SUPERVISION D'UN ATELIER DE FERMENTATION

Richard Rocca-Poliméni[1], Cyrill Saffioti[1], Alain Sommier[2], Gérald Ferrari[3], Bernard Galy[3]

[1]UMR GénIAl (n° 1145) AgroParisTech – INRA – Cemagref
1, avenue des Olympiades - 91744 Massy Cedex – France

[2]UMR Trèfle
Esplanade des arts et métiers - 33405 Talence Cedex – France

[3]BNIC - Station Viticole
69 rue de Bellefonds - BP 18 - 16101 Cognac Cedex – France

richard.rocca@agroparistech.fr

Résumé : Dans une démarche constante d'amélioration de la connaissance du procédé d'élaboration du cognac, le BNIC et l'AgroParisTech se sont associés dans l'instrumentation et la supervision des différents ateliers de la « station viticole » du BNIC. Dans ce document, nous présentons l'instrumentation (au travers de mesures de température) et la supervision de l'atelier de fermentation. Les spécificités de l'opération de fermentation et les contraintes particulières de l'atelier ont poussé à l'utilisation d'une solution hybride composée de modules FieldPoint pour l'acquisition des températures, de modules XBee de communication ZigBee pour le transfert des données et du logiciel LabVIEW pour l'intégration et la supervision Cette solution innovante a permis une simplification de la traçabilité, un meilleur suivi des vinifications et ouvert la porte à d'autres développements pour mesurer d'autres paramètres.

Mots clés : Fermentation, FieldPoint, Communication sans-fil, ZigBee, LabVIEW, Alerte mail

1 INTRODUCTION

1.1 Contexte

Le Bureau National Interprofessionnel du Cognac (BNIC), qui regroupe tous les viticulteurs et négociants de la région de production du Cognac, a pour but de développer, de promouvoir le Cognac et de défendre les intérêts des professionnels de la viticulture ou autres activités connexes à la filière. Dans le cadre de ses missions, la Station Viticole du BNIC a développé un atelier de transformation à l'échelle pilote, avec des étapes importantes comme la fermentation et la distillation. Afin de mieux contrôler et d'améliorer la maîtrise de ce procédé d'élaboration à des fins d'expérimentation, le BNIC a lancé en partenariat avec l'AgroParisTech une démarche d'instrumentation et de supervision de l'ensemble des ateliers. L'instrumentation et la supervision de l'atelier de distillation ont été faites en premier avec un bénéfice certain sur la simplification des opérations, la traçabilité du produit et du procédé. La

seconde étape que présente ce document est l'instrumentation et la supervision encore partielle mais significative de l'atelier de fermentation.

1.2 La fermentation

Après vendange et pressurage des raisins de cépage d'Ugni Blanc et marginalement de Folle Blanche et de Colombard, caractéristiques du cognac, le jus est immédiatement mis à fermenter. La fermentation doit alors faire l'objet d'une surveillance attentive car elle a une influence déterminante sur la qualité finale de l'eau-de-vie. Pour sécuriser la fermentation, des levures sont ajoutées au moût. La température augmente alors rapidement et peut atteindre voire dépasser 30°C, ce qui peut conduire à une dégradation du produit. De plus, la fermentation est un phénomène lent qui dure plusieurs jours. Ainsi pour réaliser une fermentation de qualité répétable sur chaque vin, la température est un paramètre essentiel à mesurer et à contrôler.

2 LES CONTRAINTES DE MISE EN ŒUVRE

Le BNIC dispose de 20 cuves de fermentation pouvant être refroidies par un système d'échangeur à thermoplongeur. Les thermoplongeurs doivent être installés à la demande par l'opérateur. Il doit donc être averti assez tôt pour que l'efficacité du dispositif soit suffisante et éviter la dégradation du produit. Par ailleurs, le BNIC, en tant que centre technique de recherche qui réalise des essais de fermentation dans des conditions variables (type de levures, etc.), doit assurer une maîtrise et une traçabilité parfaite des essais réalisés. Un suivi et un stockage performant des informations collectées doivent donc être mis en place.

Le système d'acquisition et de transfert des données doit pouvoir fonctionner de façon fiable pendant plusieurs semaines. En effet, les cuves peuvent être remplies et vidangées à tout moment durant toute la campagne de fermentation (la durée de fermentation étant variable en fonction des levures et des jus). De plus, dans la salle de fermentation, les conditions d'exploitation peuvent être difficiles : entre 8°C et 35°C et entre 40% et 85% d'humidité. Par ailleurs, la salle de fermentation se situe à environ 14 mètres de la salle de supervision sans équipement de communication pré-installé. Ainsi le câblage complet serait lourd à installer et surtout très coûteux.

Dans le cahier des charges défini, on retrouve les principaux points suivants :

- Capacité de mesure précise de température dans 20 cuves de fermentation.
- Communication sans fil entre les modules d'acquisition de la température et le PC de supervision permettant la définition des consignes de température, le suivi et le contrôle des fermentations avec une fréquence de mise à jour d'un hertz.
- Individualisation du contrôle de chaque cuve adapté aux spécificités d'une production batch d'une durée de quelques jours pour chaque cuve mais étalée sur plusieurs semaines pour l'ensemble du dispositif.
- Visualisation des courbes de température à la fréquence d'un hertz permettant de repérer rapidement les accidents de conduite et enregistrement d'un historique de température journalier simple à analyser ou à traiter ultérieurement.
- Gestion d'alarmes immédiates en cas de dépassement de températures de consigne fixées initialement.
- Information sur les tendances d'évolution de la température afin de réagir par anticipation à une augmentation trop forte.
- Affichage et stockage des informations essentielles à la traçabilité des produits.

3 LA SOLUTION D'INSTRUMENTATION ET DE SUPERVISON

3.1 La mesure et l'acquisition des signaux par modules FieldPoint

La mesure de la température se fait par des thermocouples plongés dans les cuves de fermentation.

Pour acquérir les signaux issus des thermocouples, le choix de modules FieldPoint s'est imposé pour leur réputation de fiabilité, de modularité et leurs faibles coûts pour une performance élevée. Les résistances aux conditions industrielles contraignantes ont aussi fait parti des critères de choix. Par ailleurs, l'application présentée ici est susceptible d'évoluer avec l'ajout d'un certain nombre d'autres mesures et la possibilité d'ajouter de nouveaux modules FieldPoint à l'architecture déjà existante est très avantageuse.

3.2 La transmission par réseau sans fil

3.2.1 Le système ZigBee

Les systèmes de transmission sans fil sont de plus en plus fréquents dans le contrôle, la supervision ou la logistique de produits agricoles et alimentaires ([WZW06]) comme dans de nombreux autres domaines ([ASSC02]). Parmi les protocoles sans fil les plus courants, on retrouve les systèmes Wi-Fi, Bluetooth et ZigBee. Ces systèmes sont réputés stables et fiables. Par ailleurs, ces systèmes permettent une limitation des coûts d'infrastructure par rapport aux systèmes filaires, ne serait-ce que par l'économie des câbles. Les systèmes Wi-Fi sont utilisées généralement pour des transferts de données très importants exigés par les communications de type Web et Multimédia mais restent assez coûteux et lourds à mettre en place. En revanche, les systèmes Bluetooth et ZigBee conviennent bien pour les réseaux locaux à faibles coûts. Si le système Bluetooth est préféré pour des applications nécessitant une grande quantité de données à échanger, le système ZigBee présente d'autres avantages comme en particulier la flexibilité avec par exemple la possibilité d'utiliser des topologies en réseau maillé avec plus de 65 000 nœuds, une distance de communication assez importantes (jusqu'à 100m contre 10m pour le Bluetooth) et surtout une très faible consommation loin devant tous les autres systèmes de communication sans fils [BPCCGFH07]. Un résumé des caractéristiques comparées des trois systèmes est donné par le tableau 1 ci-dessous.

Nom commercial	Wi-Fi	Bluetooth	ZigBee
Standard	802.11b	802.15.1	802.15.4
Principales applications	Web, Multimédia	Remplacement de câbles	Contrôle et supervision
Besoins de mémoire (ko)	>1 000	>250	4-32
Durée de vie d'un batterie (jour)	>1	1-7	100-1000
Taille du réseau (nœud)	32	7	>65 000
Taux de transfert (ko/s)	>11 000	720	20-250
Portée maximale (m)	100	10	100

d'après The ZigBee Alliance(www.zigbee.org)

Tableau 1 : Données comparatives des protocoles Wi-Fi, Bluetooth et ZigBee

3.2.2 Les puces XBee

Pour assurer la transmission par réseau sans fil via le système ZigBee, nous avons choisi d'utiliser les puces XBee Pro distribuées par Digi. Ces puces, en plus d'être une solution sans fil complète, constituent de véritables centrales d'acquisition de signaux tension. En effet, il est possible de connecter à leurs bornes jusqu'à 6 capteurs délivrant une tension entre 3mV et 3,3V (dans le cas standard) avec une résolution de 10 bits. Par ailleurs, comme tout système ZigBee, le nombre de puces peut être multiplié quasiment à l'infini pour obtenir un réseau complet. Enfin, sa faible consommation peut permettre la création de centrales de mesure autonomes. Ce sont ces possibilités qui ont poussé vers la solution XBee Pro dans notre application car les évolutions possibles telles que l'ajout d'autres mesures isolées du système FieldPoint déjà mis en place est d'ores et déjà envisagés.

Dans le cas présenté ici, les puces XBee sont utilisés uniquement comme port série RS-232 virtuel. Dans ce cas, seuls deux modules sont nécessaires, un du côté du PC et l'autre du côté des modules FieldPoint. Comme le montre la figure 1, l'encombrement du dispositif XBee est très faible même avec l'utilisation d'une platine de test complète. L'utilisation finale d'une platine que nous avons entièrement développé nous-même et ne contenant que la prise DB9 et quelques composant nécessaire à l'alimentation et au fonctionnement de la puce permet de réduire encore l'encombrement.

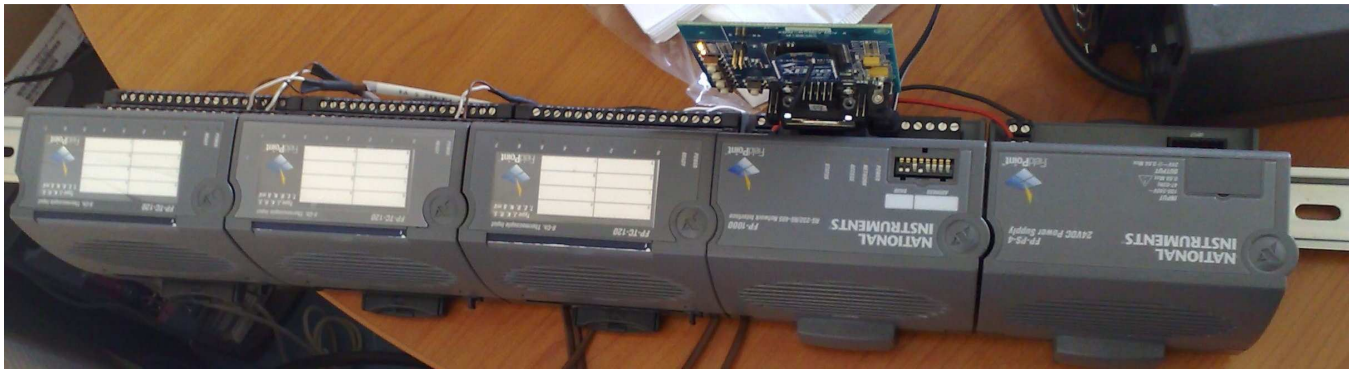

Figure 1 : Le système complet FielPoint et XBee

3.3 La supervision par LabVIEW

La supervision de l'ensemble est assurée par le logiciel LabVIEW. Au-delà des fonctionnalités classiques de LabVIEW utilisées par notre programme, nous avons utilisé quelques fonctions spécifiques nécessaires au respect de notre cahier des charges. En particulier, la lenteur du procédé rend difficile le suivi en temps réel de l'avancement du procédé. De plus, la durée d'utilisation sans interruption de l'application de plusieurs semaines la rend très sensible au risque d'erreurs informatiques et de plantage du système à la fois pour des raisons hardware ou software. Pour palier ces problèmes, nous avons développé d'une part un système d'alerte par mail (de type alarme de dépassement et tendance journalière de l'évolution thermique de chaque cuve) et d'autres par un système de récupération automatique des données.

3.3.1 Les alertes mail

La cinétique de fermentation se déroulant sur plusieurs jours, il est difficile d'appréhender les tendances d'évolution des températures au niveau de chaque cuve. Par ailleurs, le procédé est tel qu'il est difficile pour l'opérateur de suivre chaque cuve. En effet, le démarrage de chaque fermentation intervient à des moments différés, ce qui implique pour chacune un état d'avancement différent. Ainsi, pour assurer un suivi et une surveillance complète de l'évolution de chaque fermentation en s'assurant que les températures atteintes ne soient pas

trop élevées, nous avons mis en place un système d'alerte par mail qui permet d'avertir l'opérateur dans deux cas :

- Le système de supervision assure l'envoi quotidien de la tendance de chaque cuve en cours de fermentation. Par comparaison à la température de la veille, le programme est capable d'identifier une augmentation ou une diminution de la température difficilement observable par l'opérateur sur ces ordres de grandeur temporels.
- En plus, le système de supervision peut, à tout moment, alerter l'opérateur d'un dépassement de consigne de température dans une des cuves en cours de fermentation. Bien sûr, afin de ne pas surcharger la boîte mail de l'opérateur puisque les cinétiques sont lentes et la correction d'une température mettra un certain temps à se faire, la période d'envoi est configurable au-delà de l'heure.

Pour l'envoi des mails, nous avons utilisé la bibliothèque « NI_SMTPEmail.lvlib » qui est une bibliothèque très complète qui contient plus de 80 sous-vi. Néanmoins, pour les envois simples de mails comme dans notre cas, on peut utiliser un seul sous-vi « SMTP Email Send Message Charset.vi » dont la configuration est aisée comme le montre la figure 2.

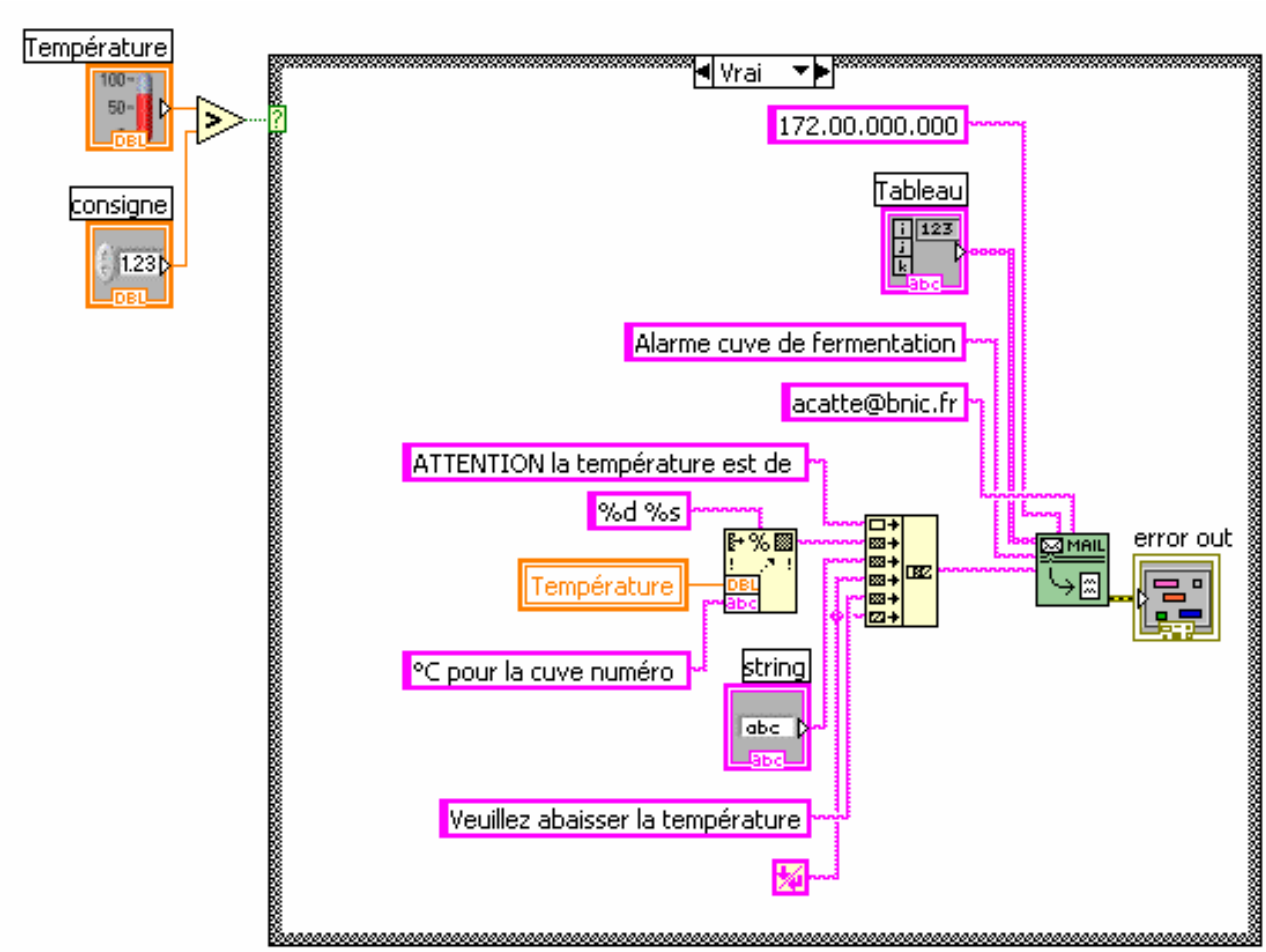

Figure 2 : Le diagramme du sous-vi d'envoie des messages e-mail

3.3.2 La récupération automatique des données

Le programme devant fonctionner plusieurs semaines sans interruption, le risque de perte de données par arrêt intempestif ou problème matériel est élevé. Aussi, nous avons développé un

système de récupération automatique des données qui permet à tout moment, en cas de redémarrage de l'application de retrouver exactement l'état du système avant son arrêt.

Pour cela, nous avons structuré intelligemment un journal enregistrant en temps réel les états en cours, les configurations appliquées et l'historique des évènements. Ainsi, en cas de présence de ce journal non clôturé à cause d'un accident de fonctionnement et de l'arrêt inopiné du programme, on peut retrouver l'ensemble des données nécessaires à la reprise du bon fonctionnement de l'application. Cette restauration est alors entièrement automatique et ne nécessite aucune intervention de l'utilisateur puisqu'elle s'effectue si besoin au démarrage de l'application. Seule la fermeture volontaire et correcte de l'application par l'utilisateur empêche la restauration de s'effectuer.

4 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les modules FieldPoint ont été associés à des modules de communication XBee qui permettent de réaliser une liaison RS232 sans fils créant ainsi un réel système d'acquisition déporté autonome et fiable. La robustesse de la solution a été testée pendant une première campagne de vendange en 2007 et n'a présenté aucun défaut majeur. Les dispositifs d'alerte par mail ont montré leur efficacité et le dispositif de restauration des données a été testé avec succès. D'ores et déjà, des améliorations au système sont prévues afin d'augmenter la quantité d'informations collectées. En effet, les températures sont le premier critère à prendre en compte pour assurer la qualité du produit fini mais elles ne permettent pas d'évaluer l'avancement de la fermentation. D'autres dispositifs sont donc en cours d'étude pour que l'opérateur dispose d'un système d'aide à la décision de l'arrêt de la fermentation. Les modules FieldPoint vont pouvoir être à nouveau sollicités, mais aussi la création de centrales entièrement autonomes comprenant des puces XBee alimentées par des batteries capables d'envoyer des informations pendant toutes la campagne de fermentation sans intervention extérieure.

Grâce à une solution hybride utilisant des outils National Instruments associé à des solutions spécifiques comme les puces XBee, nous avons pu développé une application performante, utile et innovantes, compatible avec les exigences d'un centre technique et capable d'évoluer pour répondre aux futurs besoins de contrôle et de compréhension d'un procédé alimentaire complexe.

BIBLIOGRAPHIE

[ASSC02] F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci, « Wireless sensor networks: a survey », Computer Networks, 38, p. 393-422, 2002

[WZW06] N. Wang, N. Zhang, M. Wang, « Wireless sensors in agriculture and food industry – recent development and future perspective », Computer and Electronics in Agriculture, 50, p. 1-14, 2006

[BPCCGFH07] P. Baronti, P. Prashant, V.W.C. Chook, S. Chessa, A.Gotta, Y. Fun Hu, « Wireless sensor networks: a survey on the state of the art and the 802.15.4 and ZigBee standards », Computer Communications 30(7), p. 1655-1695, 2007