverminage du produit.

Par la suite, l'ajout de nouvelles voies de mesures a été simplifié.

L'ensemble VeriStand plus TestStand permet ainsi de répondre rapidement au besoin de Renault, notamment lors des évolutions de produits.

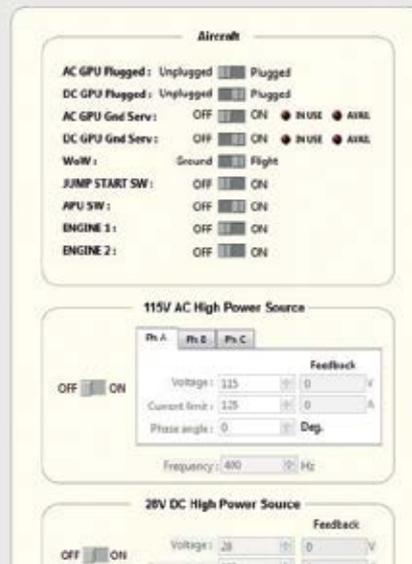
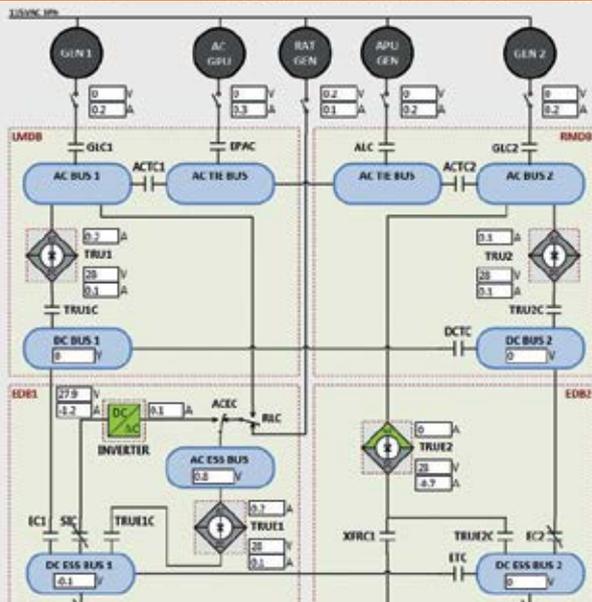
### Résultats

Unique en son genre, ce système modulaire mis en place permet de réaliser différents cycles de tests pour la validation des PEC.

Ce banc de test peut être enrichi de manière simple par d'autres paramètres de test grâce à TestStand et VeriStand, afin de s'adapter en temps réel aux développements continus réalisés sur les moteurs électriques de Zoe.

### Pour en savoir plus, vous pouvez contacter :

Fabien DEVILLER  
Ingénieur bureau d'études  
Arelis  
Rue des Novales  
76410 Saint-Aubin-lès-Elbeuf  
+33 (0)2 32 86 51 21  
+33 (0)2 32 86 51 22  
fabien.deviller@arelis.com  
www.arelis.com



## Instrumentation / tests électroniques

# Développement des moyens de test automatiques pour le système de distribution électrique primaire (PEPDS) d'un avion

Par Amrane LELAIDIER, LGM Ingénierie

### L'OBJECTIF :

Labinal Power Systems a souhaité se doter d'un ensemble de 4 bancs de test automatiques capable d'adresser les 4 calculateurs d'un cœur électrique primaire afin de réaliser la qualification environnementale, la qualification système et la procédure d'acceptation en sortie de production. Chaque banc de test doit simuler les réseaux électriques avion (180 kW), ainsi que traiter environ 1 000 E/S et 200 labels ARINC429.

Labinal Power Systems est un leader mondial des systèmes électriques aéronautiques. Au cœur de la conception et la production de systèmes électriques aéronautiques, Labinal Power Systems maîtrise l'ensemble de la chaîne de l'énergie électrique embarquée. L'entreprise est le bras armé de Safran dans le domaine de l'avion « plus électrique ». Dans sa gamme de produits et solutions, Labinal Power Systems propose des cœurs électriques primaires.

Un cœur électrique primaire assure la distribution et la protection des organes électriques de l'avion, au sol et lors des phases de vols.

« Le moyen de test devant offrir une solution de test manuelle et automatique, la modularité des outils NI a permis d'atteindre cet objectif en isolant la partie contrainte sur la cible temps réel et en déportant l'interface utilisateur sur un PC tiers. »

### LA SOLUTION :

Le système prévoit trois armoires et un banc de charge. Le traitement temps réel est isolé sur un PC industriel exécutant VeriStand et LabVIEW Real-Time connecté à un châssis PXI équipé de 17 cartes. Le traitement de l'interface homme-machine, de l'enregistrement des rapports et le pilotage des alimentations de l'infrastructure est organisé sur un PC dédié avec LabVIEW et TestStand.

Le cœur électrique primaire est l'interface entre les producteurs d'énergie et les consommateurs. Il arbitre et organise la distribution de l'énergie en fonction de la criticité des systèmes connectés.

LGM Ingénierie est un acteur reconnu dans la conception d'équipements embarqués et la réalisation de solutions de tests. Son offre couvre tous les moyens qui permettent de qualifier ou tester un produit lors de la remontée du cycle en V. LGM Ingénierie accompagne ses clients depuis plus de 15 ans dans leurs démarches de standardisation et de définition d'architectures génériques.

LGM Ingénierie, en combinant son expertise des produits NI et son expérience sur les solutions de distribution de forte puissance, a su convaincre Labinal Power Systems de la pertinence de sa solution.

Dans le cadre de ce besoin, l'emploi d'une solution NI permet de se concentrer sur la définition du test, l'environnement fournissant toutes les fonctionnalités standard et l'écosystème permettant de disposer de ressources adaptées pré-qualifiées.



*Banc de tests PEPDS (signaux, puissance, coupures).*



*Echelle du banc de tests PEPDS.*

Le système prévoit trois armoires et un banc de charge. La première armoire servira pour l'acquisition et le pilotage des signaux, et la seconde pour la distribution et le brassage de la puissance. La troisième est destinée aux coupures des signaux de contrôle afin de simuler des défauts. Un banc de charge externe complète la solution.

LGM Ingénierie a développé les organes de distribution de la puissance électrique pour répondre au besoin spécifique. En effet, la solution assure :

- La simulation des consommateurs de l'avion (180 kW) :
  - 90 charges AC
  - 88 charges DC
- La simulation des générateurs (120+30 kW) :
  - les génératrices des moteurs
  - le groupe auxiliaire de puissance (APU)
  - l'éolienne de secours (RAT)
  - l'onduleur
  - les batteries
  - la prise de parc

### VeriStand pour sécuriser le développement

L'utilisation de VeriStand a permis de sécuriser le développement, notamment en proposant nativement :

- Une solution temps réel couplée à une interface homme-machine ;
- Une gestion de configuration complète de l'environnement ;
- Un outil d'enregistrement de données intégré ;
- La possibilité d'intégrer nos propres custom devices ;
- L'évolutivité de la solution.

La création d'un outil de génération des configurations VeriStand à partir des fichiers d'interface électrique avion a permis, tout au long du développement, un gain de temps et une garantie de cohérence entre les bancs et les calculateurs sous test.

Les efforts se sont concentrés sur le développement de nombreux *custom devices* et l'optimisation globale pour atteindre les performances requises :

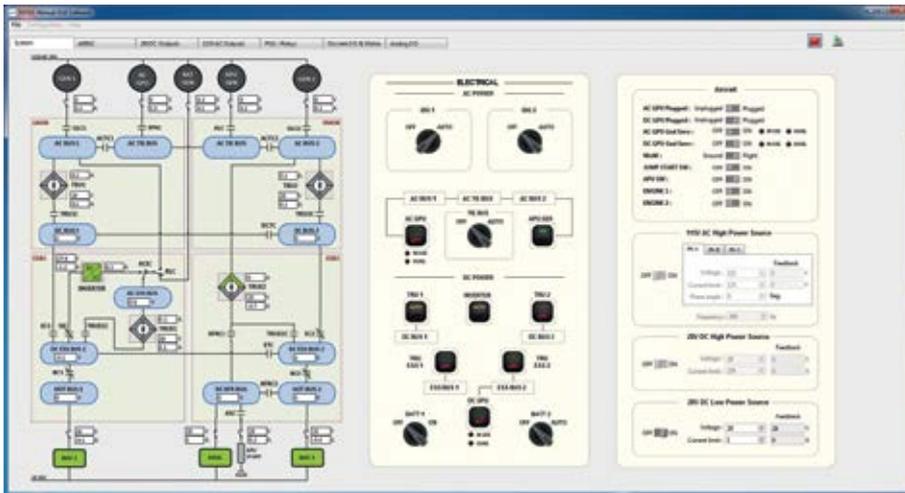
- Acquisition de 300 signaux analogiques à 10 kéch./s
- Acquisition de 200 signaux discrets à 2 kéch./s
- Génération de 500 signaux discrets 10 éch./s
- Génération de 9 signaux triphasés > 1 200 Hz
- Traitement de 200 labels ARINC429 sur 12 Rx/Tx.

Une attention particulière a été portée sur la synchronisation de tous ces signaux.

Le moyen de test devant offrir une solution de test manuelle et automatique, la modularité des outils NI a permis d'atteindre cet objectif en isolant la partie contrainte sur la cible temps réel et en



*Banc de charge 180 kW.*



IHM manuelle PEPDS.

déportant l'interface utilisateur sur un PC tiers. En test automatique, le séquenceur TestStand fait l'interface entre VeriStand et LabVIEW. En test manuel, le séquenceur disparaît et LabVIEW interface directement VeriStand.

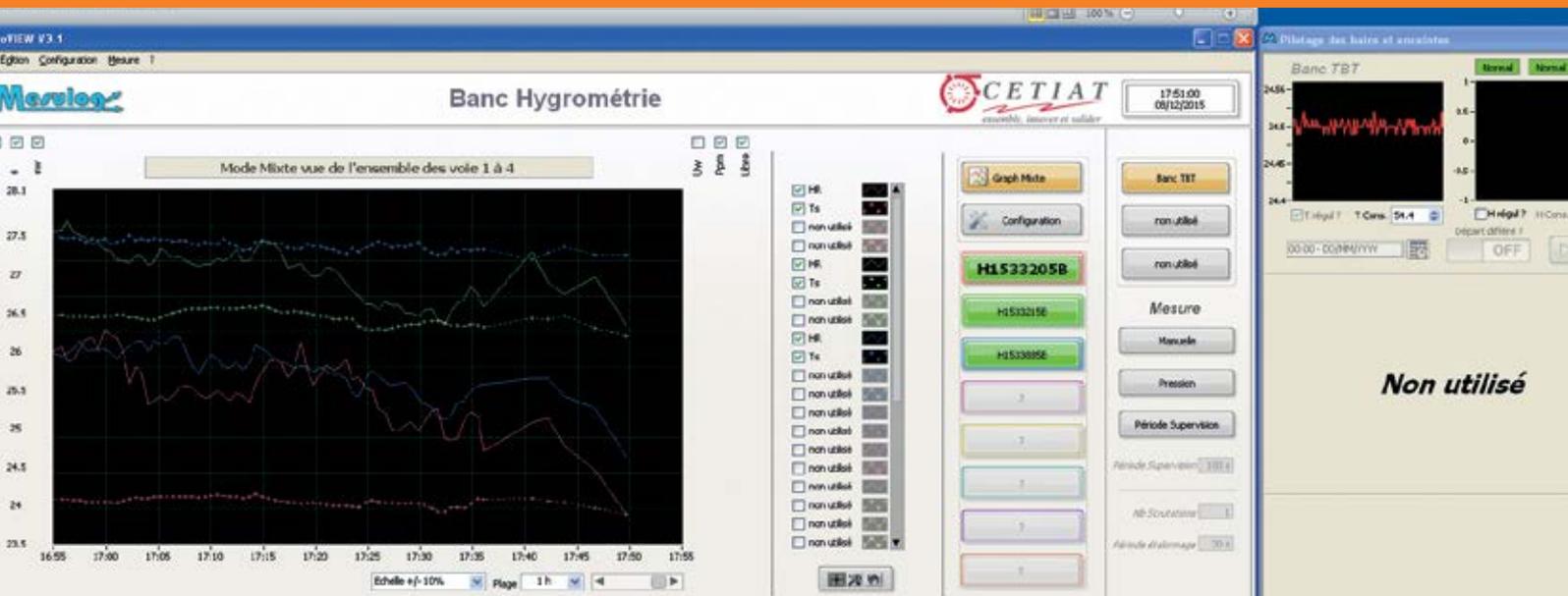
Le projet PEPDS livré à Labinal Power Systems en 2014 comprend quatre bancs. L'exploitation a mis en évidence que les efforts d'automatisation, le développement d'outils, la modularité du banc et de la solution VeriStand ont permis un gain de temps significatif lors des modifications de la spécification de test, des modifications des ICD des calculateurs sous test, des changements de modes (automatique/manuel) et des changements des types de tests (ATP/QTP).

L'objectif fixé en termes d'automatisation, bien que présentant un coût supplémentaire, a tout de suite été intégré dans une stratégie de développement à moyen terme par Labinal Power Systems, convaincu, comme nous le sommes à LGM Ingénierie, que ce type de solutions révèle un réel retour sur investissement en exploitation.

La solution a permis d'obtenir les performances attendues. À l'utilisation, souplesse et gain de temps se sont confirmés. Le projet est un succès.

**Pour en savoir plus, vous pouvez contacter :**

Amrane LELAIDIER  
 Responsable d'affaires  
 LGM Ingénierie  
 13, avenue Morane Saulnier  
 78140 Vélizy-Villacoublais  
 +33 (0)6 85 21 68 42  
 a.lelaidier@lgm.fr  
 www.lgmgroup.fr



## Instrumentation / tests électroniques

# Automatisation des étalonnages en humidité de la plate-forme de référence nationale

Par *Éric GEORGIN (CETIAT), Damien LAMY et Luc DESRUELLE (MESULOG)*

### L'OBJECTIF :

Piloter en simultané trois bancs d'étalonnage de référence nationale en hygrométrie (laboratoire associé au LNE et accrédité COFRAC en étalonnage) composés d'équipements variés, dans un environnement métrologique exigeant. Le système assure la mesure automatique sur les instruments de référence, l'acquisition des valeurs sur les appareils en étalonnage et l'édition des certificats d'étalonnage.

### LA SOLUTION :

S'appuyer sur l'étendue des possibilités du logiciel LabVIEW, telles que la programmation orientée objet, pour gérer la différence d'équipement entre les bancs, le développement de drivers pour le pilotage des instruments de mesure et les composants personnalisés pour un affichage des informations. La gestion des données est assurée par un échange avec un fichier Microsoft Excel.

Le CETIAT est un laboratoire français d'études, d'essais et d'étalonnage dans les domaines de l'aérodynamique, la thermique, la maîtrise de l'énergie, l'acoustique et la métrologie. Organisme expert reconnu, ses prestations sont accréditées COFRAC. Elles offrent ainsi aux entreprises les moyens de garantir la traçabilité de leurs mesures et de surveiller la qualité de leurs productions. Le CETIAT dispose de 50 plates-formes d'essai et six laboratoires d'étalonnage dont trois sont références nationales. Cela signifie que le CETIAT fournit les incertitudes les plus faibles en France pour les grandeurs Hygrométrie, Débitmétrie liquide et Anémométrie.

### Contexte

La gestion d'un banc d'humidité demande une maîtrise des températures, de l'air humide, des pressions et des débits. Au début des années 2000, le CETIAT a développé un logiciel qui

permettait d'automatiser les mesures d'un multimètre de précision. Les données des autres instruments étaient saisies sur papier. Les enceintes thermostatées étaient paramétrées manuellement. Afin d'augmenter sa capacité de production d'étalonnages, le CETIAT a souhaité diminuer le temps de gestion des essais, limiter les opérations manuelles et piloter plusieurs configurations d'étalonnage en simultané.

Le CETIAT a consulté la société MESULOG, partenaire de National Instruments, pour une étude de définition et de validation de l'architecture matérielle et logicielle. Fort des résultats obtenus, le développement a été déclenché et la réalisation s'est effectuée en plusieurs phases, sur quatre années. Compte-tenu des contraintes spécifiques liées à l'instrumentation, à l'analyse et à la présentation des données, LabVIEW s'est rapidement imposé comme la meilleure solution.

*« La mise à jour du banc HygroVIEW permet de piloter jusqu'à trois bancs simultanément et de façon totalement automatique. »*

### Automatiser un système d'acquisition dans un environnement métrologique de référence nationale

Le laboratoire d'hygrométrie permet l'étalonnage de capteurs d'humidité dont les deux principaux mesurands sont soit une

température de rosée (ou de gelée), soit une humidité relative. Selon le type d'appareil, trois méthodes d'étalonnage sont alors utilisées, avec soit un générateur d'air humide, soit un générateur d'air humide associé à une chambre d'essai, soit une enceinte climatique instrumentée avec des étalons. Afin d'améliorer l'incertitude de mesure, la gamme de travail (allant de -80 °C à +80 °C) est divisée en trois. Le laboratoire est ainsi composé au total d'un parc de cinq bancs, qui permettent individuellement d'étalonner jusqu'à quatre capteurs. Répartis sur deux postes, chacun est composé d'une centrale d'acquisition HP 34980 (multiplexeur) munie d'un multimètre HP 3458A d'une résolution « 8 digits ½ » permettant d'assurer une résolution au centième de degré sur les mesures de température. Les mesures des capteurs en étalonnage sont comparées aux mesures des capteurs de référence afin d'évaluer l'écart ou la correction à apporter ainsi que l'incertitude associée.

### Une liaison avec Microsoft Excel pour la configuration et la sauvegarde des mesures

Pour automatiser le traitement des données, un classeur « modèle » au format Microsoft Excel a été réalisé par le CETIAT. Il est dupliqué pour chaque sonde cliente. Grâce au *toolkit* NI Report Generation, basé sur la technologie ActiveX, le logiciel développé sous LabVIEW peut directement « communiquer » avec les classeurs Excel. Pendant un point d'étalonnage, les mesures brutes sont sauvegardées directement dans un onglet spécifique au point d'étalonnage réalisé.

les étalons. Un onglet « rapport » génère automatiquement le certificat d'étalonnage, directement imprimable.

### Piloter un multimètre de précision « 8 digits ½ »

Dans cette première étape, le logiciel permet uniquement de faire des mesures de type tension, intensité ou résistance. Le driver de pilotage du multimètre est téléchargeable directement depuis LabVIEW au travers de l'assistant de recherche du réseau IDNet de National Instruments. Il est certifié conforme, livré avec des exemples, et permet de programmer rapidement le système de mesure. Compte tenu de l'environnement métrologique, le multimètre est configuré en résolution « 8 digits ½ » avec compensation d'offset et un temps d'intégration de 10 cycles NPLC (*Number of Power Line Cycles*). Le convertisseur analogique-numérique va ainsi échantillonner le signal d'entrée pendant 10 cycles de la tension du secteur pour effectuer une mesure, et ainsi filtrer le « ronflement 50 Hz du secteur ».

Pour illustrer l'exigence requise sur la mesure de température, dans une version précédente du pilotage du multiplexeur, le constat avait été fait qu'il restait en position fermée sur la dernière sonde scrutée. De ce fait, le courant de mesure restant établi dans la sonde, celle-ci était le siège d'un auto-échauffement. Le système permettait alors de détecter l'élévation de température de l'ordre de 0,01 °C. Cette valeur étant à mettre en relation avec un besoin d'incertitude inférieur ou égal à 0,025 °C.



Visualisation face-avant de l'application.

L'intérêt du fichier tableur est qu'il contient le « savoir-faire » qui est le métier du CETIAT. Il contient tous les éléments nécessaires au post-traitement des données brutes (application des termes correctifs, formules de calculs, lois de conversion), l'évaluation de l'incertitude finale et les éléments de traçabilité au système SI au travers de l'application des coefficients d'étalonnage pour les étalons utilisés. Cette approche permet au CETIAT de maîtriser l'évolution de son système sans faire appel à l'équipe de développement MESULOG, et aussi de répondre rapidement à un auditeur COFRAC quant aux traitements effectués sur les données mesurées. Le classeur Excel du produit contient l'ensemble des informations de l'étalonnage en termes d'identification des bancs, des sondes utilisées, d'appareil étalonné et d'identification du client. Il permet, *in fine*, la comparaison des sondes clientes avec

### La programmation orientée objet pour piloter des appareils de laboratoire imposés

La plate-forme est dotée d'une palette d'instruments très variée (température, débitmètres, pression) de marques différentes (MKS, DPM et Alicat). Il en est de même pour les enceintes climatiques et les bains thermostatés (Lauda, Heraeus et Vötsch). Le driver – code permettant d'interagir avec l'appareil – est alors un élément déterminant. En se basant sur la spécification des drivers Plug & Play LabVIEW, MESULOG a développé l'ensemble des fonctions des instruments en utilisant l'API VISA. VISA définit des fonctions standard qui s'interfaçent toujours de la même manière, quel que soit le matériel de connexion.

Afin de gérer l'interchangeabilité des appareils et en simplifier l'emploi quotidien par les utilisateurs, les drivers ont été intégrés dans des classes LabVIEW, grâce à la programmation orientée objet (OOP). L'utilisation des concepts de la programmation objet permet de créer du code plus simple à maintenir et à modifier, sans affecter les autres sections de code au sein de l'application. Appliqué aux instruments, chaque « famille » possède ainsi une classe mère générique. Chaque appareil est un « enfant » qui va redéfinir les actions de pilotage spécifiques, grâce au dispatch dynamique. Cette architecture s'est avérée très utile afin d'avoir un mode démonstration ou en fin de projet pour l'ajout d'un nouveau capteur non prévu initialement.

## **La gestion de l'affichage intelligent réalisée à partir d'une « commande X »**

Pour la visualisation des informations, MESULOG a décidé de créer un objet graphique « Banc ». Il encapsule à la fois les mesures et l'ensemble du code de gestion de l'affichage. Sous LabVIEW, le développement de ce type d'indicateur est réalisé via les « commandes X » (XControl, en anglais) qui sont des objets « intelligents » et personnalisés pour réaliser des composants réutilisables pour la face-avant des applications. Ils encapsulent des fonctionnalités, des propriétés et des méthodes programmées par le développeur. Cette technique de programmation permet d'obtenir un affichage convivial des données tout en simplifiant la maintenance du code. Cette approche a permis notamment de répondre à un cahier des charges exigeant pour la visualisation graphique des étalonnages en cours.

## **Un bilan très positif**

L'automatisation de la plate-forme d'hygrométrie du CETIAT a permis d'accroître considérablement le nombre d'étalonnages et de mettre à disposition des techniciens un outil convivial et performant. La liaison entre MS Excel et LabVIEW a permis de séparer le domaine d'expertise du CETIAT et celui de MESULOG. La programmation orientée objet a été la clé d'un code modulaire et évolutif. La dernière version logicielle, qui intègre le pilotage de nouveaux instruments, est en cours de qualification. Comme le banc est une référence nationale, le processus est très exigeant. À la suite de cette validation, de nouvelles évolutions sont envisagées, notamment autour de MS Excel pour diminuer les temps de calcul en gérant depuis LabVIEW la plage de données à actualiser.

## **Pour en savoir plus, vous pouvez contacter :**

Luc DESRUELLE et Damien LAMY

MESULOG

137, rue de Mayoussard

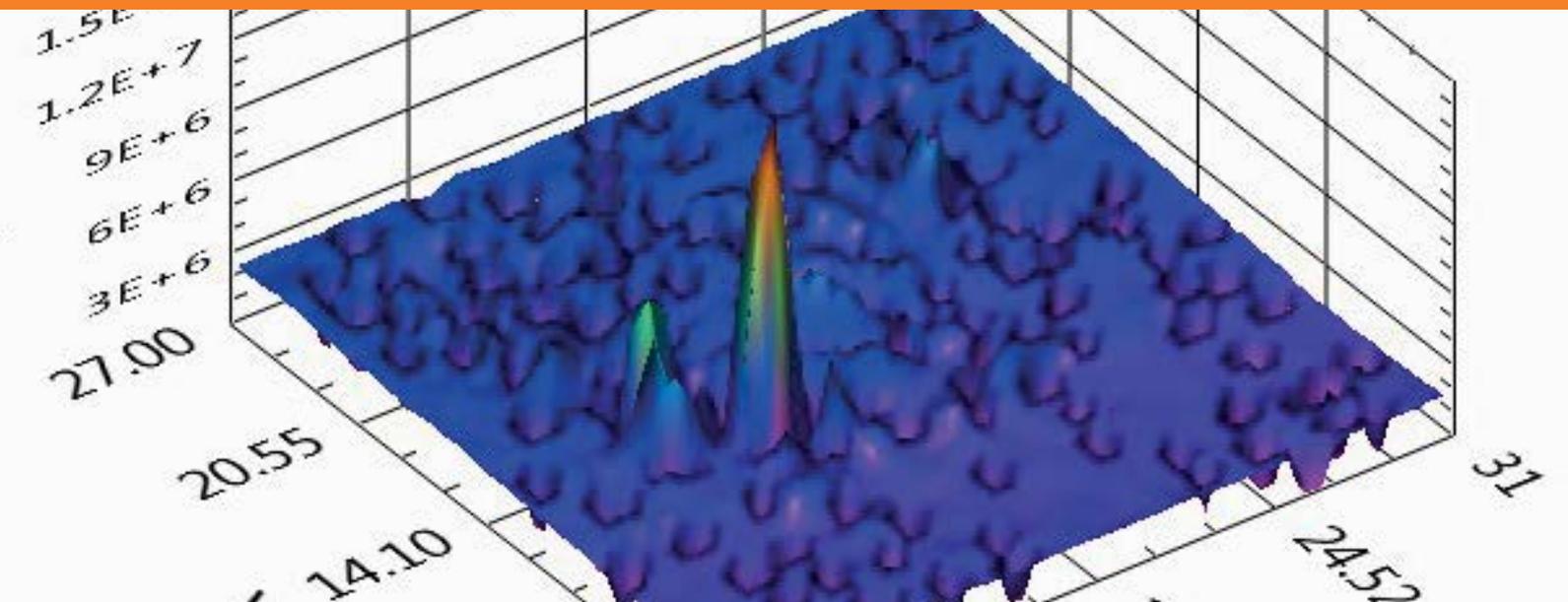
38430 Moirans

+33 (0)4 76 35 20 17

ld@mesulog.fr

dl@mesulog.fr

www.mesulog.fr



Instrumentation / tests électroniques

# Logiciel d'automatisation des mesures de modes localisés

Par Grégory SAUDER, Laboratoire de Physique de la Matière Condensée de Nice, LPMC – CNRS UMR7332

## L'OBJECTIF :

Concevoir l'automatisation d'une manipulation mettant en évidence la localisation spatiale d'ondes électromagnétiques dans une cavité micro-ondes à deux dimensions, un challenge expérimental. Compte tenu du grand nombre de mesures nécessaires, un manipulateur doit s'y consacrer à temps complet. Le logiciel permettra le pilotage et la prise de mesures sur plusieurs jours sans manipulateur.

## LA SOLUTION :

Développer une application LabVIEW pilotant des platines XY et deux analyseurs de réseaux. L'application doit permettre de créer des cartes de points de mesures en recherchant des trajectoires labyrinthiques évitant des diffuseurs diélectriques.

Le Laboratoire de Physiques de la Matière Condensée est une unité mixte CNRS - Université de Nice-Sophia Antipolis composée de trois équipes pour trois thèmes de recherche. Dans le cadre de l'étude des ondes en milieux complexes, l'équipe responsable voulait mettre en évidence l'existence de modes localisés dans une cavité micro-ondes à deux dimensions. Afin de réaliser la concordance, une bille est déplacée à l'aide d'un aimant à l'intérieur d'une cavité contenant des diffuseurs (cylindres de deux diamètres différents). Des mesures de maxima de transmission (paramètre S) via un analyseur de réseau seront prises suivant une cartographie de points de mesures tout en évitant les diffuseurs.

## Mise en œuvre

Le but était de développer une application LabVIEW composée d'une partie dédiée à la création des cartographies diffuseurs, des points de mesures et de la recherche de trajectoire, et d'une partie dédiée à la commande des instruments, aux mesures, à l'enregistrement des données et à la représentation des résultats. La bille est déplacée par aimantation grâce à un aimant fixé sur des platines XY, et commandé par un Newport ESP300. Deux analyseurs de réseau sur table sont utilisés pour les mesures. Ceux-ci sont reliés

à une carte NI GPIB d'un PC. Certains drivers d'instruments ont été modifiés afin de faciliter la mise en œuvre de nos mesures.

Le logiciel ainsi réalisé comporte plusieurs parties :

- La configuration et la commande "manuelle" de l'ESP300 qui gère les principales caractéristiques des platines XY (vitesse, accélération, etc.) intégrant un « *paddle* » de commande des platines. Un « *setup* » permet de modifier toutes les caractéristiques des platines, notamment le profil d'accélération et de décélération, paramètres importants pour le déplacement de la bille.
- La cartographie, qui permet la création de cartes de diffuseurs et leurs positionnements "semi-automatique" dans la cavité. En effet, pour chaque diffuseur déposé, il nous faut exercer une certaine pression pour qu'il y ait le meilleur contact possible sur la surface sans pour autant l'endommager. Le dépôt est réalisé manuellement après chaque positionnement des platines. Les points de mesures sont créés, ainsi que la recherche de la trajectoire passant par tous les points de mesures possibles

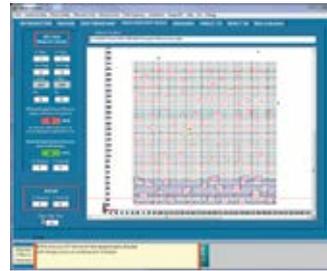
« L'utilisation de LabVIEW nous a permis d'obtenir les premiers résultats dans un laps de temps court avant que le logiciel ne soit finalisé. Nous avons pu obtenir des mesures concordantes après un mois de programmation. »



Contrôle manuel de la platine XY.



Création des cartes diffuseurs.



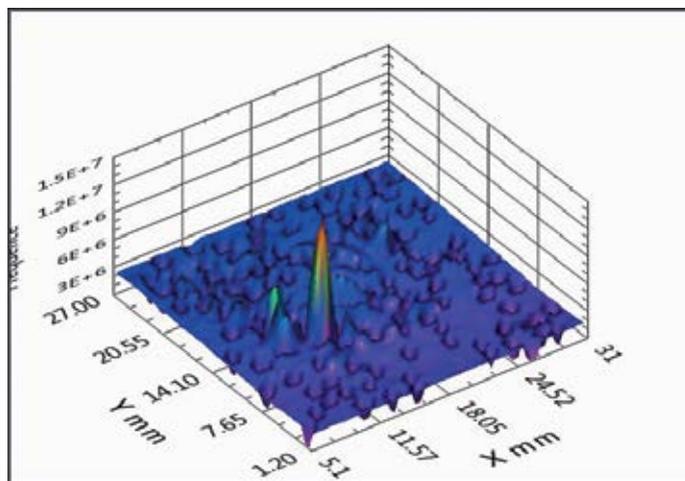
Création des points de mesures.



Création des points de mesures.

tout en évitant les diffuseurs. Le calcul de la trajectoire est basé sur un algorithme de *breadth first search* (algorithme de parcours en largeur) amélioré. Une trajectoire de 5 000 points s'effectue en moins d'une dizaine de secondes pour les plus rudes.

- Les mesures et la représentation : cette partie permet de lancer une mesure sur la trajectoire créée sans que l'utilisateur ne soit présent. Ces mesures s'effectuent sur une période d'une ou plusieurs journées en milieu contrôlé en température. L'enregistrement des données est réalisé à chaque mesure afin de pouvoir continuer celles-ci après un crash ou une erreur sur les instruments de contrôle ou de mesure. Une représentation graphique est proposée à la fin de la mesure pour visualiser les modes localisés.



Suivi mensuel du taux d'utilisation.

Un travail sur les tableaux représentatifs des cartes est effectué afin de pouvoir les utiliser sur le logiciel de simulation des modes localisés et de comparer très rapidement nos résultats.

Le logiciel utilise l'outil de face-avant distante pour pouvoir contrôler les mesures en cours.

## Résultat

L'évolution du type de mesures voulues a constitué l'une des principales difficultés du projet, puisque cela a demandé une modification profonde de certaines parties du logiciel. L'utilisation de LabVIEW nous a permis d'obtenir les premiers résultats dans un laps de temps court avant que le logiciel ne soit finalisé. Nous avons pu obtenir des mesures concordantes après un mois de programmation. Un point délicat fut la gestion d'erreurs, car des conflits au niveau de l'interface des instruments apparaissaient aléatoirement. Ces résultats ont fait l'objet d'une publication démontrant la concordance entre la théorie et la pratique sur ce thème. Le logiciel est actuellement utilisé dans le cadre de nombreuses recherches sur les modes localisés et permet aux utilisateurs de ne pas être constamment en salle d'expérimentation.

## Pour en savoir plus, vous pouvez contacter :

Grégory SAUDER

Ingénieur Mesures Physiques – Concept Expérimentation

Laboratoire de Physique de la Matière Condensée de Nice

LPMC – UMR 7336

Avenue Joseph Vallot – Parc Valrose

06108 Nice Cedex 2

+33 (0)4 92 07 65 45

gregory.sauder@unice.fr

www.unice.fr

# Vous avez développé une application avec des produits NI ?

RÉDIGEZ VOUS AUSSI UN ARTICLE D'UTILISATEUR !

## Comment ça marche ?

Pour participer, il suffit de soumettre un article présentant votre application, ses objectifs, les moyens mis en œuvre, les contraintes, les résultats, les perspectives d'évolution...

Un guide de rédaction vous est proposé et vous fournit toutes les recommandations pour rédiger au mieux votre article.

Chaque article est accompagné d'au moins une photo ou illustration.

## Pourquoi rédiger ?

Rédiger un article d'utilisateur vous permet de valoriser votre travail, car chaque article participant est :

- Publié sur [france.ni.com](http://france.ni.com) ;
- Intégré à la brochure annuelle des applications d'utilisateurs ;
- Affiché en poster sur l'exposition NIDays ;
- Mis en avant sur les réseaux sociaux de NI France ;
- Inscrit d'office au concours des meilleures applications de l'année, organisé en partenariat avec le magazine *Mesures*.



Un gagnant est désigné dans chaque catégorie, ainsi qu'un grand gagnant toutes catégories confondues.

Les articles sont également proposés à la presse spécialisée pour publication dans leurs colonnes ou sur leur site web.

## Contact :

Céline Gonzalez – [celine.gonzalez@ni.com](mailto:celine.gonzalez@ni.com)

01 57 66 24 72

Plus d'informations sur [france.ni.com/pourquoirédiger](http://france.ni.com/pourquoirédiger)

# Qui mettra fin aux interruptions et aux défaillances de machines ?



You and NI\*. En proposant une plate-forme intégrée qui combine du matériel souple et durci à des outils logiciels intuitifs, NI contribue à améliorer l'efficacité opérationnelle des entreprises par le biais de systèmes de surveillance et d'analyse de machines tournantes. Avec des E/S avancées, du traitement de signal complexe, des analyses de données et des capacités de visualisation, NI donne une impulsion novatrice à l'Internet des Objets Industriels et relie les équipements, les hommes et les technologies comme jamais auparavant. Pour en savoir plus, rendez-vous sur [ni.com/mcm](http://ni.com/mcm).

01 57 66 24 24

\* Vous et NI  
©2015 National Instruments. All rights reserved. LabVIEW, National Instruments, NI, and ni.com are trademarks of National Instruments.  
Other product and company names listed are trademarks or trade names of their respective companies. 22316



**NATIONAL  
INSTRUMENTS™**

NATIONAL INSTRUMENTS France • 2 rue Hennape • 92735 Nanterre Cedex, France • Tél.: (0)1 57 66 24 24 • Fax: (0)1 57 66 24 14  
Société de droit américain • capital social 1.000,00 dollars US • 11500 N Mopac Expwy, Austin-Texas USA • 10056236 • 344 497 649  
RCS Nanterre • SIRET B 344 497 649 00022 • APE 516J - N.J.I. FR 57344497649

©2016 National Instruments. Tous droits réservés. CompactRIO, DIAdem, CVI, LabVIEW, National Instruments, NI, ni.com, NI CompactDAQ, NI TestStand, NI VeriStand, le logo de la société National Instruments et le logo de l'Aigle sont des marques de National Instruments Corporation. La marque LabWindows est utilisée sous licence Microsoft Corporation. Windows est une marque déposée de Microsoft Corporation aux États-Unis et dans d'autres pays. Les autres noms de produits et de sociétés mentionnés aux présentes sont les marques ou les noms de leurs propriétaires respectifs.

Un National Instruments Alliance Partner est une société de service ou un intégrateur totalement indépendant de National Instruments. 24629

